

ASTRONOMIA NAUTICA Y NAVEGACION

Cursos 1.º y 2.º (F. P. N. P.)

Patrón de Pesca Litoral 1.^a clase
Patrón de Cabotaje
Patrón de Yate

Patrón de Pesca de Altura
Patrón Mayor de Cabotaje
Capitán de Yate



C. de N. Moreu Curbera

C. de F. Martínez Jiménez

Ex - profesores de Astronomía y Navegación de la Escuela Naval Militar

9
7'
a-
n
e

ASTRONOMIA

Capítulo I

LA TIERRA. COORDENADAS TERRESTRES

101. FORMA DE LA TIERRA.—La Tierra se supone constituida por un gran núcleo y una superficie muy delgada comparada con el radio terrestre. Esta corteza tiene rugosidades en las cuales se encuentra alojada el agua del mar, formando los océanos, que cubren unas tres cuartas partes de la superficie total.

Se cree que el interior de la Tierra está formado por materiales de hierro magnético, haciendo que la Tierra se comporte como un imán.

Rodeando la Tierra se encuentra la atmósfera, que es una delgada envoltura gaseosa, sin la cual sería imposible la vida en su superficie.

La forma de la Tierra no es regular, se parece a una esfera, pero no lo es al no tener radio constante; el radio mayor está en el Ecuador y el menor en los polos; la diferencia de estos radios vale 21,3 kilómetros.

Por esta diferencia de diámetros se dice que la Tierra tiene "Aplamamiento".

102. GEOIDE.—Acabamos de decir que la forma de la Tierra es irregular, o sea, no concuerda con ninguna figura geométrica.

Si suponemos que la Tierra no tiene continentes o tierras, o sea, estuviera cubierta sólo por mar en equilibrio rodeando la superficie terrestre, a la figura así formada se llama "Geoide".

El geoide no es una superficie regular, ni siquiera simétrica. La figura que más se parece al geoide es el Elipsoide de revolución, que es el cuerpo formado al girar una elipse alrededor de su eje menor, a este elipsoide se llama "Esferoide terrestre". En la figura 101 se muestra en trazo grueso el esferoide terrestre y de puntos las esferas de radio polar y ecuatorial; para mayor claridad se ha exagerado la diferencia de diámetros, pues sus valores son los siguientes:

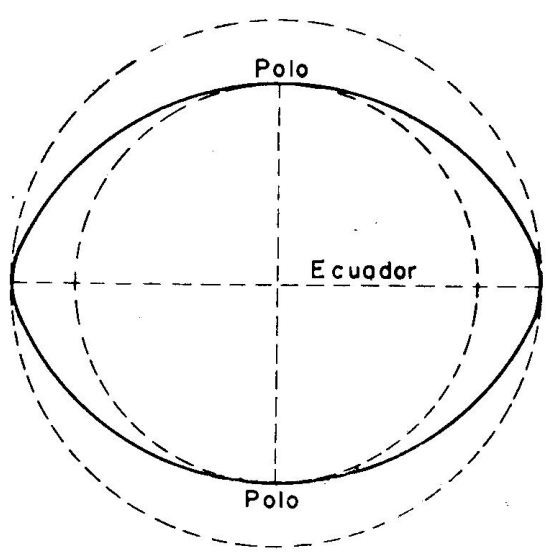


Fig. 101. La Tierra

Q
te
es
lo
a-
n
a-
io
ar
d.
ra
a,
i-
le
ta
ca
le
es

Diámetro ecuatorial	6.883,3 millas
Diámetro polar	6.859,9 "
Diámetro medio	6.875,5 "
Diferencia de diámetros'	23,4 "

103. ESFERA TERRESTRE.—Si los radios de la Tierra fueran iguales, la Tierra sería una esfera. Como la diferencia de radios es muy pequeña comparada con las grandes dimensiones de éstos, para la resolución de la mayoría de los problemas de Navegación se considera que la Tierra es una gran esfera, llamada "Esfera Terrestre".

104. LINEAS PRINCIPALES DE LA ESFERA TERRESTRE.—Ya sabemos que en una esfera podemos trazar infinitos diámetros e infinitos círculos mayores y menores, recordando que los círculos mayores son los que tienen por diámetro un diámetro de la esfera y los círculos menores los que tienen por diámetro una cuerda de la esfera.

Para resolver los problemas de Navegación, en la Esfera Terrestre se dan nombre especial a los diámetros y círculos siguientes:

105. EJE Y POLOS.—La Tierra gira alrededor de un diámetro, tardando un día en dar una vuelta. Se llama "Eje de la Tierra" el diámetro sobre el cual gira. A los extremos de este Eje se llama "Polos", Norte y Sur; por ello, a este Eje también se le llama "Línea de los Polos" (Pn Ps). (Figura 102.)

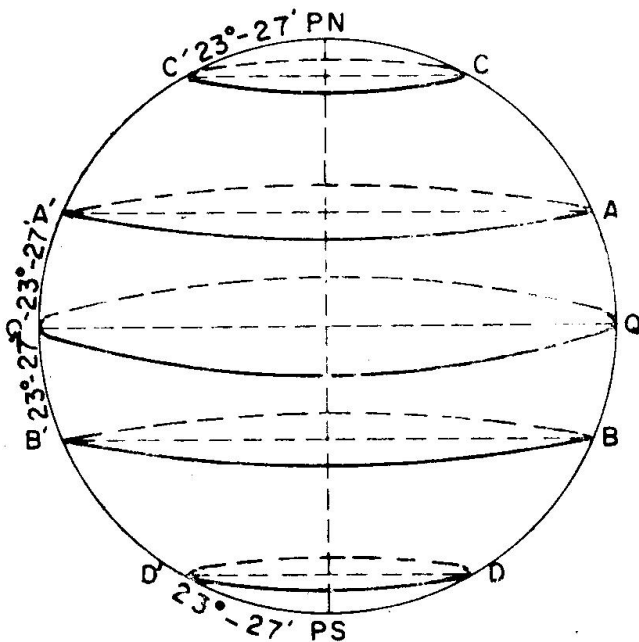


Fig. 102. Ecuador y Paralelos

que está separado del Ecuador $23^{\circ}-27'$ (AA').

"Trópico de Capricornio", es simétrico al de Cáncer en el Hemisferio Sur, también separado del Ecuador $23^{\circ}-27'$ (BB').

"Círculo Polar Ártico", es el paralelo que se encuentra separado del Polo Norte $23^{\circ}-27'$ (CC').

106. ECUADOR Y PARALELOS.—"Ecuador" (QQ') es el círculo máximo normal o perpendicular al Eje de la Tierra. (Figura 102.)

Los Polos están separados 90° del Ecuador.

La Esfera Terrestre queda dividida por el Ecuador en dos semiesferas o Hemisferios, llamados Norte o Sur, según el Polo que tiene en su centro.

"Paralelos" son los círculos menores paralelos al Ecuador. Hay infinitos paralelos, pero tienen nombre especial los siguientes (Figura 102):

"Trópico de Cáncer", es el paralelo del Hemisferio Norte,

“Círculo Polar Antártico”, paralelo separado del Polo Sur $23^{\circ}-27'$ (DD’).

107. MERIDIANOS. PRIMER MERIDIANO.—Se llaman “Meridianos” a los círculos máximos que pasan por los Polos y, por tanto, son perpendiculares al Ecuador.

Existen infinitos Meridianos, pero hay dos que se les da nombre especial (Figura 103):

“Meridiano del Lugar” es el Meridiano que pasa por el punto donde se encuentra el buque; si en la figura 103 se considera el buque en B el Meridiano del lugar es el círculo máximo Pn B Ps Pn.

Los Polos Norte y Sur dividen al Meridiano del lugar en dos partes, el que pasa por el lugar o buque (B) se llama “Meridiano Superior”, o sea, es la semicircunferencia Pn B Ps, y a la otra parte se le llama “Meridiano Inferior”. En general, siempre que se habla de Meridianos nos referimos al Superior.

Se llama “Primer Meridiano” al que se toma como origen para medir las longitudes; actualmente se toma como Primer Meridiano el “Meridiano de Greenwich”, que es el que pasa por el Observatorio de esta ciudad inglesa. Por ello, es lo mismo decir Primer Meridiano que Meridiano de Greenwich. En la figura 103 es el círculo máximo Pn G Ps Pn.

El Primer Meridiano también se divide en Meridiano Superior (Pn G Ps) y Meridiano Inferior, que es la parte opuesta; normalmente cuando se dice Primer Meridiano nos referimos sólo a la parte de Meridiano Superior.

108. CONCEPTO DE LUGAR GEOMETRICO.—Se llama “Lugar Geométrico” al conjunto de puntos que tienen una misma propiedad. Así, en Geometría se ha estudiado que la Circunferencia es la figura plana que tiene todos sus puntos a igual distancia del centro, o sea, esta línea es el lugar geométrico de los puntos de un plano que equidistan del centro; la superficie esférica tiene la misma propiedad de los puntos del espacio.

Al estudiar ahora las coordenadas terrestres, nos daremos cuenta de que el Meridiano es el lugar geométrico de los puntos de la Tierra que tienen la misma Longitud y el Paralelo es el lugar geométrico de los puntos que tienen la misma Latitud. Es decir, que todos los lugares

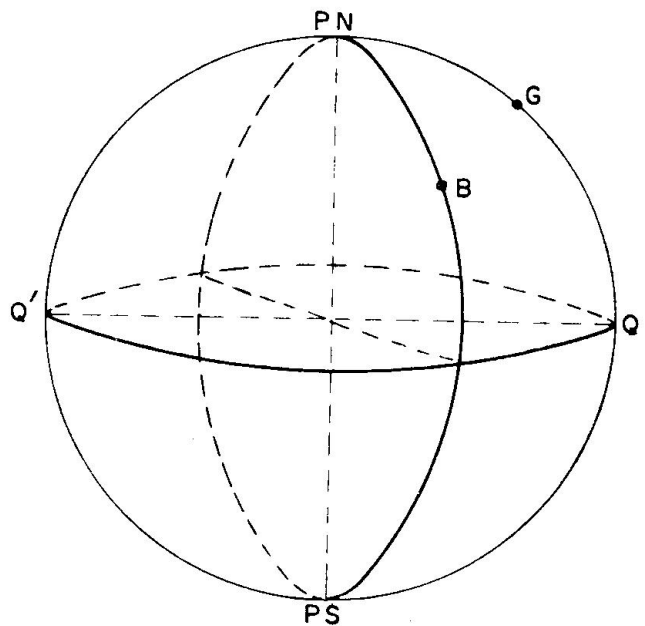


Fig. 103. Meridianos

de la Tierra que tienen la misma Longitud se encuentran en el mismo Meridiano y los que tienen la misma Latitud se encuentran en el mismo Paralelo.

109. LATITUD Y LONGITUD DE UN PUNTO DE LA ESFERA TERRESTRE.—Cualquier punto de la superficie terrestre se conoce su Situación por medio de las coordenadas Latitud y Longitud.

“Latitud” (l) es el arco de Meridiano contado desde el Ecuador al punto donde se encuentre el lugar o el buque. La Latitud siempre es menor de 90° y se llama Norte (IN) cuando el buque o lugar se encuentra en el Hemisferio Norte, y Sur (IS) cuando está en el Hemisferio Sur. En los cálculos, a las latitudes Norte se les da signo positivo y a las Sur negativo. Los puntos que tienen la misma latitud se encuentran en el mismo Paralelo.

“Longitud” (L) es el arco del Ecuador contado desde el Meridiano Superior de Greenwich hasta el Meridiano Superior del Lugar. Se cuenta menor de 180° , llamándose Longitud Oeste (LW) cuando vista desde fuera de la Tierra y con el Polo Norte arriba, el lugar queda a la izquierda del Meridiano de Greenwich y Longitud Este (LE) cuando en estas condiciones el lugar queda a la derecha del Meridiano de Greenwich. En los cálculos las LW son positivas y las LE negativas. Los puntos

que tienen la misma Longitud están en el mismo Meridiano.

En la figura 104 el punto A tiene aproximadamente:

$$IN = 30^\circ ; LW = 80^\circ$$

El punto B tiene aproximadamente:

$$IS = 20^\circ ; LE = 30^\circ$$

La denominación de estas coordenadas también se pueden hacer así:

$$\begin{aligned} l &= 30^\circ N & ; & & L &= 80^\circ W \\ l &= 20^\circ S & ; & & L &= 30^\circ E \end{aligned}$$

Los puntos que están en el Ecuador tienen latitud 0° ; los lugares que están en el Meridiano Superior de Greenwich tienen Longitud 0° y los que

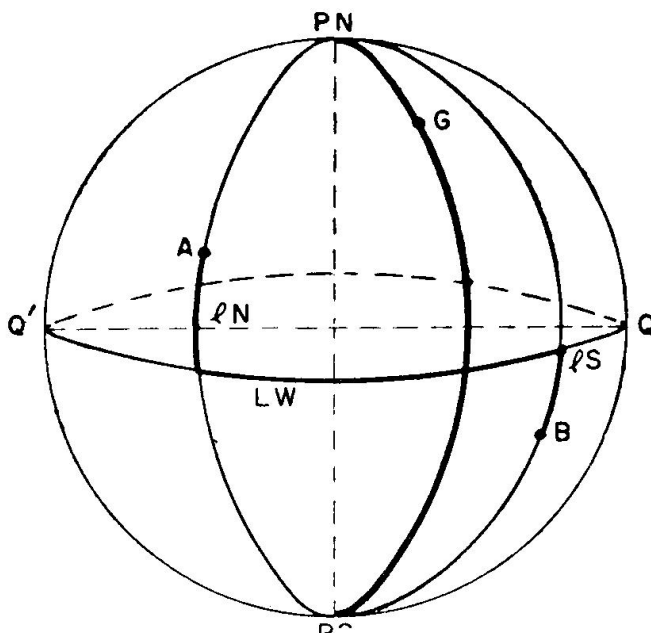


Fig. 104. Coordenadas Terrestres

están en el Meridiano Inferior de Greenwich tienen Longitud 180°

Notas: 1.—Acabamos de decir que las latitudes N y las longitudes W tienen signo positivo y las latitudes S y longitudes E tienen signo negativo. Es muy conveniente tener en cuenta que en el estudio de las coordenadas, siempre que se consideren dos sentidos se le da a uno signo positivo y al opuesto negativo, no cabe duda que la latitud S se cuenta desde el Ecuador en sentido opuesto a la latitud N y lo mismo sucede a la longitud E, que se cuenta desde Greenwich en sentido contrario a la LW.

2.—Es muy frecuente en nuestra vida creer que somos el centro del mundo, y así los que vivimos en latitudes Norte, consideramos que el Polo Norte está

arriba y el Sur abajo; en realidad la esfera terrestre se puede suponer en cualquier posición, pero no por esto variarán nuestras coordenadas terrestres, ya que la latitud es la separación a que estamos del Ecuador y la longitud es el arco de Ecuador comprendido entre el Meridiano de Greenwich y nuestro Meridiano, las cuales permanecen constantes, tanto considerando el Polo Norte arriba como abajo.

110. SITUACION DE UN PUNTO DE LA TIERRA POR LATITUD Y LONGITUD.—En el artículo anterior decíamos que cualquier punto de la Tierra se conoce por sus coordenadas, latitud y longitud.

No cabe duda que si conocemos la latitud y longitud de un punto podemos situar el punto en la superficie terrestre, para ello no habrá más que hacer lo siguiente:

En el Ecuador, a partir del Primer Meridiano o Meridiano de Greenwich, tomamos un arco igual a la Longitud, si se dibuja el PN arriba, hacia la izquierda si es LW o hacia la derecha si es LE; caso de tener el PS arriba los sentidos son opuestos. Por él trazamos el Meridiano del lugar.

Sobre el Meridiano trazado tomamos un arco igual a la latitud, hacia el Polo Norte si la latitud es Norte o hacia el Polo Sur si la latitud es Sur. El punto marcado corresponde al que tiene por coordenadas las conocidas.

En las figuras conviene trazar el Meridiano del lugar en el plano del papel y el Meridiano de Greenwich donde resulte según el valor de la Longitud.

111. SITUACION DE NUESTRA PENINSULA E ISLAS RESPECTO AL PRIMER MERIDIANO. Hemos dicho que el Primer Meridiano era el que pasaba por el Observatorio de la ciudad inglesa de Greenwich.

Este Primer Meridiano (Figura 105) corta a los Pirineos dejando parte de Cataluña al Este; pasa por Castellón de la Plana, quedando Valencia y Alicante con una Longitud Oeste muy pequeña y Tarragona y Barcelona con Longitud Este (Barcelona tiene $LE=2^{\circ}-11'$).

Las Islas Baleares también tienen Longitud Este, siendo la de Palma de Mallorca $LE=2^{\circ}-38'$ y la de Mahón $LE=4^{\circ}-19'$.

La mayor parte de nuestra Península tiene LW, alcanzando el valor máximo próximo de $9^{\circ}-18'$ en Galicia.

Las Islas Canarias quedan

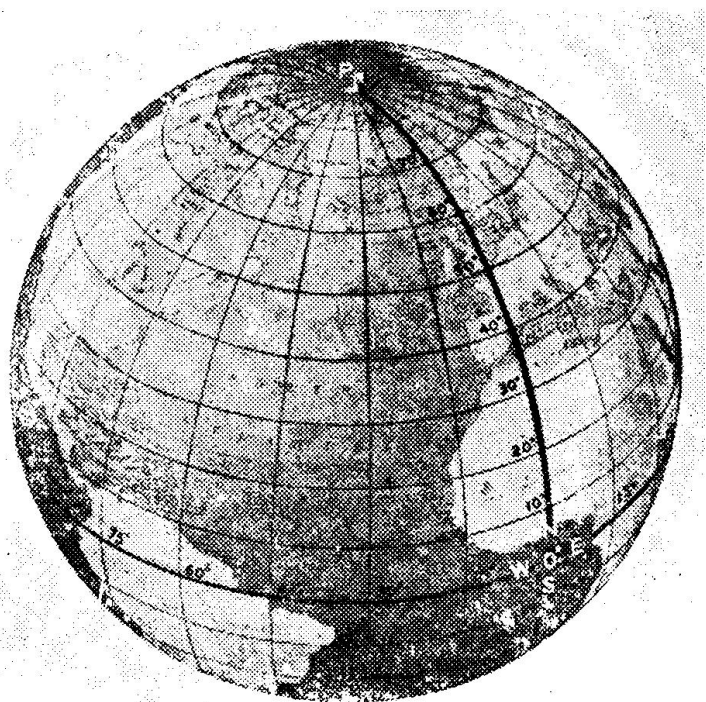


Fig. 105. Meridiano de Greenwich

más al Oeste que nuestra Península, siendo la Isla más occidental la de Hierro, que tiene $LW=18^\circ$.

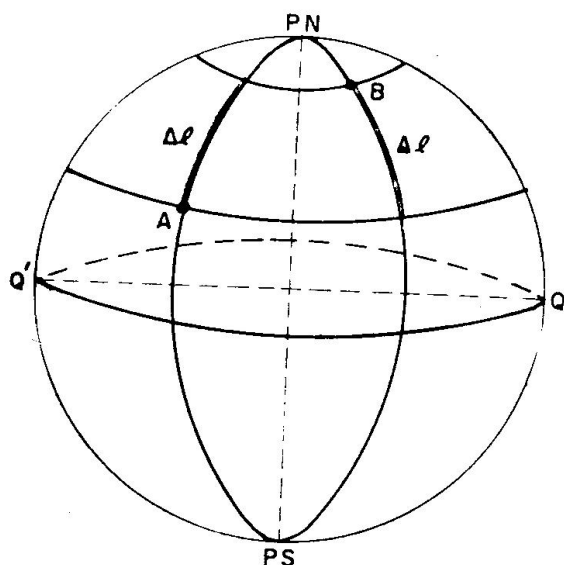


Fig. 106. Diferencia de Latitud

Figura 106

Punto A : $l = 20^\circ$ N
 Punto B : $l = 70^\circ$ N
 Entre A y B : $\Delta l = 50^\circ$

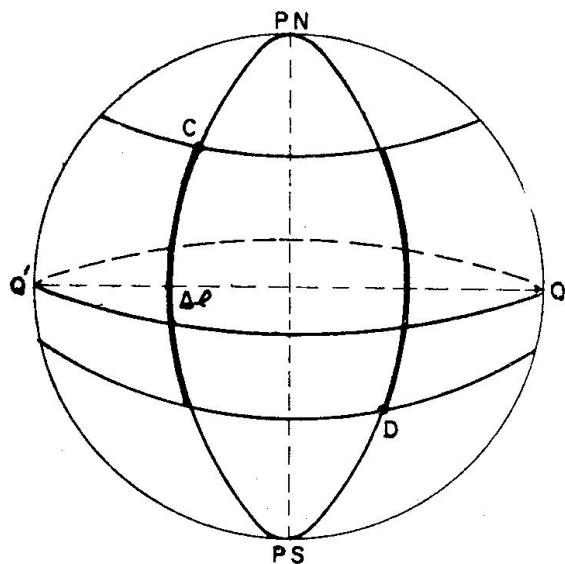


Fig. 107. Diferencia de Longitud

Figura 107

Punto C : $l = 40^\circ$ N
 Punto D : $l = 20^\circ$ S
 Entre C y D : $\Delta l = 60^\circ$

112. DIFERENCIA DE LATITUD Y LONGITUD ENTRE DOS LUGARES.—Después de haber estudiado lo que es la Latitud y Longitud de un lugar podemos entender fácilmente estos conceptos.

“Diferencia de Latitud entre dos lugares” (Δl) es la longitud del arco de meridiano comprendido entre los paralelos de estos lugares. Si los dos lugares tienen la latitud de igual nombre (ambos en el mismo Hemisferio) la Diferencia de latitud es igual a la diferencia numérica de estas latitudes (A y B en la figura 106); cuando las latitudes son de nombre contrario (una N y otra S) es igual a la suma de sus latitudes (C y D en la Figura 107).

“Diferencia de Longitud entre dos lugares (ΔL) es el arco más corto de Ecuador comprendido entre los Meridianos Superiores de dichos lugares. Si los dos lugares tienen longitudes de igual nombre (ambos E o W) la diferencia de longitud es igual a la diferencia numérica de los valores de sus longitudes (caso de E y F de la figura 108); si tienen distinto nombre, la ΔL es igual a la suma de longitudes (caso de H e I de la figura 109), pero si esta suma es mayor de 180° , se le resta a 360° (caso de J y K de la figura 110).

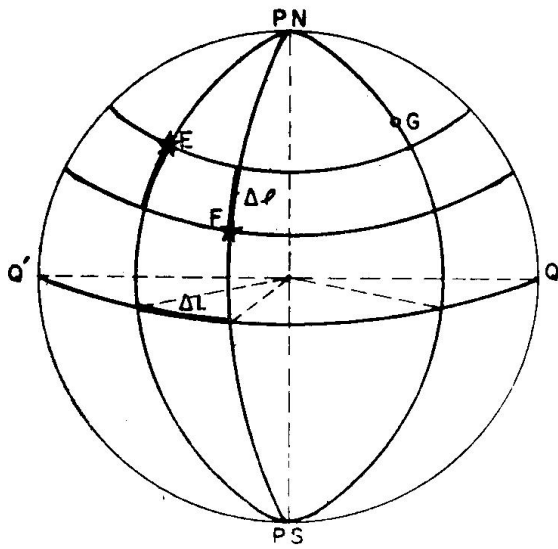


Fig. 108. Diferencia de longitud

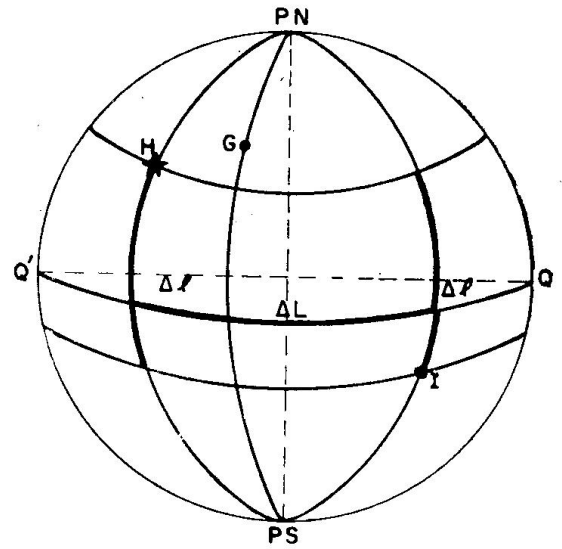


Fig. 109. Diferencia de Latitud y Longitud

Figura 108

Punto E : $l = 30^\circ \text{ N}$, $L = 80^\circ \text{ W}$
 Punto F : $l = 20^\circ \text{ N}$, $L = 50^\circ \text{ W}$
 Entre E y F: $\Delta l = 10^\circ$, $\Delta L = 30^\circ$

Figura 109

Punto H : $l = 30^\circ \text{ N}$, $L = 20^\circ \text{ W}$
 Punto I : $l = 10^\circ \text{ S}$, $L = 40^\circ \text{ E}$
 Entre H e I : $\Delta l = 40^\circ$, $\Delta L = 60^\circ$

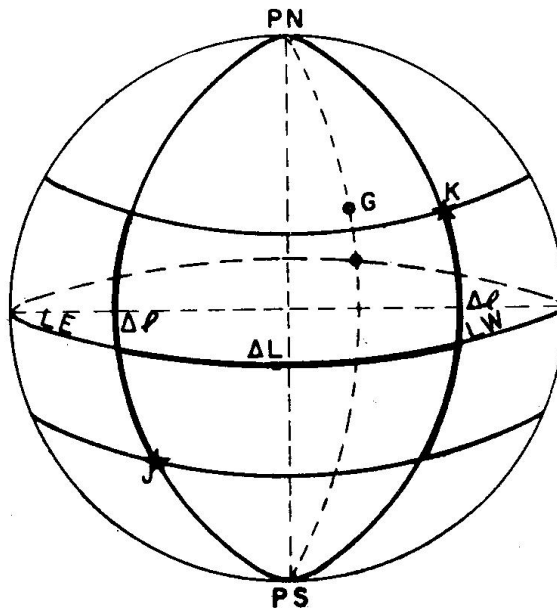


Figura 110

Punto J : $l = 30^\circ \text{ S}$, $L = 160^\circ \text{ E}$
 Punto K : $l = 40^\circ \text{ N}$, $L = 110^\circ \text{ W}$
 Entre J y K : $\Delta l = 70^\circ$, $\Delta L = 270^\circ$
 o sea, $\Delta L = 90^\circ$

Capítulo II

ASTROS. SISTEMA SOLAR

201. ASTROS.—Son todos los cuerpos celestes que vemos proyectados en el Firmamento.

Los Astros se dividen en:

Estrellas, cuando tienen luz propia y por estar tan lejos de nosotros parece que no tienen movimiento propio, viéndolas siempre en las mismas posiciones unas de otras.

Planetas, son los astros que no tienen luz, sino que reflejan la del Sol; tienen movimiento propio, que se les aprecia a simple vista al variar de posición respecto a las Estrellas. La luz que dan los planetas es fija y la de las Estrellas es centelleante.

Satélites, también astros sin luz y se mueven alrededor de los planetas; la Luna es nuestro Satélite.

202. ESTRELLAS.—Acabamos de decir que son los astros que tienen luz propia; se presentan como puntos luminosos centelleantes, aunque la mayoría son de dimensiones inmensas, mucho mayores que el Sol, así la Estrella Antares es 450 veces mayor que el Sol, pero por estar muy lejos se nos presenta como un punto.

Actualmente se sabe que existen millones de estrellas, a simple vista sólo vemos unas 6.500, si suponemos que están repartidas por igual en el Firmamento en el mismo momento veríamos en el Cielo algunas más de 3.000.

Las Estrellas presentan diversos colores según la temperatura de su superficie. Las blancas azuladas son las que tienen temperatura más elevada, entre 10.000 a 15.000 grados; en este grupo se encuentra Sirius, que es la estrella más brillante.

Las estrellas amarillas tienen de 4.000 a 6.000 grados, el Sol pertenece a este grupo.

Las estrellas anaranjadas tienen unos 3.000 grados, y las de menos temperatura son las rojas.

Por el brillo, las estrellas se dividen en magnitudes. La escala de magnitudes es muy exacta, pero normalmente hablando, en la primera magnitud, que son las más brillantes, hay 20, en las de segunda magnitud se encuentran 60. Estas 80 estrellas son las más observadas en Navegación.

Las estrellas tienen movimiento propio, pero por estar muy alejadas nos parecen que están fijas formando grupos de formas determinadas llamadas Constelaciones.

203. SISTEMA SOLAR.—El Sistema Solar está formado por el Sol, que es el Centro del Sistema; los Planetas que giran alrededor del Sol, y los Satélites que giran alrededor de los Planetas. También forman parte del Sistema Solar algunos Cometas.

Tanto los Planetas alrededor del Sol, como los Satélites alrededor de sus Planetas, recorren unas órbitas elípticas de poca excentricidad, o sea, poco achatadas, siguiendo unas leyes dadas por Kepler. (Figura 201).

El Sistema Solar no está quieto, sino que el Sol se desplaza hacia la Estrella Vega a unos 22 kilómetros por segundo, arrastrando consigo a los Planetas y Satélites.

204. IDEA GENERAL DEL SOL.

El Sol es la Estrella más cercana a la Tierra: se encuentra a unos 150 millones de kilómetros. El diámetro solar es 109 veces mayor que el de la Tierra, o sea tiene cerca de kilómetros 1.400.000

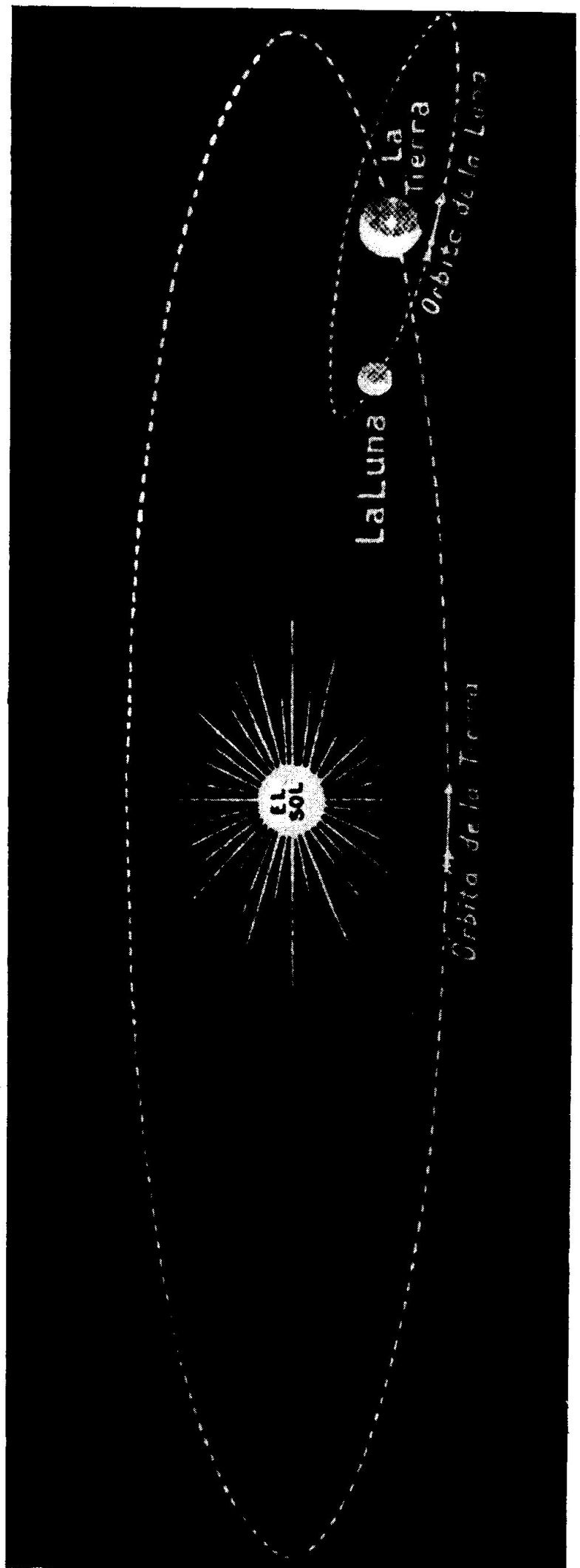


Fig. 201. Orbitas planetarias

El Sol es una estrella amarilla; en su superficie tiene una temperatura de 5.500 grados, lo que hace suponer que en el centro tendrá millones de grados.

Toda la energía que tenemos en la Tierra la recibimos del Sol, sin este astro sería imposible la vida en la Tierra.

En navegación es el astro que más se observa, tanto para saber si vamos a un rumbo correcto como para tener de día nuestra situación en alta mar.

205. PLANETAS Y LUNA.—Tanto los Planetas como los Satélites no tienen luz propia, sino que reflejan la luz que reciben del Sol.

Actualmente se conocen 9 Planetas principales y varios miles de Planetas mucho menores, llamados Asteroides.

Los Planetas principales según la distancia al Sol son (figura 202): Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón (éste se descubrió en 1930).

El mayor de todos es Júpiter y el menor es Mercurio.

Los Planetas que se observan en los barcos son Venus, Marte, Júpiter y Saturno.

Existen 29 Satélites, el Planeta que más Satélites tiene es Júpiter, que tiene 11. No se han descubierto satélites a Mercurio, Venus y Plutón.

La Luna es el único satélite de la Tierra, se encuentra a unos 384.000 kilómetros, y tiene un diámetro de 3.480 kilómetros. La Luna recorre una órbita elíptica alrededor de la Tierra y, por ello, la distancia varía, viéndose unos días con un disco mayor que otros; en recorrer su órbita tarda unos 27,5 días. La Luna no tiene luz, refleja la del Sol.

206. FASES DE LA LUNA.—Se llaman Fases de la Luna los diversos aspectos bajo los cuales vemos a nuestro Satélite, y que dependen de las posiciones relativas de este Astro y el Sol respecto la Tierra.

Para explicar el fenómeno de los fases lunares, suponemos en la figura 203 a la Tierra en el centro de una circunferencia que representa la órbita lunar; suponemos al Sol a la derecha de la figura y parado, con lo cual la Luna se moverá con movimiento relativo respecto al Sol, tardando unos 29,5 días en volver a estar en la misma posición con este Astro.

La parte de la Luna que se presenta al Sol estará iluminada y oscura la opuesta; desde la Tierra se verá la Luna en la forma que se indica interiormente, que depende de la parte iluminada que vemos desde la Tierra.

Cuando la Luna se encuentra en la posición 1, está en la fase "Luna Nueva", vemos un disco oscuro por estar la Luna y el Sol en la misma dirección, o sea, no vemos ninguna parte iluminada.

Después de unos 3 días la Luna ha pasado a la posición 2, desde la Tierra la vemos como un delgado huso por presentarnos parte de Luna iluminada.

Una semana después de Luna Nueva, la Luna se encuentra en la

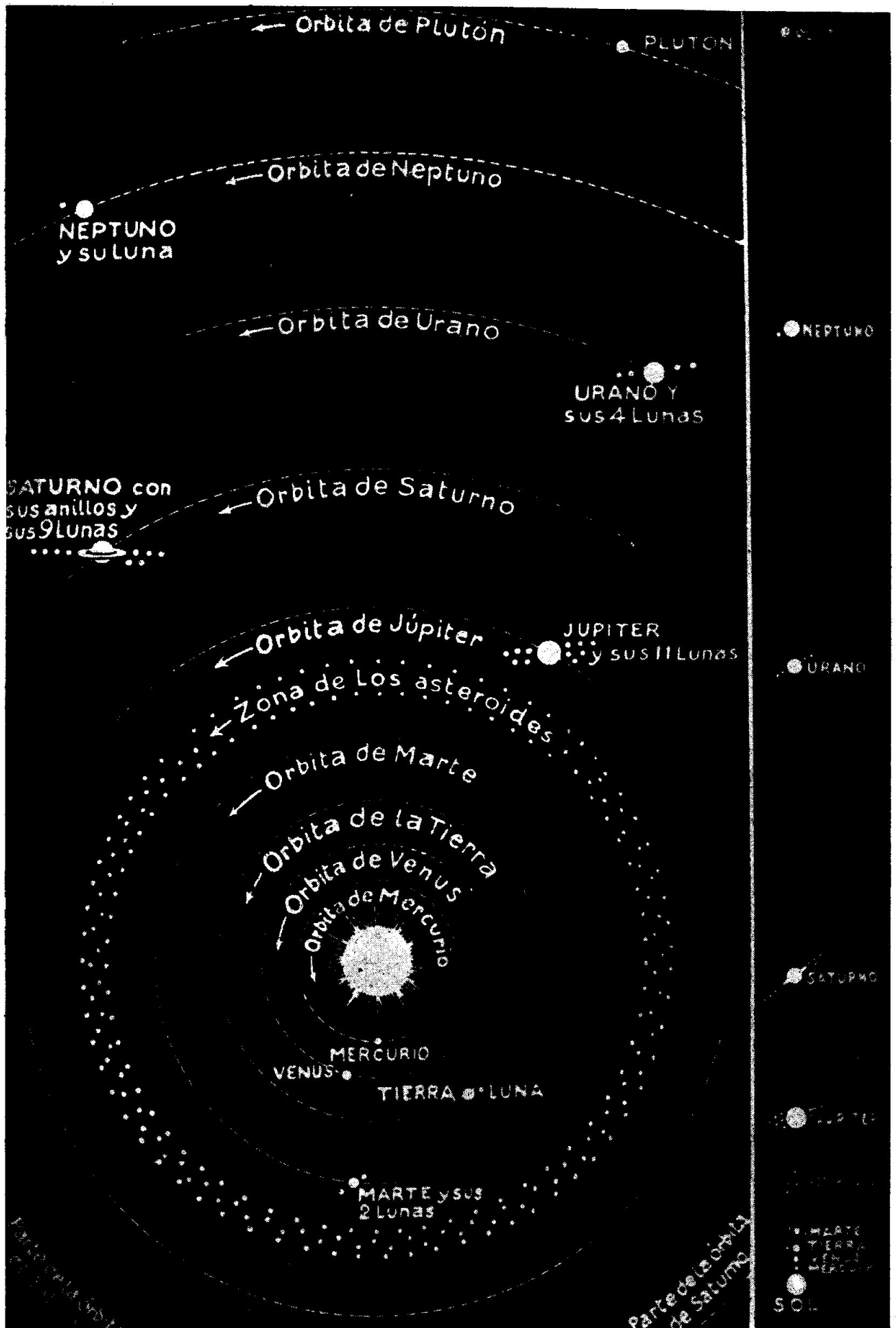


Fig. 202. Sistema solar

posición 3, está en fase "Cuarto Creciente", viéndola en forma de medio disco.

Unos 3 días después de la Fase anterior está en la posición 4, en la cual se ha ensanchado la parte luminosa.

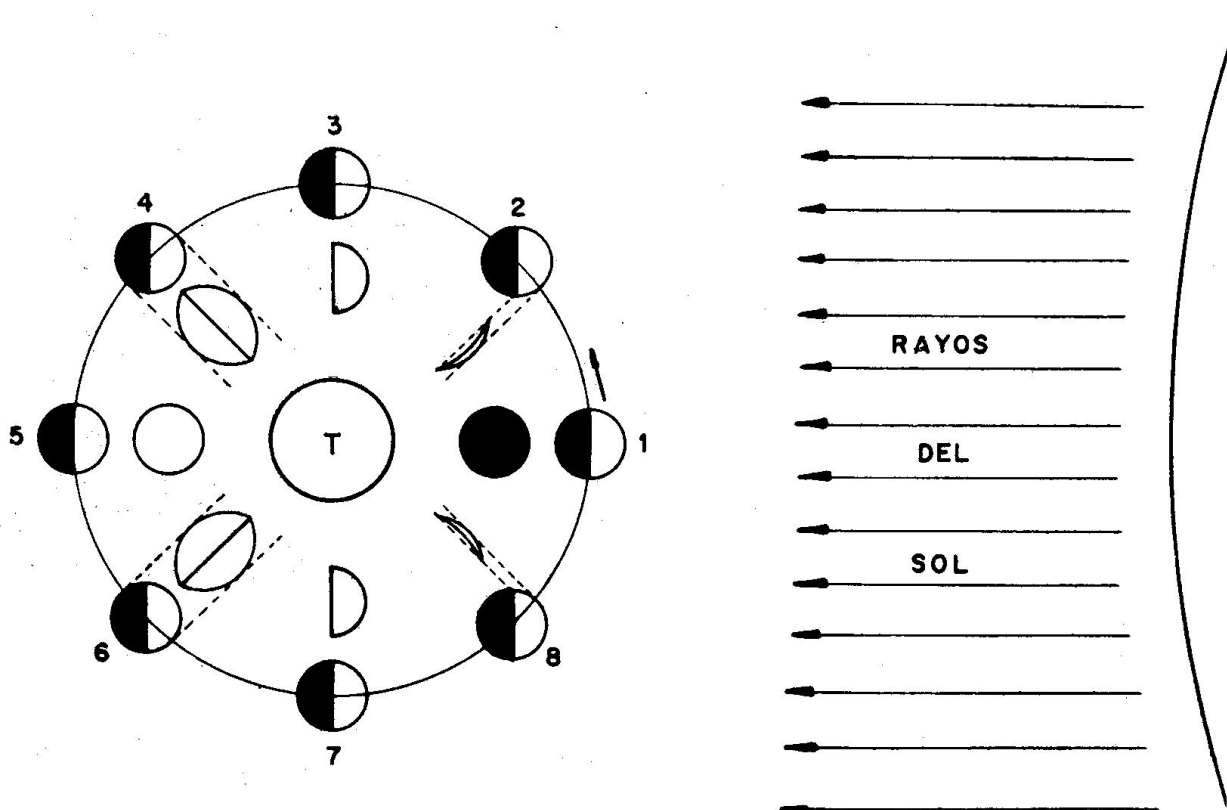


Fig. 203. Fases de la Luna

Unas 2 semanas después de Luna Nueva, la Luna se encuentra en la posición 5, está en Fase "Luna Llena", la vemos como un disco brillante al estar opuesta la Luna y el Sol.

Después de la Fase anterior, la parte luminosa va disminuyendo y pasa por Fases análogas a las anteriores, posición 6; cuando llega a la posición 7, la Luna está en Fase "Cuarto Menguante", análoga fase a la de "Cuarto Creciente", pero el medio disco en contraria forma que la anterior.

Unos 29 días y medio después de Luna Nueva vuelve a ser Luna Nueva. Este tiempo es mayor que lo que tarda en recorrer la Luna su órbita, unos 27,5 días, debido a que el Sol durante todo ese tiempo se ha desplazado también en el mismo sentido y tarda más en repetirse las Fases.

207. ECLIPSES DE SOL Y LUNA.—La Luna y la Tierra, como todo cuerpo opaco que recibe luz, deja en el espacio un cono de sombra en la dirección opuesta a la que recibe la luz.

El Eclipse de Sol se produce al interponerse la Luna entre el Sol y la Tierra, con lo que dejamos de ver todo o parte del disco solar. Como la distancia Luna-Tierra varía, cuando se produce el Eclipse, la Tierra puede pasar dentro del cono de sombra o no. Cuando está en el cono de sombra (figura 204) la parte de la superficie terrestre que está en este cono (AB) no ve al Sol, o sea, tendrán eclipse total de Sol.

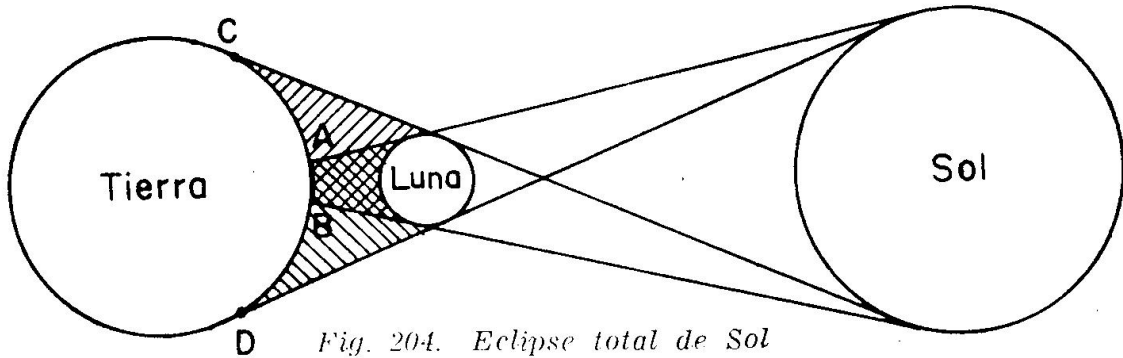


Fig. 204. Eclipse total de Sol

Trazando las tangentes interiores Sol-Luna, dan una zona de Penumbra, la zona de la superficie terrestre que se encuentra en esta zona (CD) sólo ve parte del Sol, o sea, tendrán Eclipse Parcial de Sol.

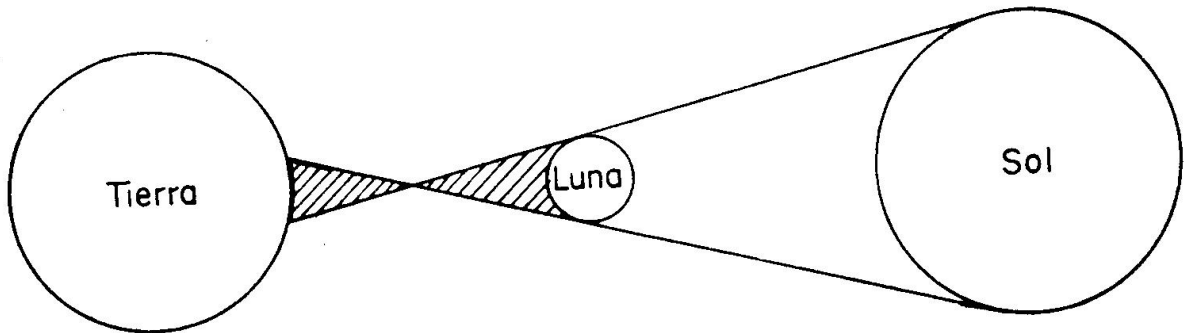


Fig. 205. Eclipse anular de Sol

Cuando el cono de sombra es menor que la distancia Luna-Tierra (figura 205), entonces la superficie terrestre no pasará por el cono de sombra, pero sí pasa por la prolongación del cono de sombra, y en esta parte de la Tierra verán una corona del Sol (pero no el centro solar), a este Eclipse se le llama Eclipse Anular de Sol.

Cuando ocurre Eclipse de Sol, la Luna tiene que estar en fase Luna Nueva.

El Eclipse de Luna se produce al pasar la Luna por el cono de sombra formado por la Tierra, con lo que dejamos de ver total o parcialmente a nuestro Satélite.

Como el cono de sombra es mayor que la distancia Luna-Tierra, el Eclipse es total (figura 206) cuando la Luna se encuentra en la parte AB (1), y será parcial cuando sólo ha entrado dentro del cono de sombra parte de nuestro Satélite (2).

Cuando ocurre el Eclipse de Luna, tiene que estar en fase Luna Llena.

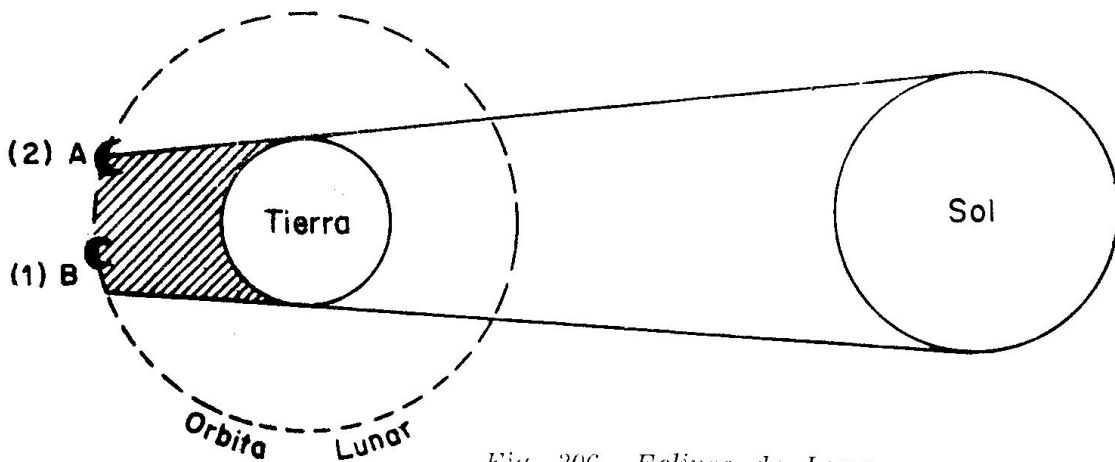


Fig. 206. Eclipse de Luna

208. LA POLAR.—La Polar es una estrella poco brillante, de segunda magnitud, pero que tiene gran importancia por estar cerca del Polo Norte celeste, con lo que nos da la dirección del Norte verdadero, y, además, observándola con el sextante se obtiene fácilmente la latitud del buque.

209. MODO DE RECONOCER LA POLAR.—La Polar se reconoce en el cielo por 2 constelaciones que tienen forma característica, la Osa Mayor y Cassiopea.

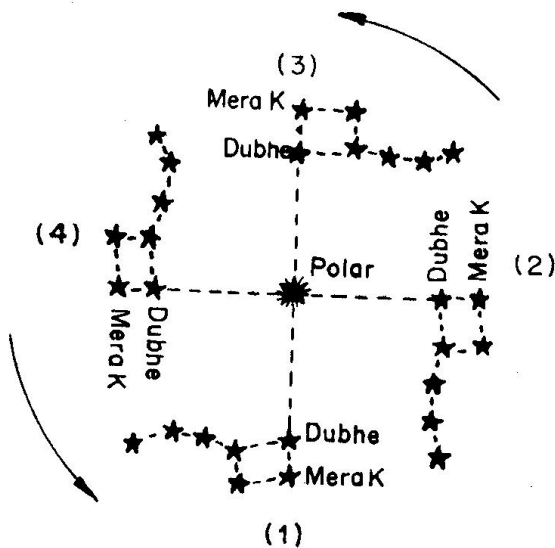


Fig. 207. Osa Mayor

La Osa Mayor o Carro está formada por 7 estrellas; 4 que forman el Carro y 3 la lanza (figura 207). Las 2 estrellas del Carro opuestas a la lanza se llaman Dubhe y Merak.

Prolongando estas 2 estrellas en el sentido de donde sale la lanza, a unas 5 veces la distancia Dubhe-Merak se encuentra la Polar.

Todas las estrellas giran alrededor del Polo Norte, como la Polar está casi en el Polo Norte, la constelación del Carro gira también casi alrededor de la Polar, y en la figura 207. se ven 4 posiciones que puede to-

mar la Osa Mayor respecto la Polar. En la posición (1) es cuando tenemos el Carro más bajo, después de unas 6 horas el Carro se encontrará en la posición (2), después de otras 6 horas el Carro estará en la posición (3), o sea, es cuando se encuentra esta constelación más alta, otras 6 horas después estará en la posición (4), simétrica a la 2, y unas 6 horas más tarde vuelve a estar en la posición 1.

Como vemos, en cualquier posición, siempre la Polar se encuentra en la enfilación explicada anteriormente.

La Constelación de Cassiopea tiene forma de W si está más baja que la Polar o de M si está más alta. La Polar se encuentra, aproximadamente, trazando la bisectriz de cualquiera de los 2 ángulos de esta constelación.

Esta Constelación de Cassiopea se encuentra casi opuesta al Carro respecto la Polar (figura 208), por ello, cuando se está en latitudes altas y no vemos a la Osa Mayor, por estar bajo el Horizonte, se reconoce a la Polar por Cassiopea que, entonces, la tendremos sobre el Horizonte al estar casi opuesta al Carro.

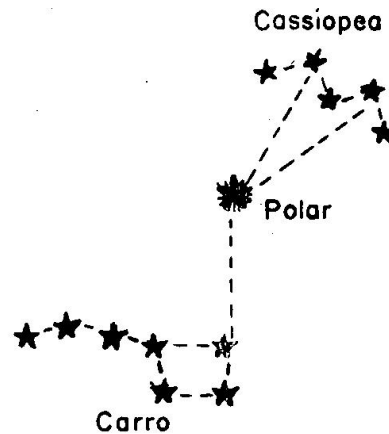


Fig. 208. Cassiopea

Capítulo III

MOVIMIENTOS DE LOS ASTROS

301. MOVIMIENTOS DE LA TIERRA.—La Tierra tiene 2 movimientos: Uno de Rotación y otro de Traslación.

Por el movimiento de Rotación, la Tierra en un día gira alrededor de su eje o línea de los Polos; a este movimiento también se llama “Diurno”, porque debido a él se producen los días y las noches. El sentido de este giro se llama “directo” (figura 301), y es contrario a las agujas del reloj para un observador que estuviese en el Polo Norte.

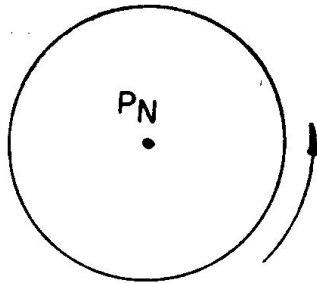


Fig. 301. Giro de la Tierra

Por el movimiento de Traslación, la Tierra, como todos los planetas, recorre una elipse alrededor del Sol, encontrándose este Astro en uno de los focos de dicha elipse (figura 302).

La Tierra tarda un año en recorrer esta trayectoria, y lo efectúa en sentido directo, o sea, contrario a las agujas del reloj, visto desde el Polo Norte.

La Tierra, por tanto, gira, y al mismo tiempo se desplaza; en la figura 302 están dibujados ambos movimientos.

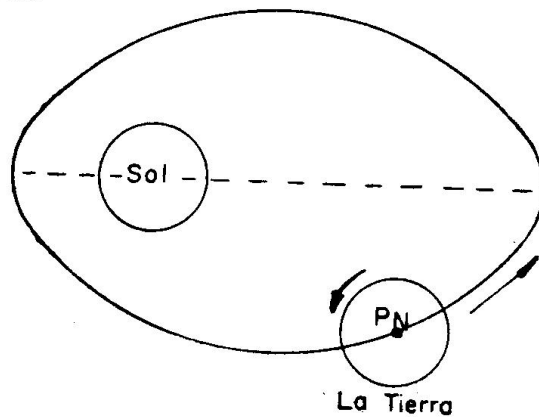


Fig. 302. Órbita terrestre

302. MOVIMIENTO APARENTE DE LOS ASTROS.—De la misma manera que cuando vamos en un coche nos da la impresión de que son los árboles de la carretera los que se mueven en sentido contrario al del coche, los habitantes de la Tierra, por el movimiento de rotación, nos parece

que son los astros los que girán alrededor del Polo Celeste, aproximadamente alrededor de la Polar.

Esto es lo que vemos al contemplar cómo todos los astros salen por el Este y se ponen por el Oeste, cuando en realidad lo que sucede es que nuestro Horizonte baja por el Este y sube por el Oeste.

A este movimiento de los astros se le llama “movimiento aparente”,

porque no existe en la realidad. El sentido de este movimiento es contrario a las agujas del reloj mirando al Polo Norte celeste, o sea a la Polar.

303. MOVIMIENTO PROPIO DE ALGUNOS ASTROS.—Aunque hoy día se sabe que las estrellas tienen movimiento propio, ya hemos dicho que por estar muy alejadas de nosotros no apreciamos su movimiento propio y los vemos siempre en las mismas posiciones relativas.

En cambio, los Planetas, por estar mucho más cercanos, nos damos cuenta que se mueven y se desplazan en el Cielo variando su posición respecto las estrellas.

De los 4 Planetas que observamos a simple vista, Venus, por estar más cerca del Sol que la Tierra, sólo lo vemos o bien antes de salir el Sol o durante poco tiempo después del ocaso de este Astro.

En cambio, Júpiter, Marte y Saturno los podemos ver durante toda la noche y en cualquier parte del Firmamento, ya que varía su posición al tener movimiento propio acusado.

La Luna es el Astro que apreciamos se desplaza con más rapidez, ya dijimos que da una vuelta alrededor de nosotros en unos 27 días y medio.

No hay que confundir estos movimientos propios de los Astros con el relativo o aparente que acabamos de estudiar, y que es debido al giro de la Tierra, por eso, estos Astros se mueven según la combinación de su movimiento propio y del aparente.

304. MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL.—Dijimos que la Tierra se traslada alrededor del Sol describiendo una elipse en la que el Sol ocupa uno de los focos.

Ahora bien, nosotros no nos damos cuenta de que la Tierra se mueve, sino que parece que estamos parados y es el Sol el que se mueve recorriendo una elipse de iguales dimensiones y ocupando la Tierra uno de los focos (figura 303). Esta elipse aparente, pues no es real, la recorre el Sol también en un año. Por ser una elipse, varía las distancias Sol-Tierra.

305. ECLIPTICA.—Nosotros no nos damos cuenta de que el Sol recorre una elipse, ya que la variación de distancias es pequeña por ser la elipse poco achatada, o sea, parecida a una circunferencia. Además, a nosotros nos parece que todos los astros

se encuentran en una gran esfera, llamada Esfera Celeste, y, por ello,

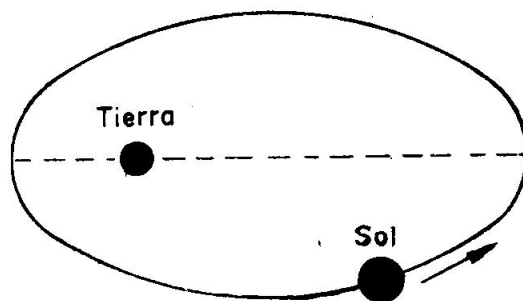


Fig. 303. Órbita aparente del Sol

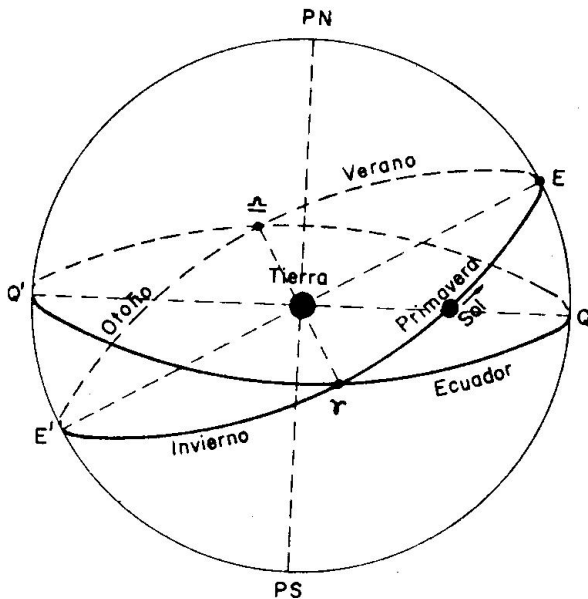


Fig. 304. Eclíptica. Estaciones

la impresión que tenemos es que el Sol aparentemente recorre en un año una circunferencia sobre la Esfera Celeste, llamada "Eclíptica" (EE') (Figura 304).

Como la Tierra al mismo tiempo está girando dando una vuelta cada día, el Sol lo vemos moverse con la combinación de estos movimientos, y, por ello, así como las estrellas las vemos en un mismo lugar salir y ponerse por el Horizonte siempre por los mismos puntos, en el Sol cambian estas posiciones, y en Verano vemos que el orto y el ocaso lo hacen más al Norte

que en Invierno; y también las alturas al mediodía del Sol, así como la duración de los días son mayores en Verano que en Invierno, lo contrario sucede para los habitantes del Hemisferio Sur.

306. ORTOS Y OCASOS.—Se llaman Orto y Ocaso los instantes en que un Astro corta al Horizonte. Al ocurrir el Orto, el Astro pasa del Hemisferio invisible al visible, o sea, lo empezamos a ver; en el Ocaso, el Astro pasa del Hemisferio visible al invisible, es decir, en ese instante es el último momento en que lo vemos.

Debido a la Refracción no vemos los ortos y ocasos de las Estrellas y Planetas, pero sí vemos los de Sol y Luna, que, en realidad, se les da el nombre de Salida (Orto) y Puesta (Ocaso).

Cuando nos referimos al Sol, en el instante de la Salida empieza el día y en la Puesta termina el día.

307. CREPUSCULOS.—Se llaman Crepúsculos el tiempo que sin ver al Sol tenemos luz. Este fenómeno ocurre debido a la presencia de la atmósfera.

El Crepúsculo se llama "Matutino" al de la mañana, o sea, que dura desde que empieza a verse luz hasta que sale el Sol. Crepúsculo "Vespertino" es el de la tarde, que dura desde la puesta de Sol hasta que se deja de ver luz, o sea, se hace la noche.

En los Crepúsculos es cuando en los barcos se observa a las estrellas y planetas, por verse bien estos astros y también el Horizonte.

308. ESTACIONES.—La Eclíptica se divide en 4 cuadrantes o Estaciones (figura 304): Primavera y Verano en las que el Sol se encuentra en el Hemisferio Norte; para los observadores de latitud Norte los días son más largos que las noches y la temperatura es buena en Primavera y más alta en Verano.

En Otoño e Invierno, el Sol está en el Hemisferio Sur, y para los ob-

servadores en latitud Norte los días son más cortos que las noches, la temperatura en Otoño es buena y en Invierno se dan las más bajas temperaturas.

309. ZONAS Y CLIMAS.—Al estudiar los Paralelos (Art. 106), nos referimos a los 4 paralelos que tienen nombre especial. Pues bien, estos paralelos dividen a la Tierra en las 5 Zonas siguientes (figura 305): “Zona Tórrida”, la comprendida entre los Trópicos de Cáncer y de Capricornio, por su centro pasa el Ecuador. Se llama Tórrida por ser la más calurosa de todas, ya que el Sol en esta Zona tiene alturas muy altas, lo que hace que caliente más esa región.

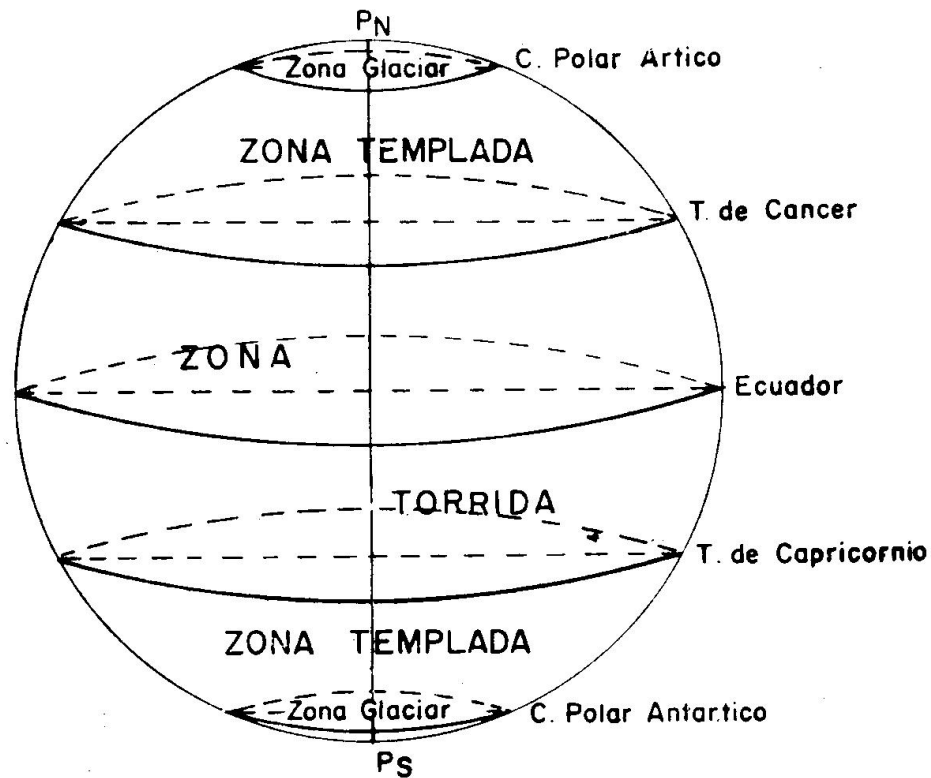


Fig. 305. Zonas de la Tierra

“2 Zonas Templadas”, las comprendidas entre el Trópico de Cáncer y el Círculo Polar Ártico y entre el Trópico de Capricornio y el Círculo Polar Antártico. El clima de estas 2 Zonas es benigno, ya que el Sol alcanza unas alturas normales. En estas regiones es donde se encuentran los países más civilizados.

“2 Zonas Glaciares”, las comprendidas entre el Círculo Polar Ártico y el Polo Norte y entre el Círculo Polar Antártico y el Polo Sur. En estas Zonas el Sol alcanza poca altura y, además, existen noches y días de duración grande, por lo que las temperaturas son muy bajas.

Capítulo IV

TIEMPO. HORAS

401. CONCEPTO GENERAL DEL TIEMPO.—El Tiempo no se puede definir, pero puede considerarse como una sucesión de acontecimientos o fenómenos que ocurren o se siente, y así decimos que ha transcurrido un año cuando el Sol ha recorrido la Eclíptica volviendo a ocupar la misma posición.

Se llama "Época" al instante en que ocurre un fenómeno o acontecimiento, e "Intervalo" al tiempo transcurrido entre dos épocas.

402. OPERACIONES CON SEXAGESIMALES: SUMA, RESTA Y MULTIPLICACION.—Sabemos por Geometría que la circunferencia se divide en 360° , el grado en $60'$ y el minuto en $60''$.

También sabemos que un día tiene 24 horas, la Hora tiene 60^m y el Minuto tiene 60^s .

Hay que recordar que son diferentes los minutos y segundos de arco ($'$ $''$) que los minutos y segundos de tiempo (m s), por eso se representan de forma distinta.

Vemos, pues, que estas medidas de arco y tiempo no van de 100 en 100, como las del Sistema decimal, sino de 60 en 60, por eso se llaman sexagesimales.

En estas unidades no podemos tener un número mayor de 60, ya que se pasaría a una unidad del orden superior, lo cual se obtiene dividiendo por 60; el cociente es la cantidad del orden superior y el resto es la unidad del dividendo; así, $80''$ es $1'-20''$ y 90^m es 1^h-30^m .

Es muy conveniente, para operar con sexagesimales, separar por una raya las horas o grados de los minutos y por otra raya los minutos de los segundos, ya que si ponemos una coma indicamos que son decimales de esa unidad, o sea, $20'-50''$ son 20 minutos de arco y 50 segundos de arco, pero si ponemos $20',50$ serán 20 minutos y medio, o sea, $20'-30''$.

Suma.—Se ponen las cantidades unas debajo de otras, haciendo que coincidan los grados u horas, los minutos y los segundos; se suman con independencia, y al final, si los segundos y minutos son mayores de 60, se pasan a la unidad del orden superior (dividiendo por 60).

Ejercicio 401:

$$\begin{array}{r} 34^\circ-48'-36'' \\ 25^\circ-37'-52'' \\ \hline 59^\circ-85'-88'' \end{array}$$

Los segundos $88'' = 1'-28''$, luego quedarían $86'-28''$.

Los $86' = 1^\circ-26'$. Por tanto, el resultado será: $60^\circ-26'-28''$.

Con práctica, el paso a la unidad superior se hace directamente al sumar.

Resta.—Se ponen las cantidades como dijimos para la suma y se restan normalmente, pero si el número de minutos o segundos del minuendo es menor que los del sustraendo se le suma al minuendo 60, quitando una unidad de la cantidad del orden superior.

Ejercicio 402:

$$\begin{array}{r} 62^{\circ}-21'-14'' \\ 40^{\circ}-37'-46'' \text{ —} \\ \hline \end{array}$$

Vemos que tanto los minutos como los segundos del minuendo son menores; entonces 1° y 1' los pasamos a minutos y segundos, con lo cual el valor no varía:

$$62^{\circ}-21'-14'' = 61^{\circ}-81'14'' = 61^{\circ}-80'-74''$$

$$\begin{array}{r} 61^{\circ}-80'-74'' \\ 40^{\circ}-37'-46'' \text{ —} \\ \hline 21^{\circ}-43'-28'' \\ \hline \end{array}$$

Con práctica se hace esta operación del paso de unidades mentalmente.

Multiplicación.—Se multiplica el multiplicador o factor por los segundos, minutos y horas o grados independientemente. Si los segundos y minutos dan un número mayor de 60, se pasan a la unidad superior, dividiendo por 60, como ya dijimos.

Ejercicio 403:

$$\begin{array}{r} 16^{\circ}-24'-46'' \\ 4 \times \\ \hline 64^{\circ}-96'-184'' \\ \hline \end{array}$$

Como los minutos y segundos son mayores de 60, el resultado es: $65^{\circ}-39'-4''$.
Con práctica, se pone el número menor de 60, llevando lo que corresponda.

403. TRANSFORMACION DE ARCO A TIEMPO Y VICEVERSA.

Teniendo en cuenta que la Tierra tarda en girar alrededor de la línea de los polos 24 horas, no cabe duda que un punto de la superficie terrestre tarda 24 horas en recorrer 360° de su circunferencia, lo cual quiere decir que hay proporcionalidad o correspondencia entre los arcos recorridos y el tiempo empleado en recorrerlos.

Si llamamos G al arco recorrido y H al tiempo empleado en recorrer el arco G, se puede establecer la siguiente proporción:

Si 360° equivalen a 24 horas

G° equivalen a H horas

de donde:

$$H^h = \frac{24}{360} \cdot G^{\circ}$$

$$\text{Como } \frac{24}{360} = \frac{1}{15} \text{ se tiene que: } H^h = \frac{G^{\circ}}{15}.$$

O sea, que para pasar de arco a tiempo hay que dividir el arco por 15. Como esta operación es lenta y engorrosa, por estar expresado el

arco en el sistema sexagesimal, se sustituye 15 por $\frac{60}{4}$ con lo que queda:

$$H^h = \frac{4 \cdot G^\circ}{60}$$

y como dividir un sexagesimal por 60 es rebajar la especie, resulta la regla siguiente: "Para pasar de arco a tiempo se multiplica el arco por 4 y se rebaja la especie"; rebajar la especie es que los grados pasan a minutos de tiempo, y los minutos de arco a segundos de tiempo, y los segundos de arco a décimas de segundos de tiempo (dividiendo por 60).

Ejercicio 404:

Pasar a tiempo $36^\circ-42'-12''$:

$36^\circ-42'-12'' \cdot 4 = 146^\circ-48'-48''$; rebajando la especie $146^\circ-48,8'$

Pasando los minutos a horas resulta: $2^h-26^m-48,8^s$.

Ejercicio 405:

Convertir a tiempo $22^\circ-50'-24''$.

Haciendo las operaciones anteriores da: $1^h-31^m-21,6^s$.

Hemos deducido que:

$$H^h = \frac{4 \cdot G^\circ}{60}$$

Despejando G° :

$$G^\circ = \frac{60 \cdot H^h}{4}$$

O sea, "Para pasar de Tiempo a Arco se divide por 4 y se eleva la especie". Antes de dividir por 4 conviene pasar las horas a minutos multiplicando por 60, ya que al elevar la especie los minutos pasarán a ser grados.

Ejercicio 406:

Pasar a arco $2^h-35^m-10^s$.

Pasando las horas a minutos y sumándole los minutos: 155^m-10^s .

$(155^m-10^s) : 4 = 38^m-47,5^s$; elevando la especie: $38^\circ-47,5' = \underline{\underline{38^\circ-47'-30''}}$

Ejercicio 407:

Convertir en arco $9^h-18^m-25^s$.

Haciendo las operaciones anteriores da: $\underline{\underline{139^\circ-36'-15''}}$.

404. MEDIDA DEL TIEMPO.—Como el movimiento de giro de la Tierra es uniforme, también lo es el movimiento aparente de la mayoría de los astros. Este movimiento aparente es el que nos sirve para medir el tiempo.

Ahora bien, el Astro que más nos interesa para medir el tiempo es el Sol, ya que nuestra vida está regida por este Astro que nos da el día y la noche, pero el Sol verdadero (el que vemos y observamos), no nos sirve para medir el tiempo, pues recorre la Eclíptica con movimiento no uniforme, y, por tanto, sus días no son todos iguales. Nuestro reloj está regulado por un Sol ideal, que se llama "Sol Medio", que se mueve con velocidad uniforme, promedio de la velocidad variable del Sol verdadero.

Las unidades principales para medir el Tiempo son el Día y el Año.

En general, el Día es el tiempo que transcurre en pasar un Astro 2 veces seguidas por el mismo Meridiano; nosotros sólo vamos a consi-

derar que este Astro es el Sol Medio, y que se cuenta desde el Meridiano Inferior para que los días empiecen al ser medianoche.

La otra unidad es el Año, que es el tiempo que tarda el Sol Verdadero en recorrer la Eclíptica.

El Día se divide en 24 horas, la Hora en 60 minutos y el Minuto en 60 segundos.

405. TIEMPO UNIVERSAL.—Acabamos de decir que los días se cuentan a partir del paso del Sol por el Meridiano Inferior; como nuestro Meridiano depende de la Longitud que tengamos, todos los lugares de diferente Longitud tendrán Horas diferentes.

Para contar con una Hora que sea igual para todos los lugares de la Tierra se ha tomado la Hora del Meridiano de Greenwich (origen de las Longitudes), llamándose a esta Hora “Tiempo Universal”, o también, “Hora civil en Greenwich” (HcG).

406. HORA CIVIL, LEGAL Y OFICIAL.—Antes de definir lo que son, hay que hacer notar que todas estas horas, así como la del Tiempo Universal, acabada de explicar, tienen la misma duración, por estar regidas por el mismo Astro ficticio, “Sol Medio”, y sólo son diferentes en que sus horas van defasadas, es decir, que los días empiezan en distintos momentos.

“**Hora Civil del Lugar**” es el tiempo que hace pasó el Sol Medio por el Meridiano Inferior del Lugar. Cuando un buque navega, cambiando de Longitud, esta hora cambia lo mismo que la Longitud. Ya hemos dicho que se cuenta desde el Meridiano, y éste cambia con la Longitud.

La Hora civil del Lugar se representa por HcL.

No cabe duda que la Hora civil del Lugar de Greenwich es lo que hemos llamado Tiempo Universal u Hora civil en Greenwich (HcG).

“**Hora Legal**”. Debido a que la Hora civil del Lugar no la podemos llevar, pues todos los lugares de la Tierra de diferente Longitud tendrían una Hora diferente, y los buques, al navegar, tendrían que estar cambiando la hora continuamente al variar su Longitud, se ha llegado a la “Hora Legal” de la siguiente forma:

Se ha dividido la superficie terrestre en 24 Husos Horarios (figura 401) de 15° o una Hora de Longitud, representados por la letra Z. Dentro de esos Husos se lleva la misma Hora, llamada “Hora Legal”, con lo cual sólo tenemos que cambiar de hora al pasar de un Huso a otro.

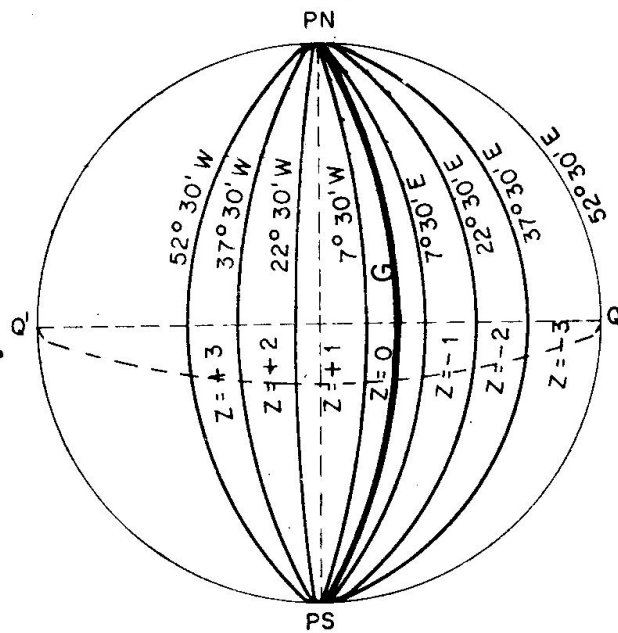


Fig. 401. Husos Horarios

En la figura 401 sólo están dibujados algunos Husos. En la figura 402 se ven los Husos desde el Polo Sur terrestre. El Meridiano superior de Greenwich (G) divide al Huso 0 en 2 partes iguales, el cual coge de LW 7°-30' a LE 7°-30', o media hora. Cada Huso, como hemos dicho, tiene 15°, o sea, una hora de Longitud; los de Longitud W tienen signo positivo, y los de Longitud E, signo negativo. Por ejemplo, el Huso +1 comprende desde Longitud 7°-30' W a L = 22°-30' W, o bien, en tiempo, desde media hora W a una hora y media W; el Huso -1 coge los mismos grados, pero en Longitud E.

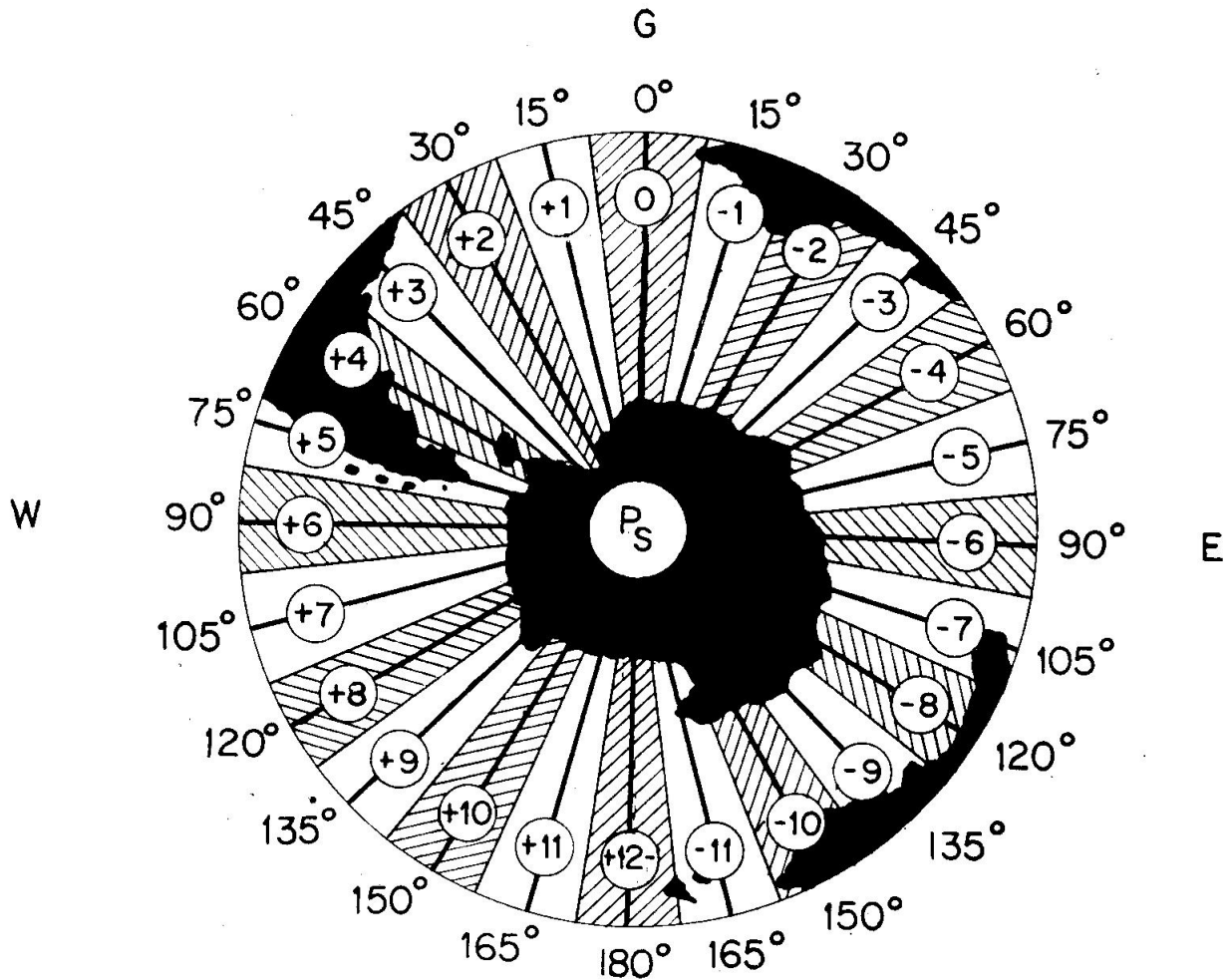


Fig. 402. Husos Horarios

El Huso Z es un número exacto de horas. España está dentro del Huso 0, excepto parte de Galicia, que está en el Huso +1, pero se considera también comprendido en el Huso 0. La Hora Legal se representa por Hz. Las Horas legales la llevan los buques cuando en su navegación les va a variar bastante la Longitud, entonces se cambia la hora al pasar de un Huso a otro y el cambio es exactamente una hora. Por ejemplo, si un buque pasa de LW 7°-30' a LW 7°-31', entonces ha cambiado del Huso 0 al Huso +1, y si en ese momento marcaba el reloj las 4 horas, se pondrá las 3; extrañará que siendo el Huso +1 haya disminuido una hora en lugar de aumentarla, esto lo explicaremos

al estudiar a continuación el paso de unas horas a otras, pero ya nos podremos dar cuenta, que como el Sol sale por el Este, al navegar al W hay que disminuir horas (América cuenta menos horas que España).

“**Hora Oficial**”, es la que establece el Gobierno de la Nación por razones de economía eléctrica para que se trabaje el mayor tiempo con luz solar. Se suele diferenciar poco de la Hora Legal.

Esta hora se diferencia de la Hora Civil en Greenwich en una cantidad que se llama O , que es positiva cuando conociendo la Hora Oficial se quiere saber la Hora Civil en Greenwich, y así en la Península tenemos $O = -1$, porque Greenwich cuenta una hora menos que nosotros, o sea, nosotros llevamos una hora más que Greenwich. En cambio, Canarias tiene $O = 0$, o sea, lleva la misma hora que Greenwich. La Hora Oficial se representa por H_o .

407. RELACIONES ENTRE ESTAS HORAS.—Una vez definidas lo que son estas horas podemos comprender fácilmente las fórmulas que las ligan y con las cuales podemos pasar de unas horas a otras. Es muy importante tener en cuenta que los signos que se dan son “Para pasar de cualquier hora (H_cL , H_z , H_o) a la Hora Civil en Green-

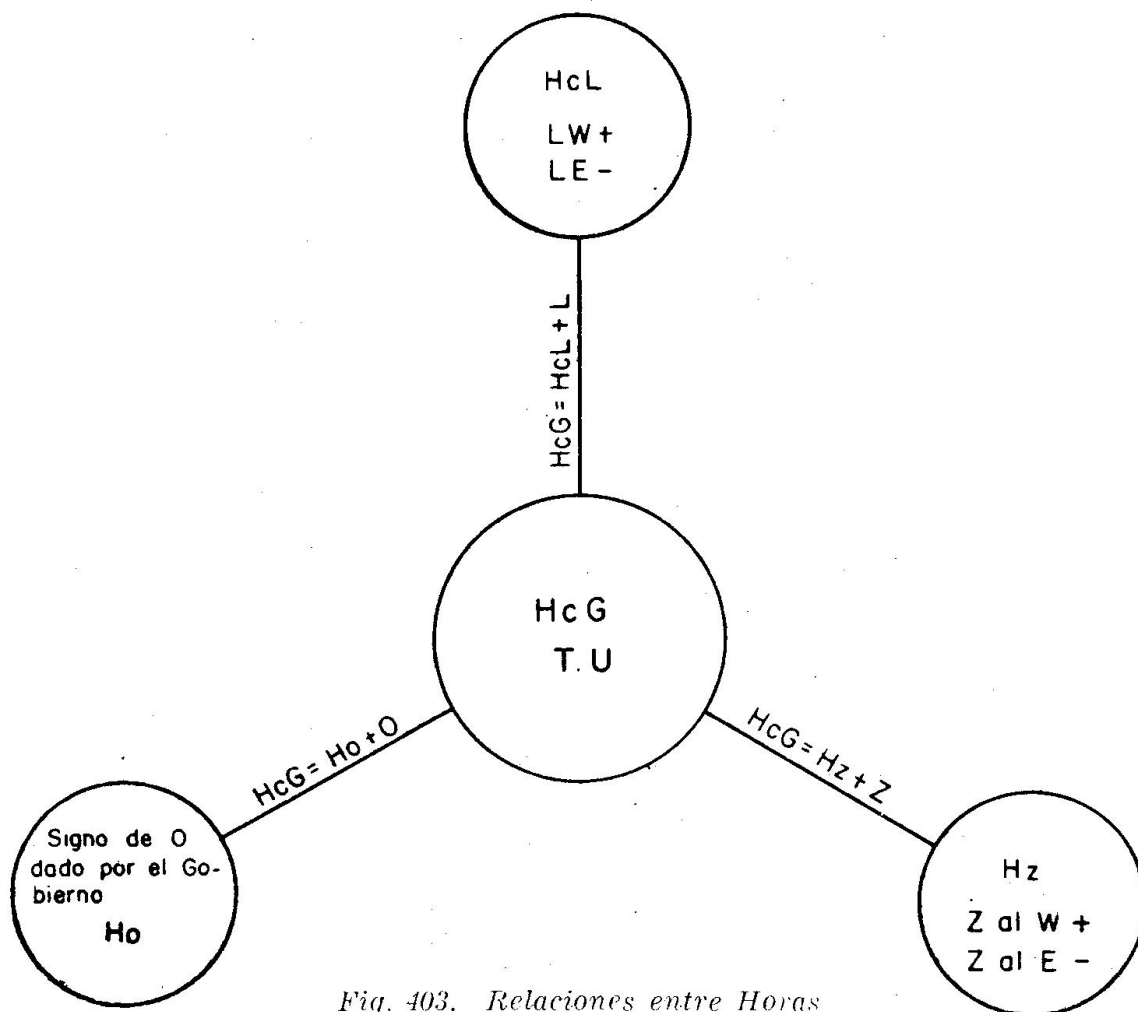


Fig. 403. Relaciones entre Horas

wich (HcC) o Tiempo Universal". Podemos decir que se ha dado importancia a la Hora Civil en Greenwich sobre las demás.

Otra cosa importante a tener en cuenta es que para pasar de una hora a otra siempre conviene hacerlo pasando por intermedio de la Hora civil en Greenwich. (Figura 403.)

Las Fórmulas son las siguientes:

$$\text{HcG} = \text{HcL} + L$$

siendo las Longitudes W positivas y las E negativas. Es lógico, pues Greenwich cuenta más horas que los lugares que están en LW y menos horas que los que están en LE.

$$\text{HcG} = \text{Hz} + Z$$

Los Husos al W son positivos y los que están al E negativos.

$$\text{HcG} = \text{Ho} + 0$$

Se aplica el 0 con el signo dado por el Gobierno de la Nación; dijimos que en la Península $0 = -1$ y en Canarias $0 = 0$.

Si conocemos la HcG y queremos obtener otra hora despejaríamos la Hora que deseamos, o sea:

$$\text{HcL} = \text{HcG} - L \quad \text{Hz} = \text{HcG} - Z \quad \text{Ho} = \text{HcG} - 0$$

Teniendo en cuenta que el signo negativo significa cambiar el signo al que tenga L, Z u 0.

En estas operaciones de restar, aconsejo poner a la derecha de L, Z u 0 su signo, y a su derecha, entre paréntesis, el opuesto, que es con el que se debe operar.

Muy importante es no olvidar que estas horas tienen sus fechas y que a veces puede ocurrir que una hora tenga una fecha y otra hora en ese mismo instante otra fecha diferente:

Si al sumar, resulta una hora mayor de 24 horas, a la hora se le resta 24 y resulta del día siguiente (tener en cuenta que las 26 horas del día 4 son las 2 horas del día 5).

Si tengo que restar y la hora es menor que el valor que tengo que restar, a la hora le sumo 24 horas, y la hora obtenida con la diferencia resulta del día anterior (por la misma razón de que las 2 horas del día 5 son las 26 horas del día 4).

Ejercicio 408:

Al ser en LW = 12°-30' la Hz = 6h-24m del día 8. Hallar la HcG, HcL y Ho en la Península.

La LW = 12°-30' está en el Huso + 1.

Hz = 6h-24m (día 8)	HcG = 7h-24m (día 8)	HcG = 7h-24m (día 8)
Z = 1 +	LW = 50, + (-)	O = 1 - (+)
HcG = 7h-24m (día 8)	HcL = 6h-34m (día 8)	Ho = 6h-24m (día 8)

Ejercicio 409:

Al ser HcG = 23h-45m (día 3), calcular la HcL y Hz en longitud E = 10° y la Ho en la Península.

HcG = 23h-45m (día 3)	HcG = 23h-45m (día 3)	HcG = 23h-45m (día 3)
LE = 40m — (+)	Z = 1 — (+)	O = 1 — (+)
HcL = 0h-25m (día 4)	Hz = 0h-45m (día 4)	Ho = 0h-45m (día 4)

Ejercicio 410:

Al ser en la Península la Ho = 0h-20m (día 7), calcular la HcG y la HcL y Hz en un lugar de LE = 9°.

Ho = 0h-20m (día 7)	HcG = 23h-20m (día 6)	HcG = 23h-20m (día 6)
O = 1 —	LE = 36m — (+)	Z = 1 — (+)
HcG = 23h-20m (día 6)	HcL = 23h-56m (día 6)	Hz = 0h-20m (día 7)

408. DIFERENCIA DE HORAS ENTRE DOS LUGARES.—Sabien-
do que las horas se cuentan desde el Meridiano, la diferencia de Horas
Civiles del lugar entre dos lugares es la misma que la separación de
los Meridianos entre esos dos lugares, y como esta separación es la
diferencia de Longitudes, podemos decir que la diferencia de hora entre
dos lugares es igual a la diferencia de Longitud.

Recordemos que la diferencia de Longitud es la diferencia numé-
rica si ambos lugares tienen Longitud de igual nombre, y es la suma
numérica si las Longitudes tienen signo diferente (una W y otra E).

En esta Diferencia de horas hay que tener en cuenta que tiene más
horas el lugar que está más al Este.

Cuando uno de los lugares está en el Meridiano de Greenwich (L=0)
la diferencia de horas es exactamente la Longitud del otro Lugar.

Si se conoce la Longitud de dos lugares y la Hora Civil del Lugar
de uno de ellos y se quiere obtener la Hora Civil del Lugar de otro
sitio, aconsejamos hacerlo pasando por la Hora Civil en Greenwich,
como lo hicimos en los ejercicios del punto anterior.

Ejercicio 411:

En un lugar de LW = 5° tiene la HcL = 16 horas del día 4. Calcular la hora
en otro lugar de LW = 25°.

La diferencia de longitud de los dos lugares son 20°, o sea, 1h-20m. Como el
lugar que queremos saber la hora está más al W, contará 1h-20m menos en su
hora, o sea, hay que restar, por tanto:

$$\begin{aligned} & \text{HcL} = 16\text{h}-00\text{m} \text{ (día 4)} \\ & \Delta L = 1\text{h}-20\text{m} \text{ —} \\ & \hline & \text{HcL} = 14\text{h}-40\text{m} \text{ (día 4)} \end{aligned}$$

Haciéndolo por medio de la hora civil, en Greenwich sería:

HcL = 16h-00m (día 4)	HcG = 16h-20m (día 4)
LW = 20m +	LW = 1h-40m + (—)
HcG = 16h-20m (día 4)	HcL = 14h-40m (día 4)

Ejercicio 412:

En lugar de LW = 10° es HcL = 22h-40m del día 14. Calcular la hora en ese
instante en otro lugar de LE = 20°.

La diferencia de longitud son 30° , o sea, dos horas, y cuenta más horas por estar al-E del otro

$$\text{HcL} = 22\text{h}-40\text{m} \text{ (día 14)}$$

$$\Delta L = 2\text{h} \quad +$$

$$\underline{\underline{\text{HcL} = 0\text{h}-40\text{m} \text{ (día 15)}}$$

Haciéndolo por medio de la HcG:

$$\text{HcL} = 22\text{h}-40\text{m} \text{ (día 14)}$$

$$\text{LW} = 40\text{m} \quad +$$

$$\underline{\underline{\text{HcG} = 23\text{h}-20\text{m} \text{ (día 14)}}$$

$$\text{HcG} = 23\text{h}-20\text{m} \text{ (día 14)}$$

$$\text{LE} = 1\text{h}-20\text{m} \quad - \quad (+)$$

$$\underline{\underline{\text{HcL} = 0\text{h}-40\text{m} \text{ (día 15)}}$$

409. NOCIONES SOBRE EL CALENDARIO. Se llama Calendario a la distribución de días en grupos secundarios (semanas y meses) y principales (años y siglos) que se repiten periódicamente.

Dijimos que el Año es el tiempo que tarda el Sol en recorrer la Eclíptica, este tiempo es de 365,2422 días, o sea, no dura un número exacto de días.

Nosotros para contar el tiempo en el Calendario necesitamos tener un año que tenga un número exacto de días y, además, que su valor promedio sea igual al año solar, o sea, a 365,2422 días. Por ello, el Año del Calendario se llama "Año Civil" y tiene los siguientes días:

Año Civil común = 365 días.

Año Civil bisiesto = 366 días.

Los años bisiestos son aquellos cuyo número es divisible por 4, o sea, cada 4 años uno es bisiesto, excepto los años que terminan en dos ceros, que sólo son bisiestos cuando el número anterior a los dos ceros (número del siglo) es divisible por 4, o sea, será bisiesto el año 2000 (porque 20 es divisible por 4), pero no lo fueron el 1900, ni el 1800, ni el 1700, pero si lo fue el 1600 (porque 16 es divisible por 4).

Con estas duraciones de años civiles y bisiestos se hace que el promedio de los días del Año Civil sea casi igual a 365,2422 días.

Capítulo V

M A R E A S

501. MAREAS.—Se llaman “Mareas”, las variaciones de altura que continuamente sufre el nivel de la Mar. Cuando la altura es máxima se dice que es “Pleamar” y cuando es mínima se llama “Bajamar”. Al promedio de las dos alturas se llama “Nivel Medio”.

La principal causa de las Mareas es la atracción que la Luna y el Sol producen sobre los mares; especialmente la Luna, porque al estar más cerca a nosotros la atracción es mayor.

Las variaciones de la altura de la Mar en las Mareas no es siempre igual, debido a que unas veces se suma la atracción de Luna y Sol y otras veces se restan; cuando se suman se llaman “Mareas vivas” y cuando se restan las diferencias entre Pleamar y Bajamar son menores y se llaman “Mareas muertas”. Las atracciones de Luna y Sol se suman cuando la Luna está en Luna Llena y Luna Nueva y se restan cuando está en Cuarto Creciente y Cuarto Menguante.

El tiempo que transcurre entre Pleamar y Bajamar es variable, aproximadamente vale 6 horas y 15 minutos.

A la diferencia de altura entre la Pleamar y la Bajamar se llama “Amplitud”.

502. ESTABLECIMIENTO DE PUERTO.—La Hora de la Pleamar es algo después del Paso de la Luna por el Meridiano. Este tiempo depende de las posiciones relativas de Sol y Luna y de las distancias de estos Astros a la Tierra.

El “Establecimiento de Puerto” es lo que hay que sumar a la hora de Paso de la Luna por el Meridiano para obtener la Hora de la Pleamar en el caso de estar la Luna y el Sol en el Ecuador, a distancia media de la Tierra y pasando los dos Astros por el Meridiano al mismo tiempo. El Establecimiento de Puerto es constante para cada Puerto.

Por tanto, el Establecimiento de Puerto es una corrección para hallar la Hora de la Pleamar en las condiciones ideales de la definición.

503. UNIDAD DE ALTURA.—Hemos dicho que el “Nivel Medio” es el promedio de Pleamares y Bajamares. “Unidad de Altura” es “la altura sobre el Nivel medio que alcanza la primera Pleamar después del paso de la Luna por el Meridiano en las condiciones de estar la Luna y el Sol en el Ecuador, a distancias medias de la Tierra y pasando los dos Astros al mismo tiempo por el Meridiano”. La Unidad de Altura se expresa en metros y es constante para cada Puerto.

Así como el Establecimiento de Puerto es una corrección para obtener la Hora de la Pleamar en las condiciones ideales de la definición, la Unidad de Altura es una corrección para conocer la altura de la Pleamar en las mismas condiciones ideales.

504. SONDA EN LA BAJAMAR ESCORADA.—Las Cartas náuticas dan unos números que representan la profundidad o Sonda de la Mar en ese lugar. En las Cartas españolas la sonda o profundidad que da se refieren a una Bajamar mayor que la que puede haber, la cual se llama “Bajamar escorada”.

Es decir, que nunca tendremos el peligro de encontrar menos sonda o agua que la que dan las Cartas españolas.

505. HALLAR LAS HORAS Y SONDA DE LAS PLEAMARES Y BAJAMARES POR MEDIO DEL ANUARIO DE MAREAS.—El Anuario de Mareas es una publicación anual editada por el Instituto Hidrográfico de la Marina para los puertos de la Península Ibérica, Canarias, Posesiones españolas y Tánger.

Este Anuario da las horas de las Pleamares y Bajamares y las alturas de la Marea en esos instantes.

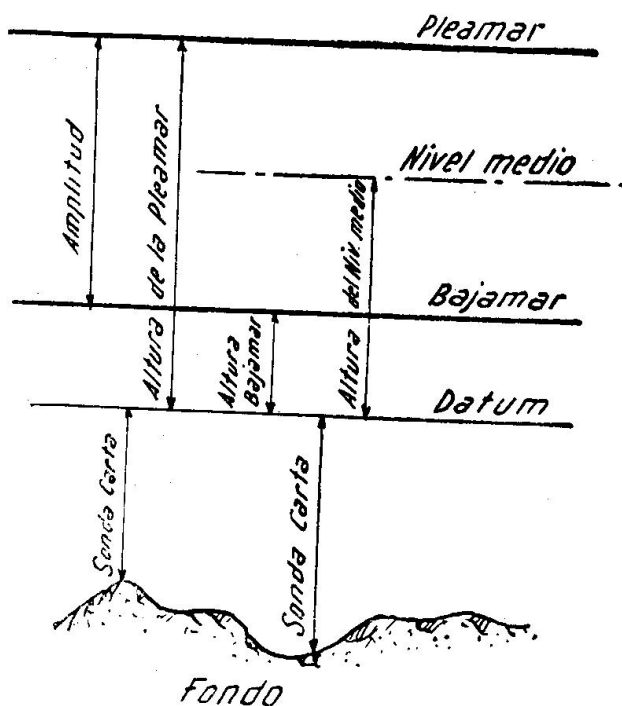


Fig. 501. Sondas

La altura de la Marea es la diferencia entre la sonda en un instante y la sonda o fondo dado en la Carta. En la figura 501 están dibujadas la sonda dada en la Carta y las alturas de Bajamar y Pleamar con sus sondas.

Para obtener las horas y alturas de las Pleamares y Bajamares, el Anuario divide a los Puertos en principales y secundarios:

1. Para 26 puertos principales, entrando con la fecha da las horas de las Pleamares y Bajamares, así como la altura en metros de estos instantes. “La hora que da es diferente para la Península que para Canarias y territorios de Africa, pero sumando a la hora dada para la Península y Canarias.”

una hora obtenemos la Hora Oficial de la Península y Canarias.” (Apéndice B.)

Conocidas las alturas de la Pleamar y Bajamar, se suman a la Sonda de la Carta y obtenemos las sondas en esa Pleamar y Bajamar. (Figura 501.)

2. **Puertos Secundarios.**—En el Apéndice del Anuario da, para 77

puertos, la "diferencia de horas y alturas de las Pleamares y Bajamares respecto a un puerto patrón. (Apéndice B.)

Para resolver el problema, se toman las horas y alturas del puerto patrón y se aplican con sus signos estas diferencias.

Sumando las alturas a las sondas de la Carta obtenemos la sonda de la Pleamar y Bajamar.

La mayoría de los días existen dos Pleamares y dos Bajamares, pero otros sólo hay dos Pleamares y una Bajamar o dos Bajamares y una Pleamar.

Ejercicio 501:

Calcular en Vigo, el día 18 de diciembre de 1964, las Ho de las pleamares y bajamares y sondas que habrá en dichos momentos en un bajo indicado en la carta con cinco metros.

En la hoja del Anuario (Apéndice B) tomamos:

<u>Pleamares</u>	<u>Bajamares</u>
Horas 0150 altura 3,4	Horas 0755 altura 0,3
Horas 1420 altura 3,5	Horas 2020 altura 0,3

Con estos datos y con la sonda carta cinco metros:

<u>Pleamares</u>	<u>Bajamares</u>
Ho = 2h-50m sonda = 8,4	Ho = 8h-55m sonda = 5,3
Ho = 15h-20m sonda = 8,5	Ho = 21h-20m sonda = 5,3

Ejercicio 502:

Calcular en Corcubion el día 18 de diciembre de 1964 las Ho de las pleamares y bajamares y sondas que habrá en dichos momentos en un bajo indicado en la Carta con cinco metros.

En la hoja del Anuario (Apéndice B) vemos que para Corcubion el puerto patrón es Vigo. Tomaríamos las horas y sondas de Vigo (resuelto en el ejercicio 501) y le aplicaríamos las diferencias que vemos, son:

Horas pleamares + 0h-15m	Altura pleamar — 0,1
Horas bajamares + 0h-15m	Altura bajamar — 0,1

De aquí obtenemos:

<u>Pleamares</u>	<u>Bajamares</u>
Ho = 3h- 5m sonda = 8,3	Ho = 9h-10m sonda = 5,2
Ho = 15h-35m sonda = 8,4	Ho = 21h-35m sonda = 5,2

Capítulo VI

AGUJA NAUTICA. DECLINACION MAGNETICA. DESVIOS

601. MAGNETISMO: POLOS DE UN IMAN.—Se llaman **Polos** de un imán los extremos del mismo, en los cuales está localizado y se manifiesta de forma más intensa el magnetismo o fuerza de atracción.

Si consideramos un imán en forma de varilla muy delgada, se pueden establecer las siguientes propiedades:

- a) El máximo de magnetismo está localizado en los polos, disminuyendo hacia el centro y siendo nulo en éste.
- b) Si se divide el imán en varios trozos, cada uno de éstos se convierte en un nuevo imán con sus dos polos correspondientes.
- c) Si lo suspendemos por su centro de forma que pueda girar libremente, observaremos que se orienta aproximadamente en la línea Norte-Sur de la Tierra. Al extremo que señala hacia el Norte lo llamaremos Polo Norte y se representa de color rojo. Al otro le llamaremos Polo Sur y se representa de color azul.
- d) Los polos de distinto color (o nombre) se atraen y los del mismo se repelen.
- e) Dos imanes paralelos y con sus centros a la misma altura, igualan sus fuerzas de atracción y repulsión, no moviéndose si estuvieran en disposición de girar libremente.
- f) La atracción y repulsión entre dos imanes depende de la distancia, siendo nula cuando están bastante separados.
- g) Entre los dos polos de un imán y por fuera del mismo fluyen unas líneas invisibles de fuerza, cuyo conjunto constituye lo que se llama **Campo Magnético**. Estas líneas se pueden materializar por medio de un sencillo experimento, que consiste en espolvorear de limaduras finas de hierro un papel. Se coloca debajo de éste un imán y se verá que las limaduras toman una disposición especial que corresponde al camino que siguen las líneas de fuerza.

602. MAGNETISMO DE LA TIERRA.—La Tierra se comporta como si en su interior tuviera un gran imán cuyos **polos magnéticos** están algo separados de los geográficos. El que llamaremos **Polo Norte Magnético** está situado al Norte del Canadá (Bahía de Hudson) y el **Polo Sur Magnético** está en la Antártida (Tierras de Victoria del Sur).

Si ahora repetimos las prueba de suspender un imán y dejarlo girar

libremente, veremos que su extremo rojo es el que señala hacia el Norte, lo que indica la existencia de una polaridad azul en este extremo de la Tierra, si bien por conveniencia y para evitar confusiones se le llama Polo Norte Magnético. Algo análogo ocurre en el extremo Sur del imán terrestre que tiene una polaridad roja y se le denomina Polo Sur Magnético.

Estos dos polos magnéticos dan lugar, como en todos los imanes, a un campo magnético, el **Campo Magnético Terrestre**, el cual se aprovecha para orientar a las agujas.

Como se observa en la figura 601, el campo magnético tiene distin-

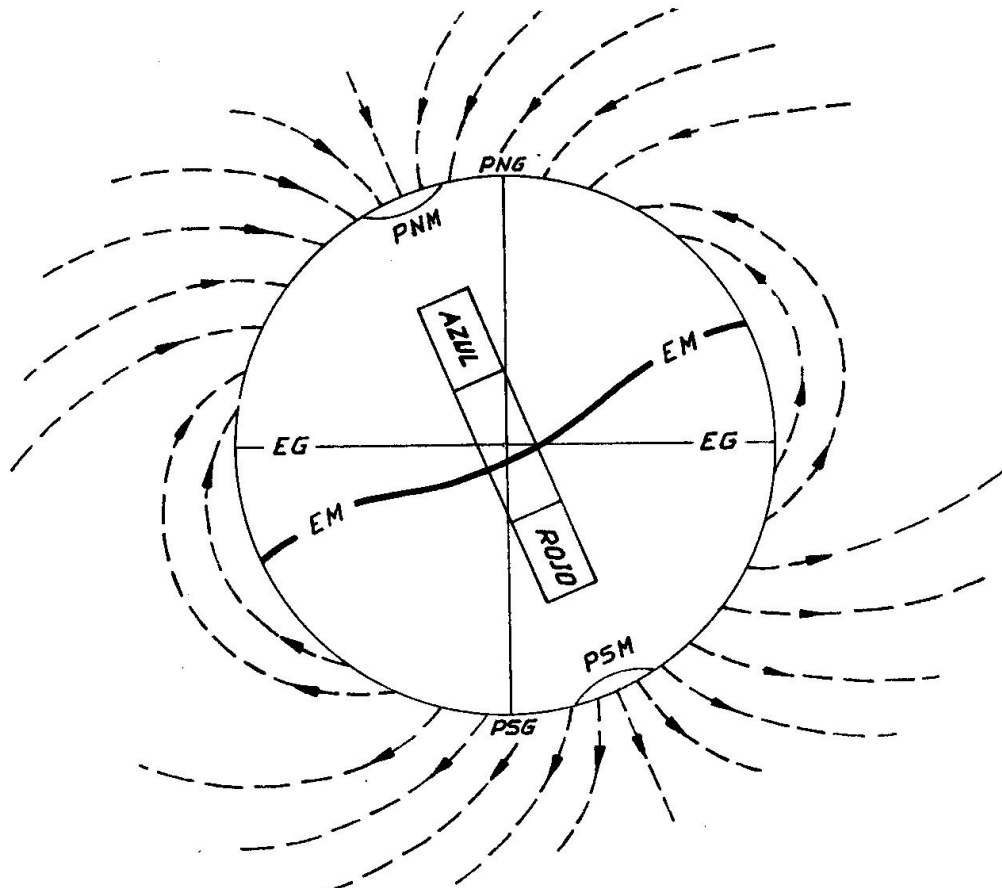


Fig. 601. La Tierra se comporta como si en su interior tuviera un imán con la polaridad azul en el hemisferio N. y la roja en el S. PNG y PSG, Polos geográficos, EG, Ecuador geográfico. PNM y PSM, Polos magnéticos. EM, Ecuador magnético.

tas inclinaciones respecto a la Tierra. Esto es interesante, pues hace que los imanes que están dentro de él, al tiempo que se orientan se inclinen respecto a la horizontal.

603. AGUJA NAUTICA.—Es el aparato por medio del cual se sabe y se lleva el rumbo en los barcos. Se le conoce también por **Compás**.

El elemento esencial del mismo consiste en uno o varios **imanes** muy finos colocados paralelamente, que pueden girar libremente en la horizontal. Dado que los polos de color contrario se atraen y que la aguja está dentro del campo magnético terrestre, su extremo rojo señalará hacia el Polo Norte Magnético.

Con objeto de facilitar el conocimiento del rumbo (que es el ángulo

que forma la Proa con la dirección N-S), los imanes están fijos a la parte inferior de un disco de materia ligera que lleva impresa la **graduación** en donde se leen los rumbos.

Los imanes, disco graduado y sistema de giro se instalan dentro de un recipiente adecuado, formando este conjunto la **aguja náutica**. A este respecto hay que advertir que la denominación abreviada de "aguja" se emplea indistintamente y sin que normalmente dé lugar a confusiones, tanto para el conjunto de sus elementos componentes, como para referirse exclusivamente a los imanes o "agujas" que la orientan.

Como normalmente el campo magnético tiene una cierta inclinación respecto a la Tierra, la aguja tenderá también a lo mismo. Para evitarlo, pues es un inconveniente para precisar bien el rumbo, las agujas llevan el punto de suspensión por encima del centro de gravedad. Dicho con otras palabras, el punto de apoyo en donde gira el disco portador de los imanes, está más alto que los imanes.

Finalmente hay que precisar que, además del campo magnético terrestre influyen sobre la aguja otras clases de magnetismo.

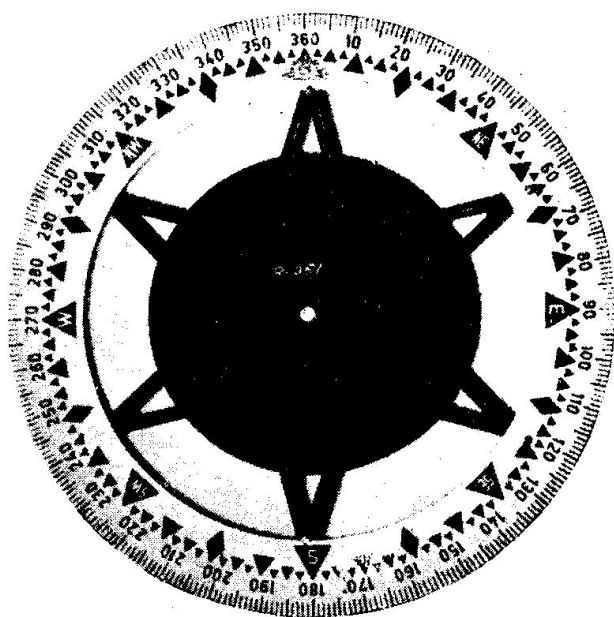


Fig. 602. Rosa de una aguja Plath

de apoyo en el chapitel se hacen de materiales especiales muy duros y resistentes al desgaste.

Rosa, chapitel y estilo están alojados en el **mortero**, especie de caja metálica circular con una tapa de cristal que la cierra herméticamente por su parte superior.

Las agujas se llaman **secas** si el interior del mortero está vacío, pero en otras, llamadas de **líquido**, se rellena de agua destilada con una pequeña parte de alcohol.

En las agujas de líquido la rosa lleva en su centro un depósito, el **flotador**, en el cual se monta el chapitel.

604. DESCRIPCION DE LAS PARTES PRINCIPALES DE UNA AGUJA.—

Los imanes que orientan a la aguja van en la parte inferior de un disco de material muy ligero, como mica, plástico, aluminio, etc., llamado **rosa**, la cual está dividida en grados, cuadrantes, etc. El conjunto de la rosa e imanes tiene en su centro un disco o dado metálico, el **chapitel**, por donde se apoya en un eje metálico vertical terminado en una punta muy afilada, el **estilo**, pudiendo así girar horizontalmente. Con objeto de que los rozamientos sean mínimos, la punta del estilo y el punto

El mortero está instalado en un soporte de madera, la **bitácora**, uniéndose a ella por medio de una suspensión cardan y antivibratoria.

En el interior del mortero y en los extremos de uno de sus diámetros están grabados dos trazos verticales que coinciden con la proa y la popa. Estos dos trazos determinan la **línea de fe**, que sirve para leer el rumbo.

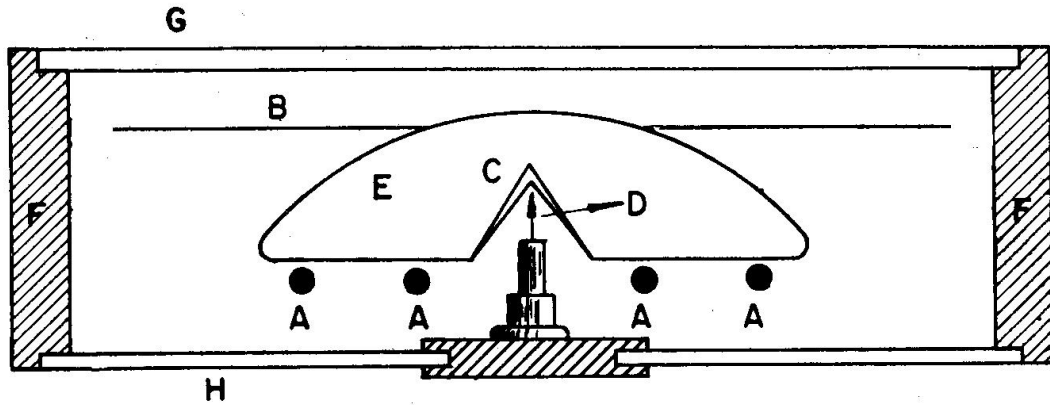


Fig. 603. Esquema de la aguja magnética
A.—Imanes. B.—Rosa. C.—Chapitel. D.—Estilo. E.—Flotador. F.—Mortero.
G.—Tapa de cristal. H.—Fondo de cristal

La bitácora se emperna a la cubierta en el plano de crujía, teniendo buen cuidado de que la línea de fe del mortero coincida con la línea Pr-Pp. En su parte superior lleva el **cubichete** como protección del mortero, teniendo una o dos luces laterales, las **lantias**, para iluminación de la rosa. En algunas bitácoras la luz está instalada debajo del mortero, el cual tiene entonces su parte inferior de cristal deslustrado.

En su parte de proa lleva la bitácora un estuche metálico para alojamiento de la **Barra Flinders**. Lateralmente, a la altura del mortero, tiene dos soportes para las **esferas compensadoras**. En su frente suele llevar un **clinómetro** para medir las escoras y en su interior hay unos alojamientos para los **imanes correctores**. Tanto a estos últimos como al **imán de escora**, que está colocado verticalmente por debajo del centro de la rosa, se tiene acceso por una puertecilla de la bitácora.

605. DIFERENTES TIPOS DE AGUJAS.—Agujas Secas.—Este modelo de aguja está prácticamente en desuso, por ser mucho mejores las de líquido, pero como sigue instalado en algunas embarcaciones, se da una idea de ellas.

La rosa está formada generalmente por un aro exterior de aluminio que se une a un disco central, también de aluminio, por medio de hilos de seda. Sobre estos hilos va sujeta una corona de papel fino que lleva la graduación correspondiente.

Los imanes son unas agujas imantadas de 1 a 2 milímetros de grueso y de 5 a 8 centímetros de largo. Su número es de 4,6 y hasta 8, colocándose paralelamente entre sí y a la línea N-S de la graduación de la rosa, a la que se sujetan por su parte inferior por medio de unos hilos o **grapas**.

El chapitel es de aluminio y está encastrado en el disco central de

la rosa. En su centro lleva una piedra de zafiro o ágata para que en ella se apoye el estilo, cuya punta es de irídium.



Fig. 604. Mortero con alidada (Plath)

El mortero es de cobre y la tapa de cristal está frisada para que no entre la humedad. En ocasiones esta tapa lleva en su centro un dado de bronce con un orificio para encajar en él el eje de giro de la **alidada**. (Figura 604.) Su parte inferior puede tener un doble fondo, lleno parcialmente de líquido, y también un peso de plomo.

El mortero lleva dos muñones por medio de los cuales se apoya en un aro de la suspensión cardan de la bitácora, consiguiéndose así que se conserve siempre horizontal en los balances y cabezadas.

Las embarcaciones menores no llevan a veces bitácora y entonces el mortero se coloca, debidamente orientado y trincado, sobre una tabla horizontal.

Agujas líquidas.—En este tipo de agujas el mortero está lleno de una mezcla de agua y alcohol, siendo el objeto de este último el rebajar el punto de congelación.

Esencialmente constan de los mismos elementos y tienen la misma disposición de las agujas secas, con la excepción, fundamental, del flotador que forma parte de la rosa y disminuye su peso. Con esto el rozamiento entre el estilo y el chapitel resulta mínimo. El flotador, vacío y herméticamente cerrado, suele ser de cobre, latón o aluminio.

El número de imanes acostumbra a ser de dos o cuatro, y para aumentar su efecto no suelen ser de una pieza, sino que cada uno de ellos está formado por varios muy delgados. Van dentro de un estuche para preservarlos del líquido y también,

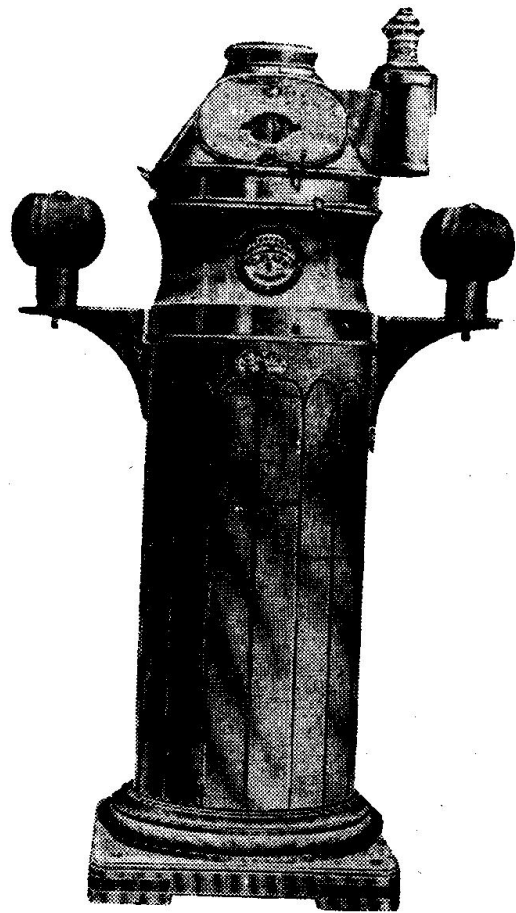


Fig. 605. Bitácora Plath

con este mismo objeto, se usan pinturas especiales en todas las partes mojadas.

Es muy importante que la mezcla de agua y alcohol no tenga burbujas, y para ello la tapa del mortero y el orificio de relleno del mismo tienen un cierre perfecto. En muchos modelos se completa esto con una o dos **cámaras de expansión** que regulan las contracciones y dilataciones del líquido ocasionadas por los cambios de temperatura.

Otra de las ventajas del líquido es que hace de amortiguador de las oscilaciones de la aguja, tanto en los balances acusados como en las guiñadas rápidas, logrando que la aguja quede orientada antes y señale con más exactitud el rumbo.

Modelos especiales.—Dentro de las agujas de líquido existen modelos cuya instalación y detalle tienen por finalidad lograr una mayor exactitud en las indicaciones del rumbo.

Uno de los sistemas permite instalar la aguja en el puente alto (en donde es más sensible al magnetismo terrestre) y ver sus indicaciones desde la rueda de gobierno, utilizando para ello un sistema óptico y de reflexión que traslada la imagen de la rosa y la línea de fe al puente bajo.

Otro, empleado en embarcaciones que navegan por latitudes altas, consiste en instalar el mortero de la aguja en un lugar muy elevado o en el tope del palo. Por un sistema eléctrico sus indicaciones son transmitidas a otras "agujas repetidoras" que en todo momento marcan el mismo rumbo.

606. CONDICIONES QUE DEBE REUNIR UNA BUENA AGUJA.—

Se pueden resumir en los puntos siguientes:

1. Poco peso del sistema magnético (rosa, imanes, chapitel).
2. Rozamientos mínimos entre el estilo y el chapitel.
3. Rozamientos y arrastres mínimos de la rosa e imanes con el líquido.

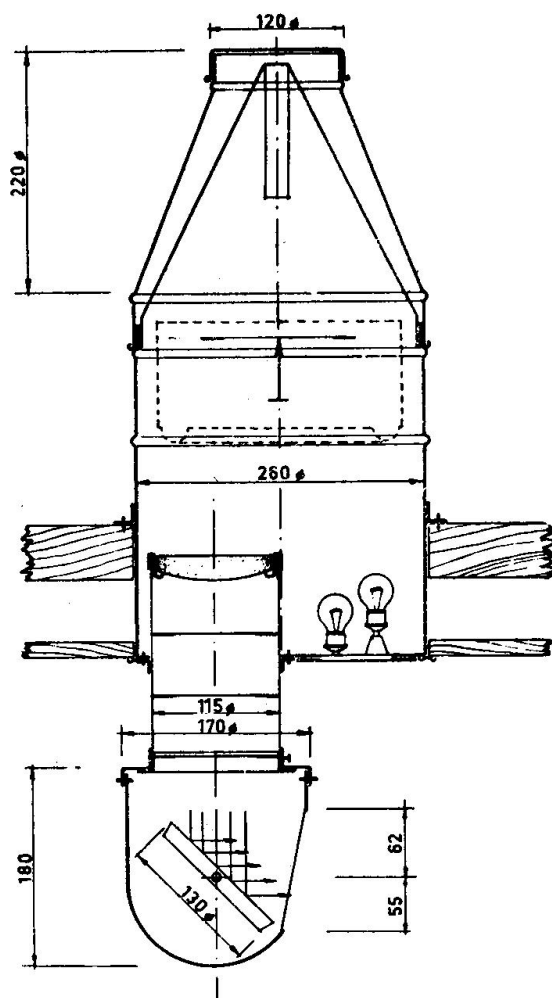


Fig. 606. Esquema de una aguja de reflexión Plath-Geomar, de sobrecubierta.

4. Imanes de muy buenas características magnéticas.
5. Período de oscilación de la aguja de 15 a 20 segundos.
6. Centros de gravedad y de suspensión próximos.

607. CUIDADOS QUE HAY QUE TENER CON LA AGUJA.

1. No dar golpes al mortero ni a la bitácora.
2. No desmontar el mortero de la bitácora nada más que en los casos imprescindibles. En las agujas instaladas sobre una mesa o tabla, evitar igualmente los traslados.
3. Si la aguja está al aire libre, no dejarla al descubierto cuando no se use. Colocar en puerto una funda y en la mar el cubichete, sobre todo cuando se navegue por zonas muy calurosas.
4. Desmontar el mortero cuando se vayan a efectuar obras que supongan golpes o trepidaciones en las proximidades de la bitácora.
5. Revisar periódicamente la suspensión cardan y su engrase.
6. Comprobar que las lecturas de la rosa en los dos trazos de la línea de fe difieren exactamente en 180°.
7. Solicitar, de quien proceda, el relleno o la sustitución del mortero cuando las burbujas sean apreciables.
8. No utilizar la bitácora como taquilla para guardar las limpiezas y herramientas.
9. No instalar nuevos aparatos ni conducciones eléctricas en las proximidades de la bitácora sin el debido asesoramiento.
10. Hacer la compensación siempre que sea necesaria. Los accidentes en la mar no entienden de plazos reglamentarios.
11. No olvidar que la Casa Constructora es la primera interesada en acreditar sus productos. Por lo tanto, no vacilar en consultar a los fabricantes o proveedores sobre cualquier duda o dificultad que se tenga.

608. SENSIBILIDAD Y ESTABILIDAD.—Son las dos características fundamentales de una aguja.

La **Sensibilidad** supone que la aguja acusará los cambios de rumbo, aun cuando sean muy pequeños.

La **Estabilidad** es la condición por la cual el rumbo que señala la aguja se verá muy poco afectado por los movimientos irregulares que sufre el barco en la mar.

El cumplimiento de las dos características anteriores supone el que queden satisfechas las condiciones expresadas en el Art. 606.

Es fácil comprobar a bordo si una aguja tiene sensibilidad, y para ello se procede de la forma siguiente: Con el barco en puerto y bien trincado se desvía la aguja con un imán unos 30° hacia la derecha del rumbo que señale y se deja en libertad seguidamente, anotándose el rumbo que marca cuando se pare. Se vuelve a repetir la desviación a la izquierda y se vuelve a anotar el rumbo. Para una aguja con buena sensibilidad la diferencia entre las dos anotaciones debe ser igual o in-

ferior a medio grado. Hay que tener cuidado de alejar el imán de la bitácora una vez que se suelta la aguja.

609. INCLINACION.—Es el ángulo que forma la dirección del campo magnético terrestre respecto a la horizontal. Se representa por θ (tita).

En la fig. 601 se aprecia que su valor es de 90° en los polos magnéticos y que en una zona relativamente próxima al Ecuador vale 0° , llamándose Ecuador Magnético a la línea en que ocurre esto, y en la que, por lo tanto, las agujas se mantienen horizontales y paralelas a la superficie de la Tierra. Se recuerda que en las agujas náuticas se evita la inclinación que pudieran tomar, colocando el punto de apoyo más alto que el centro de gravedad.

En el hemisferio Sur magnético el campo está dirigido hacia arriba, considerándose como negativo (—), y lo contrario sucede en el hemisferio Norte magnético, en donde se dirige hacia abajo y se considera positivo (+).

610. DECLINACION MAGNETICA.—Es el ángulo que forma el meridiano magnético con el verdadero o geográfico (fig. 607). Se representa por dm y se le suele llamar también **Variación**.

Si llevamos el mortero a un lugar de tierra que no tenga materiales magnéticos a su alrededor, veremos que el Norte de la aguja nos señala una dirección, la cual nos determina la del meridiano o Norte magnético. El ángulo que forma esa dirección o Norte con el verdadero o geográfico que pasa por la aguja es la declinación magnética.

Es muy importante tener en cuenta que en las cartas náuticas los meridianos que están dibujados son los verdaderos o geográficos.

La declinación magnética puede ser NE o NW. Se dice que es NE cuando el Norte magnético (Nm) queda al E o derecha del Norte verdadero (Nv), y será NW cuando el Nm queda al W o izquierda del Nv. A la declinación magnética NE se le da signo positivo (+) y a la NW negativo (—), lo cual es interesante tener en cuenta para los problemas de rumbos.

El valor de la dm es distinto para cada lugar de la Tierra, y con objeto de que el navegante la conozca, pues es fundamental para poder llevar bien el rumbo, se da su valor en todas las cartas náuticas con indicación del año a que corresponde.

Además de ser la dm distinta para cada lugar, su valor cambia lentamente con el transcurso del tiempo, siendo necesario ajustar el valor dado en la carta para el año en que estemos. Este cambio gradual y constante se llama **variación secular**, y tiene, también, un valor propio

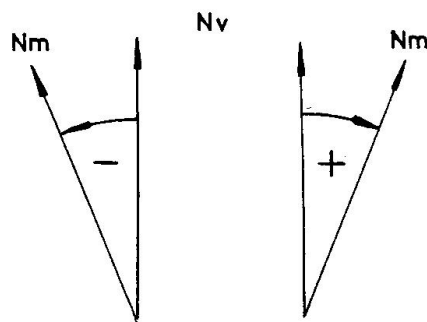


Fig. 607. Signos de la dm

para cada lugar de la Tierra. La parte de esta variación secular correspondiente a un año se llama **decremento o incremento anuo**, según que la *dm* disminuya o aumente en valor absoluto (sin tener en cuenta su signo), y viene dado en las cartas junto con la *dm*.

611. OBTENCION DE LA DECLINACION MAGNETICA.—El valor de la *dm* se toma en la carta, y precisamente en la zona por donde se navega, así como el del incremento o decremento anuo. A este respecto hay que señalar que dichos valores pueden venir dados:

- 1) En una de las esquinas o márgenes de la carta.
- 2) En la "tarjeta" de la misma, junto con su título y otros datos.
- 3) En distintos lugares de la carta cuando es grande la extensión que abarca la misma. En este último caso hay que tener en cuenta la posición del barco para elegir la *dm* más próxima, promediando si fuera preciso los valores de éstas cuando se encuentren entre dos de ellas.

Una vez tomada la *dm* es preciso corregirla para el año en curso. Para ello se multiplica el incremento o decremento anuo por el número de años transcurridos desde aquel para el cual está dada la *dm*. El valor obtenido se suma o resta a la *dm* (prescindiendo del signo de ésta), según sea incremento o decremento. Al resultado se le pone el signo que tenía la *dm* sin corregir. Puede darse el caso, cuando se trata de un decremento, de que la corrección sea mayor que el valor del cual se ha de restar, y entonces la *dm* cambia de signo (Ej. 606).

En las operaciones a realizar se trabaja con minutos de arco, pero los resultados se dan normalmente al medio grado y, a lo más, en décimas de grado.

Ejercicio 601:

En el año 1955, navegando por la costa gallega a la altura de Sálvora, se quiere obtener la *dm*.

En la carta 124-A, leemos en el paralelo próximo a Sálvora: $dm = 12^{\circ}18' \text{ NW}$, y también, en la misma carta, encontramos que dicho valor es para 1946 y que el decremento anual es $8',3$.

De 1946 a 1955 han transcurrido 9 años, luego la corrección será de

$$\begin{array}{r} 9 \times 8,3 = 74',7 \\ dm = 12^{\circ} - 18' \quad \text{NW} \\ c = 1^{\circ} - 14',7 \quad - \\ \hline dmc = 11^{\circ} - 3',3 \text{ NW} = 11^{\circ} \text{ NW} \end{array}$$

Ejercicio 602:

Calcular la *dm* para 1955 saliendo del puerto de Vigo.

En la carta de la Ría de Vigo (núm. 922) obtenemos dm para 1947 = $12^{\circ}02' \text{ NW}$; decremento anuo = $8',4$. Luego $c = 8 \times 8',4 = 67',2$

$$\begin{array}{r} dm = 12^{\circ} - 02',0 \text{ NW} \\ c = 1^{\circ} - 7',2 \quad - \\ \hline dmc = 10^{\circ} - 54',8 \text{ NW} = 10^{\circ},9 \text{ NW} \end{array}$$

Ejercicio 603:

La *dm* para 1940 es $13^{\circ},7 \text{ NW}$. El decremento anuo es de $6'$. Corregirla para el año 1958.—**Solución:** 12° NW .

Ejercicio 604:

La *dm* para 1945 es 8° — 0,5' NW. El incremento anual es de 7'. Corregirla para 1950.—**Solución:** 8°,5 NW.

Ejercicio 605:

La *dm* para 1939 es 10° NE. El decremento anual es de 4'. Corregirla para 1960.
Solución: 8°,5 NE.

Ejercicio 606:

La *dm* para 1950 es 0' — 37' NW. El decremento anual es de 8'. Corregirla para el año 1960.—**Solución:** 0°,5 NE.

612. DESVIO. TABLILLA DE DESVIOS.—En los barcos, aun cuando sean de madera, hay materiales magnéticos que influyen sobre la aguja y hacen que el Norte de ésta señale una dirección distinta del Nm. A este Norte que señala la aguja a bordo se le llama **Norte de Aguja** y se representa por **Na**.

Se conoce por **Desvío** la separación que existe entre el Nm y el Na, la cual se considera positiva (+) cuando el Na está a la derecha del Nm, y negativa (—) cuando está a la izquierda. Se representa por Δ (delta).

Así como la *dm* era distinta para cada lugar de la Tierra, los desvíos son distintos para cada barco, y dentro de éste tienen un valor diferente para cada Rumbo. Lo primero es evidente porque cada barco está construido de una forma distinta, y lo segundo ocurre porque al girar el barco los materiales magnéticos del mismo van tomando posiciones diferentes respecto a los imanes de la aguja que siguen apuntados, aproximadamente, en la misma dirección.

Es evidente que el conocimiento del desvío es muy interesante para poder llevar bien el rumbo. Su determinación corre a cargo del personal titulado como **Compensador**, los cuales, por medio de una serie de operaciones, acaban obteniendo los valores de los desvíos de los distintos rumbos. Estos valores los dan en una tablilla como la siguiente:

Ra	Δ	Rm	Ra	Δ	Rm
N	0	N	S	0	S
N 15 E	+ 1	N 16 E	S 15 W	+ 1	S 16 W
N 30 E	+ 3	N 33 E	S 30 W	+ 2	S 32 W
N 45 E	+ 2	N 47 E	S 45 W	+ 3	S 48 W
N 60 E	+ 1	N 61 E	S 60 W	+ 2	S 62 W
N 75 E	+ 1	N 76 E	S 75 W	+ 1	S 76 W
E	0	E	W	0	W
S 75 E	— 1	S 76 E	N 75 W	— 1	N 76 W
S 60 E	— 2	S 62 E	N 60 W	— 2	N 62 W
S 45 E	— 2	S 47 E	N 45 W	— 3	N 48 W
S 30 E	— 1	S 31 E	N 30 W	— 1	N 31 W
S 15 E	— 1	S 16 E	N 15 W	— 1	N 16 W
S	0	S	N	0	N

Fig. 608. Tablilla de desvíos

En este caso, los Ra (que es lo que marca la aguja de a bordo) están dados cada 15°, pero también suelen darse cada 10°.

Cuando se quiere saber el Δ a un Ra que no está en la Tablilla, se promedia entre los dos valores que lo comprenden, teniendo en cuenta que, normalmente, los desvíos se aprecian al medio grado.

Es muy importante recordar que no sirve de nada una buena aguja si la tablilla de desvíos no responde a la realidad. También hay que tener en cuenta el embarque de cantidades de hierro u otros materiales magnéticos que afecten a la aguja. En los dos casos hay que avisar al Compensador para que levante una nueva Tablilla.

Capítulo VII

RUMBOS

701. RUMBOS. SUS CLASES.—Se llama **Rumbo** a el ángulo horizontal que forma la proa del barco con el meridiano del lugar, contándose a partir del mismo.

Según el meridiano de origen se tendrán las siguientes clases de rumbos (fig. 701):

- **Rumbo verdadero (Rv).**—El que se cuenta a partir del meridiano verdadero o geográfico del lugar (Nv). Este meridiano es el que está representado en las cartas náuticas.
- **Rumbo Magnético (Rm).**—El que se cuenta a partir del meridiano magnético (Nm).
- **Rumbo de Aguja (Ra).**—El que se cuenta a partir de la dirección del Norte de la aguja de a bordo (Na).

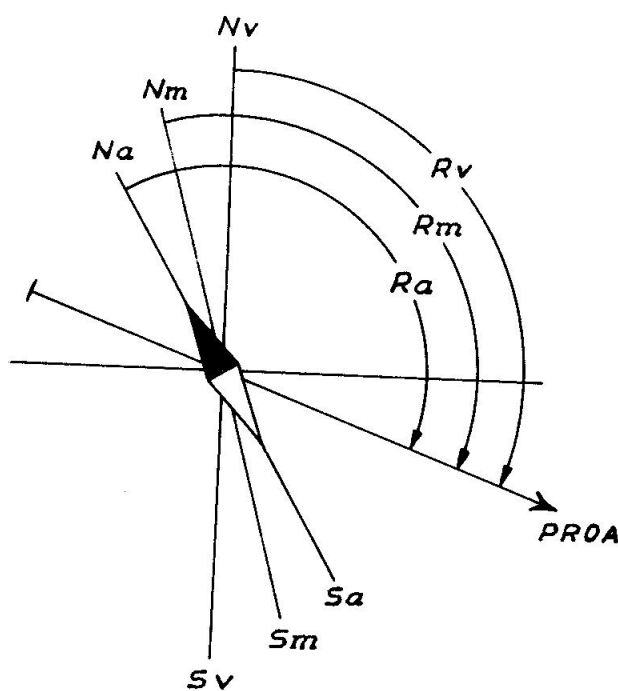


Fig. 701. Clases de rumbos

702. ROSA DE LOS VIENTOS.—Se llama **Rosa de los Vientos** a la división que se hace del horizonte para poder orientarse en la mar y navegar al rumbo que interese. La división puede hacerse de tres formas:

- 1) **Por grados.**—Los rumbos se cuentan a partir del Norte, desde 0° hasta 360° , en el sentido de las manecillas del reloj (fig. 702). Se enuncian diciendo solamente el número de grados, y su valor se considera siempre como positivo.

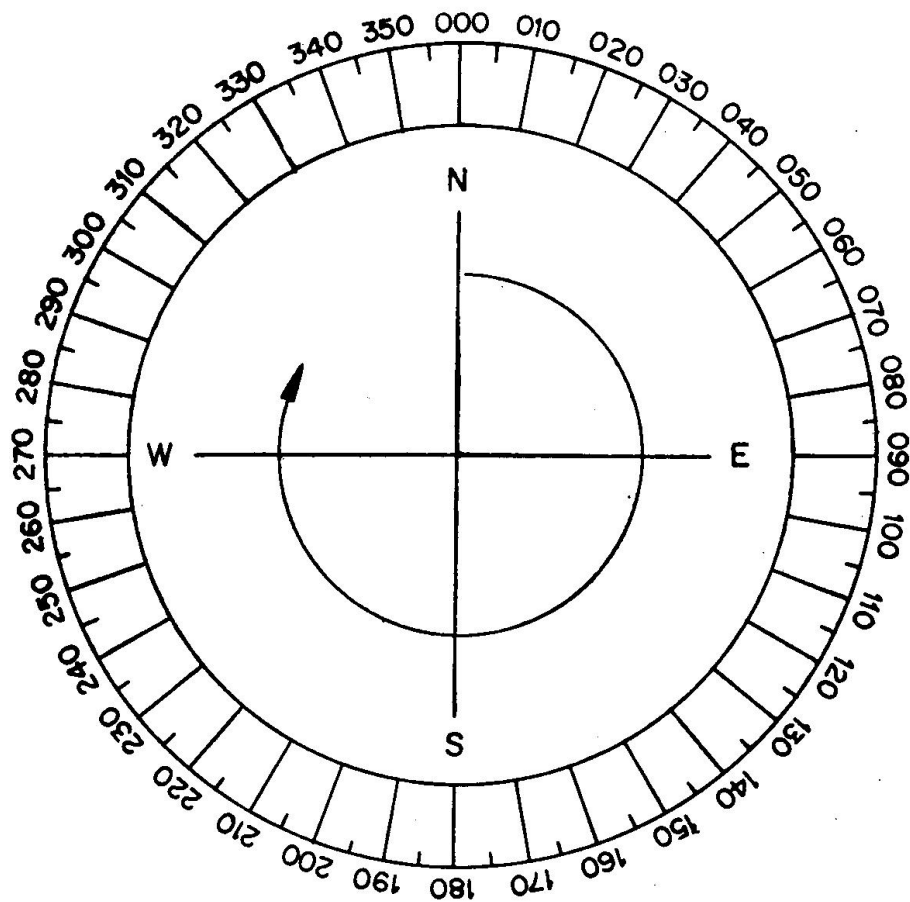


Fig. 702. Rumbo por grados

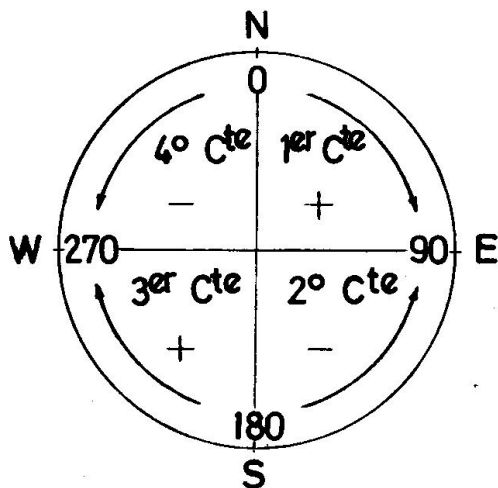


Fig. 703. Rumbo por cuadrantes

- 2) **Por cuadrantes.** — La circunferencia se considera dividida en 4 parte iguales, de 90° cada una, llamadas **cuadrantes** (fig. 703).

Los rumbos se cuentan de 0° a 90° desde el Norte o Sur hacia el Este y Oeste. Se enuncian diciendo primero el punto cardinal (N o S) desde donde se cuentan, seguidamente el número de grados y, finalmente, el punto cardinal (E u W) hacia donde está la proa.

En las operaciones en que intervengan los rumbos contados de esta forma se consideran como positivos los del 1.^o (N-E) y 3.^o (S-W) cuadrantes que están tomados en el sentido de las manecillas del reloj, y como negativos los del 2.^o (S-E) y 4.^o (N-W), de sentido contrario a los anteriores.

3) **Por cuartas.**—Es un sistema en desuso y poco exacto. Cada uno de los cuadrantes se considera dividido en 8 partes iguales, de 11°-15' cada una, llamadas **cuartas** (fig. 704).

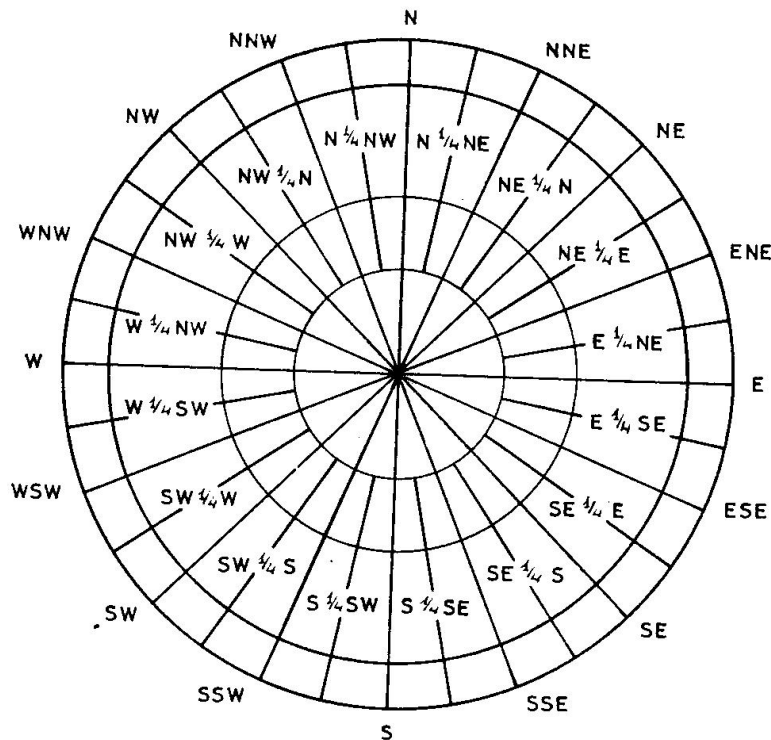


Fig. 704. Rumbo por cuartas

A la enunciación de los rumbos por cuartas se le llama **cuartear la aguja**. El siguiente cuadro es un ejemplo para el primer cuadrante, siendo el sistema análogo para los demás:

Símbolo	Cuarteo	Símbolo	Cuarteo
N	Norte	NE	Nordeste
N 1/4 NE	Norte, cuarta al Nordeste	NE 1/4 E	Nordeste, cuarta al Este
NNE	Nor - Nordeste	ENE	Les - Nordeste
NE 1/4 N	Nordeste, cuarta al Norte	E 1/4 NE	Leste, cuarta al Nordeste

Para evitar confusiones, muy frecuentes y a veces peligrosas, se recomienda contar los rumbos enumerando cada una de las cifras o símbolos. Los siguientes ejemplos aclaran lo anterior:

345 — Tres, cuatro cinco 016,5 — Uno, seis, coma, cinco
 N 36 W — Norte, tres, seis, Oeste S 67 E — Sur, seis, siete, Este

703. CONVERSION DE RUMBOS.—Se llama así al paso del rumbo contado de una de las formas anteriores a cualquiera de las otras dos. Normalmente se hace de grados a cuadrantes o viceversa.

— **De grados a cuadrantes:**

Del 000 al 090 — Pertenece al primer cuadrante (N-E). El mismo número de grados.

Del 090 al 180 — Pertenece al segundo cuadrante (S-E). Se resta de 180°.

Del 180 al 270 — Pertenece al tercer cuadrante (S-W). Se le restan 180°.

Del 270 al 360 — Pertenece al cuarto cuadrante (N-W). Se resta de 360°.

Ejercicio 701:

Expresar en cuadrantes los siguientes rumbos: 043, 178, 225, 300.—**Soluciones:** N 43 E, S 2 E, S 45 W, N 60 W.

— **De cuadrantes a grados:**

Primer cuadrante (N-E) — El mismo número de grados.

Segundo cuadrante (S-E) — Se resta de 180°.

Tercer cuadrante (S-W) — Se le suman 180°.

Cuarto cuadrante (N-W) — Se resta de 360°.

Ejercicio 702:

Expresar de 0° a 360° los siguientes rumbos: N 74 E, S 60 E, S 89 W, N 75 W.—**Soluciones:** 074, 120, 269, 285.

— **De cuartas a otra forma.** Hágase con la T. VI (b) de la Colección de Tablas Náuticas.

704. PASO DE RUMBO DE AGUJA A RUMBO MAGNETICO Y VICEVERSA.—La fórmula es (fig. 705):

$$\text{Rumbo magnético} = \text{Rumbo de aguja} + \text{desvío}; \quad R_m = R_a + \Delta$$

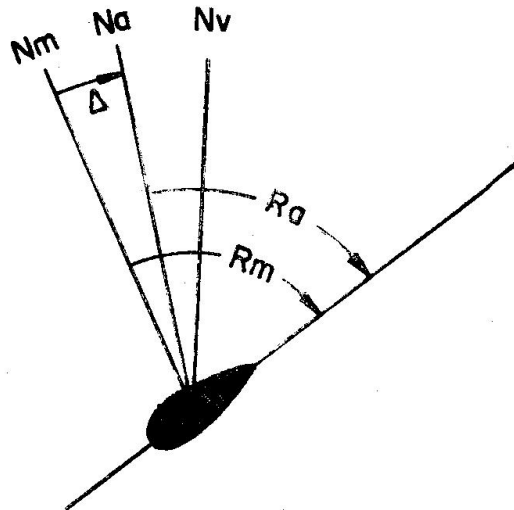


Fig. 705. Paso de R_a a R_m , y viceversa

El R_a es el que en ese momento señala la aguja o al que queremos gobernar. Con dicho R_a se entra en la Tablilla de desvíos, aplicándose el valor que se obtenga con su signo.

Ejercicio 703: Pasar los siguientes R_a a R_m .

$R_a =$	N 36 W	—	137		S 88 W	+	360
$\Delta =$	2	—	3	+	5	—	1
$R_m =$	N 38 W		140		S 83 W		001

El paso de Rm a Ra se hace con la fórmula:

Rumbo de aguja = Rumbo magnético — desvío; Ra = Rm — Δ

Para resolver lo anterior hay que conocer el desvío, que depende del Ra. Como no se conoce éste exactamente, se entra en la Tablilla con el Rm como si fuera Ra, ya que ambos se diferencian poco. Si la Tablilla tiene también la columna del Rm, se puede tomar de entrada el valor exacto del desvío.

Ejercicio 704:

Pasar los siguientes Rm a Ra. Los desvíos se obtienen con la Tablilla de la figura 608.

$$\begin{array}{rclclcl} Rm = 138 & & N\ 30\ E & + & S\ 78\ W & + & 322 \\ \Delta = \underline{2\ (-)} & + & \underline{3\ (+)} & - & \underline{1\ (+)} & - & \underline{2\ (-)} & + \\ Ra = 140 & & N\ 27\ E & & S\ 77\ W & & 324 \end{array}$$

Hay que hacer la observación de que el Rm sólo se utiliza en el paso del Rv a Ra y para la obtención de los desvíos.

705. PASAR DE RUMBO DE AGUJA A VERDADERO.

La fórmula es (fig. 706):

Rumbo verdadero = Rumbo de aguja + declinación magnética + desvío; Rv = Ra + dm + Δ

La *dm* (corregida) y el Δ se aplican, con su signo, al Ra que marca la aguja.

La anterior fórmula se puede poner también de la forma: **Rumbo verdadero = Rumbo magnético + declinación magnética: Rv = Rm + dm**, ya que **Rm = Ra + Δ**. Normalmente no se pasa por el Rm.

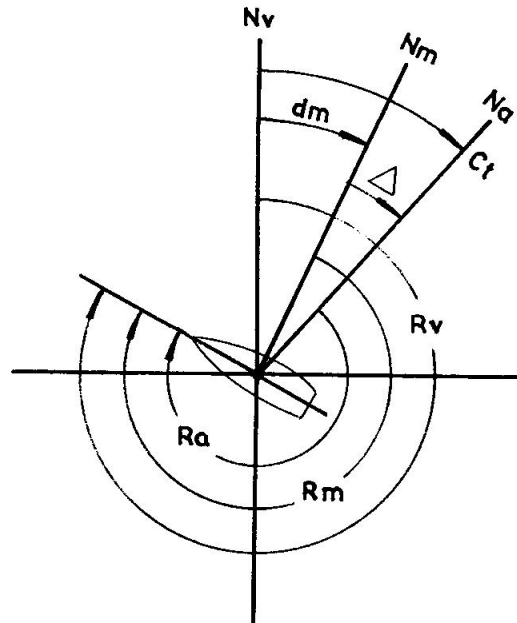


Fig. 706. Relación entre el Ra y el Rv.

Ejercicio 705.—En un lugar donde la *dm* = -8°, se quieren obtener los Rv. correspondientes a los siguientes Ra; S 7 W, Δ = -2,5; 188, Δ = +1; 302, Δ = -0,5; S 76 E, Δ = +3.

$$\begin{array}{rclclcl} Ra = S\ 07\ W & + & 188 & & 302 & & S\ 76\ E & - \\ dm = 8 & - & 8 & - & 8 & - & 8 & - \\ \Delta = \underline{2,5} & - & \underline{1} & + & \underline{0,5} & - & \underline{3} & + \\ Rv = S\ 03,5\ E & & 181 & & 293,5 & & S\ 81\ E \end{array}$$

Ejercicio 706.—En el año 1966 se navega al Ra = 117, Δ = -2, por un lugar cuya *dm* en 1958 era 6°,5 NW y el decremento anuo de 5'. Calcular el Rv.

$$\begin{array}{rclcl} dm\ 58 = 6^{\circ},5\ NW & & Ra = 117 & & \\ c = 0,7 & - & dmc = 6 & - & \\ dmc = \underline{5^{\circ},8\ NW} & & \Delta = 2 & - & \\ Rv = \underline{109} & & & & \end{array}$$

706. CORRECCION TOTAL. MODO DE OBTENERLA POR LA POLAR.—Es el ángulo que forma el Na con el Nv (fig. 707). Se representa por Ct. Si el Na queda a la derecha del Nv se considera como

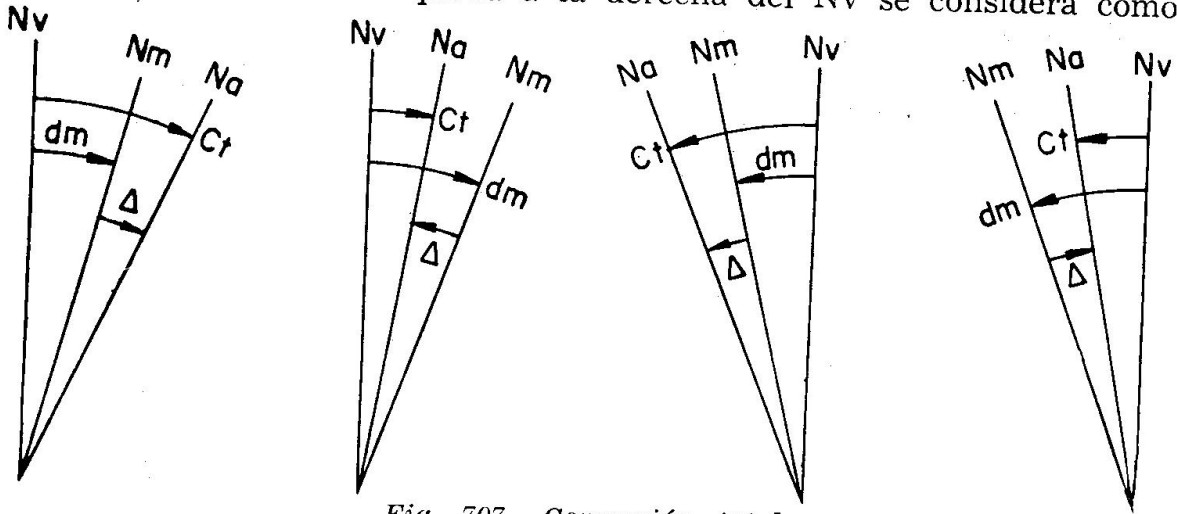


Fig. 707. Corrección total

positiva (+) y será negativa (—) si el Na queda a la izquierda. Su valor viene dado por la fórmula:

Corrección total = declinación magnética + desvío; $Ct = dm + \Delta$
 teniéndose en cuenta los signos de la *dm* y el Δ .

Según esto la fórmula del Art. 705 quedará así:

$$Rv = Ra + Ct \quad \text{y, por lo tanto} \quad Ct = Rv - Ra$$

Ejercicio 707.—Un barco navega al $Ra = 217$, con $dm = -7^\circ$ y $\Delta = +3$. Calcular el Rv.

$$Ct = -7 + 3 = -4 \quad Rv = 217 - 4 = 213$$

La Corrección total interesa mucho al navegante, no sólo por el cálculo de rumbos, sino porque a partir de ella puede comprobar si los desvíos que utiliza son correctos, ya que $\Delta = Ct - dm$ y la declinación magnética la conocemos exactamente para cada lugar.

La Corrección total se puede obtener con bastante exactitud marcando a la **Polar**. El procedimiento se basa en que la Polar está prácticamente fija en el Polo Norte y, entonces, su Azimut verdadero (Zv) es el Norte. Al marcarla con la aguja se obtiene el Azimut de aguja (Za) y la diferencia entre ambos es la Corrección total.

$$Ct = Zv - Za$$

ya que el Azimut es un Rumbo que en lugar de terminar en la proa del barco acaba en la línea que une al barco con un astro o punto lejano

Ejercicio 708.—Se marca la Polar al 352. Calcular la Ct.
 $Ct = Zv - Za = 360^\circ - 352^\circ = 8^\circ +$

Ejercicio 709.—Se marca la Polar al N 18 W de aguja. La *dm* en el lugar es de $+14^\circ$. Calcular el desvío (fig. 708).

$$\begin{array}{rcl} Zv = 000 & & Ct = 18^\circ + \\ Za = N 18 W (-) + & & dm = 14^\circ (+) - \\ \hline Ct = 18^\circ + & & \Delta = 4^\circ + \end{array}$$

En realidad la Polar tiene un pequeño movimiento de giro alrededor del Polo Norte, pudiendo llegar a valer la separación algo menos de 2° . Por lo tanto, el sistema anterior, en el que se supone siempre a la Polar en el Polo Norte, hay que considerarlo como aproximado y útil, únicamente; para descubrir errores de bulto en los desvíos.

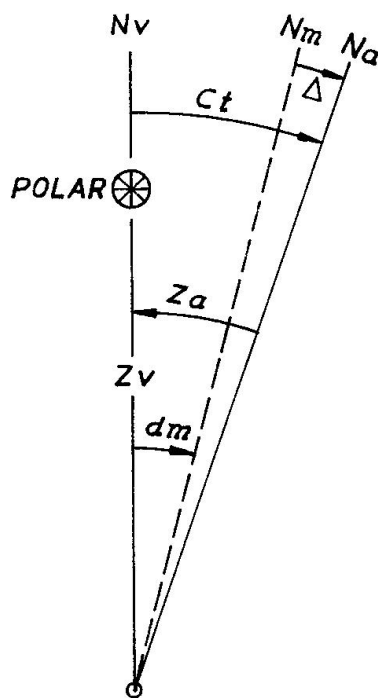


Fig. 708. Desvío por la Polar

707. PASAR DE RUMBO VERDADERO A RUMBO DE AGUJA.

Este paso es muy frecuente y supone que si queremos ir de un sitio a otro medimos previamente el R_v en la carta y luego hemos de calcular el correspondiente R_a para dárselo al timonel. La fórmula es (figura 706):

$$\text{Rumbo de aguja} = \text{Rumbo verdadero} - \text{declinación magnética} - \text{desvío};$$

$$R_a = R_v - dm - \Delta$$

La dm (corregida) y el Δ se aplican, con los signos cambiados, al R_v al que queremos navegar. A este respecto es útil recordar el dicho:

“De la carta al timón, al revés la corrección.”

La anterior fórmula se puede poner también de la forma $R_a = R_m - \Delta$, ya que:

$$\text{Rumbo magnético} = \text{Rumbo verdadero} - \text{declinación magnética};$$

$$R_m = R_v - dm$$

Previamente se calculará el R_m y una vez obtenido entraremos con él en la Tablilla de desvíos. Seguidamente se calcula el R_a .

Ejercicio 710.—En un lugar donde la $dm = + 4^\circ$ se quieren obtener los Ra correspondientes a los siguientes Rv: 012; S 47 E; 271; N 10 W. Los desvíos se obtienen de la Tablilla de la fig. 608.

Rv = 012	S 47 E —	271	N 10 W —
dm = 4 (+) —	4 (+) —	4 (+) —	4 (+) —
<hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/>	<hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/>	<hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/>	<hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/>
Rm = 008	S 51 E —	267	N 14 W —
$\Delta = 0,5 (+) —$	2 (—) +	0	1 (—) +
<hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/>	<hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/>	<hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/>	<hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/>
Ra = 007,5	S 49 E	267	N 13 W

Ejercicio 711.—El rumbo medido en la carta entre 2 puntos es el N 5 W, la dm para 1960 es 10° NW y el incremento anual de $3'$. Calcular el Ra suponiendo que se está en 1968. El desvío se obtiene en la Tablilla de la fig. 608.

$$\begin{aligned} dm_{60} &= 10^\circ - 00'NW \\ c &= 0^\circ - 24' + \end{aligned}$$

$$dmc = 10^\circ - 24'NW$$

$$\begin{aligned} Rv &= N 05 W — \\ dmc &= 10,5 (—) + \end{aligned}$$

$$Rm = N 05,5 E$$

$$\begin{aligned} Rm &= N 05,5 E + \\ \Delta &= 0,5 (+) — \end{aligned}$$

$$Ra = N 05 E$$

Teniendo en cuenta lo dicho sobre la Corrección total (Art. 706), la fórmula $Ra = Rv - dm - \Delta$ se puede poner de la forma:

$$Ra = Rv - (dm + \Delta) = Rv - Ct$$

que dice que para obtener el Rumbo de aguja se le aplica al Rumbo verdadero la Corrección total con el signo cambiado.

Capítulo VIII

MARCACIONES

801. MARCACION, DEMORA Y AZIMUT.—Se llama **marcación** al ángulo horizontal medido a partir de una determinada dirección hasta la visual que pasa por un punto (fig. 801).

Si el ángulo se mide a partir de un meridiano, la marcación recibe el nombre de **demora**, y si el ángulo se mide a partir de la proa se llama **lectura**.

Se ve, por lo tanto, que **marcación** es un nombre general y que puede referirse (la marcación o el marcarse) tanto a demoras como a lecturas. Lo que define la clase de marcación y le da su nombre particular es el **origen** desde donde se cuenta el ángulo horizontal.

Las **demoras** pueden ser **verdaderas** (Dv), de **aguja** (Da) y **magnéticas** (Dm), según el meridiano que se tome como origen del ángulo.

El concepto de demora es análogo al de Azimut, diferenciándose únicamente en que la visual de un azimut pasa por un astro. Se cuentan de forma análoga, de 0° a 360° , a partir del meridiano y en el sentido de las manecillas del reloj hasta la visual que pasa por el objeto. También se pueden contar por cuadrantes en forma análoga a los rumbos, dándoles el signo correspondiente (Art. 702).

Cuando se hable de Demoras hay que precisar si se trata del barco respecto a tierra, o viceversa. En todo caso las dos son inversas y se deduce una de la otra cambiándole los puntos cardinales si se cuentan por cuadrantes (el N. por el S. y el E. por el W.), o bien restándola de 360° si se cuentan de 0° a 360° .

Las lecturas se cuentan de 0° a 180° por cada banda a partir de la

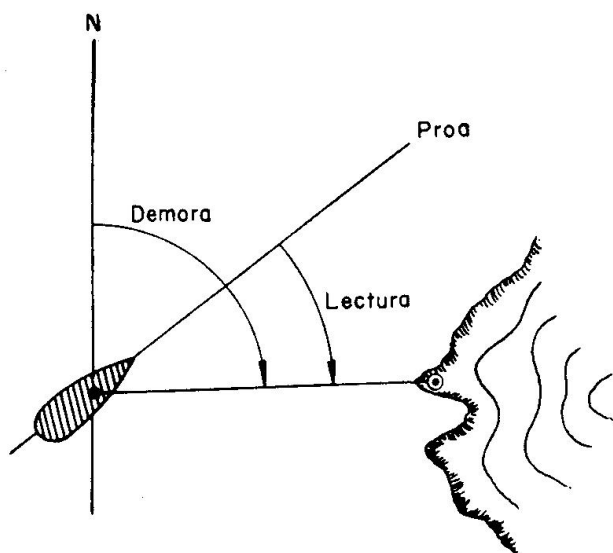


Fig. 801. Marcaciones

proa, considerándose positivas las tomadas por Er. y negativas las de Br. También se pueden contar de 0° a 360° en el sentido del reloj, teniéndose entonces la ventaja de que siempre son positivas.

Se recomienda enunciar las marcaciones de forma análoga a los rumbos (Art. 702).

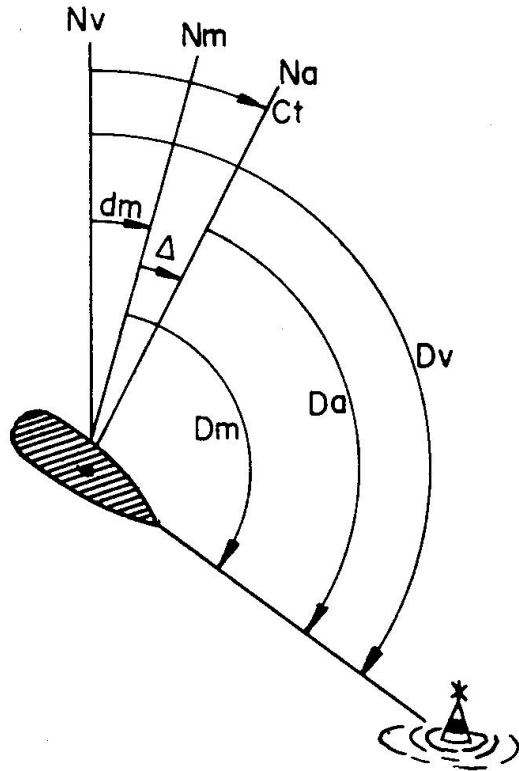


Fig. 802. Distintas clases de demoras y relación entre ellas.

802. PASAR LA DEMORA DE AGUJA A VERDADERA. — Las fórmulas que se emplean son análogas a las utilizadas con los rumbos (fig. 802).

La más utilizada es:

$$Dv = Da + dm + \Delta = Da + Ct$$

“Demora verdadera = demora de aguja + declinación magnética + desvío”,

ya que lo que se hace a bordo es tomar demoras de aguja, que luego se han de trazar en la carta como verdaderas. El desvío es, por supuesto, el correspondiente al Ra que se lleve en el momento de marcarse.

Otras fórmulas que pueden interesar son las siguientes:

$$Dv = Dm + dm$$

$$Da = Dv - dm - \Delta = Dv - Ct$$

$$Da = Dm - \Delta$$

$$Dm = Da + \Delta$$

$$Dm = Dv - dm$$

Ejercicio 801.—Cálculo de Demoras, Rumbos y Lecturas.

$Dv = 270,$	$Ct = + 10$	Obtener la Da.	Solución $Da = 260$
$Da = 315,$	$Ct = + 12$	” ” Dv.	” $Dv = 327$
$Dm = 200,$	$\Delta = - 6$	” ” Da.	” $Da = 206$
$Dm = 050,$	$dm = + 15$	” ” Dv.	” $Dv = 065$
$Dv = 160,$	$dm = - 10$	” ” Dm.	” $Dm = 170$
$Da = 124,$	$\Delta = - 5$	” ” Dm.	” $Dm = 119$

803. CONVERSION DE MARCACIONES.—Si se trata de Demoras se procede en forma análoga a lo expuesto en el Art. 703, “Conversión de Rumbos”.

Si se trata de Lecturas (figura 803), hay que considerar los dos casos siguientes:

1) **Pasar de Lecturas contadas de 0° a 180° a contadas de 0° a 360°.**

— Si la Lectura es por Er. se toma el mismo número de grados.

— Si la Lectura es por Br. se toma la diferencia a 360°.

2) **Pasar de Lecturas contadas de 0° a 360° a contadas de 0° a 180°.**

— Si la Lectura es inferior a 180°, es por Er. y se toma el mismo número de grados.

— Si la Lectura es superior a 180°, es por Br. y se toma la diferencia a 360°.

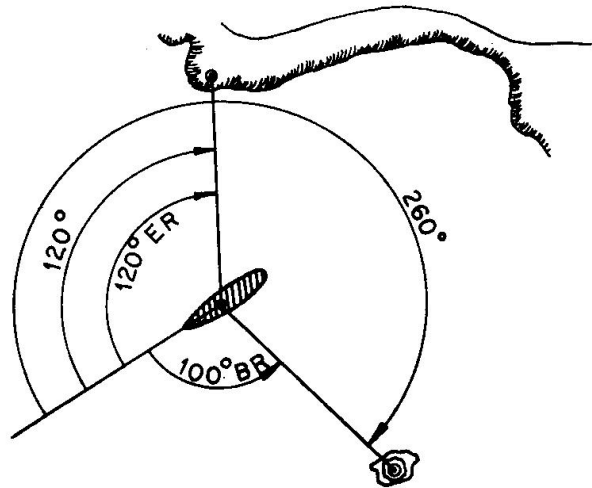


Fig. 803. Conversión de lecturas

Ejercicio 802.—Expresar, en cuadrantes, las siguientes Demoras: 323; 064; 236; 179. **Soluciones:** N 37 W; N 64 E; S 56 W; S 01 E.

Ejercicio 803.—Expresar, de 0° a 360°, las siguientes Demoras: N 33 W; S 47 E; S 02 W; N 13 E. **Soluciones:** 327; 133; 182; 013.

Ejercicio 804.—Expresar, de 0° a 360°, las siguientes Lecturas: 56° Er.; 39°—; 115°+; 136° Br. **Soluciones:** 056; 321; 115; 224.

Ejercicio 805.—Expresar, de 0° a 180°, las siguientes Lecturas: 330; 186; 066; 359. **Soluciones:** 30° Br.; 174° Br.; 66° Er.; 1° Br.

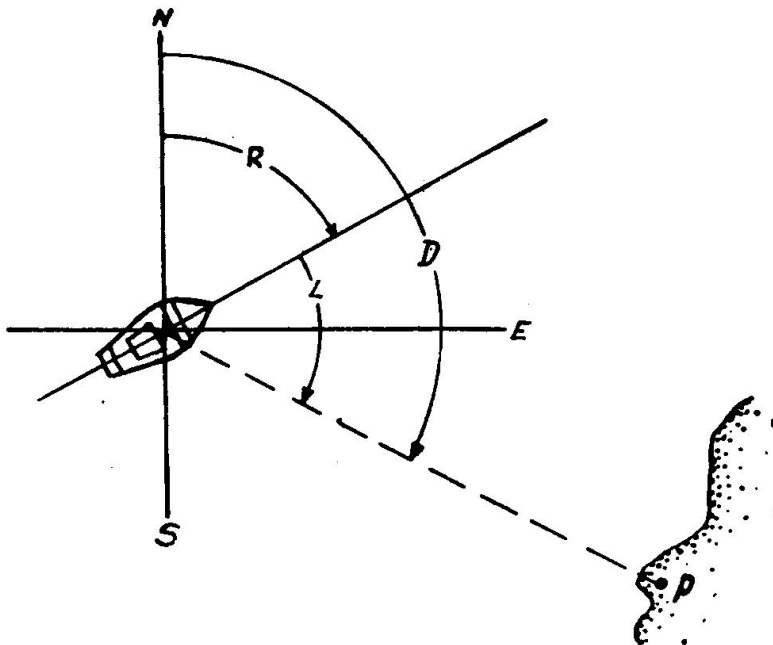


Fig. 804. Demora, Rumbo y Lectura

804. RELACION ENTRE DEMORA, RUMBO Y LECTURA.

Viene dada por la fórmula:

$$\text{Demora} = \text{Rumbo} + \text{Lectura}$$

$$D = R + L$$

que se comprueba gráficamente (figura 804).

La demora será siempre de la misma especie del rumbo que se emplea. Si las demoras y rumbos se cuentan por cuadrantes, se tendrán en cuenta los signos de éstos.

De la anterior fórmula se obtiene: $R = D - L$ y $L = D - R$

Ejercicio 806.—Cálculo de Demoras, Rumbo y Lecturas.

Rv = 326	L = 160 Er.	Obtener Dv.	Solución Dv = 126
Ra = S 80 E	L = 115 Br.	" Da.	" Da = N 15 W
Da = 360	L = 120 Er.	" Ra.	" Ra = 240
Dm = S 11 E	L = 64 Er.	" Rm.	" Rm = S 75 E
Da = 019	Ra = 151	" L.	" L = 132 Br.
Dm = N 31 E	Rm = N 80 E	" L.	" L = 311

805. MODO DE OBTENER LA DEMORA SIN INSTRUMENTOS.

Los buques pequeños que no lleven aparatos para marcarse pueden hacerlo poniendo la proa al objeto deseado y anotando el **Ra** a que se queda en esta situación.

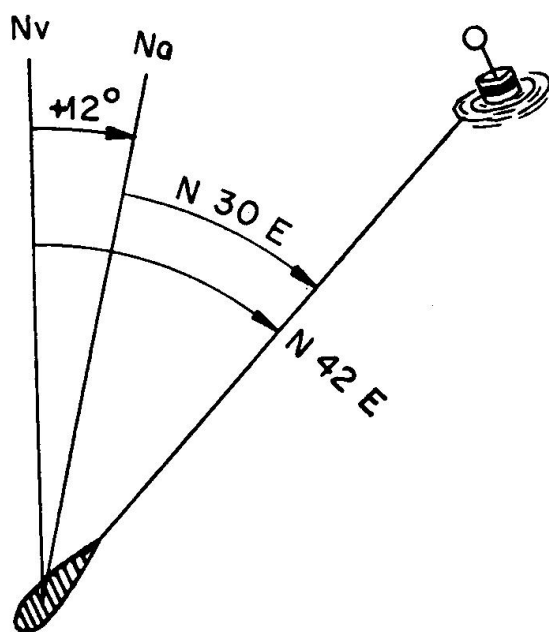


Fig. 805, Demora aproando a un punto. en que el punto de tierra cuya demora se quiere conocer esté en línea con otra marca, igualmente representada en la carta.

En el instante de cortar la **enfilación**, el barco estará sobre la demora verdadera que determinan los dos puntos (Art. 2801).

Entonces se tendrá (fig. 805) que la fórmula $D = R + L$ queda reducida a $Da = Ra$, ya que la Lectura es cero. Para pasar la Da a Dv se le aplica la **Ct** con su signo, teniendo en cuenta que el desvío ha de ser el correspondiente al Ra con que aproamos al objeto.

Ejercicio 807.—Un barco aproa a un punto lejano de tierra al $Ra = N 30 E$, siendo la $Ct = +12^\circ$. Decir cuánto demora el barco de dicho punto de tierra (fig. 805).

$$Dv = Da + Ct = N 30 E + 12^\circ = N 42 E$$

Luego el barco demora al S 42 W, inversa del anterior.

Otro sistema, muy utilizado, consiste en aprovechar el momento

Capítulo IX

CORREDERAS Y SONDADORES

901. UNIDADES DE DISTANCIA EMPLEADAS EN LA MARI-NA. La unidad principal es la **Milla Marina** o **Milla Náutica**, que es la longitud de un minuto de arco de meridiano, considerando a la Tierra esférica y con radio promedio. La milla tiene 1.851,8 metros, pero por Convenio Internacional se ha adoptado de 1.852 metros.

El **Cable** es la décima parte de la milla, teniendo, por lo tanto, 185,2 metros. La **Braza** tiene 1,83 metros (6 pies), siendo, aproximadamente, la centésima parte del cable. La **Yarda** tiene 0,914 metros (3 pies) y es la mitad de la braza. Se emplea ocasionalmente.

Las distancias, relacionadas con el tiempo, dan lugar a las velocidades. La unidad de velocidad es el **nudo**, que equivale a una milla por hora. Por lo tanto, una velocidad de 12 nudos supone que se han recorrido 12 millas en una hora.

902. CORREDERA.—Es el aparato que se utiliza a bordo para medir la velocidad del barco o la distancia navegada. También hay modelos que dan, simultáneamente, estos dos datos.

Hay diversos tipos, pero la más utilizada en los pesqueros es la **corredera mecánica**, también llamada de **patente**.

Antiguamente se empleaba la de **barquilla**, que se explica ligeramente aquí por su carácter histórico y el hecho de que se siga empleando en algunos buques escuela de vela.

903. CORREDE-RA DE BARQUILLA.—Esencialmente consta de la **barquilla**, que es un sector de madera lastrado con plomo (figura 901) para que se sumerja verticalmente unos dos tercios de su altura. Esta barquilla se larga por la popa unida a un **cordel** que está enrollado en el **carretel**.

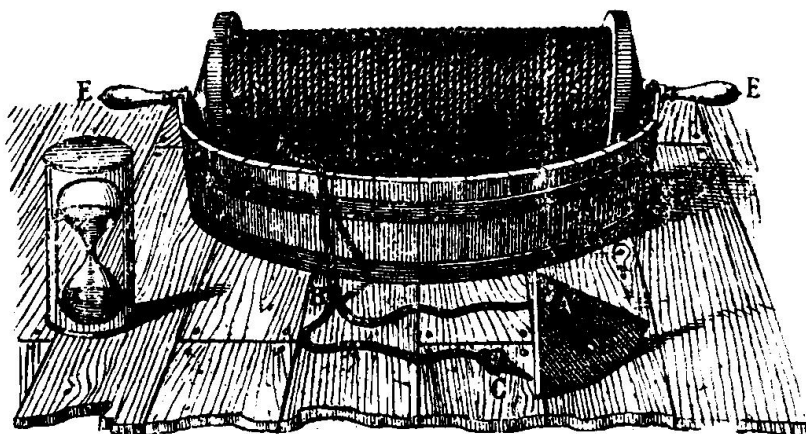


Fig. 901. Corredera de barquilla

Se admite, y así ocurre en la realidad, que el flotador queda prácticamente parado en su sitio una vez pasada la zona de remolinos. Por lo tanto, el cabo salido nos mide el avance o marcha del barco.

Si un barco navega a un nudo (una milla por hora), recorrerá 15,43 metros en cada 30 segundos. Por lo tanto, si dividimos el cordel, por medio de marcas, en trozos de 15,43 metros, y contamos los que han salido en 30 segundos, tendremos la **velocidad** del barco en nudos. De experiencias prácticas se ha deducido que la velocidad se obtiene con más exactitud poniendo las marcas cada 14,6 metros.

La graduación no empieza en la barquilla, sino que hay un trozo, llamado **zaga**, que tiene una longitud de una a dos esloras entre la barquilla y la primera marca. Este trozo tiene por objeto que la medida no se empiece a efectuar dentro de la zona de posibles remolinos.

A partir de los 10 nudos el empleo de este tipo de corredera no es exacto.

904. CORREDERA MECANICA.—Este tipo de corredera sólo da indicaciones de **distancia**, por lo que para obtener la velocidad será necesario calcularla a partir de la distancia navegada en un determinado intervalo de tiempo.

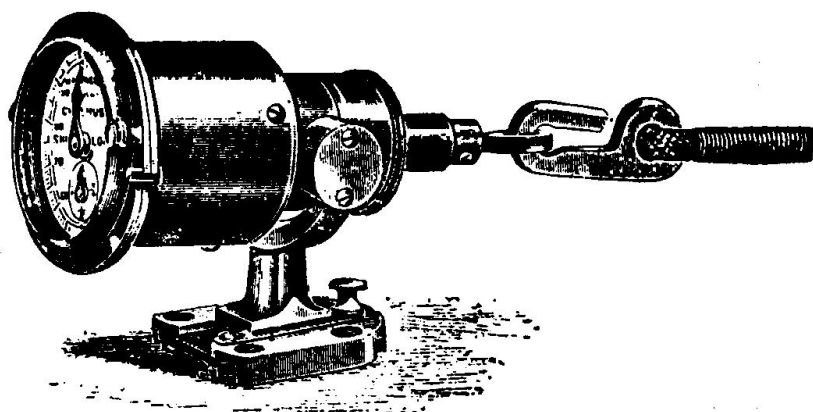


Fig. 902. Contador de la corredera mecánica

El barco lleva remolcando por la popa un largo **cabo de cajeta** en cuyo extremo hay una **hélice** de forma especial que gira con la marcha. Este movimiento de giro se transmite a bordo por el mismo cabo de remolque y por medio de un **sistema de engranajes**

se transforma en indicaciones de distancia navegada que aparecen en un **contador** instalado en el coronamiento de popa (figura 902). Con objeto de facilitar su lectura, algunos tipos de correderas tienen repetidores eléctricos en el puente.

Intercalado en el cabo y cerca de la popa llevan un **volante** o **barra de inercia**, con objeto de compensar las alteraciones momentáneas en la marcha regular.

Se tendrá cuidado de recoger la corredera siempre que se pare, se maniobre o se navegue por sitios en donde haya poco fondo.

905. COEFICIENTE DE LA CORREDERA.—Se llama **coeficiente de corredera** al número **K** por el cual hay que multiplicar la velocidad (o la distancia) indicada por la corredera para obtener la verdadera a que navega el barco. Cuando la corredera marca exactamente $K = 1$; si sus indicaciones son altas K es menor que 1 ($K < 1$) y si marca por

debajo de la velocidad real K es mayor que 1 ($K > 1$). El valor de K viene dado por cualquiera de las dos relaciones siguientes:

$$K = \frac{\text{Velocidad verdadera}}{\text{Velocidad de corredera}} = \frac{\text{Distancia verdadera}}{\text{Distancia de corredera}}$$

El cálculo de K se puede hacer por comparación de distancias o de velocidades, recomendándose el primer método para todas las correderas que tengan totalizador de distancias. Esto se hace prácticamente **corriendo la milla medida**, para lo que se utilizan las **Bases Medidas Oficiales**.

Se aplica este nombre a unas distancias medidas exactamente en tierra, cuyos extremos están marcados de forma que sean perfectamente visibles desde la mar. Con objeto de que el barco pueda precisar el momento en que se inicia y termina el recorrido, cada una de las marcas extremas está constituida por dos postes o señales, que forman una enfilación (figura 903).

En el "Catálogo de **Cartas Náuticas y otras Publicaciones**" se incluye la relación de las Bases Medidas Oficiales.

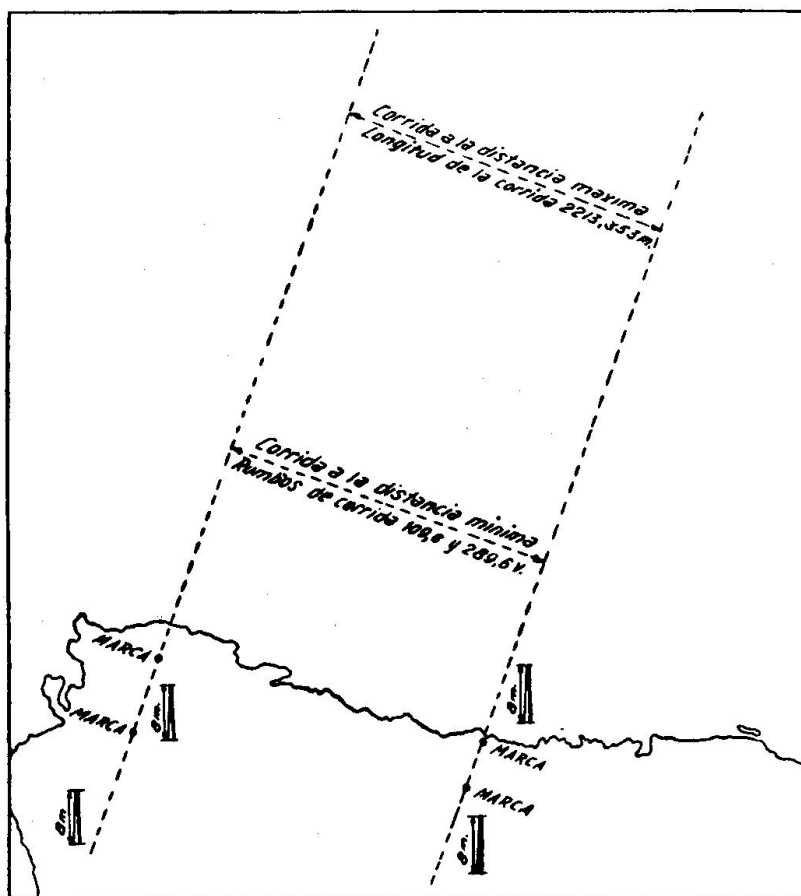


Fig. 903. Base medida oficial de Castro Urdiales

906. ESCANDALLOS: ORDINARIO Y DE PRESION.—Los **escandallos** y **sondadores** son los aparatos que sirven para medir la profundidad. Su clasificación se puede hacer en tres grupos: de **mano**, **mecánicos** y de **eco**.

El **escandallo de mano** consiste en un peso de plomo de forma troncocónica, el **escandallo**, que se hace firme al extremo de un cabo de poca mena llamado **sondaleza**. Está indicado para profundidades hasta los 25/30 metros como máximo, estándose expuesto a errores de consideración si el que lo maneja no está entrenado.

El escandallo tiene su base forrada de un material duro, con objeto de que no se estropee en su roce con las piedras. Con objeto de recoger

muestras del fondo tiene un rebajo en su parte inferior que se rellena con sebo antes de cada sonda.

La sondaleza se gradua de manera que la marca de cero metros corresponda a la posición del escandallo enrasando el agua desde el lugar habitual de sondeo. El resto se gradúa de una forma clara para que la sola inspección de la marca que se tiene en la mano sirva para conocer la profundidad.

La sonda con barco parado no ofrece ninguna dificultad, debiéndose tener la precaución de una vez llegado el escandallo al fondo, elevarlo un poco y llevarlo a tocar otra vez para asegurarse de la primera apreciación.

Con el barco en marcha, es necesario lanzarlo por delante del sitio en donde se calcula llegará al fondo, al tiempo que la sondaleza esté a pique.

Tanto en el caso de sondar parados como en marcha, se debe hacer firme el chicote en algún punto de cubierta para evitar la pérdida del escandallo y sondaleza.

Conviene revisar periódicamente la graduación de la sondaleza, ya que con el peso sufre deformaciones que producen sondas erróneas.

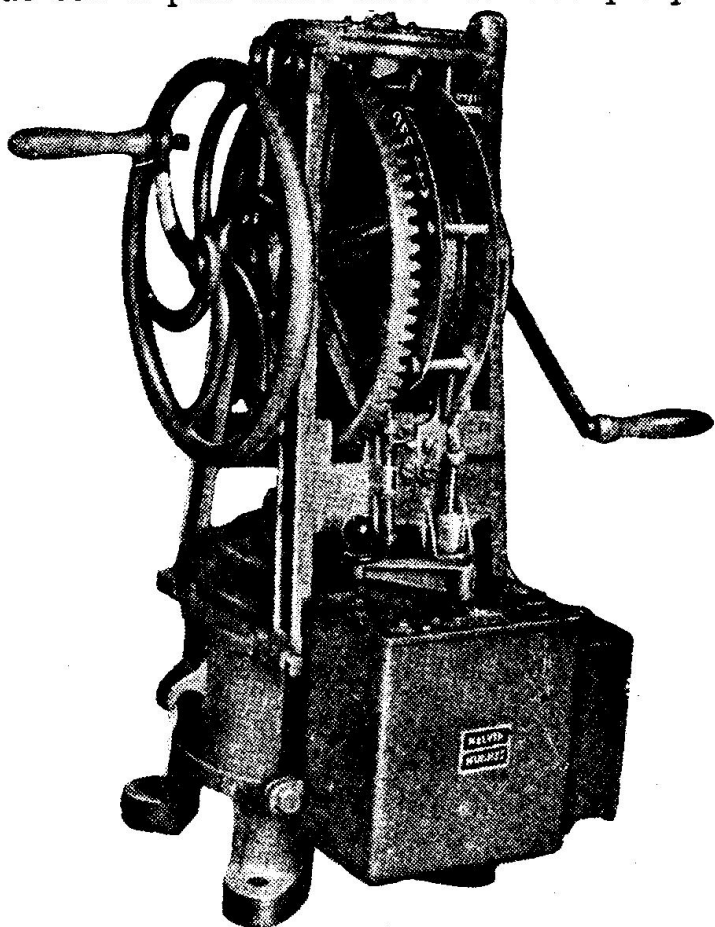


Fig. 904. Sondador mecánico

En los **escandallos mecánicos** la sondaleza es de alambre muy fino, estando enrollado en un carretel que se vira a mano o con un motor eléctrico. La cantidad de sondaleza salida queda indicada en un contador que lleva el aparato (fig. 904). El escandallo puede ser de hierro o de plomo.

Con objeto de facilitar la maniobra y evitar que se pueda enganchar en el costado, la sondaleza laborea por un tangoncillo que se zalla y abate cuando es necesario.

Para los casos en que se sonda en marcha existen unas tablillas que dan la profundidad en función de la velocidad del barco y de la cantidad de son-

daleza salida. El índice del contador se pone en cero cuando estando zallado el tangoncillo el escandallo roza el agua.

Para sondar se desconecta el motor eléctrico, dejando libre el carre-

tel, que se desvira sólo. Con objeto de regular la velocidad de salida lleva un freno automático. La llegada al fondo se aprecia por la disminución de la velocidad de salida.

El escandallo lleva el **rebajo** correspondiente para el sebo, existiendo algunos modelos con dispositivos de tenazas o cuchara que se cierran al llegar al fondo y extraen la muestra.

Con objeto de medir exactamente la profundidad con independencia del alambre salido, se emplean los **tubos de sondar**, que se afirman en las proximidades del escandallo. Estos tubos funcionan por efecto de la **presión del agua** que actúa en su parte inferior y comprime el aire o un muelle que se encuentra en el interior.

En los que se comprime el aire, al subir el agua reacciona con una **sustancia química** que recubre las paredes. Midiendo con una regleta especial esta zona de color distinto, se obtiene la profundidad.

También hay modelos de **crystal esmerilado** en los que se aprecia el nivel alcanzado por la diferencia de tonalidad entre la parte seca y la mojada. Tienen la ventaja sobre los anteriores de que se pueden utilizar un número ilimitado de veces.

En los de **muelle** hay un émbolo que, empujado por la presión del agua, lo comprime proporcionalmente a la profundidad. Simultáneamente se desplaza un índice sobre una escala graduada que indica el fondo. Cuando el escandallo sube, el muelle con el émbolo recuperan su posición inicial, pero el índice, gracias a un dispositivo de retenida, queda señalando la profundidad máxima alcanzada.

907. SONDADORES DE ECO: SONOROS Y ULTRASONOROS.—

Los sondadores de eco son unos aparatos que emiten una serie de ondas que se reflejan en el fondo y son recibidas nuevamente a bordo. Todos los sondadores de este tipo miden, de una forma u otra, el tiempo invertido en ese doble recorrido y de él deducen la profundidad por la relación:

$$\text{Profundidad} = \frac{\text{tiempo} \times \text{velocidad de propagación en la mar}}{2}$$

En cuanto a las ondas emitidas los sondadores se clasifican en **sonoros** y **ultrasonoros**, diferenciándose en que los primeros emiten un sonido audible y los segundos no.

Se suelen preferir los de este último tipo, pues el haz de ondas emitidas es menos abierto, permitiendo la obtención de ecos más definidos.

La indicación de la profundidad se hace en forma audible o visual, resultando más cómoda esta última. Para ello hay una escala graduada (en metros o brazas) en la que un trazo luminoso señala la profundidad. En algunos modelos se indica gráficamente, quedando registrada sobre una banda de papel especial que facilita la identificación de los perfiles submarinos (figs. 905 y 906).

En los del tipo sonoro el sonido es producido por un martillo accio-

nado eléctricamente o por aire comprimido, que golpea sobre una campana. En los ultrasonoros la emisión es producida por un "transductor" que puede ser del tipo de "oscilador de magneto estricción" o de "condensador piezoeléctrico".



Fig. 905. Banco de peces

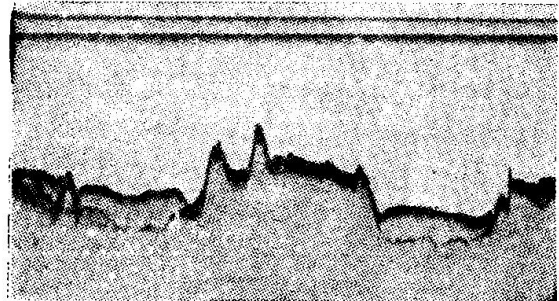


Fig. 906. Fondo parcialmente cubierto de fango

908. ERRORES EN LA SONDA.—En general, y salvo el escandallo de mano, utilizado siempre en profundidades pequeñas, las correcciones debidas al aparato no son dignas de tener en cuenta.

En las zonas de mareas vivas hay que tenerlas presentes y corregir las sondas si los fondos no son grandes.

También hay que tener especial cuidado cuando se sonda con el barco en marcha o en zonas de corrientes. De lo anterior se exceptúan los sondadores de eco.

Escandallo de mano.—Las sondalezas nuevas sufren posteriormente deformaciones. Para evitarlas en lo posible deben mojarse antes de usarlas, colgándose luego con el escandallo en su extremo bajo. También se pueden llevar a remolque. De todas formas, sus dimensiones no son fijas y conviene comprobarlas frecuentemente.

Tubos de presión.—La presión atmosférica influye en el resultado de la sonda. Los valores de las correcciones a aplicar vienen dados, de fábrica, en una Tabla.

Sondadores de eco.—La velocidad de propagación de las ondas (sonoras y ultrasonoras) en el agua del mar es de unos 1.450 metros por segundo. Esta velocidad varía con la salinidad, temperatura y presión atmosférica, influyendo en el tiempo que invierte la emisión en el camino de ida y vuelta, y por tanto en las indicaciones de la profundidad.

Capítulo X

SISTEMAS DE NAVEGACION. CARTAS NAUTICAS

1001. NAVEGACION.—Es la ciencia que tiene por finalidad permitir en todo momento al marino conocer en dónde está su barco y la forma de hacerle llegar a cualquier punto con seguridad y siguiendo la derrota más conveniente.

Los conocimientos de Astronomía son básicos y fundamentales para el dominio de una gran parte de la navegación. También son necesarias unas nociones de matemáticas, ya que casi todos los problemas que se plantean están basados en el cálculo, así como los razonamientos para la deducción de las fórmulas.

Con todo, lo anterior no sirve de nada si no va unido a la práctica, junto con una dedicación y entrega completas. Esto se traduce en el conocimiento pleno de la responsabilidad que tiene el que dirige un barco y en su afán de estar al día en todos los aspectos de la Navegación.

1002. IDEA GENERAL DE LOS DIFERENTES PROCEDIMIENTOS DE NAVEGACION.—Según la zona por donde se navegue o los métodos que se utilicen, la navegación se puede considerar como un conjunto de sistemas o procedimientos de características bien definidas. Hay que hacer la observación de que normalmente no se utiliza uno sólo, sino que se emplean simultáneamente dos o más, aunque predomine uno de ellos.

- **Navegación de Estima.**—Es la que se hace, sobre la carta o por cálculo, suponiendo que el barco navega realmente a una velocidad y rumbo determinados. Se utiliza como auxiliar de todos los procedimientos, pero esencialmente para preparar las navegaciones y cuando el barco no puede recurrir a otro sistema.
- **Navegación Costera.**—Es la que se efectúa a la vista de la costa, utilizando sus puntos destacados como referencias para situarse.
- **Navegación Astronómica.**—Es la que se hace utilizando a los astros para situarse. Su perfecto conocimiento es imprescindible para la navegación de altura.
- **Navegación Ortodrómica.**—Es la que se efectúa siguiendo el barco un arco de círculo máximo. Esto supone seguir sobre la superficie de la Tierra una derrota especial en la que los rumbos van cambiando, pero que tiene la ventaja de ser el camino más corto entre dos puntos.

— **Radionavegación.**—Es la que se hace utilizando sistemas electrónicos para situar al barco. Está en pleno desarrollo, y con ser muy satisfactorios sus resultados actuales, su futuro es todavía más prometedor.

Lo que se llama navegación con **Abatimiento, Corriente, Niebla, etc.**, sólo son circunstancias fortuitas de duración variable, que requieren modificación o mayor cuidado en los procedimientos anteriores.

1003. CARTAS NAUTICAS.—Para navegar, y más si se quiere hacer con seguridad, es necesario disponer de un plano o mapa de la zona por donde se van a efectuar los desplazamientos o las faenas de pesca. Estos planos se editan oficialmente por los distintos Servicios Hidrográficos y reciben el nombre de **Cartas Náuticas**.

Las cartas se construyen por diversos procedimientos, pero el más general consiste en proyectar un trozo de la superficie terrestre sobre un plano o figura geométrica, que luego se desarrolla, y en el que se detalla todo lo que interesa a la navegación.

El tipo de carta más empleado es la llamada **mercatoriana**, que tiene notables ventajas sobre las otras para las navegaciones usuales. Lo más destacado de ellas es que los rumbos quedan representados por líneas rectas que cortan a todos los meridianos con el mismo ángulo, siendo éste el valor en grados del rumbo.

1004. ESCALA DE LAS CARTAS.—La palabra **escala** indica la relación entre una magnitud real y aquella por la cual la representamos.

En las cartas náuticas viene dada por $\frac{r}{R}$, siendo **R** el radio de la Tierra

en el punto o zona de levantamiento, y **r** el del globo imaginario sobre el cual se proyecta. Normalmente se expresa por una fracción cuyo numerador es la unidad.

Así una escala de 1/20.000 supone que el radio de la Tierra es 20.000 veces mayor que el del que hemos utilizado para la proyección. Una escala de 1/250.000 indica que el radio del globo imaginario es 250.000 veces más pequeño que el de la Tierra.

Por lo anterior, vemos que cuanto mayor es el denominador de la escala, menos detalles puede tener la carta, ya que la superficie de proyección va disminuyendo respecto a la que se proyecta, que se conserva fija.

1005. CLASIFICACION DE LAS CARTAS SEGUN LA ESCALA.
Las cartas náuticas se clasifican en:

— **Cartas de punto menor.** — De escalas comprendidas entre 1/30.000.000 y 1/200.000.

— **Cartas de punto mayor.**—De escalas inferiores a 1/200.000.

Las cartas de punto menor se utilizan para navegaciones oceánicas o de altura. Entre las de punto mayor hay que precisar:

a) Las de **navegación costera** (1/200.000 a 1/50.000).

O

PELIGROS

1		Roca que siempre vela, (alturas referidas al nivel medio)
2		Rocas o bajos fondos que cubren y descubren, (alturas referidas al nivel de reducción de sondas)
3		Roca a flor de agua al nivel de reducción de sondas
4		Aguas poco profundas con fondo rocoso
5		Roca siempre cubierta y peligrosa
5a		Sonda de una roca aislada y peligrosa
6a		Peligro sumergido con sonda determinada por la rastra hidrográfica
11		Nafragio del que en bajamar vela parte del casco o superestructura
12		Nafragio del que sólo velan los palos
14		Nafragio sobre el que se sondan menos de 18 metros
15		Nafragio con sonda conocida
16		Nafragio encima del cual hay más de 18 metros de agua
17		Fondo sucio
18		Escarceos
19		Remolinos
20		Algas, hierbas marinas, bancos herbáceos
21		Banco
22		Bajo
23		Arrecife
25		Rompientes
26		Piedra peligrosa en general
27		Obstrucción
28		Nafragio
30		Postes sumergidos
30a		Troncos sumergidos
38		Límite de peligro
41		Posición aproximada
42		Posición dudosa
43		Existencia dudosa
44		Posición






R VERILES	
0	.....
1	.....
2	.....
3	.....
4	.....
5	.....
6	.....
7	.....
8	.....
9	.....
10	.....
11	.....
12	.....
13	.....
14	.....
15	.....
16	.....
17	.....
18	.....
19	.....
20	.....
30	.....
40	.....
50	.....
60	.....
70	.....
80	.....
90	.....
100	.....
200	.....
300	.....
400	.....
500	.....
600	.....
700	.....
800	.....
900	.....
1000	.....
2000	.....
3000	.....
4000	.....
5000	.....
6000	.....
7000	.....
8000	.....
9000	.....

S NATURALEZA DEL FONDO

1	F.^{do}	Fondo
2	A	Arena
3	F	Fango
4	L	Lama, Lodo
5	Gr.	Greda
6	Arc.	Arcilla
7	C.^o	Cascajo
8	C.^a	Conchuela
9	G.^o	Guijarro
10	P	Piedra
11	R. R.^{so}	Roca, Rocoso
14	C.¹	Coral
15	Mad.	Madrépora
16	Vc.	Volcánico
17	Lav.	Lava
20	Esc.^a	Escoria
24	Ost.	Ostras
26	E	Esponja

27	Alg.	Algas
33	Gf.	Globigerina
35	Rd.	Radiolarios
39	f	fino
40	g	grueso
41	b.^{do}	blando
42	d	duro
56	b	blanco
57	n	negro
59	az	azul
60	v	verde
61	am.	amarillo
63	r	rojo
64	p	pardo
66	gr.	gris
67	cl.	claro
68	o	oscuro

K LUCES

1	★ ★ •	Posición de una luz
2	L	Luz
3	F.^o	Faro
4	F.^o Aero	Aerofaro
4a	Aeromar.	Aeromaritima
5		Baliza luminosa
6		Buque faro
10		Reflector
11		Luces de enfilación
12		Sectores luminosos
21	f.	Fija
22	oc.	De ocultaciones
23	dest.	De destellos
24a	dest. y oc.	De destellos rápidos con ocultaciones
(25)	Centll.	Centelleante
26	Alt.^{va}	Alternativa
27	grp. oc.	De grupos de ocultaciones
28	grp. dest.	De grupos de destellos
29	f. dest.	Fija y destellos
30	f. grp. dest.	Fija con grupo de destellos
31	Girat.	Giratoria

41	Pd.	Período
44	Vis.	Alcance
45	Dest.	Destello
46	Oc.	Ocultación
47	Grp.	Grupo
48	Intr.^{te}	Intermitente
49	Sect.	Sector
51	Aux.	Auxiliar
63	az.	Azul
64	v.	Verde
66	r.	Roja
67	b.	Blanca
68	o.	Oscurecido
69	(P.)	No vigilada
70	ocasl.	Ocasional
71	irreg.	Irregular
72	prov.	Provisional
73	temp.	Temporal
74	apag.	Apagada
76	sup.	Superior
77	inf.	Inferior
78	post.	Posterior
79	ant.	Anterior
80	vert.	Vertical
81	hort.	Horizontal

I

EDIFICIOS

1		Ciudad, villa	26		Calle
3		Pueblo, aldea	26 a		Avenida
4		Castillo	28		Oficina de telégrafos
5		Casa	29		Oficina de correo
7		Granja, cortijo	30		Palacio del Gobierno
8		Iglesia	31		Ayuntamiento
8a		Catedral	32		Hospital
8b		Campanario, espadaña	34		Almacén
10		Templo	35		Monumento
11		Capilla	36		Cúpula
12		Mezquita, minarete	40		Ruinas
13		Morabito	41		Torre
14		Pagoda	42		Molino de viento
16		Monasterio, convento, ermita	43		Molino de agua
17		Calvario, cruz	44		Chimenea
18		Cementerio cristiano	45		Depósito elevado de agua
18a		Tumba cristiana » mahometana » hebrea	46		Tanque de petróleo
19		Fuerte	47		Fábrica
20		Batería	50		Mina, cantera
23		Campo de aviación	71		Gasómetro
24		Aeropuerto			
25		Poste de amarre			

- b) Los **aproches** (próxima a 1/25.000).
- c) Los **portulanos** (aproximadamente de 1/10.000 a 1/2.000).

Los tres tipos anteriores se utilizan mucho en la navegación pesquera, empleándose las primeras a la vista de la costa, las segundas para las recaladas en puerto y caladeros costeros, y los portulanos para las entradas y salidas.

1006. DETALLES QUE SE APRECIAN EN LAS CARTAS.—La carta por sí sola no sirve para nada si no se sabe interpretar adecuadamente. En ella se representan simbólicamente y por medio de abreviaturas todos los accidentes y detalles que son fundamentales para la navegación.

El Instituto Hidrográfico tiene publicada la **Carta OD**, que contiene todos los símbolos y abreviaturas empleadas en las cartas españolas. Es muy conveniente que no falte en ningún puente, pues se ha dado el caso de más de un accidente por ignorar o interpretar mal las cartas de navegación.

Entre los muchos detalles que contienen las cartas se destacan los siguientes, cuya representación se incluye en las figs. 1001 y 1002:

- Faros y luces.
- Líneas isobáticas (veriles de sondas).
- Calidades del fondo.
- Bajos.
- Elevaciones y puntos destacados del interior.

1007. PORTULANOS.—Los portulanos, de escalas muy varias y siempre superiores al 1/25.000, son las cartas que muestran al navegante el detalle más completo de una pequeña extensión de costa y mar, unas veces puertos y otras radas, ensenadas, fondeaderos, freus, etc.

Por lo anterior se comprende que en un pesquero no debe faltar ninguno de los portulanos de las zonas por donde navegue o pueda navegar y que se deben estudiar concienzudamente antes de su utilización.

Tanto en este tipo de cartas como en los otros hay que recordar que es imprescindible tenerlas al día con todas las correcciones que a ellas se refieran y que se publican en los "Avisos a los Navegantes" (Artículo 1605).

Capítulo XI

CARTAS NAUTICAS. SU MANEJO

1101. COMPAS Y TRANSPORTADOR: HALLAR LA LATITUD Y LONGITUD DE UN PUNTO SITUADO EN LA CARTA.—El compás es un instrumento de dibujo que se utiliza mucho en los problemas y casos reales del manejo de cartas. Además de su empleo para trazar circunferencias, se usa continuamente para situar puntos y tomar distancias entre ellos.

El transportador sirve para trazar y medir ángulos sobre la carta. Es de material transparente y puede adoptar diversas formas, siendo una de las más usuales la rectangular (fig. 1101). El transportador lleva grabadas unas líneas horizontales y verticales para facilitar su colocación correcta sobre la carta. Para ello se hacen coincidir o se sitúan paralelamente a los meridianos y paralelos.

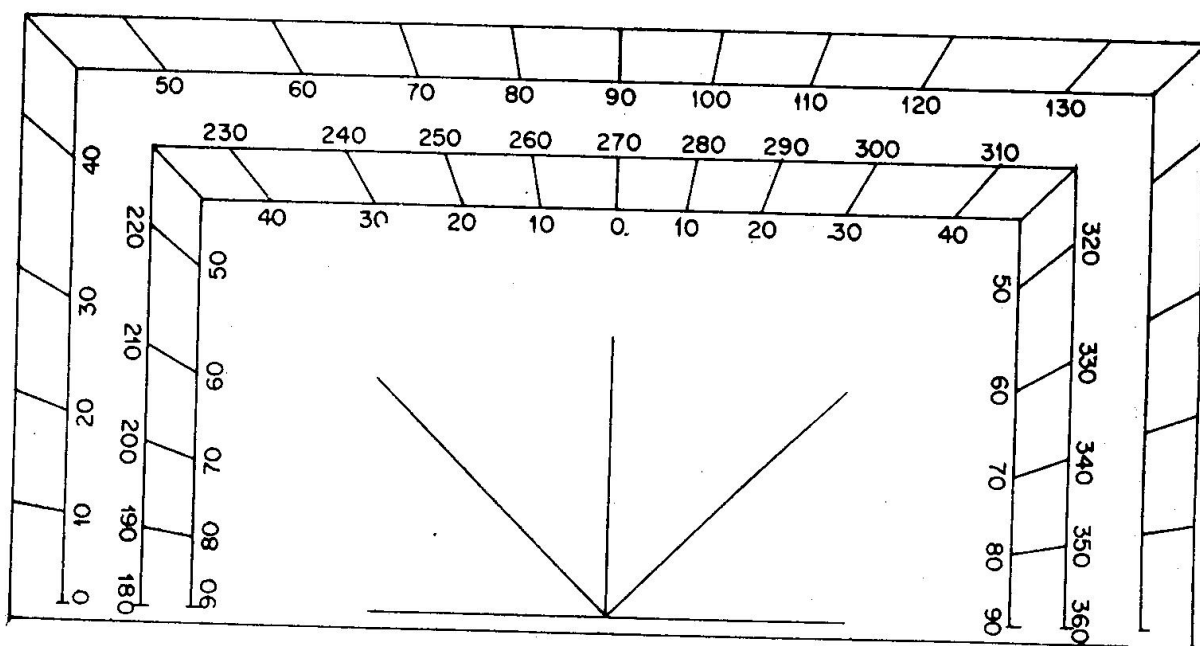


Fig. 1101. Transportador

En el centro de uno de los lados lleva un orificio por el cual se pasa un hilo que sirve para medir los ángulos cuando los puntos están a más distancia del borde del transportador. Algunos modelos suelen llevar grabada, en el lado no graduado, una regla.

La práctica de la obtención de las coordenadas de un punto sobre la carta se explica a continuación sobre un supuesto real.

Sea el punto A de la carta (fig. 1102), cuya latitud y longitud se ignoran. Se lleva el compás a apoyar una de sus puntas en A, y la otra se lleva a tangentear el paralelo más próximo (posición 1).

Teniendo cuidado de que no varíe la abertura del compás, se lleva a la graduación del margen (posición 2) de forma que la punta que tangenteó el paralelo se apoye en el extremo de éste. La otra punta nos da, sobre la escala de latitudes, el valor correspondientes al punto A. En este caso sería $23^{\circ} - 30'N$.

Para obtener la longitud se procede en forma análoga con respecto al meridiano más próximo, tal como indican las posiciones 3 y 4 de la figura. La longitud así hallada es $11^{\circ} - 20'W$.

Tanto en este caso como en otros que puedan plantearse, hay que fijarse cuidadosamente en la forma en que están graduados los meridianos y paralelos que forman el marco de la carta, así como el valor que tiene cada una de las divisiones que hay entre cada dos valores numéricos de la latitud o longitud.

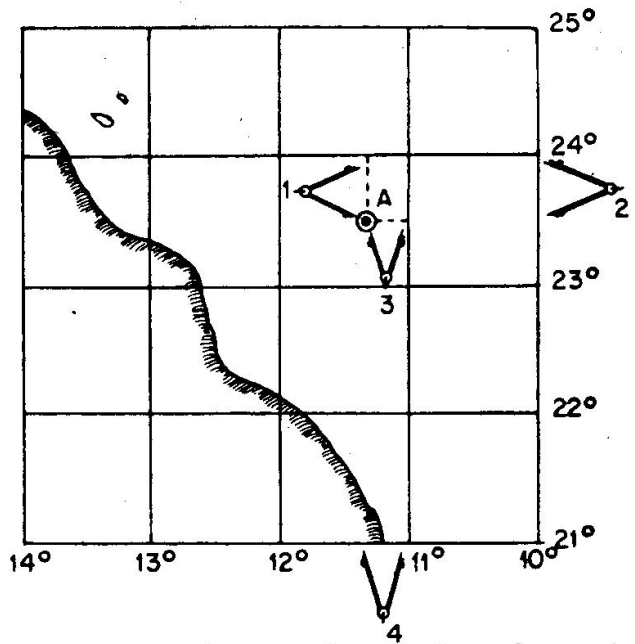


Fig. 1102. Latitud y longitud en la carta

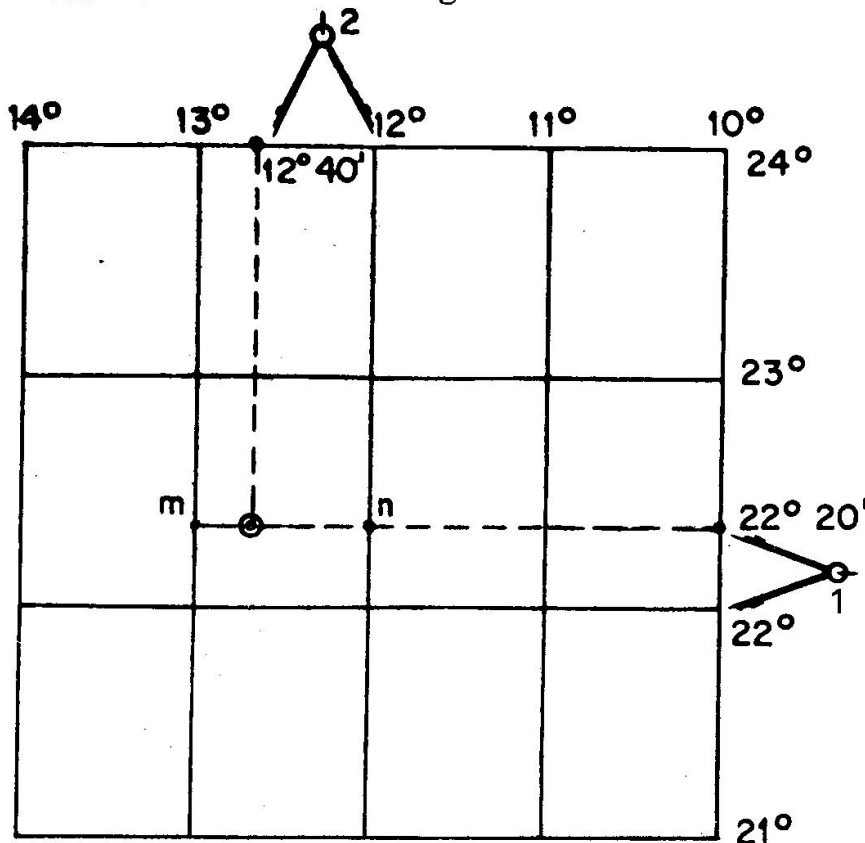


Fig. 1103. Situar un punto en la carta

1102. SITUAR EN LA CARTA UN PUNTO DE COORDENADAS CONOCIDAS.—Sea un punto B de coordenadas $\varphi = 22^{\circ} - 20'N$ y $L = 12^{\circ} - 40'W$ (figura 1103). Sobre las escalas correspondientes de los márgenes se toman los valores antedichos, por los que se trazan dos perpendiculares, cuyo corte nos determinan el punto.

En el caso de utilizar el compás, se toma con él la latitud del punto (posición 1), que se lleva

seguidamente sobre los dos meridianos que comprenden a la longitud, obteniendo los puntos **m** y **n** que se unen por una recta. A continuación se lleva sobre esta línea el valor de la longitud, que se habrá tomado en la escala de las mismas (posición 2), situándose el punto.

Si se utiliza el transportador, enrasaremos su canto con los puntos **m** y **n**, materializando así la recta, que no hay necesidad de trazar. La longitud se toma apoyando las puntas del compás sobre dicho borde a partir de **n**.

1103. DESDE UN PUNTO DE LA CARTA, TRAZAR UN RUMBO Y UNA DISTANCIA.—Para ello se coloca el centro del transportador (que es el agujero por donde pasa el hilo) sobre el punto, cuidando de que sus bordes queden perfectamente paralelos a los meridianos y paralelos de la carta.

Dado que la graduación del transportador sólo comprende 180° , se debe colocar de forma que la graduación quede hacia la parte por donde se va a trazar el rumbo. Una vez hecho lo anterior, se toma en el borde el valor del rumbo, marcándolo con un punto, y a continuación se retira el transportador, uniéndose con una recta el punto con la marca que hemos hecho y prolongándola lo que sea necesario.

Las distancias se toman siempre en los marcos verticales, o sea, en los meridianos de los lados que tienen la graduación de latitudes, teniendo en cuenta que una milla tiene como medida el tamaño de un minuto de dichas escalas. Por tanto, se tomarán con el compás un número de minutos igual al de millas y se llevarán sobre el rumbo a partir del punto considerado.

Queda ahora por precisar en qué parte de la escala se toman las distancias. Para ello nos sirve de referencia el punto, siendo precisamente a su altura donde se tomará la distancia. La fig. 1104 muestra los sitios en donde se han tomado las distancias para los rumbos trazados desde **A**, **B** y **C**.

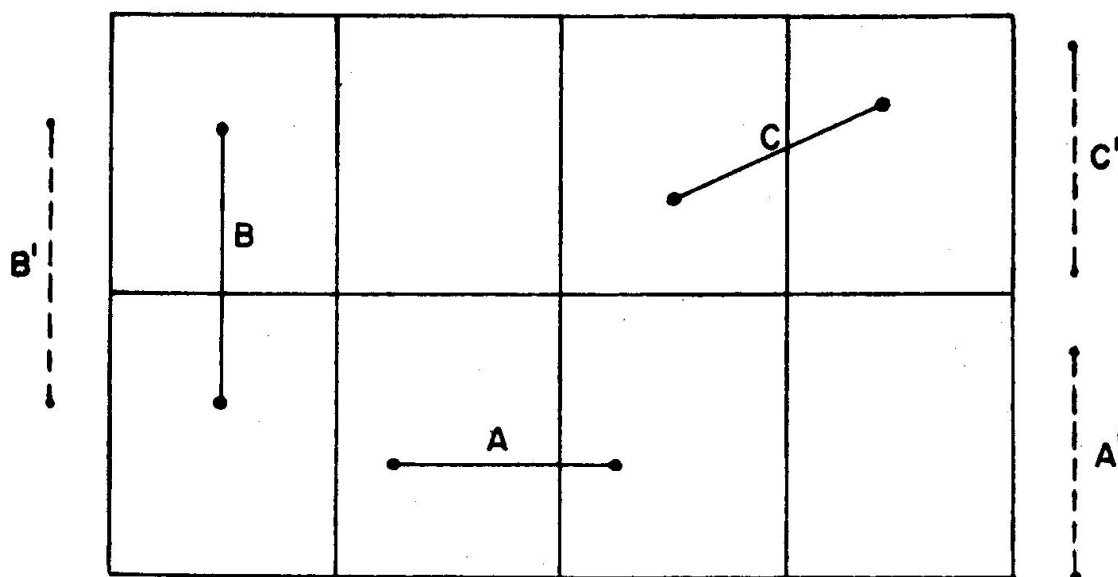


Fig. 1104. Medida de distancias en la carta

1104. HALLAR EL RUMBO Y LA DISTANCIA ENTRE DOS PUNTOS.—Para ello se coloca el transportador con su centro sobre el punto en que interesa medir el rumbo y se hace pasar el hilo sobre el otro punto, leyéndose el rumbo sobre la graduación.

Hay que tener la precaución de colocár bien el transportador con sus bordes paralelos al reticulado de la carta. Al transportador se le dará la orientación adecuada para leer el rumbo en la forma más conveniente. Si el transportador no dispusiese de hilo, habrá que unir los dos puntos por una recta.

La distancia se determina tomándola con el compás (en una o varias veces) entre los dos puntos y viendo el número de minutos que le corresponden en la graduación de latitudes a la altura del rumbo trazado (figura 1104, casos B y C). En el caso de los rumbos 90 y 270, las puntas del compás promediarán la recta que los representa en la carta (figura 1104, caso A).

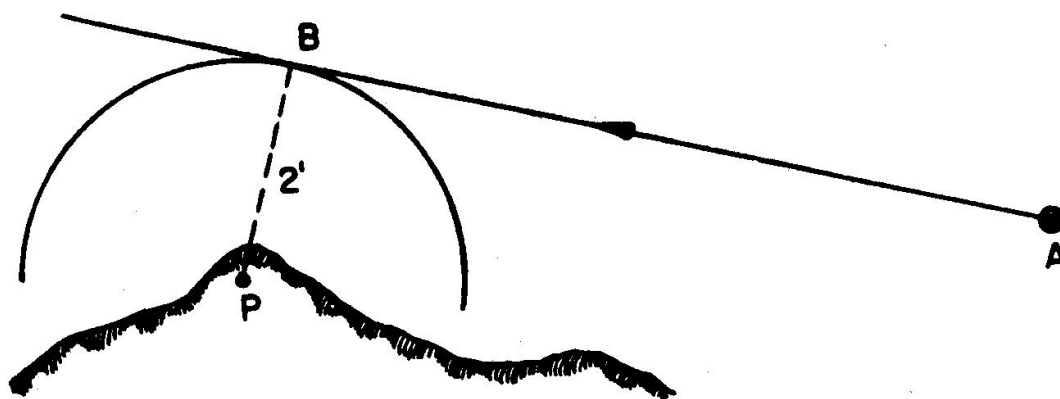


Fig. 1105. Rumbo para pasar a una distancia dada de tierra

1105. HACER RUMBO PARA PASAR A UNA DISTANCIA DADA DE TIERRA.—Este caso se da con mucha frecuencia, pudiendo ser el punto de tierra un faro, una punta, un bajo, etc.

Lo primero que se hace es tomar en la graduación de latitudes y promediando el punto la distancia de resguardo. Con el compás se traza, con centro en dicho punto, un arco de radio igual a la distancia tomada (figura 1105).

Desde el lugar que queremos hacer el rumbo, se traza una tangente al arco, determinándose así el rumbo, que se medirá con el transportador. El tiempo que se tardará en llegar a la distancia deseada se obtiene dividiendo las millas que hay entre A y B por la velocidad del barco.

Capítulo XII

NAVEGACION COSTERA

1201. NAVEGACION A LA VISTA DE COSTA. SITUACION POR DOS MARCACIONES SIMULTANEAS A DOS PUNTOS.—Esta parte de la navegación se caracteriza porque se efectúa tomando como referencias puntos conocidos de la costa que están representados en la carta.

La navegación costera es fácil, pero en cambio requiere grandes precauciones y mucha vigilancia, pues cualquier descuido puede causar la pérdida del barco, precisamente por ser esta zona en donde son frecuentes los bajos y otros accidentes. Igualmente se necesita estar pendiente de los numerosos buques que suelen frecuentar la franja costera.

Un pequeño error en el rumbo no suele tener gran importancia en alta mar, en cambio ese mismo error en un rumbo navegando cerca de la costa puede ocasionar la pérdida del barco.

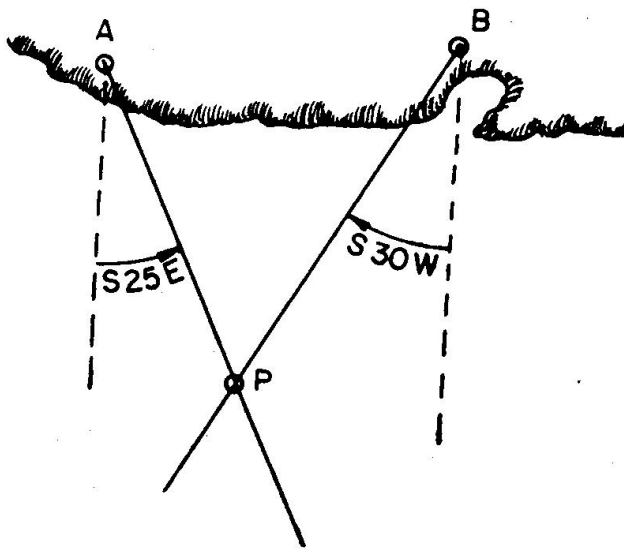


Fig. 1201. Situación por 2 marcas simultáneas

Una de las formas más usuales de situación es por marcas simultáneas a dos o más puntos de la costa. Supongamos (fig. 1201) un punto A de la costa que se ha marcado al N 25 W. Evidentemente, el barco estará sobre su demora inversa, la S 25 E, trazada desde dicho punto. Si simultáneamente hemos marcado el punto B al N 30 E, el barco también tendrá que estar en cualquier punto de la demora inversa, S 30 W, trazada desde B. El único lugar que cumple con las dos condiciones anteriores es P, punto de corte de las dos demoras.

Siempre que se pueda se elegirán los dos puntos de forma que las demoras se corten con un ángulo de 90° o próximo, ya que de esta forma los errores son mínimos. Las situaciones obtenidas con ángulos de corte de 30° o inferior no ofrecen garantías.

En la práctica se procede de la forma siguiente:

- 1 — Se eligen dos puntos destacados de la costa que estén representados en la carta y cuyas demoras se corten con un ángulo de 60° a 90°. Es muy importante identificarlos con certeza, pues el confundir un punto por otro puede traer consecuencias graves, sobre todo si se trata de faros y se navega de noche.
- 2 — Con el menor intervalo posible, se toman las dos marcaciones que serán "Demoras de aguja" o "Lecturas", según que se tome como origen de las mismas el Norte de la aguja o la Proa. En dicho instante se anotará la hora del reloj de bitácora (al minuto).
- 3 — Seguidamente se obtienen las demoras verdaderas.
 (con Da) $Dv = Da + Ct = Da + dm + \Delta$
 (con L) $Dv = Rv + L = Ra + Ct + L \cong Ra + dm + \Delta + L$
- 4 — Desde cada uno de los puntos se traza la demora inversa de la obtenida anteriormente para él. Si se dan por cuadrantes se cambiarán los nombres de los puntos cardinales, y si se cuentan de 0° a 360° se le sumarán o restarán 180°, según convenga.
- 5 — La intersección de las dos demoras así trazadas es la situación del barco, al lado de la cual se anotará la hora correspondiente.

Si se tiene a la vista un tercer punto, conviene también tomar su demora, pues así obtendremos una situación más exacta. En este caso el ángulo ideal de corte entre las demoras extremas es de 120°, sin olvidar que entre cada dos de ellas nunca debe ser inferior a 30°. Generalmente, las tres demoras no se cortarán en un punto, sino formando un pequeño triángulo, cuyo centro se toma como situación del barco. Si el triángulo es grande, hay que repetir la operación de marcarse o desechar la demora que menos garantía ofrezca, pues eso indica que hay error.

Ejercicio 1201.—Al ser 21 h-32 m un barco que navega al Ra = N 50 W marca al Faro de Cabo Silleiro en $Dv = S 30 E$ y a la farola de Cabo Vicos (Cies) en $Dv = N 35 E$. Obtener la situación.

En la fig. 1202 se ve cómo procederíamos sobre la Carta 922. Desde Silleiro trazaríamos la demora N 30 W y desde Vicos la S 35 W. La situación tomada en la Carta es: $\varphi N = 42^\circ - 09'$; $LW = 8^\circ - 55',9$.

Ejercicio 1202.—Al ser 03 h-12 m un barco que navega al Ra = N 50 W marca la farola de Sálvora abierta 126° por Br. y la de Ons 21° por Br. El desvío a ese Ra es -4,5. Obtener la situación suponiendo que estamos en el año 1966.

En la Carta 124-A obtenemos $dm_{1966} = 12^\circ - 18'NW$; dec. anuo = 8,3.

$dm_{16} = 12^\circ - 18'NW$	$Ra = N 50 W -$	Sálvora	Ons
$c = 2^\circ - 46' -$	$Ct = 14 -$	$Rv = 296$	$Rv = 296$
		$L = 126 -$	$L = 21 -$
$dmc = 9^\circ - 32'NW$	$Rv = N 64 W$		
$\Delta = 4^\circ - 30' -$	$Rv = 296$	$Dv = 170$	$Dv = 275$
		$Dv = S 10 E$	$Dv = N 85 W$
$Ct = 14^\circ - 02' -$			

En la carta se traza desde Sálvora la $Dv = N 10 W$ y desde Ons la $Dv = S 85 E$.

La Situación, tomada en la Carta, es: $qN = 42^{\circ} - 23',2$; $LW = 8^{\circ} - 59',7$.

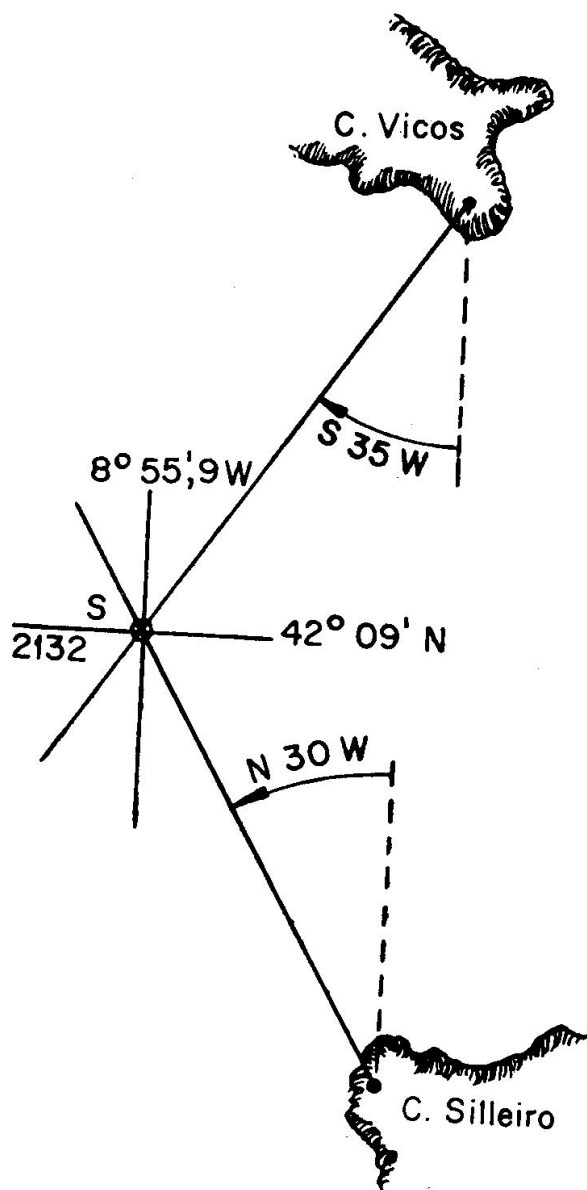


Fig. 1202. Situación por dos demoras (Ej. 1201)

Ejercicio 1203.—En 1966, al ser 01 h-49 m, un barco que navega a la altura de Finisterre pone proa a la Farola, quedando al $Ra = S 40 E$. Seguidamente pone proa al Faro de Toriñana, para lo que ha de gobernar al $Ra = N 46 E$. Los desvíos respectivos son $-3^{\circ},5$ y $-4^{\circ},5$. La dmc es de $-9^{\circ},5$. Calcular la Situación.

Se recuerda que al aproar a un punto los Ra son las Da , ya que el valor de la Lectura es cero (Art. 805).

Finisterre		Torriñana	
dm =	9°,5 —	dm =	9°,5 —
Δ =	3°,5 —	Δ =	4°,5 —
Ct =	13° —	Ct =	14° —
Da =	S 40 E	Da =	N 46 E
Dv =	S 53 E	Dv =	N 32 E

Se trazan las demoras inversas y se obtiene la Situación (carta 124 A).

$$S^{on} \left\{ \begin{array}{l} \varphi N = 42' - 56',6 \\ LW = 8'' - 23',5 \end{array} \right.$$

1202. SITUACION POR DOS MARCACIONES NO SIMULTANEAS A DOS PUNTOS, RUMBO Y DISTANCIA NAVEGADA.—Este tipo de situación se hace cuando a la vista sólo hay un punto de la costa que luego se deja de ver, avistándose posteriormente otro distinto.

Además de las dos demoras, hay que conocer el rumbo y la distancia navegada en el intervalo entre marcaciones. Ya sabemos que la distancia es igual a la velocidad por el tiempo, por lo que con más razón habrá que anotar la hora al marcarse las dos veces.

Supongamos (fig. 1203) que se ha marcado A en Dv = N 30 W y que a continuación se han navegado 10' al Rv = S 80 E, marcándose seguidamente a B en Dv = N 50 E.

Por A se traza el Rv = S 80 E y sobre él se toman 10', obteniéndose el punto A'. Por A' trazamos la demora S 30 E (inversa de la A) y por B trazamos su inversa S 50 W. El punto de corte es la situación S a la hora de la segunda demora.

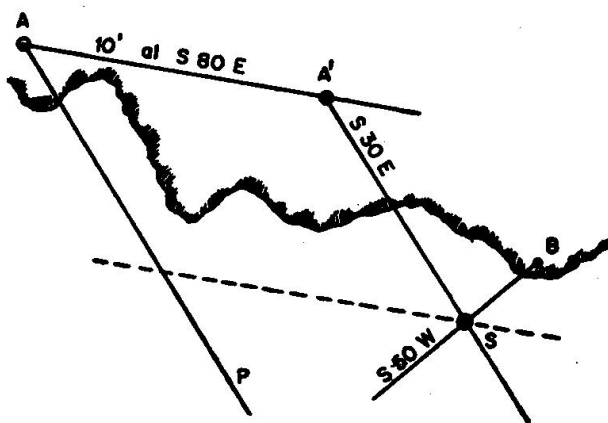


Fig. 1203. Situación por dos marcaciones no simultáneas a dos puntos

La determinación del punto A' se conoce como "traslado de la primera demora".

Se comprende que la situación ha de ser S, ya que al tomar la primera demora el barco tiene que estar necesariamente sobre la recta AP. Si suponemos que sobre esta línea hay muchos barcos y todos navegan al S 80 E la misma distancia (10'), llegarán simultáneamente sobre la recta A'S, pero el único que verá en ese momento a B con la demora N 50 E será el que esté en S.

Este procedimiento de situación no es tan exacto como el anterior, pues hay que tener en cuenta los posibles errores del rumbo, de la distancia y la existencia de corrientes y abatimientos.

Si el barco navegase a varios rumbos, el procedimiento es igual, pero aumenta la posibilidad de error.

Ejercicio 1204.—Al ser 21 h-30 m un barco avista la Farola de Sálvora y la marca en Dv = E. Navega al Rv = N 55 W durante 30 minutos a 10 nudos, marcando seguidamente la Farola de Corrubedo con Dv = N 35 E. Obtener la situación.

Sobre la carta correspondiente se traslada la farola de Sálvora 5' al N 55 W

y por el punto así obtenido se traza la demora 270. Por Corrubedo se traza la S 35 W.

La Situación del punto de corte es $\varphi N = 42^\circ - 30',8$ y $LW = 9^\circ - 09'$, correspondiente a las 22 h.

1203. SITUACION POR DOS MARCACIONES NO SIMULTANEAS A UN PUNTO, RUMBO Y DISTANCIA NAVEGADA.—Este problema se plantea cuando a la vista sólo hay un punto de la costa.

Sea un punto A de la costa al que se le toma una demora anotándose la hora. La distancia será $D = V.T$ y debe ser tal que permita un corte de las dos demoras, en buenas condiciones. La exactitud del procedimiento es inferior a la de las dos marcaciones simultáneas a dos puntos.

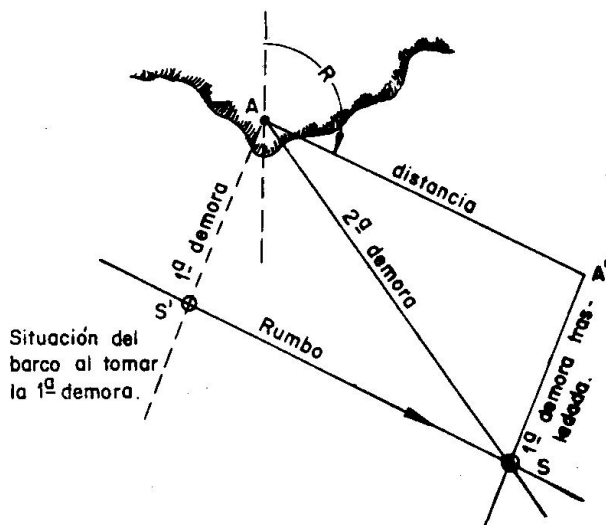


Fig. 1204. Situación por dos marcaciones a un punto

El problema se resuelve de dos formas:

a) **Gráficamente** (fig. 1204). En la carta y por el punto marcado se traza una recta en la dirección del rumbo verdadero. Sobre ella y a partir de dicho punto se toma una distancia AA' igual a la navegada entre demoras.

Por los puntos A y A' se trazan las demoras tomadas en segundo y primer lugar, respectivamente. El punto de corte es la situación a la hora de la segunda.

Si se navega durante el intervalo a varios rumbos, se procede en forma análoga.

Si el barco tiene abatimiento o deriva, el rumbo que se traza por el punto es el efectivo, y como distancia la que corresponda a la velocidad efectiva.

Es evidente que la situación es S, ya que cuando tomamos la 1.^a demora el barco tiene que estar sobre la recta AS'. Al navegar a un cierto rumbo, todos los barcos que pudieran estar sobre dicha recta se trasladarían a las posiciones correspondientes de la AS. Dentro de esta recta sólo puede haber un barco que ve a A con el valor de la 2.^a demora, y es el que está en S.

Ejercicio 1205.—Al ser 8 h-20 m un barco que navega al $Rv = S 8 E$ a 6 nudos, avista al Faro de Silleiro en $Dv = S 72 E$. Al ser 9 h-30 m vuelve a marcarle en $Dv = N 57 E$. Obtener la Situación.

La distancia navegada es de 7 millas. Procediendo sobre la carta de la forma acabada de explicar se obtiene la Situación:

$$\varphi N = 42^\circ - 02'$$

$$LW = 9^\circ - 03'$$

b) **Con las Tablas XXXI.** En este caso es preciso que se navegue a rumbo constante entre las dos demoras.

Se entra en las Tablas XXXI con las *lecturas* correspondientes a la 1.^a y 2.^a demoras, obteniéndose dos factores **F** y **f**, de los cuales el primero, **F**, multiplicado por las millas navegadas en el intervalo, da la distancia (D) del barco al punto de tierra en el momento de la segunda marcación.

Para obtener la situación bastará trazar en la carta la 2.^a demora y tomar sobre ella D a partir del punto observado.

El factor **f**, multiplicado por la distancia navegada en el mismo intervalo, da la **distancia** mínima (d) a que pasará, o ha pasado, el barco de dicho punto de continuar al mismo rumbo.

Si hubiese abatimiento o corriente, habrá que considerar las *lecturas* como contadas a partir del rumbo efectivo.

Si con las *lecturas* obtenidas no se pudiese entrar en las Tablas, se opera con sus suplementos (diferencia a 180°), tomándolos en orden contrario (2.^a y 1.^a lecturas), pues se considera que el barco navega al rumbo inverso. La distancia que se obtiene corresponde al momento de la primera demora.

Ejercicio 1206.—Navegando al Rv = N 70 E y al ser 8 h-20 m se marca A abierta 25° por Er. Al ser 8 h-50 m se vuelve a marcar abierta 60° por Er. V = 10 nudos. Calcular la situación y distancia mínima a que pasará el barco de A.

Entre las 8-20 y 8-50 se han navegado 5 millas.

$$(T. XXXI) \left\{ \begin{array}{l} 1.^a \text{ Lectura} = 20^\circ \dots\dots\dots F = 0,74, \quad D = 0,74 \times 5 = 3,7 \\ 2.^a \text{ Lectura} = 60^\circ \dots\dots\dots f = 0,64, \quad d = 0,64 \times 5 = 3,2 \end{array} \right.$$

$$Dv = Rv + L = N 70 E + 60^\circ = S 50 E$$

La Situación a 8 h-50 m será 3,7 al N 50 W de A.

Cuando las *lecturas* tienen unos valores determinados, se dan unos casos particulares que hacen innecesario el uso de las Tablas.

1 — Si la 2.^a *lectura* vale el doble de la 1.^a, se tiene que D = distancia navegada en el intervalo. Por ejemplo, si se han navegado

$$7', \quad 1.^a L = 30^\circ \text{ Er y } 2.^a L = 60^\circ \text{ Er, } D = 7'.$$

2 — Cuando las lecturas tienen alguna de las parejas de valores que se dan a continuación, entonces se obtiene la distancia mínima al punto de tierra, que es igual al doble de la navegada entre *lecturas*.

1. ^a lectura	22°	26° ⁵	34°	45°	63° ⁵
2. ^a lectura	26° ⁵	34°	45°	63° ⁵	90°

Ejercicio 1207.—Al ser 12 h-10 m se toma L = 34° Br y se espera a que el punto marcado tenga L = 45° Br, lo que ocurre al ser 12 h-28 m. V = 10 nudos. Calcular la distancia mínima a que pasaremos del punto.

Tiempo navegado = (12 h - 28 m) — (12 h - 10 m) = 18 m = 0,3 horas.

Distancia navegada = $10 \times 0,3 = 3$ millas.

Distancia mínima: $d = 2 \times 3' = 6$ millas.

1204. SITUACION POR MARCACION A UN FARO QUE APARECE EN EL HORIZONTE.—La distancia del observador a un faro en el momento en que éste aparece o desaparece en el horizonte se calcula con la Tabla XXIX, en la que se ha de entrar dos veces. Una con la elevación del observador sobre la mar y otra con la del foco luminoso (que la da el Libro de Faros), sumándose las distancias obtenidas.

La Tabla Primera del Libro de Faros facilita directamente la distancia con una sola entrada.

Ejercicio 1208.—Calcular la distancia a un faro en el momento en que éste aparece en el horizonte. Elevación del faro, 50 metros. Id. del observador, 7,5 metros.

T. XXIX ... Con	}	50 metros	14,69 millas
		7,5 metros	5,69 millas
		Distancia	20,38 millas

Libro de Faros. Tabla Primera	}	50 metros	D = 20,55 millas
		7,5 metros	

Conviene asegurarse de dicho momento, para lo cual el observador debe cambiar de elevación, comprobando así que aparece y desaparece la luz.

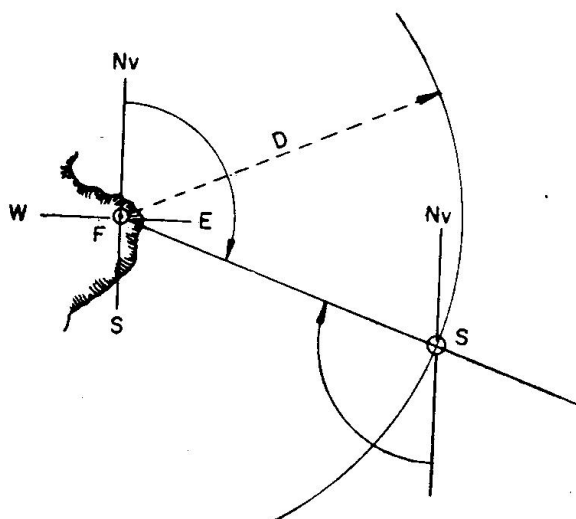


Figura 1205. Situación por faro en el horizonte.

Llamando **D** a la distancia obtenida, es evidente (fig. 1205) que el barco tendrá que estar sobre el círculo de radio **D** trazado desde el punto. Si en el momento de aparecer o desaparecer el faro lo marcamos, el barco tendrá que estar, además, sobre la demora (FS) correspondiente. El punto S de corte de estas dos líneas de posición es el único que cumple con las dos condiciones anteriores.

Al resolver este problema hay que tener en cuenta si el **alcance luminoso** (el que da el Libro de Faros) es mayor o menor que el **alcance geométrico** que hemos calculado de la forma anterior.

- 1 — Si el alcance luminoso es mayor, se toma por valor de **D** el alcance geométrico

2 — Si el alcance luminoso es menor que el geométrico, se toma como valor de D el primero de ellos.

Ejercicio 1209.—En el instante de aparecer la Farola de Corrubedo en el horizonte se la marca en $Dv = S 70 E$. Elevación del observador, 5 metros. Calcular la Situación.

En el Libro de Faros se tiene para Corrubedo: Elevación, 32 metros. Alcance luminoso, 20 millas.

Tabla primera Con $\left. \begin{array}{l} 32 \text{ metros.} \\ 5 \text{ metros} \end{array} \right\} \dots\dots D = 16,4 \text{ millas, que es inferior al alcance luminoso.}$

Con centro en Corrubedo se traza un círculo de radio 16,4 y la demora N 70 W. La situación obtenida es: $\varphi N = 42^\circ - 40',1$; $LW = 9^\circ - 26',4$.

Ejercicio 1210.—Una farola cuyo alcance luminoso es de 14 millas se avista demorando al Nv. La elevación del observador es de 3,5 metros y la del foco luminoso de 40 metros. Obtener la Situación.

T. XXIX	Con	{	3,5 metros	3,9 millas
			40 metros	13,1 millas
			Alcance geométrico	17,0 millas

Situación: 14 millas al Sv de la farola.

1205. SITUACION POR ISOBATICA Y OTRO LUGAR GEOMETRICO.—Las líneas isobáticas (o veriles de sondas) son el resultado de unir con un trazo sobre la carta los puntos de la misma profundidad.

Cuando desde el barco se obtiene una sonda, ésta estará sobre una de dichas líneas o entre dos de ellas, pudiéndose determinar con más o menos exactitud una línea de posición sobre la cual estará el barco. Si simultáneamente obtenemos una marcación o una distancia, el corte de ambas líneas de posición nos dará la situación del barco.

En la fig. 1206 se aclara el caso de un barco que obtuvo una sonda de 32 metros, demorando F al N 45 E.

Habrá que tener cuidado, como siempre, de que el corte esté comprendido entre los 60° y 90° .

Es evidente que la posibilidad de utilizar este procedimiento depende mucho de la configuración del fondo, siendo mejores aquellos de acusada pendiente que los de profundidad uniforme. Las fosas aisladas

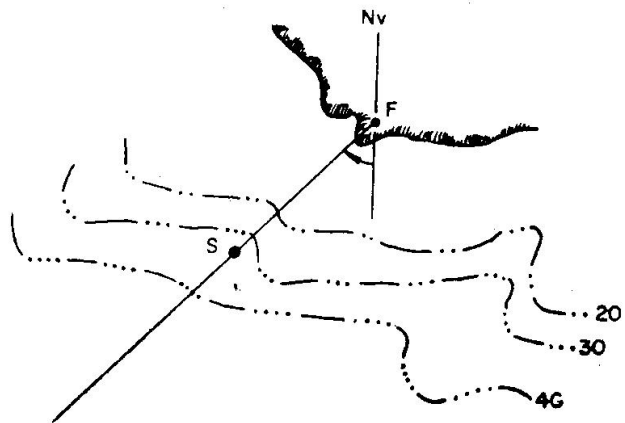


Figura 1206. Situación por isobática y demora

das y las elevaciones submarinas son buenas referencias, pudiendo, en ocasiones, bastar por sí mismos para determinar la posición del barco.

Dado que los levantamientos del fondo que figuran en las cartas no suelen estar concebidos con este objeto, sino en el de la seguridad del barco, hay que aceptar con algunas reservas las posiciones obtenidas por este procedimiento.

Capítulo XIII

NAVEGACION DE ESTIMA SOBRE LA CARTA

1301. NAVEGACION DE ESTIMA EN LA CARTA.—La navegación de estima consiste en determinar la situación del buque, calculándola a partir de las coordenadas geográficas del punto de salida y de las distancias y rumbos navegados.

Esta navegación se hace siguiendo trozos de “loxodromica”, que es una curva de forma especial que tiene la propiedad de cortar a todos los meridianos con el mismo ángulo. Por la razón antedicha, la carta que se emplea exclusivamente para este tipo de navegación es la mercatoriana, en la cual los rumbos se miden y representan por su valor en grados, cortando igual a todos los meridianos. Los problemas de la estima se pueden resolver sobre la carta o por medio de Tablas.

En la fig. 1301 tenemos representado el punto M de salida de un barco y el N de llegada, habiéndose navegado una distancia D al rumbo verdadero R. Se llama $\Delta\varphi$ a la diferencia en latitud entre los puntos de llegada (φ') y de salida (φ). Se considera como Norte o Sur, según que la situación de llegada esté más al Norte o al Sur que la de salida.

La diferencia en longitud se representa por ΔL y su valor es la diferencia entre la de llegada (L') y la de salida (L). Se considera E u W, según que la llegada esté más al E u W que la de salida.

En la fig. 1302 tenemos la representación del problema sobre la carta mercatoriana.

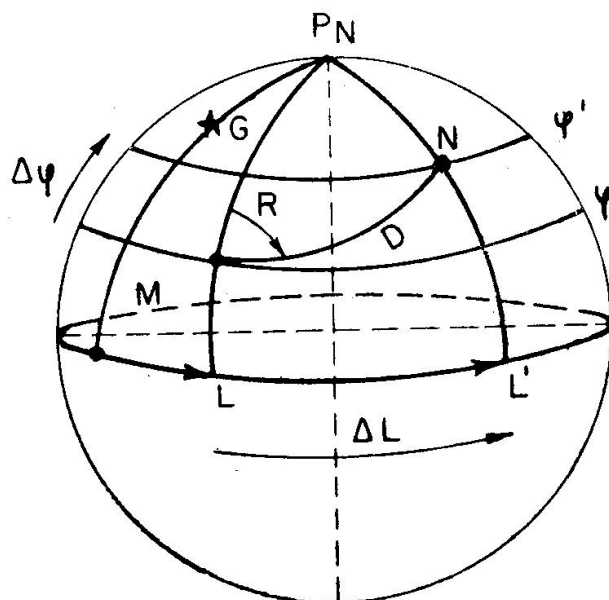


Figura 1301. La loxodrómica sobre la esfera terrestre.

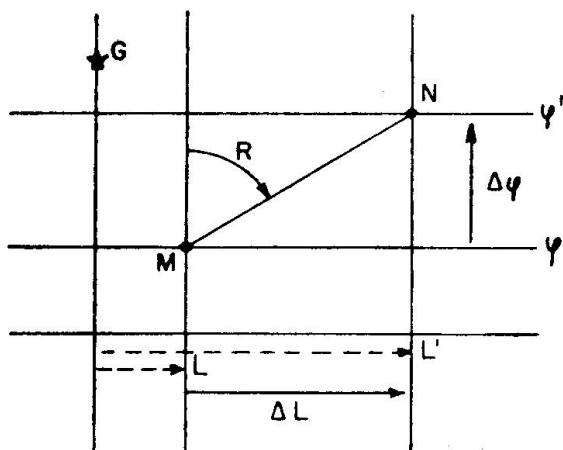


Figura 1302. La loxodrónica en la carta mercatoria.

1302. DETERMINACION DEL PUNTO DE ESTIMA CUANDO SE HA NAVEGADO A UN SOLO RUMBO (figura 1303).—Por el punto de salida se traza el rumbo y sobre él se toma la distancia navegada, cuidando de medirla a la altura de la carta que corresponda a la navegación. Seguidamente se miden las coordenadas del punto de llegada.

Como consejos de tipo práctico se recomienda que el lápiz

que se emplee no sea del tipo duro ni se apriete mucho sobre la carta. Igualmente se tendrá gran cuidado con la colocación del transportador y la lectura del rumbo sobre el mismo.

Tanto en la situación de salida como en la de llegada se anotarán las horas correspondientes. Si el barco tuviera corredera totalizadora, sus indicaciones se pondrán debajo o al lado de las horas.

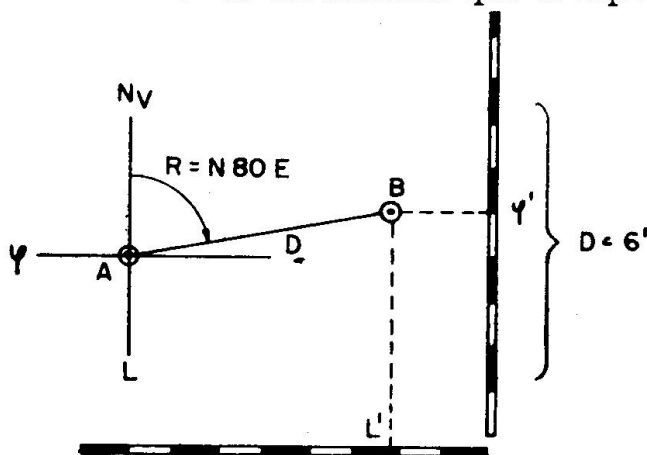


Figura 1303. La estima con un solo rumbo.

1303. DETERMINACION DEL PUNTO DE ESTIMA CUANDO SE NAVEGA A VARIOS RUMBOS.—Se procede como en el caso anterior, trazando sucesivamente los rumbos y distancias en el orden que se han navegado. En todas las situaciones, tanto de salida y llegada como en

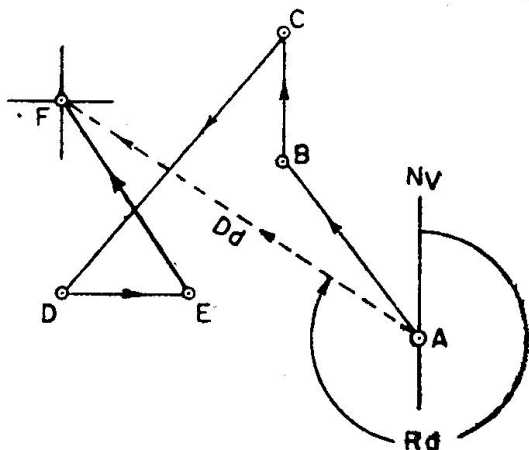


Fig. 1304. La estima con varios rumbos

las intermedias, se anotarán la hora y corredera.

La fig. 1304 aclara lo expuesto y en ella se puede apreciar, dibujado de trazos, lo que se llama el **Rumbo directo (Rd)** y **Distancia directa (Dd)**, que el barco tendría que hacer si se fuese a un solo rumbo desde el punto de salida al de llegada.

1304. ABATIMIENTO. — Es el ángulo formado por la lí-

nea Pr.-Pp. del barco con la dirección de su movimiento sobre la superficie del mar (figura 1305). Se representa por Ab y es ocasionado por la acción del viento sobre los costados y superestructuras del barco, haciéndole seguir una derrota que no coincide con el rumbo a que se gobierna.

El abatimiento se mide desde la popa, apreciando el ángulo que forma la línea Pr.-Pp. con la estela. Esto se puede hacer bien a ojo o, mejor, con un transportador, cuya línea central se coloca aproximadamente en el plano de cruzía. Con el ojo en el punto central se dirige una visual a la estela, que se materializa tensando el hilo en dicha dirección. Seguidamente se lee la graduación.

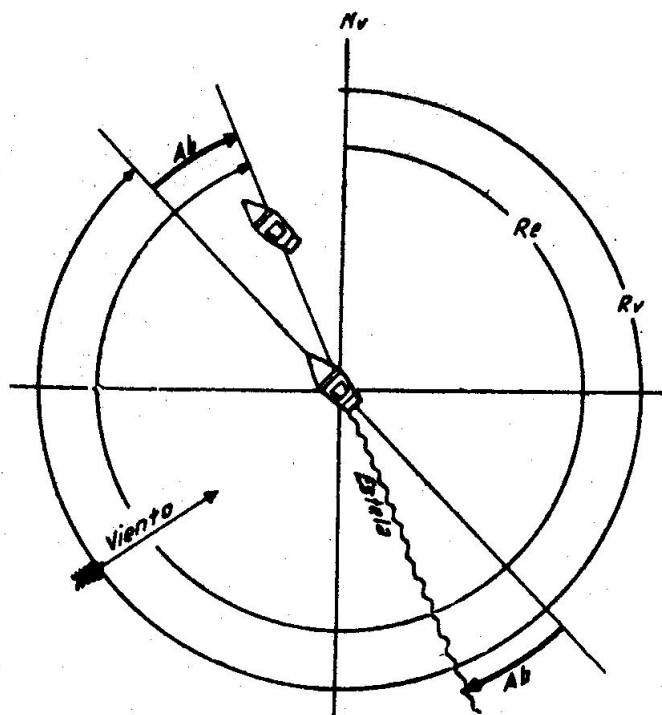


Figura 1305. Abatimiento.

1305. EFECTO DEL ABATIMIENTO SOBRE EL RUMBO VERDADERO.—El viento, al incidir sobre el costado del barco, le hace seguir un nuevo rumbo que no coincide con el R_v a que se quiere gobernar.

El **Rumbo efectivo (R_e)**, que así se llama, viene dado por la fórmula $R_e = R_v + Ab$, considerándose los abatimientos a $Er.$ como positivos, y los a $Br.$ como negativos.

Además de este efecto, como el barco navega parcialmente de costado, su resistencia a la marcha es mayor y perderá velocidad, que será acusada por la corredera.

Ejercicio 1301.—Un barco navega al $R_a = N 87 E$, $\Delta = -5^\circ$, con un viento del NNE que le produce un abatimiento de 7° . La dm es de $9^\circ NE$. Calcular el R_e .

$$Ct = 9^\circ - 5^\circ = 4^\circ + \quad , \quad R_v = N87E + 4^\circ = S89E \quad , \quad R_e = S89E + 7^\circ = S82E$$

1306. MODO DE CORREGIR EL ABATIMIENTO.—Si a bordo se aprecia la existencia de un abatimiento y se quiere seguir llevando la derrota previamente fijada, habrá que corregir el rumbo, cayendo a barlovento un número de grados igual a los del abatimiento.

Así, en el caso del ejercicio anterior habría que caer 7° a $Br.$, quedando al $R_a = N 80 E$, con lo que el R_e sería aproximadamente el $S 89 E$, que es el R_v al que se quería navegar.

1307. EFECTO DE LA CORRIENTE EN LA ESTIMA Y SU CORRECCION.—Cuando el barco navega en el seno de una corriente, si-

que una derrota que es la resultante del rumbo y velocidad propios y del rumbo y velocidad de la masa de agua en la que flota. Estas resultantes se denominan **Rumbo efectivo (R_e)** y **Velocidad efectiva (V_e)**. Esta última no es acusada por la corredera, que sigue marcando la correspondiente al régimen de máquinas.

El **Rumbo de la corriente (R_c)** y su **Intensidad horaria (I_h)** vienen dados en el Derrotero o en cartas especiales (Pilots) para ciertas zonas en las que actúan con regularidad. También se determina prácticamente.

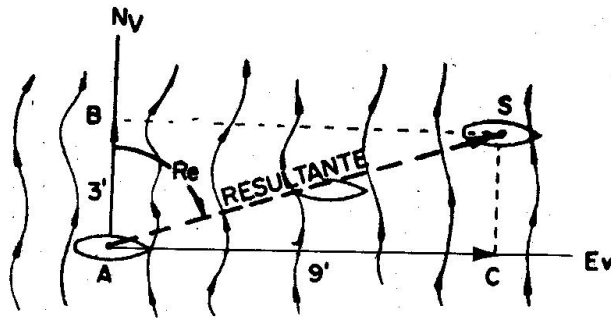


Figura 1306. Navegación con corriente.

En la fig. 1306 tenemos un barco A que está dentro de una corriente que se mueve hacia el N a 3 nudos. Si el barco tuviese paradas las máquinas al cabo de una hora, estaría en B, 3 millas al norte de A.

Ahora supongamos que el barco navega al Ev y a 9 nudos. Si no hubiese corriente, su posición al cabo de la hora sería C, pero como la hay, se mueve según la resultante, que es el R_e ,

pero llevando la proa al R_v durante todo el tiempo. Para comprender mejor este desplazamiento basta suponer que el barco ha navegado, sin corriente y en una hora, hasta C, y que luego, en una fracción de segundo, actúa el valor de la corriente durante toda la hora y lo mueve de C a S.

El movimiento sobre la línea AS lo ha efectuado a la velocidad V_e , que en este caso, por corresponder el gráfico a una hora, es la distancia AS en millas.

El R_c y la I_h se determinan prácticamente sobre la carta comparando la situación estimada con una marcada u observada simultánea. Así (figura 1307) si según la estima teníamos que estar en C y nos hemos situado en S por marcas a la costa, se mide con un transportador la orientación de CS, obteniéndose el R_c . Con un compás se mide la distancia CS, que se divide por el tiempo que se ha navegado desde la última situación de garantía, que en este caso suponemos que es la A. El cociente nos da la I_h .

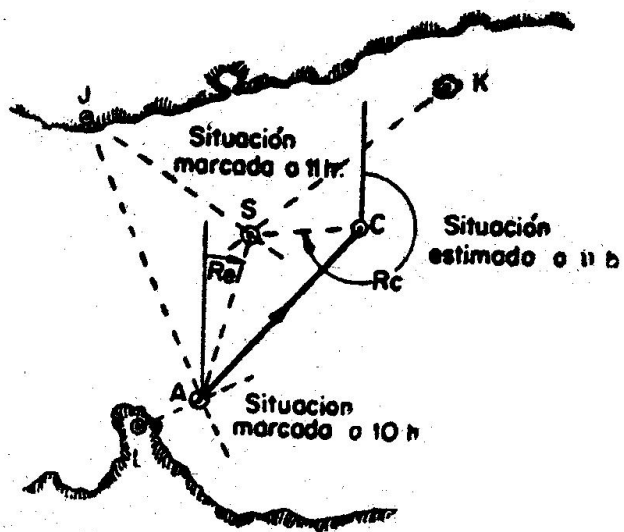


Figura 1307. Determinación del R_c e I_h .

Si en el intervalo entre las dos situaciones marcadas se ha navegado a varios rumbos, se procede de igual forma.

Se señala que, salvo que se tenga la certeza de que por la zona en que se navega existen corrientes, no hay que atribuir inmediatamente a la corriente cualquier diferencia en las situaciones. Antes hay que asegurarse de que el rumbo es el correcto y de que las marcaciones están bien tomadas y trazadas. La mejor comprobación de esto es dejar pasar un cierto tiempo y repetir la comparación de situaciones que deberán dar más separadas y sobre una línea paralela a la de las situaciones anteriores.

La fig. 1308 nos da la forma gráfica de corregir el efecto de la corriente. Los datos se supone que son los anteriores: $R_c = N$, $I_h = 3$ nudos, y queremos que el barco navegue realmente al E, de forma que al cabo de una hora se encuentre en C.

Por A se traza el R_e que queremos hacer (en este caso el 090) y se toma sobre él, en una escala adecuada, la $V_e = 9$ nudos. Por el punto C, así obtenido, se traza el inverso del R_c , tomando sobre él la $I_h = 3$ nudos. Uniendo A con el punto B acabado de obtener, se traza la línea AB cuya orientación nos da el R_v . La distancia AB, medida con la misma escala, nos da la velocidad que tendrá que desarrollar el barco para que la V_e pueda ser de 9 nudos.

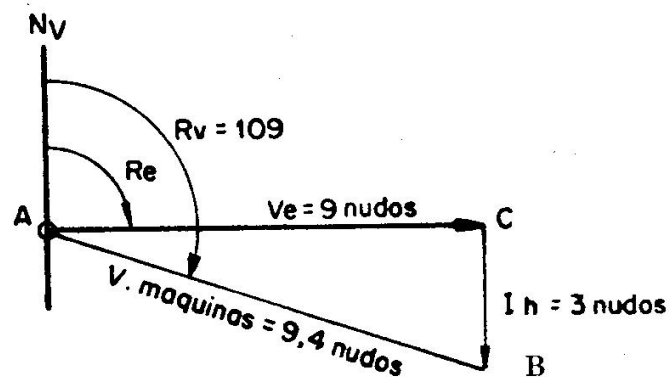


Figura 1308. Corrección del efecto de la corriente.

Capítulo XIV

TABLAS DE ESTIMA

1401. NAVEGACION DE ESTIMA CON TABLAS.—Los problemas de la estima se pueden resolver con Tablas, en las cuales se encuentran ordenados los elementos y soluciones de los distintos casos que se puedan plantear en la práctica.

Son diversas las Colecciones de Tablas que incluyen, con ligeras variantes, las de este tipo. En las explicaciones y ejemplos que siguen se hace siempre referencia a las T.VI (c) de la “**Colección de Tablas Náuticas**”, editadas por el “**Instituto y Observatorio de la Marina**”. Las diferencias con cualquier otra son de detalle y disposición, bastando la lectura superficial de las explicaciones de manejo para imponerse en ellas rápidamente.

Las Tablas están formadas por 45 páginas, teniendo del rumbo 1 al 45 en la parte superior y del 45 al 89 en la inferior.

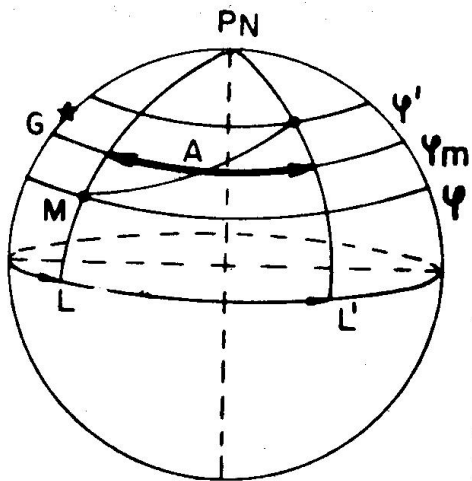


Figura 1401. Apartamiento.

1402. DIFERENCIA EN LATITUD Y APARTAMIENTO.—En el Art. 1301 se definió y aclaró gráficamente el concepto de Diferencia en latitud. Por **Apartamiento (A)** se entiende el tamaño, en millas, del arco de paralelo comprendido entre los meridianos de salida y llegada, pero tomado precisamente en la latitud media de ambas situaciones. Las figs. 1401 y 1402 aclaran lo anterior, tanto sobre la esfera terrestre como su equivalente en la carta mercatoriana.

1403. CALCULO DE LA DIFERENCIA EN LATITUD Y APARTAMIENTO CON TABLAS.—Las T.VI (c) dan los valores de $\Delta \phi$ (con cabecera $\Delta 1$) y A para cada rumbo y distancia navegadas, ya que contienen tabuladas las soluciones de las fórmulas:

$$\Delta \phi = D \cos R$$

$$A = D \sin R$$

Hay que tener en cuenta que si el rumbo es mayor de 45° , hay que entrar por la parte baja de las Tablas, y que en este caso las cabeceras de $\Delta \varphi$ y A están cambiadas respecto a la parte superior. El olvido de esto ocasiona frecuentes equivocaciones.

Los nombres (o signos) de $\Delta \varphi$ y A vienen dados por el cuadrante del rumbo.

Se hace la observación de que cuando la distancia tiene décimas de milla hay que interpolar entre los dos valores que la comprendan, o bien multiplicarla por 10 (no tener en cuenta la coma) y a los valores obtenidos de $\Delta \varphi$ y A correrles un lugar la coma a la izquierda (dividirlos por 10).

Cuando la distancia es superior a las contenidas en las Tablas, se divide en varios trozos y se suman los $\Delta \varphi$ y A parciales. Ese es el caso del punto 6 del ejercicio siguiente, en el que se ha entrado con 500 y con 83.

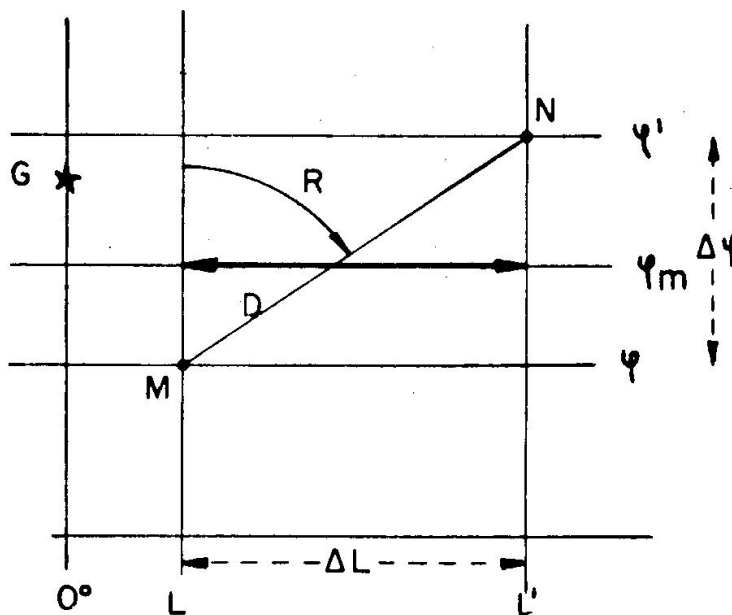


Figura 1402. El Apartamiento en la carta mercatoriana.

Ejercicio 1401.—Obtener el $\Delta \varphi$ y A en los siguientes casos:

1 — R = S 40 W , D = 115'	Solución: $\Delta \varphi = 1^\circ - 28',1$ S ; A = 73,9 W
2 — R = 050 , D = 33',6	" $\Delta \varphi = 21',6$ N ; A = 25,7 E
3 — R = 272 , D = 164'	" $\Delta \varphi = 5',7$ N ; A = 163,9 W
4 — R = S 14 E , D = 300'	" $\Delta \varphi = 4^\circ - 51',1$ S ; A = 72,6 E
5 — R = 359 , D = 3',2	" $\Delta \varphi = 3',2$ N ; A = 0,1 W
6 — R = S 83 E , D = 583'	" $\Delta \varphi = 1^\circ - 11',0$ S ; A = 578,7 E

La latitud de llegada se obtiene sumando, $\Delta \varphi$, con su signo, a la latitud de salida. Como regla práctica se puede decir que si son del mismo nombre se suman, restándose si son distintos. Hay que tener cuidado cuando se cambia de latitud cortando el Ecuador.

Ejercicio 1402.—Obtener la latitud de llegada en los siguientes casos:

1 — $\varphi = 40^\circ - 10',7$ N	R = N 20 E	D = 38'	Solución: $\varphi' = 40^\circ - 46',4$ N
2 — $\varphi = 10^\circ - 15',0$ S	R = S 81 E	D = 13',6	" $\varphi' = 10^\circ - 17',1$ S
3 — $\varphi = 18^\circ - 00',3$ N	R = S 36 W	D = 22'	" $\varphi' = 17^\circ - 42',5$ N
4 — $\varphi = 13^\circ - 58',9$ S	R = N 45 E	D = 76'	" $\varphi' = 13^\circ - 05',2$ S
5 — $\varphi = 0^\circ - 12',7$ N	R = S 12 W	D = 92'	" $\varphi' = 1^\circ - 17',3$ S
6 — $\varphi = 0^\circ - 27',1$ S	R = N 46 E	D = 148'	" $\varphi' = 1^\circ - 15',7$ N

1404. CALCULO DE LA DIFERENCIA EN LONGITUD.—La medida en millas de un arco de paralelo es igual a la del correspondiente

en el Ecuador, multiplicado por el coseno de la latitud. Según esto y refiriéndonos a la figura 1401, $A = \Delta L \cos \varphi_m$, de donde $\Delta L = A \sec \varphi_m$. Esta última fórmula es la que se resuelve con las Tablas de Estima.

Las operaciones a realizar para obtener el ΔL son las siguientes:

- 1 — Con R y D se hallan $\Delta\varphi$ y A
- 2 — Con φ y $\Delta\varphi$ se obtiene φ'
- 3 — Se calcula la φ_m
- 4 — Se entra en las Tablas de Estima con la latitud media (φ_m) como Rumbo (R) y el Apartamiento (A) como incremento en latitud ($\Delta\varphi$), encontrándose en la columna de las distancias (D) el incremento en longitud (ΔL).

La longitud de llegada se obtiene sumando ΔL , con su signo, a la longitud de salida. Al igual que con la latitud, se suman si son del mismo nombre, y se restan si son distintos. Hay que tener cuidado cuando se cambia de longitud al cortar los meridianos de 0° y 180° .

Se hace la observación de que normalmente basta entrar en las Tablas con R y φ_m al grado próximo. Si se quiere una mayor exactitud se entrará al medio grado, para lo cual hay que promediar entre los valores dados por las dos páginas que comprenden al dato de trabajo. Todos los Ejercicios de este Capítulo están realizados entrando al grado más próximo, excepto el 1417 y el 1418, que se trabajan al medio grado.

Ejercicio 1403.—En situación de salida $\varphi = 39^\circ - 54',1$ S y $L = 4^\circ - 12'$ W se navegan 34 millas al Rv = S 24 E. Calcular la situación de llegada.

Con	$\left. \begin{array}{l} R = 24 \\ D = 34 \end{array} \right\}$	$\Delta\varphi = 31',1$ $A = 13,8$	$\varphi = 39^\circ - 54',1$ S $\Delta\varphi = 31',1$ S	$L = 4^\circ - 12'$ W $\Delta L = 18'$ E
			$\varphi' = 40^\circ - 25',2$ S $\Delta\varphi/2 = 15',5$ N	$L' = 3^\circ - 54'$ W
Con	$\left. \begin{array}{l} \varphi_m = 40 \\ A = 13,8 \end{array} \right\}$	$\Delta L = 18'$	$\varphi_m = 40^\circ - 09',7$ S	

Ejercicio 1404.—En situación de salida $\varphi = 41^\circ - 22',6$ N y $L = 2^\circ - 15',4$ E se navegan 52 millas al N 64 E. Calcular la situación de llegada.

Con	$\left. \begin{array}{l} R = 64 \\ D = 52 \end{array} \right\}$	$\Delta\varphi = 22',8$ $A = 46,7$	$\varphi = 41^\circ - 22',6$ N $\Delta\varphi = 22',8$ N	$L = 2^\circ - 15',4$ E $\Delta L = 1^\circ - 02',9$ E
			$\varphi' = 41^\circ - 45',4$ N $\Delta\varphi/2 = 11',4$ S	$L' = 3^\circ - 18',3$ E
Con	$\left. \begin{array}{l} \varphi_m = 42 \\ A = 46,7 \end{array} \right\}$	$\Delta L = 62,9$	$\varphi_m = 41^\circ - 34',0$ N	

Ejercicio 1405.—En situación de salida $\varphi = 0^\circ - 02',5$ N y $L = 179^\circ - 18',0$ W se navegan 103 millas al S 48 W. Calcular la situación de llegada.

$$\begin{array}{l} \text{Con } \left\{ \begin{array}{l} R = 48 \\ D = 103 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \Delta\varphi = 68',9 \\ A = 76,5 \end{array} \end{array} \quad \begin{array}{l} \varphi = 0^\circ - 02',5 \text{ N} \\ \Delta\varphi = 1^\circ - 08',9 \text{ S} \\ \hline \varphi' = 1^\circ - 06',4 \text{ S} \\ \Delta\varphi/2 = 34',4 \text{ N} \end{array} \quad \begin{array}{l} L = 179^\circ - 18',0 \text{ W} \\ \Delta L = 1^\circ - 16',5 \text{ W} \\ \hline L' = 180^\circ - 34',5 \text{ W} \\ = 179^\circ - 25',5 \text{ E} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Con } \left\{ \begin{array}{l} \varphi_m = 1^\circ \\ A = 76,5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \Delta L = 76',5 \\ \varphi_m = 0^\circ - 32',0 \text{ S} \end{array} \end{array}$$

1405. PROBLEMA DIRECTO E INVERSO.—El problema directo se define por “dada la situación de salida, el rumbo y la distancia navegadas (o rumbos y distancias), calcular la situación de llegada”. Este es el caso de los tres Ejercicios anteriores, que no necesitan más aclaración.

El problema inverso consiste en “conocidas las situaciones de salida y llegada, calcular el rumbo y distancia para ir de una a otra”. El rumbo y distancia así obtenidos se conocen por **Rumbo directo (Rd)** y **Distancia Directa (Dd)**. La forma de calcularlos es la siguiente:

- 1 — De la latitud de llegada se resta la de salida, obteniéndose $\Delta\varphi$, que será N o S, según corresponda.
 - 2 — De la longitud de llegada se resta la de salida, obteniéndose ΔL , que será E u W, según corresponda.
 - 3 — Se calcula la φ_m .
 - 4 — El Apartamiento se obtiene entrando en las Tablas de Estima con la φ_m como Rumbo y el ΔL en la columna de Distancias. El Apartamiento se encuentra en el mismo renglón, dentro de la columna de $\Delta\varphi$. Se señala que esta operación es la inversa de la que se hace en el Problema Directo para obtener ΔL .
 - 5 — Con los valores de $\Delta\varphi$ y A así obtenidos se busca en las columnas de los mismos nombres la pareja de valores que más se les aproximen. El Rumbo viene dado en el encabezamiento o pie de la página (según corresponda) y la Distancia está en el renglón que contiene a $\Delta\varphi$ y A.
- El cuadrante del rumbo queda determinado por los nombres de $\Delta\varphi$ y ΔL .
 - Cuando $\Delta\varphi > A$ el rumbo es menor de 45° y cuando $\Delta\varphi < A$ estará comprendido entre los 45° y 90° .
 - Si la diferencia entre ambos ($\Delta\varphi$ y A) es muy grande, el rumbo es próximo a 0° o a 90° . Si es muy pequeña estará cerca de los 45° , siendo éste el rumbo cuando son iguales.

Ejercicio 1406.—Situación de salida $\left\{ \begin{array}{l} \varphi N = 21^\circ - 36' \\ LW = 32^\circ - 15' \end{array} \right.$, Situación de llegada $\left\{ \begin{array}{l} \varphi N = 20^\circ - 05' \\ LW = 33^\circ - 19' \end{array} \right.$ Calcular el Rd y Dd.

$$\begin{array}{rcl}
 \varphi' & = & 20^\circ - 05'N \\
 \varphi & = & 21^\circ - 36'N \\
 \hline
 \varphi\Delta & = & 1^\circ - 31'S \\
 & = & 91' \\
 \Delta\varphi/2 & = & 0^\circ - 45',5 \\
 \varphi_m & = & 20^\circ - 50',5
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 L' & = & 33^\circ - 19'W \\
 L & = & 32^\circ - 15'W \\
 \hline
 \Delta L & = & 1^\circ - 04'W \\
 & = & 64'
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 \text{Con } \left\{ \begin{array}{l} \varphi_m = 21 \\ \Delta L = 64 \end{array} \right\} A = 59,7 \\
 \\
 \text{Con } \left\{ \begin{array}{l} \Delta\varphi = 91 \\ A = 59,7 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Rd} = \text{S}33 \text{ W} \\ \text{Dd} = 109' \end{array}
 \end{array}$$

No se afecta de signo a $\Delta\varphi/2$, ya que se puede aplicar indistintamente a la latitud de salida o llegada. Lo mejor es asegurarse de que la φ_m está comprendida entre φ y φ' .

Ejercicio 1407.—Situación de salida. $\left\{ \begin{array}{l} \varphi_N = 20^\circ - 30' \\ LW = 20^\circ - 30' \end{array} \right.$ Situación de llegada

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi_N = 39^\circ - 27',5 \\ LW = 14^\circ - 10',0 \end{array} \right. \text{ Calcular el Rd y Dd.}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \varphi' & = & 39^\circ - 27',5 \text{ N} \\
 \varphi & = & 20^\circ - 30',0 \text{ N} \\
 \hline
 \Delta\varphi & = & 18^\circ - 57',5 \text{ N} \\
 & = & 1.137,5 \\
 \Delta\varphi/2 & = & 9^\circ - 28',7 \\
 \varphi_m & = & 29^\circ - 58',7
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 L' & = & 14^\circ - 10',0 \text{ W} \\
 L & = & 20^\circ - 30',0 \text{ W} \\
 \hline
 \Delta L & = & 6^\circ - 20',0 \text{ E} \\
 & = & 380'
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 \text{Con } \left\{ \begin{array}{l} \varphi_m = 30 \\ \Delta L = 380 \end{array} \right\} A = 329,1 \\
 \\
 \text{Con } \left\{ \begin{array}{l} \Delta\varphi = 1.137,5 \\ A = 329,1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Rd} = \text{N } 16 \text{ E} \\ \text{Dd} = 1.188' \end{array}
 \end{array}$$

— Al no estar tabulados los valores de $\Delta\varphi$ y A , que son muy grandes, se ha entrado con $\Delta\varphi = 113,7$ y $A = 32,9$, obteniéndose $D = 118,8$, que se multiplica por 10.

Ejercicio 1408.—Situación de salida $\left\{ \begin{array}{l} \varphi = 5^\circ - 12',3 \text{ S} \\ L = 21^\circ - 14',0 \text{ W} \end{array} \right.$ Situación de llegada

da $\left\{ \begin{array}{l} \varphi' = 5^\circ - 14',3 \text{ S} \\ L' = 21^\circ - 37',2 \text{ W} \end{array} \right.$ Calcular el Rd y Dd.

$$\begin{array}{rcl}
 \varphi' & = & 5^\circ - 14',3 \text{ S} \\
 \varphi & = & 5^\circ - 12',3 \text{ S} \\
 \hline
 \Delta\varphi & = & 2',0 \text{ S} \\
 \varphi_m & = & 5^\circ - 13',3
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 L' & = & 21^\circ - 37',2 \text{ W} \\
 L & = & 21^\circ - 14',0 \text{ W} \\
 \hline
 \Delta L & = & 23',2 \text{ W}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 \text{Con } \left\{ \begin{array}{l} \varphi_m = 5 \\ \Delta L = 23,2 \end{array} \right\} A = 23,1 \\
 \\
 \text{Con } \left\{ \begin{array}{l} \Delta\varphi = 2,0 \\ A = 23,1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Rd} = \text{S } 85 \text{ W} \\ \text{Dd} = 23',1 \end{array}
 \end{array}$$

1406. CASOS PARTICULARES.

- 1 — Cuando el Rumbo es N o S, toda la distancia navegada es $\Delta\varphi$ y tanto el A como ΔL son cero. Lo único que hay que hacer en este caso es aplicar a la latitud de salida la distancia como $\Delta\varphi$, teniendo en cuenta el signo.
- 2 — Cuando el Rumbo es E u W toda la distancia navegada es Apartamiento, siendo $\Delta\varphi = 0$ Para calcular ΔL se entra en las Tablas con la latitud de salida como Rumbo, y la distancia como $\Delta\varphi$, obteniéndose ΔL en la columna de Distancias.

Ejercicio 1409.—Situación de salida $\left\{ \begin{array}{l} \varphi N = 40^\circ - 18',6 \\ LW = 9^\circ - 11',9 \end{array} \right.$ Se navegan 25' al S.
Calcular la situación de llegada.

$$\begin{array}{l} \varphi = 40^\circ - 18',6 \text{ N} \\ \Delta\varphi = \quad \quad 25',0 \text{ S} \end{array}$$

$$\varphi' = 39^\circ - 53',6 \text{ N} \quad L' = 9^\circ - 11',9 \text{ W}$$

Ejercicio 1410.—Situación de salida $\left\{ \begin{array}{l} \varphi N = 24^\circ - 54',7 \\ LE = 7^\circ - 10',0 \end{array} \right.$ Se navegan 85' al 270.
Calcular la situación de llegada.

$$\text{Con } \left\{ \begin{array}{l} \varphi m = 25 \\ A = 85 \end{array} \right\} \Delta L = 93',8 \quad \begin{array}{l} L = 7^\circ - 10',0 \text{ E} \\ \Delta L = 1^\circ - 33',8 \text{ W} \\ L' = 5^\circ - 36',2 \text{ E} \\ \varphi' = 24^\circ - 54',7 \text{ N} \end{array}$$

1407. PROBLEMAS DE ESTIMA NAVEGANDO A UN SOLO RUMBO.—En el Ejercicio que sigue se han procurado incluir todos los casos y circunstancias que se puedan dar en la resolución de problemas de este tipo.

Ejercicio 1411.—Calcular las situaciones de llegada.

DATOS

1 — $\varphi N = 37^\circ - 10',0$	$LW = 0^\circ - 13',6$	$R = S78E$	$D = 38',3$
2 — $\varphi N = 38^\circ - 05',2$	$LE = 3^\circ - 55',0$	$R = 333$	$D = 29',1$
3 — $\varphi N = 38^\circ - 56',1$	$LE = 7^\circ - 49',0$	$R = 090$	$D = 83',2$
4 — $\varphi N = 42^\circ - 00',0$	$LE = 4^\circ - 58',9$	$R = 180$	$D = 104',3$
5 — $\varphi S = 0^\circ - 32',2$	$LE = 180^\circ - 00',0$	$R = 360$	$D = 72'$
6 — $\varphi N = 1^\circ - 17',4$	$LW = 168^\circ - 12',0$	$R = 163$	$D = 204'$
7 — $\varphi S = 0^\circ - 15',6$	$LW = 179^\circ - 44',4$	$R = N15W$	$D = 27',3$
8 — $\varphi S = 6^\circ - 13',0$	$LE = 158^\circ - 12',0$	$R = S66W$	$D = 1',2$
9 — $\varphi N = 46^\circ - 03',0$	$LW = 21^\circ - 55',0$	$R = N49W$	$D = 42'$
10 — $\varphi N = 55^\circ - 30',0$	$LW = 30^\circ - 03',0$	$R = S72E$	$D = 184'$
11 — $\varphi N = 50^\circ - 01',0$	$LW = 32^\circ - 58',0$	$R = 230$	$D = 632'$

SOLUCIONES

1 — $\varphi' = 37^\circ - 02',0N$	$L' = 0^\circ - 33',4E$
2 — $\varphi' = 38^\circ - 31',1N$	$L' = 3^\circ - 38',3E$
3 — $\varphi' = 38^\circ - 56',1N$	$L' = 9^\circ - 36',0E$
4 — $\varphi' = 40^\circ - 15',7N$	$L' = 4^\circ - 58',9E$
5 — $\varphi' = 0^\circ - 39',8N$	$L' = 180^\circ - 00',0E$
6 — $\varphi' = 1^\circ - 57',7S$	$L' = 167^\circ - 12',4W$
7 — $\varphi' = 0^\circ - 03',7N$	$L' = 179^\circ - 56',3E$
8 — $\varphi' = 6^\circ - 13',5S$	$L' = 158^\circ - 10',9E$
9 — $\varphi' = 46^\circ - 30',6N$	$L' = 22^\circ - 40',6W$
10 — $\varphi' = 54^\circ - 33',1N$	$L' = 24^\circ - 57',8W$
11 — $\varphi' = 43^\circ - 14',7N$	$L' = 44^\circ - 47',9W$

1408. PROBLEMAS DE ESTIMA NAVEGANDO A VARIOS RUMBOS.—Lo más frecuente es que el barco navegue a varios rumbos y que se quiera obtener la situación estimada final, o en un momento determinado. Para ello se procede como en el caso de un solo rumbo, disponiendo ordenadamente el cálculo de forma que se puedan totalizar los

$\Delta \varphi$ y A de igual nombre. Luego se obtiene el $\Delta \varphi$ final, restando el menor del mayor, y lo mismo se hace con A. Seguidamente, con este $\Delta \varphi$, así hallado, se calcula la latitud de llegada y la φ_m . Finalmente, con la φ_m y el A se obtiene ΔL .

Los Ejercicios siguientes aclaran lo expuesto y muestran diversas variantes del formato en el tipo del problema, según los datos facilitados.

Ejercicio 1412.—Situación de partida $\left\{ \begin{array}{l} \varphi N = 42^\circ - 10' \\ LW = 11^\circ - 23' \end{array} \right.$. Se navegan los siguientes Rumbos y Distancias.

Rv	N 20 E	S 58 W	N 39 W	S 15 E	S 87 E	S 62 W
D	13,1	8,7	74,1	7,3	19,0	132,0

Calcular la situación de llegada.

Rv	D	N	S	E	W
N 20 E	13,1	12,3		4,5	
S 58 W	8,7		4,6		7,4
N 39 W	74,1	57,6			46,7
S 15 E	7,3		7,1	1,9	
S 87 E	19,0		1,0	19,0	
S 62 W	132,0		62,0		116,5
		69,9	74,7	25,4	170,6
			69,9		25,4
			4,8		145,2

$$\begin{aligned} \varphi &= 42^\circ - 10',0 \text{ N} \\ \Delta\varphi &= \quad \quad \quad 4',8 \text{ S} \\ \hline \varphi' &= 42^\circ - 05',2 \text{ N} \\ \text{Con } \left\{ \begin{array}{l} \varphi_m = 42^\circ \\ A = 145,2 \end{array} \right\} & \Delta L = 195,4 \\ L &= 11^\circ - 23',0 \text{ W} \\ \Delta L &= 3^\circ - 15',4 \text{ W} \\ \hline L' &= 14^\circ - 38',4 \text{ W} \\ \text{S.}^{\text{na}} \text{ llegada } \left\{ \begin{array}{l} \varphi' N = 42^\circ - 05',2 \\ L' W = 14^\circ - 38',4 \end{array} \right. \end{aligned}$$

Ejercicio 1413.—Situación de partida $\left\{ \begin{array}{l} \varphi S = 50^\circ - 19' \\ LE = 80^\circ - 01' \end{array} \right.$. Se navega de acuerdo con la siguiente tablilla:

Calcular la situación de llegada.

Ra	S 50 E	S 42 E	S 2 W	N 75 W	N 36 W	N 2 E
Ct	-5	-4	-2	+3	+1	0
D	36	21,7	14,8	19,5	82	20,6

Ra	Ct	Rv	D	N	S	E	W
S 50 E	-5	S 55 E	36,0		20,6	29,5	
S 42 E	-4	S 46 E	21,7		15,1	15,6	
S 2 W	-2	S	14,8		14,8		
N 75 W	+3	N 72 W	19,5	6,0			18,6
N 36 W	+1	N 35 W	82,0	67,2			47,0
N 2 E	0	N 2 E	20,6	20,6		0,7	
				93,8	50,5	45,8	65,6
				50,5			45,8
				43,3			19,8

$$\begin{aligned} \varphi &= 50^\circ - 19',0 \text{ S} \\ \Delta\varphi &= \quad \quad 43',3 \text{ N} \\ \varphi' &= 49^\circ - 35',7 \text{ S} \\ \varphi_m &= 50^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= 80^\circ - 01',0 \text{ E} \\ \Delta L &= \quad \quad 30',8 \text{ W} \\ L' &= 79^\circ - 30',2 \text{ E} \end{aligned}$$

Con $\left\{ \begin{array}{l} \varphi_m = 50^\circ \\ A = 19,8 \end{array} \right\} \Delta L = 30,8$

S.^{na} llegada $\left\{ \begin{array}{l} \varphi' \text{ S} = 45^\circ - 35',7 \\ L' \text{ E} = 79^\circ - 30',2 \end{array} \right.$

Ejercicio 1414.—Situación de partida $\left\{ \begin{array}{l} \varphi \text{ N} = 21^\circ - 13',8 \\ L \text{ W} = 18^\circ - 46',4 \end{array} \right.$. Se navega de acuerdo con la siguiente tablilla:

Los desvíos se obtienen del Artículo 612.

Ra	023	060	118	257	338
D	51	38,9	64	11,2	10,7

La dm corregida es 11°,0 NW.
Calcular la situación de llegada.
dm = 11° —

Ra	Ra	Δ	Ct	Rv	D	N	S	E	W
023	N 23 E	+2	-9	N 14 E	51,0	49,5		12,3	
060	N 60 E	+1	-10	N 50 E	38,9	25,0		29,8	
118	S 62 E	-2	-13	S 75 E	64,0		16,6	61,8	
257	S 77 W	+1	-10	S 67 W	11,2		4,4		10,3
338	N 22 W	-1	-12	N 34 W	10,7	8,9			6,0
						83,4	21,0	103,9	16,3
						21,0		16,3	
						62,4		87,6	

Con $\left\{ \begin{array}{l} \varphi_m = 22^\circ \\ A = 87,6 \end{array} \right\} \Delta L = 94,4$

$$\begin{aligned} \varphi &= 21^\circ - 13',8 \text{ N} \\ \Delta\varphi &= \quad \quad 1^\circ - 02',4 \text{ N} \\ \varphi' &= 22^\circ - 16',2 \text{ N} \\ \varphi_m &= 22^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= 18^\circ - 46',4 \text{ W} \\ \Delta L &= \quad \quad 1^\circ - 34',4 \text{ E} \\ L' &= 17^\circ - 12',0 \text{ W} \end{aligned}$$

S.^{na} llegada $\left\{ \begin{array}{l} \varphi' \text{ N} = 22^\circ - 16',2 \\ L' \text{ W} = 17^\circ - 12',0 \end{array} \right.$

1409. PROBLEMAS DE ESTIMA CON ABATIMIENTO.—Cuando hay abatimiento, se hace preciso calcular el Rumbo efectivo, $Re = Rv + Ab$, que es con el que se trabajará la estima. Los abatimientos a Er. son positivos y a Br. negativos.

Las distancias o velocidades son las que marque la corredera.

Ejercicio 1415.—Desde Situación de salida $\varphi N = 38^\circ - 00'$, $LE = 4^\circ - 15'$ se navegan 18' al $Rv = S 33 W$; 46' al $Rv = N 60 E$; 19,8 al $Rv = N$ con un abatimiento de 6" a Er. y 21,8 al $Rv = N 10 W$ con un abatimiento de 4" a Er. Calcular la situación de llegada.

Rv	Ab	Re	D	N	S	E	W
S 33 W			13,0		15,1		9,8
N 60 E			46,0	23,0		39,8	
N	6 +	N 6 E	19,8	19,7		2,1	
N 10 W	4 +	N 6 W	21,8	21,7			2,3
				64,4	15,1	41,9	12,1
				15,1		12,1	
				49,3		29,8	

$$\begin{array}{l}
 \varphi = 38^\circ - 00',0 \text{ N} \\
 \Delta\varphi = \quad \quad 49',3 \text{ N} \\
 \hline
 \varphi' = 38^\circ - 49',3 \text{ N} \\
 \varphi_m = 38^\circ
 \end{array}
 \text{ Con }
 \left\{
 \begin{array}{l}
 \varphi_m = 38^\circ \\
 A = 29,8
 \end{array}
 \right\}
 \Delta L = 37,8
 \begin{array}{l}
 L = 4^\circ - 15',0 \text{ E} \\
 \Delta L = \quad \quad 37',8 \text{ E} \\
 \hline
 L' = 4^\circ - 52',8 \text{ E}
 \end{array}$$

$$\text{S.}^{\text{na}} \text{ llegada } \left\{
 \begin{array}{l}
 \varphi' N = 38^\circ - 49',3 \\
 L' E = 4^\circ - 52',8
 \end{array}
 \right.$$

1410. PROBLEMAS DE ESTIMA CON CORRIENTE.—Cuando un barco navega en el seno de una corriente, se desplaza con ella, conservando además, sus movimientos propios. Esto se reflejará en la estima añadiendo un rumbo más, el de la corriente, y como distancia se pondrá el producto de la Intensidad horaria (Ih) de la misma por el tiempo que se navegó dentro de ella.

Ejercicio 1416.—Situación de salida $\varphi N = 38^\circ - 59',4$ $LE = 4^\circ - 11',8$. Se navegan 17,8 al S 34 Wv; 21,2 al N 81 Wv y 11,4 al S 58 Ev. Esta navegación se hizo en 5 h. - 24 m y durante este tiempo actuó una corriente de dirección N 45 E y dos nudos. Calcular la situación de llegada.

La distancia navegada gracias a la corriente es de $5,4 \times 2 = 10',8$.

Rv	D	N	S	E	W
S 34 W	17,8		14,8		9,9
N 81 W	21,2	3,3			20,9
S 58 E	11,4		6,0	9,7	
N 45 E	10,8	7,6		7,6	
		10,9	20,8	17,3	30,8
			10,9		17,3
			9,9		13,5

$$\begin{array}{l}
 \varphi = 38^\circ - 59',4 \text{ N} \\
 \Delta\varphi = \quad \quad 9',9 \text{ S} \\
 \hline
 \varphi' = 38^\circ - 49',5 \text{ N} \\
 \varphi_m = 39^\circ
 \end{array}$$

$$\text{Con } \left\{
 \begin{array}{l}
 \varphi_m = 39^\circ \\
 A = 13,5
 \end{array}
 \right\}
 \Delta L = 17,4$$

$$\begin{array}{l}
 L = 4^{\circ} - 11',8 \text{ E} \\
 \Delta L = \quad 17',4 \text{ W} \\
 \hline
 L' = 3^{\circ} - 54',4 \text{ E}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 \text{S.}^{\text{on}} \text{ llegada} \left\{ \begin{array}{l} \varphi'N = 38^{\circ} - 49',5 \\ LE = 3^{\circ} - 54',4 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Ejercicio 1417.—El 15 de julio de 1968 y en situación $\varphi N = 36^{\circ} - 20'$, $LW = 15^{\circ} - 13'$ se pone al 020a, $\Delta = -3$, al ser 12 horas, $V = 8$ nudos. A 14 h-30 m se gobierna al 187a, $\Delta = -1$. A 15 h-00 m se entra en zona de corriente de dirección N 30 E e intensidad 1,5 nudos. A 1600 se aumenta la velocidad a 10 nudos. A 1700 se gobierna al Na, $\Delta = -2$. A 1736 se sale de la zona de corriente. A 1753 se pone a 6 nudos. A 1800 salta un viento del E 1/4 SE que produce un abatimiento de 5° . A 1818 se gobierna al 150a, $\Delta = +2$, siendo el abatimiento de 3° . Se continúa de esta forma hasta las 2000. La dm en 1945 era de $14^{\circ} - 16'NW$ y el decremento anuo de $6'$.

1 — Calcular la situación a 20 horas.

2 — Calcular el Rd y la Dd.

$$dmc = 12^{\circ} -$$

H	V	Ra	Δ	Ct	Rv	Rv	Ab	Re	D	N	S	E	W
1200	8	020	-3	-15	005	N05E			20	19,9		1,7	
1430	8	187	-1	-13	174	S06E			12		11,9	1,3	
1600	10	187	-1	-13	174	S06E			10		9,9	1,0	
1700	10	000	-2	-14	346	N14W			8,8	8,5			2,1
1753	6	000	-2	-14	346	N14W			0,7	0,7			0,2
1800	6	000	-2	-14	346	N14W	-5	N19W	1,8	1,7			0,6
1818	6	150	+2	-10	140	S40E	+3	S37E	10,2		8,2	6,1	
2000													
Cte	1.5					N30E			3,9	3,4		2,0	
										34,2	30,0	12,1	2,9
										30,0		2,9	
										4,2		9,2	

$$\begin{array}{l}
 1) \quad \varphi = 36^{\circ} - 20',0 \text{ N} \\
 \Delta\varphi = \quad 4',2 \text{ N} \\
 \hline
 \varphi' = 36^{\circ} - 24',2 \text{ N} \\
 \varphi m = 36^{\circ},5
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 L = 15^{\circ} - 13',0 \text{ W} \\
 \Delta L = \quad 11',5 \text{ E} \\
 \hline
 L' = 15^{\circ} - 01',5 \text{ W}
 \end{array}$$

$$2) \quad \text{Con} \left\{ \begin{array}{l} \Delta\varphi = 4,2 \\ A = 9,2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Rd} = \text{N } 65,5 \text{ E} \\ \text{Dd} = 10',1 \end{array}$$

1411. DETERMINACION DEL RUMBO DE LA CORRIENTE E INTENSIDAD HORARIA CONOCIENDO UNA SITUACION MARCADA Y UNA DE ESTIMA SIMULTANEAS.—El problema ya fue ex-

puesto y resuelto sobre la carta en el Art. 1307. Para calcular el Rc. e Ih. con las Tablas de Estima, no hay más que trabajar el problema inverso entre la situación estimada y la marcada simultánea. La distancia obtenida se divide por el tiempo que se ha navegado desde la última situación de garantía.

El rumbo es siempre desde la situación estimada a la marcada.

Ejercicio 1418.—Un barco que navega en una zona de corriente se sitúa por marcaciones a 0800 h, obteniendo $\varphi N = 36^{\circ} - 40'$, $LW = 3^{\circ} - 30'$. A partir de este punto se navega a 8 nudos durante 2 horas al N88Ev y durante una hora al S74Ev. En este momento vuelve a marcarse, obteniendo situación $\varphi N = 36^{\circ} - 37'$ y $LW = 3^{\circ} - 06',5$. Calcular la Situación estimada, el Rc y la Ih.

Cálculo de la Se.

Rv	D	N	S	E	W
N 88 E	16	0,6		16,0	
S 74 E	8		2,2	7,7	
		0,6	2,2	23,7	
			0,6		
			1,6		

$$\begin{aligned} \varphi &= 36^\circ - 40',0 \text{ N} \\ \Delta\varphi &= \quad \quad 1',6 \text{ S} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi' &= 36^\circ - 38',4 \text{ N} \\ \varphi_m &= 36^\circ,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= 3^\circ - 30',0 \text{ W} \\ \Delta L &= \quad \quad 29',5 \text{ E} \end{aligned}$$

$$L' = 3^\circ - 00',5 \text{ W}$$

$$\text{Con} \left\{ \begin{array}{l} \varphi_m = 36^\circ,5 \\ A = 23,7 \end{array} \right\} \Delta L = 29,5$$

$$\text{Se} \left\{ \begin{array}{l} \varphi' = 36^\circ - 38',4 \text{ N} \\ L' = 3^\circ - 00',5 \text{ W} \end{array} \right.$$

Cálculo del Rc e Ih.

$$\begin{aligned} \varphi &= 36^\circ - 37',0 \text{ N} \\ \varphi' &= 36^\circ - 38',4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta\varphi &= \quad \quad 1',4 \text{ S} \\ \varphi_m &= 36^\circ,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= 3^\circ - 06',5 \text{ W} \\ L' &= 3^\circ - 00',5 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\Delta L = \quad \quad 6',0 \text{ W}$$

$$\text{Con} \left\{ \begin{array}{l} \varphi_m = 36^\circ,5 \\ \Delta L = 6,0 \end{array} \right\} A = 4,8$$

$$\text{Con} \left\{ \begin{array}{l} \Delta\varphi = 1',4 \\ A = 4,8 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Rd} = \text{S } 74 \text{ W} \\ \text{Dd} = 5,1 \end{array}$$

$$\text{Ih} = \frac{5,1}{3} = 1,7$$

$$\text{C}^{\text{ta}} \left\{ \begin{array}{l} \text{Rc} = \text{S } 74 \text{ W} \\ \text{Ih} = 1,7 \end{array} \right.$$

Capítulo XV

RADIOGONIOMETRIA

1501. DEMORAS RADIOGONIOMETRICAS.—Cuando una estación emite, las ondas se propagan en todas las direcciones a partir de la misma. En la mayor parte de los barcos suele instalarse un aparato llamado **radiogoniómetro** y más comúnmente “**gonio**”, con el cual se puede determinar la dirección en que se encuentra la emisora.

De esta forma se obtiene una línea de posición que resulta de mucha utilidad, especialmente en las recaladas y más si hay niebla.

La fig. 1501 ayudará a aclarar lo anterior. El barco navega al 130v y marca con su gonio a la emisora, abierta 83° por Er. Con esta **Radiomarcación (R.M.)** se obtiene la **Radiodemora (R.D.)**, aplicándose la al Rv en el sentido conveniente, que en este caso es positivo, ya que la R.M., que se cuenta siempre a partir de la Proa, fue hacia Er. Por tanto:

$$\begin{aligned} R.D. &= Rv + R.M. \\ &= 130 + 83 = 213 \end{aligned}$$

Seguidamente nos iríamos a la carta y desde la emisora trazaríamos la demora 033, inversa de la obtenida a bordo, y que nos daría una línea de posición sobre la que se encontraba el barco a la hora de tomar la marcación con el gonio.

Hay que señalar que cualquier emisora de radio próxima a la costa sirve para este objeto, pero como su servicio no es constante y a veces pueden dar lugar a confusiones y errores, hay instaladas a lo largo de la costa, en lugares apropiados y de coordenadas geográficas conocidas, una serie de estaciones especiales llamadas **Radiofaros**, que emiten constan-

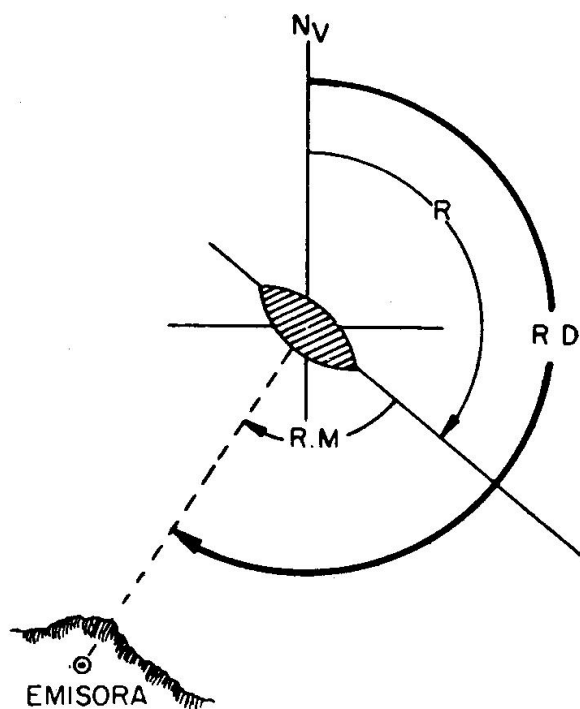


Figura 1501. Radiomarcación y Radiodemora.

temente dando una señal que permite identificarlas. A estos efectos se recomienda la consulta del **"Libro de Radioseñales"**, publicado por el Instituto Hidrográfico de la Marina.

Algunas **Estaciones Costeras**, previa petición por radio, actúan ocasionalmente como radiofaros, emitiendo varias veces su indicativo, seguido de una raya larga para que se le pueda marcar.

Normalmente la marcación gonio no tendrá un error superior a los 2°, debiéndose, en caso de duda, repetirla varias veces y obtener el promedio. Se tendrá especial cuidado con las halladas entre una hora antes y una hora después de la salida del Sol y lo mismo al ponerse, ya que son intervalos de perturbaciones en la propagación de las ondas. Igualmente hay que mirar con precaución los casos en que la demora incide muy oblicuamente sobre la línea de costa o está trazada, en gran parte, sobre tierra.

1502. CORRECCION DE ESTAS DEMORAS.—Las ondas, en su propagación sobre la mar, siguen una línea curva; concretamente un arco de círculo máximo. Cuando la distancia entre el radiofaro y el gonio es pequeña, hasta 100 millas, se puede considerar, sin error práctico, que ese arco de curva se confunde con la recta que une ambos. Por lo tanto, en los casos anteriores, la R.D. obtenida no necesita corrección alguna (figura 1501).

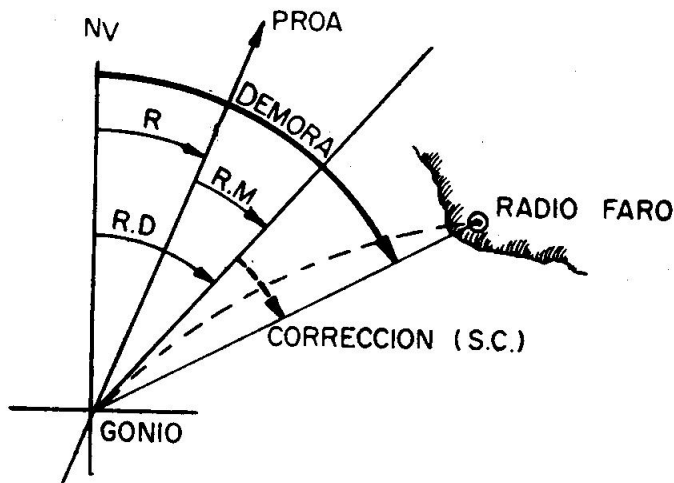


Figura 1502. Corrección Givry.

Si suponemos que la distancia es mayor (figura 1502), la marcación obtenida a bordo nos dará la dirección de por dónde llega la emisión, o sea, la tangente al arco de círculo máximo en su llegada a el barco. Dado que lo que se quiere obtener es el ángulo que forma la línea gonio - R.F. con la proa, hay que aplicar una corrección a la R.M.

Esta corrección se llama **Semiconvergencia** y también **"Corrección Givry"**, obteniéndose en la T. XLVIII, que también está incluida en el Libro de Radioseñales. En ellas se entra con la latitud promedio (del barco y del R.F.) y con la diferencia en longitud. Para el signo se tendrán en cuenta las explicaciones de las Tablas o bien el siguiente cuadro:

		φm	
		N	S
Gonio al	E	—	+
	W	+	—
de la emisora			

Ejercicio 1501.—Un barco, en Se $\left\{ \begin{array}{l} \varphi = 43^\circ - 32',5 \text{ N} \\ L = 13^\circ - 06',4 \text{ W} \end{array} \right.$ navegando al 226v toma R.M. = 252°,5 al R.F. de Cabo Silleiro. Calcular la R.D. para su trazado en la Carta. S^{on} del R.F. $\left\{ \begin{array}{l} \varphi' = 42^\circ - 06',2 \text{ N} \\ L' = 8^\circ - 53',8 \text{ W} \end{array} \right.$

$\varphi = 43^\circ - 32',5 \text{ N}$	$L = 13^\circ - 06',4 \text{ W}$	$R.M. = 252^\circ,5$
$\varphi' = 42^\circ - 06',2 \text{ N}$	$L' = 8^\circ - 53',8 \text{ W}$	$Rv = 226^\circ,0$
<hr/>	<hr/>	<hr/>
$\Delta\varphi = 1^\circ - 26',3$	$\Delta L = 4^\circ - 12',6$	$R.D. = 118^\circ,5$
$\varphi_m = 42^\circ,8$		$S.C. = 1^\circ,4 +$
		<hr/>
		$D = 119^\circ,9$
		$= S 60^\circ,1 E$

XLVIII. Con $\left\{ \begin{array}{l} \varphi_m = 42^\circ,8 \\ \Delta L = 4^\circ,2 \end{array} \right\} S.C. = 1^\circ,4 +$

Gonio al W

Desde el R.F. de Cabo Silleiro se trazará la demora N 60,1 W.

1503. SITUACION POR DEMORAS RADIOGONIOMETRICAS.—

Es la determinada por el corte de dos o más de estas líneas de posición.

Se procurará que el intervalo entre las R.M. sea pequeño, de forma que las marcaciones se puedan considerar como simultáneas. Si, por lo que fuere, el tiempo transcurrido es grande, se hace preciso trasladar gráficamente las demoras al momento de la última, de acuerdo con el rumbo y velocidad del barco.

Ejercicio 1502.—Un barco tiene a 2200 horas Se $\left\{ \begin{array}{l} \varphi = 37^\circ - 06'N \\ L = 0^\circ - 02'E \end{array} \right.$ y en dicho momento toma R.M. = 96° Er a una estación A. Al ser 2300 toma R.M. = 57° Er a una estación B y R.M. = 02° Br a una estación C.

Se navega al Rv = 270 y a 10 nudos.

S^{on} A $\left\{ \begin{array}{l} \varphi' = 38^\circ - 48',1 \text{ N} \\ L' = 0^\circ - 11',8 \text{ E} \end{array} \right.$ S^{on} B $\left\{ \begin{array}{l} \varphi' = 37^\circ - 37',9 \text{ N} \\ L' = 0^\circ - 41',4 \text{ W} \end{array} \right.$ S^{on} C $\left\{ \begin{array}{l} \varphi' = 36^\circ - 56',3 \text{ N} \\ L' = 1^\circ - 54',3 \text{ W} \end{array} \right.$

Obtener la situación a 23 horas.

Sobre la carta vemos que la distancia a A es superior a las 100 millas.

$\varphi = 37^\circ - 06',0 \text{ N}$	$L = 0^\circ - 02',6 \text{ E}$	$Rv = 270$
$\varphi' = 38^\circ - 48',1 \text{ N}$	$L' = 0^\circ - 11',8 \text{ E}$	$R.M. = 96 +$
<hr/>	<hr/>	<hr/>
$\Delta\varphi = 1^\circ - 42',1$	$\Delta L = 9',2$	$R.D. = 366$
$\varphi_m = 38^\circ$		$= 006$

y vemos en la T. XLVIII que no hay que aplicar corrección, pues el valor mínimo de ΔL ha de ser igual a 1°.

En la carta trazamos desde A su demora inversa, o sea, la 186.

La situación estimada del barco a 23 horas es $\left\{ \begin{array}{l} \varphi = 37^\circ - 06',N \\ L = 0^\circ - 10',5 \text{ W} \end{array} \right.$ y no debemos corregir las R.D. a B y C, tanto porque la distancia es inferior a 100 como porque, en todo caso, ΔL es menor de 1°.

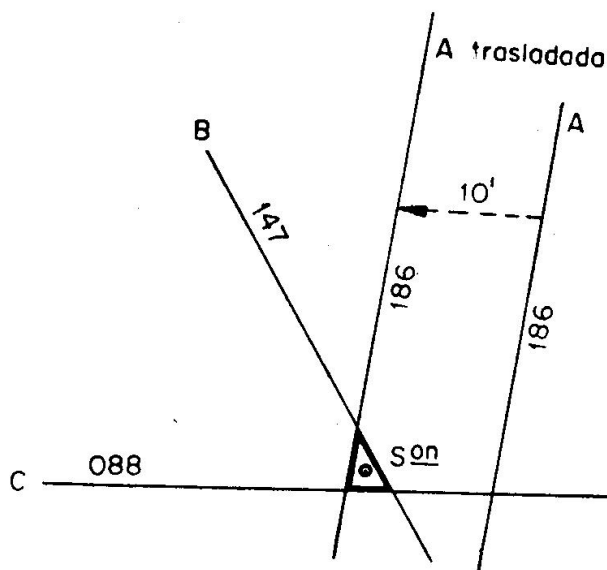


Figura 1508. Situación por radio-demoras.

$$\begin{array}{r}
 \text{(B)} \quad R_v = 270 \\
 \quad \quad R.M. = 57 + \\
 \quad \quad \hline
 \quad \quad R.D. = 327
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{(C)} \quad R_v = 270 \\
 \quad \quad R.M. = 2 - \\
 \quad \quad \hline
 \quad \quad R.D. = 268
 \end{array}$$

En la carta trazamos desde B la 147 y desde C la 88. Seguidamente (fig. 1503) trasladamos la A 10' al 270.

La situación del barco a 23 horas es $\left\{ \begin{array}{l} \varphi = 37^\circ - 02',7 \text{ N} \\ L = 0^\circ - 14',0 \text{ W} \end{array} \right.$

1504. SITUACION POR UNA DEMORA RADIOGONIOMETRICA Y OTRO LUGAR GEOMETRICO.—La resolución de este tipo de problemas no difiere en nada de lo expuesto en el artículo anterior, salvo que una o más de las líneas de posición se han obtenido por marcaciones visuales, con el sondador, etc.

Se suele utilizar mucho este sistema, especialmente en las recaladas.

Capítulo XVI

PUBLICACIONES. FAROS. SEÑALES DE NIEBLA

1601. DERROTEROS Y SU MANEJO.—Los **Derroteros** son unas publicaciones en las que se describen la costa y puertos con detalle y, además, facilitan todos los datos que pueden resultar de interés para la navegación costera. Entre éstos hay que señalar los peligros, buenos y malos fondeaderos, vistas panorámicas, enfilaciones, entradas y salidas de puerto, corrientes, vientos, mareas, etc.

En España se editan por el Instituto Hidrográfico de la Marina.

- Derrotero n.º 1 — Desde el río Bidasoa hasta la Estaca de Bares.
- Derrotero n.º 2 (T. I) — Desde la Estaca de Bares al río Miño.
- Derrotero n.º 2 (T. II) — Desde el río Miño al cabo Trafalgar.
- Derrotero n.º 3 (T. I) — Estrecho de Gibraltar, y desde Punta Europa hasta la frontera con Francia.
- Derrotero n.º 3 (T. II) — Baleares, costa N. de Marruecos y Argelia.
- Derrotero n.º 4 — Desde cabo Espartel hasta cabo Blanco, con la bahía del Galgo y las islas Azores, Madeira, Salvajes y Canarias.
- Derrotero n.º 5 (T. I) — Desde la bahía del Galgo al cabo Tres Puntas, con las islas de Cabo Verde.
- Derrotero n.º 5 (T. II) — Desde el cabo Tres Puntas al cabo López, con las islas de la bahía de Biafra.

Al principio de cada tomo y en una serie de páginas con numeración romana se incluyen diversas informaciones, cuya consulta y conocimiento son muy interesantes. Entre otras hay que señalar las siguientes:

- Alteraciones ocurridas durante la impresión.
- Fe de erratas.
- Glosario de términos extranjeros.
- Radiación de Boletines Meteorológicos.
- Relación de Estaciones de Salvamento.
- Relación de Semáforos, Vigías, etc.
- Relación de Almadrabaş.
- Reglamento de Balizamiento.
- Reglamento de Practicaje.
- Reglamento de señales visuales de temporal y puerto.
- Señales de cierre temporal de los puertos.
- Señales de zonas de tiro peligrosas.
- Señales urgentes en los faros.
- Descubierta y destrucción de artefactos peligrosos para la navegación.
- Señales de los buques de pesca.

- Señales entre los buques náufragos y personal de salvamento en tierra.
- Índice gráfico de las cartas a que se refiere el Derrotero.

A esto le sigue un Capítulo, titulado Generalidades, que trata con concisión y exactitud de las peculiaridades de la Meteorología, Oceanografía (corrientes y mareas) y Navegación en la zona que comprende el Derrotero.

Los siguientes Capítulos describen la costa, tal como se ha dicho antes, iniciándose todos ellos con unas Generalidades del litoral que abarca.

Es evidente que con el transcurso del tiempo habrá que rectificar alguna de las informaciones contenidas en el Derrotero. Con este objeto el Instituto Hidrográfico publica los **Avisos a los Navegantes** que traen todas las modificaciones que puedan afectar a la seguridad de los buques.

1602. FAROS. SUS CLASES.—Las luces de las señales luminosas para uso de la navegación son dadas por los "**Faros**", "**Buques-faros**", "**Balizas fijas**" y "**Balizas flotantes**". Se clasifican en **fijas** e **intermitentes**, y éstas, a su vez, en de "**destellos**" u "**ocultaciones**".

Luz de destellos, cuando la duración de la luz es menor que la de la oscuridad o luz más tenue.

Luz de ocultaciones, cuando la duración de la luz es mayor o a lo menos igual que la de la oscuridad.

Se llama **período** el intervalo de tiempo al cabo del cual una luz que no es fija vuelve a tomar los mismos aspectos en el mismo orden.

Los diversos aspectos que toma, en el transcurso de un período, son sus **fases**.

En cuanto al color de las luces, los faros pueden tenerla de uno (blanco, rojo, verde), o bien iluminar el horizonte de la mar por sectores, cada uno de los cuales tiene un color diferente. Esto se suele hacer para indicar zonas de navegación peligrosas.

Desde la mar algunos faros sólo se ven entre unas demoras determinadas por impedirlo en el resto la costa, que lo oculta. El Libro de Faros da las demoras extremas del sector, o sectores, en donde es visible la luz. No olvidar que éstas vienen dadas de 0° a 360° y tomadas desde la mar.

Los **Buques-Faros** se emplean para indicar peligros en lugares donde no se pueden construir faros, o bien en zonas donde conviene, a veces, cambiar las luces de sitio.

Las boyas luminosas son, casi siempre, de luz intermitente.

1603. SEÑALES DE NIEBLA. SUS CLASES.—Si la niebla no permite distinguir los faros, se utilizan señales acústicas para poder reconocer determinados puntos de la costa o peligros aislados.

Estas señales se suelen hacer desde los mismos faros o lugares muy próximos a ellos.

La forma de diferenciar unas de otras es la clase de sonido emitido

y el ritmo con que lo hace. Ambas características vienen dadas en el Libro de Faros.

Los aparatos empleados pueden dividirse en tres grupos:

- a) **Señales acústicas** (diáfono, sirena, bocina, nautófono, tifón, cañón, explosivo, campana o gong y silbato).
- b) **Señales submarinas** (oscilador y campana).
- c) **Señales radiotelegráficas.**

Las señales acústicas y las submarinas vienen descritas en la Información Varia del Libro de Faros. Para las señales radiotelegráficas, consultar el Libro de Radioseñales.

1604. LIBRO DE FAROS.—Es la publicación que detalla al navegante las características de todas las luces marítimas.

El Instituto Hidrográfico de la Marina publica dos tomos, de los cuales el titulado Parte I abarca las costas del Cantábrico, Galicia, Portugal, Golfo de Cádiz, hasta el Estrecho de Gibraltar y toda la costa W de Africa, con sus islas, hasta Benguela Vieja. La Parte II comprende las costas del Mediterráneo, tanto de España como de los otros países, hasta Cabo Spartivento.

Los datos relativos a los faros los trae en una serie de columnas que se detallan a continuación:

- 1 — Número del faro o luz.
- 2 — Nombre y posición (lugar, punta, muelle, etc.) de su enclavamiento.
- 3 — Latitud y longitud de la luz.
- 4 — Color de la luz y apariencia. Período. Señales de niebla.
- 5 — Elevación sobre el nivel medio del mar en metros.
- 6 — Millas de alcance de la luz en tiempo ordinario.
- 7 — Descripción de la edificación u obra que sirve de soporte a la luz. Altura en metros sobre el terreno del foco luminoso.
- 8 — Observaciones. En esta columna nos dan con toda exactitud las características de la luz con la duración de sus fases, colores, sectores en que es visible, sectores peligrosos para la navegación, etc. Cuando se trata de luces de entrada en puerto, explica las luces de las enfilaciones para tomarlo con seguridad.

Al principio de cada tomo hay una serie de páginas con numeración romana que contiene información diversa, de la que señalamos las siguientes:

- Traducción al francés, inglés, italiano y alemán del encabezamiento de las columnas antes mencionadas.
- Definiciones y aclaraciones sobre las luces y los conceptos vertidos en las distintas columnas.
- Aerofaros y luces aeromarítimas.
- Alcances y ejemplo de manejo de las Tablas.
- Señales acústicas y submarinas, con la descripción de los distintos aparatos que las producen y tipo del sonido emitido.

- Tabla primera, para determinar el alcance geométrico.
- Tabla segunda, para determinar la distancia de un buque a un punto fijo conocido, por dos marcaciones al mismo.

Al igual que con los Derroteros, hay que tener en cuenta los Avisos a los navegantes, para tener siempre actualizados todos los datos de las luces.

1605. AVISOS A LOS NAVEGANTES.—Los Avisos a los Navegantes son boletines radiados diaria y periódicamente por las estaciones de la Marina y las costeras de Cabo Mayor y Puntales, que contienen informaciones de interés para la navegación concernientes a las costas de la Península Ibérica, Islas Baleares, Islas Canarias, de Marruecos y provincias africanas.

Estas informaciones se refieren a:

- a) Novedades importantes en el balizamiento.
- b) Naufragios o embarrancamientos de buques que constituyan peligro para la navegación.
- c) Barcos, minas y restos a la deriva.
- d) Amarajes forzosos de hidroaviones y, de un modo general, todas cuantas noticias contribuyan a la seguridad de la navegación.

Los **Avurnaves**, radiados ocasionalmente, son siempre informaciones que por su importancia o por tratarse de peligro inminente revisten carácter urgente e interesan a la navegación por las zonas antes citadas.

Los boletines radiados deben considerarse como un anticipo de la publicación semanal "Avisos a los Navegantes", del Instituto Hidrográfico de la Marina, en donde se recopilan todos cuantos continúan en vigor.

Esta publicación, que es gratuita, contiene la relación de los Derroteros, Libros de Faros, Cartas, etc., afectadas por las correcciones, así como la especificación detallada de éstas. Cuando su volumen llega a ser apreciable se publican los **Suplementos**, tanto para los Derroteros como para los Libros de Faros. Estos suplementos contienen toda la información de los Avisos anteriores, así como otras que, por no ser de carácter urgente, no fue incluida en los mismos.

Es muy interesante que todos los navegantes colaboren en este utilísimo servicio de Avisos a los Navegantes, notificando lo antes que puedan a las autoridades de la Marina de cualquier anomalía en el balizamiento o peligro para la navegación.

1606. IDEA GENERAL DE LOS PILOT CHARTS.—Son unas cartas especiales, publicadas por el *U.S. Navy Hydrographic Office*, conteniendo información gráfica y numérica sobre distintos conceptos que interesan a la navegación práctica. Entre ellos destacan: vientos, % de borrascas, calmas y nieblas, corrientes, declinación magnética y su variación.

Esta publicación es periódica abarcando la casi totalidad del globo. Muchos de los datos que figuran en ella tienen el carácter de previsión para un determinado período de tiempo, y son el resultado de la estadística de muchos años.

ASTRONOMIA

Capítulo XVII

COORDENADAS CELESTES

1701. ASTROS.—Todos los cuerpos que vemos proyectados en el Firmamento se llaman Astros; en el nombre de Astros están comprendidos el Sol, los planetas, satélites, estrellas, etc.

La Astronomía es la ciencia que estudia los astros, obteniendo las leyes que rigen sus movimientos y determinando la dirección con que se presentan al observador terrestre.

Se divide en varias ramas importantes, como son la Astrofísica, que estudia la composición físico-química de los astros, sus movimientos relativos y sus dimensiones; otra rama es la Mecánica celeste, que estudia y calcula el movimiento propio de los astros. Actualmente, está muy de moda la Astronáutica, que trata de los problemas que se presentan al hombre en sus viajes interplanetarios.

Para el navegante, la parte más importante de la Astronomía es la Náutica o Navegación astronómica, que estudia las posiciones aparentes en que vemos a los astros, y de ellas obtener la posición del buque en la mar.

Para estudiar los astros existen Observatorios Astronómicos, actualmente pasan de 300 los Observatorios de todo el Mundo. La Marina española cuenta con su Observatorio de San Fernando. Estos observatorios tienen numerosos instrumentos de precisión; en estos últimos años se ha conseguido grandes avances en el conocimiento de los astros al aumentar las dimensiones de las lentes y espejos de los telescopios y, sobre todo, con la aparición del radiotelescopio; uno de los más importantes es el de Jodrell Bank, en Inglaterra, cuya antena tiene un diámetro de 76 metros.

Con estos nuevos instrumentos se ha llegado a conocer nuevos astros y distancias a que se encuentran, pero, a pesar de sus grandes aumentos que hacen acercarnos a ellos, las estrellas siguen viéndose como pequeños puntos luminosos, lo que indica la grandeza del Universo y, por tanto, la grandeza de Dios, creador de este Universo.

Actualmente se sabe que existen billones de astros, muchos de ellos formando otros tantos sistemas análogos a nuestro sistema solar, pero se desconoce cuáles son los límites de este inmenso Universo.

1702. ESTRELLAS.—Las estrellas forman la mayoría de los cuerpos celestes visibles, apareciendo como puntos luminosos, aunque se

observen con los más potentes telescopios, y brillando con luz propia como el Sol. Probablemente, muchas de las estrellas son centros de sistemas planetarios como el nuestro, o sea, que tienen sus planetas propios.

El esplendor de las estrellas está sujeto a rápidas y regulares variaciones, fenómeno conocido con el nombre de centelleo, que es debido al movimiento de la atmósfera terrestre. Presentan diferentes colores, que varían entre el blanco azulado y el rosa amarillento.

La distancia a que se encuentran las estrellas es enorme, una de las unidades más empleadas para medir estas distancias es el "año-luz", que equivale a la distancia que recorre la luz en un año, como la luz se propaga a unos 300.000 kms. por segundo, dicha unidad es de unos 9,5 billones de kms. Para dar una idea de esta unidad, diremos que el Sol se encuentra a una distancia promedio de 8 minutos-luz, la luna a 1,25 segundos-luz, y la estrella más cercana se encuentra a unos 4,3 años-luz; hay estrellas que están a miles de millones años-luz, lo cual indica que estamos viendo a estos astros en la posición en que se encontraban hace esos miles de millones de años.

Se llama magnitud estelar no al tamaño de las estrellas, sino al brillo o intensidad luminosa con que las vemos. La escala de magnitudes se divide en más de 20 magnitudes; a simple vista sólo vemos hasta la sexta magnitud, o sea, que con buena vista sólo podemos ver en todo el Universo unas 6.500 estrellas, aunque las que observamos en la mar con el sextante son las 20 de primera magnitud y las más brillantes de las 60 de 2.^a magnitud; la Polar es una estrella de 2.^a magnitud. La más brillante de las estrellas es Sirius, le siguen Canopus y Vega.

Existen estrellas gigantes, mucho mayores que el Sol, entre ellas se encuentra Antares, de color rojiza, que es 450 veces mayor que el sol, esto significa que dentro de Antares cabe el Sol con las órbitas de la Tierra y Marte. Otra estrella gigante es Betelgeuce, que es unas 300 veces mayor que el Sol. A pesar de estos inmensos tamaños, sólo se ven como puntos, dado la gran distancia a que están de la Tierra.

La estrella más pequeña conocida está en la constelación de Taurus: sólo es la mitad de la Luna y se encuentra a unos 100 años-luz.

Actualmente se han descubierto muchas estrellas gracias a la fotografía del Cielo, que se hace con muchas horas de exposición para que estrellas no visibles lleguen a impresionar la placa fotográfica. Las estrellas se nos presentan formando grupos o figuras diversas llamadas Constelaciones.

1703. ESFERA CELESTE.—Los astros se encuentran diseminados en el espacio a distancias enormes de la Tierra, y además estas distancias son muy diferentes (fig. 1701), pero cuando los contemplamos nos parecen como si todos estuvieran a igual distancia y colocados en una superficie esférica de radio inmenso, cuyo centro es el ojo del observador, el cual en un instante sólo ve la mitad de dicha esfera, llamada Esfera Celeste (fig. 1701). Esta apariencia es debida a que, siendo tan

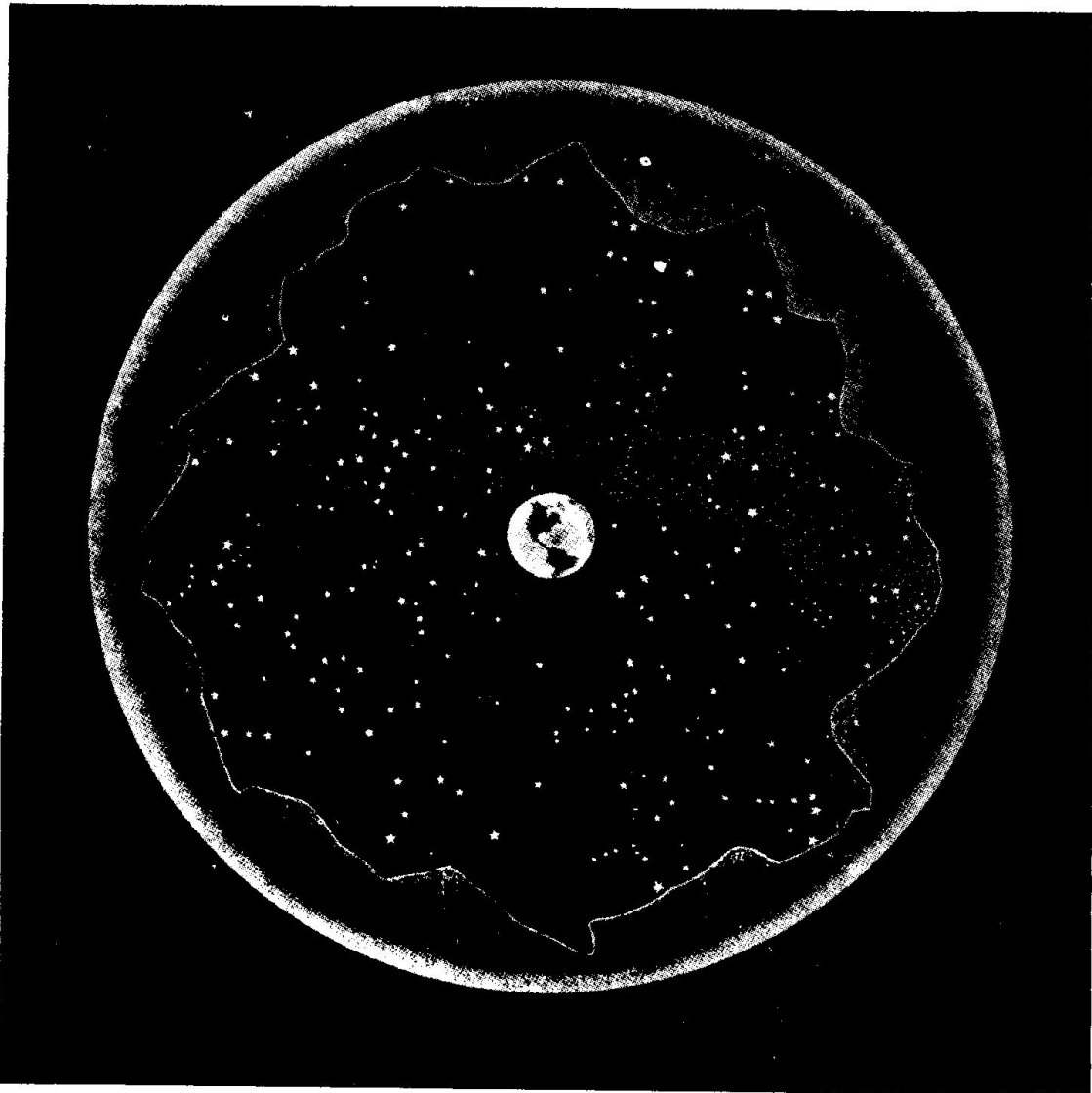


Fig. 1701. Esfera celeste

grandes esas distancias, no apreciamos si una estrella está más cerca que otra.

Para resolver la mayoría de los problemas de navegación astronómica no interesa conocer la distancia de los astros, y entonces se hace el estudio suponiendo que ocurre lo que vemos, o sea, que todos los astros están situados en esta Esfera Celeste.

Según el centro que se tome, existen tres clases de esferas celestes distintas: la que tiene por centro el centro de la Tierra (fig. 1701) se llama "Esfera celeste geocéntrica"; la que tiene por centro el ojo del observador (fig. 1702) se llama "Esfera celeste local", que en realidad es la que vemos al contemplar el Firmamento, y, por último, la que tiene por centro al Sol se llama "Esfera celeste heliocéntrica".

En navegación sólo consideramos las esferas celestes geocéntrica y local; como el radio de la Tierra es muy pequeño comparado con las

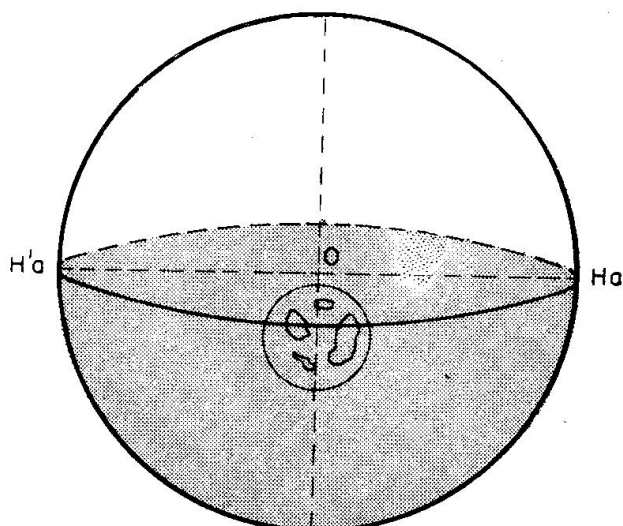


Fig. 1702. Esfera celeste local

mas tiene que pasar esas coordenadas a la esfera celeste geocéntrica (con centro el centro de la Tierra), ya que tiene que relacionar esas coordenadas con otras de los astros dadas en el Almanaque Náutico que están tomadas en la esfera celeste geocéntrica.

Nota.—Conviene recordar que en una esfera los círculos máximos son los que tienen por diámetro el diámetro de la esfera: dos círculos máximos se cortan, dividiéndose en cuatro cuadrantes. En las figuras se dibuja la parte de atrás de la esfera con rayas. Cuando se cortan dos círculos máximos, los dos puntos de corte tienen que estar alineados con el centro de la esfera.

1704. CENIT Y NADIR.—Si se une el centro de la Tierra con el lugar donde se encuentra el observador, o sea, se traza el radio terrestre del lugar y se prolonga esta recta, corta a la esfera celeste en un punto imaginario llamado "Cenit" (Z), que tenemos siempre encima de nuestra cabeza (figura 1703. Prolongando esta línea hacia abajo, corta a la esfera celeste en otro punto opuesto, llamado "Nadir" (Z'). El Cenit siempre es visible, e invisible el Nadir.

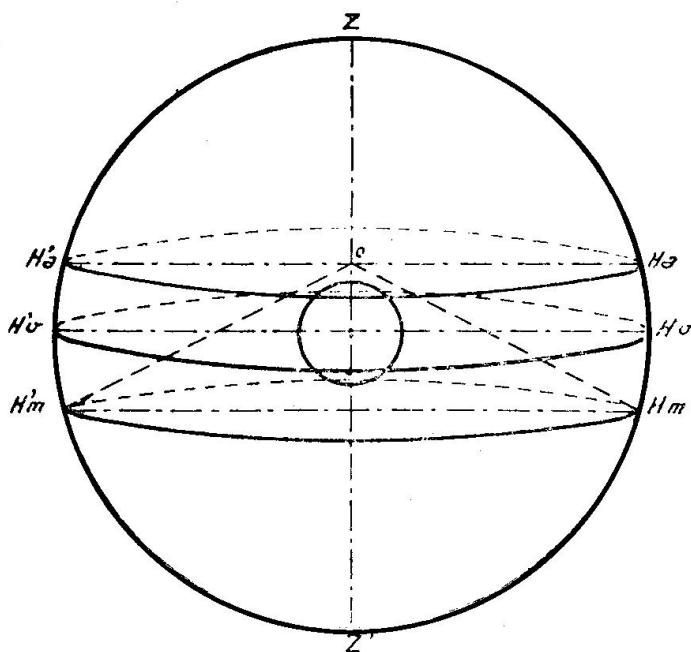


Fig. 1703. Horizontes verdadero, aparente y de la mar

distancias a que se encuentran las estrellas; para estos astros se suponen estas dos esferas, confundidas como si fuera una sola; en cambio, cuando estudiemos astros más cercanos (Sol, algún planeta y, sobre todo, la Luna) hay que tener en cuenta la diferencia entre estas dos esferas. Como un avance a lo que estudiaremos más adelante podemos decir que el navegante (observador) obtiene a bordo unas coordenadas de los astros (como la altura con el sextante), que están tomadas sobre la esfera celeste local, por ser el centro sus ojos, y para resolver los proble-

El Cenit tiene gran importancia, pues su posición en la esfera celeste se corresponde con la que tenemos nosotros en la Tierra, por ser dos esferas concéntricas, o sea, que si obtenemos la posición del Cenit en la esfera celeste, conocemos la situación del barco, que es lo que tratamos de conseguir en la navegación astronómica.

La Línea Cenit-Nadir es un diámetro de la esfera celeste.

1705. HORIZONTES.—En general, se llama “Horizonte” al círculo perpendicular a la línea Cenit-Nadir. El horizonte divide a la esfera celeste en dos partes llamadas hemisferios, uno visible, que es el que contiene al Cenit, y otro invisible, que contiene el Nadir.

Según el centro que tenga el horizonte, se distinguen tres clases de horizontes (fig. 1703): “Horizonte Verdadero” (Hv-Hv’) es el que tiene por centro el centro de la Tierra, por tanto es un círculo máximo en la esfera celeste geocéntrica.

“Horizonte Aparente” (Ha-Ha’) es paralelo al verdadero y tiene por centro al ojo del observador, por tanto es un círculo menor en la esfera celeste geocéntrica y un círculo máximo en la local (fig. 1702).

“Horizonte visible o de la mar” (Hm-Hm’) es el formado por las visuales a la superficie de la Tierra, que no son tangentes a esta superficie debido a la refracción terrestre (fig. 1703). Este horizonte es en realidad el que separa los hemisferios visibles e invisibles del observador.

Los tres horizontes están en tres planos paralelos y perpendiculares a la línea Cenit-Nadir.

Al estudiar la esfera celeste dijimos que, por estar tan lejos las estrellas, se podía suponer para estos astros confundidas la esfera celeste geocéntrica y local; esta suposición es como decir que coinciden los horizontes verdadero y aparente.

“Almicantarat” son los círculos menores paralelos al Horizonte.

1706. VERTICAL.—Se llaman verticales los círculos máximos que pasan por el Cenit y Nadir (fig. 1704). Como la línea Cenit-Nadir es perpendicular al horizonte, también los verticales son perpendiculares a todos los horizontes.

De los verticales sólo vemos la parte que está en el hemisferio visible. Podemos trazar infinitos verticales, cada astro en un instante dado tiene un vertical que pasa por él.

Sabiendo que el Cenit está exactamente sobre nuestra cabeza, podemos materializar el vertical de cualquier astro con

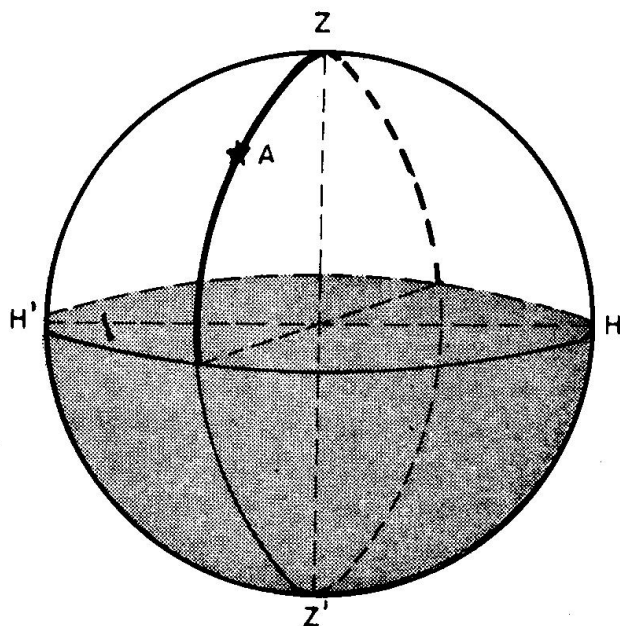


Fig. 1704. Vertical

la mano, llevando ésta sobre nuestra cabeza con el brazo extendido y haciendo girar el brazo, haciendo que pase la mano por donde vemos el astro, considerado.

En la fig. 1704 se ha dibujado el vertical del astro A, subrayando más fuerte la parte visible.

Se llama "Vertical Primario" al vertical que pasa por los puntos cardinales E y W.

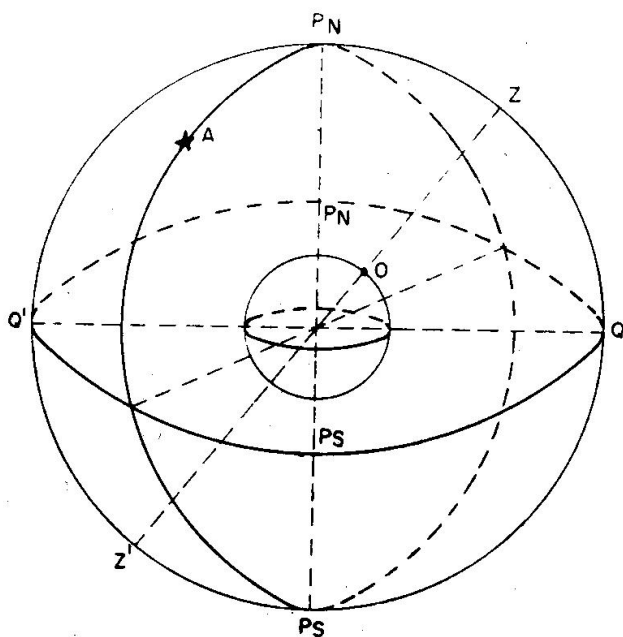


Fig. 1705. Círculo Horario. Meridiano del Lugar

1707. POLOS CELESTES Y MERIDIANO CELESTE. —

Prolongando el eje de la Tierra o línea de los polos, corta a la esfera celeste en dos puntos imaginarios llamados "Polos Celestes", los cuales reciben los mismos nombres que los de la Tierra, Norte y Sur (fig. 1705).

El observador siempre tendrá sobre el horizonte a uno de estos polos, llamado "Polo elevado", el cual siempre es del mismo nombre que la latitud; al opuesto se le llama "Polo depreso". Por tanto, en el hemisferio Norte el polo elevado es el polo Norte (Pn) y en el Sur el polo elevado es el Sur (Ps).

"Ecuador celeste" (Q Q') es el círculo máximo (en la esfera celeste geocéntrica) perpendicular a la línea de los polos celestes (fig. 1705). Este Ecuador celeste no es más que el círculo máximo producido por el corte con la esfera celeste de la prolongación del Ecuador terrestre. El Ecuador celeste divide a la esfera celeste en los hemisferios Norte y Sur.

"Círculos Horarios", son los círculos máximos que pasan por los polos celestes, por tanto, son perpendiculares al Ecuador.

Cada astro tiene su círculo horario que pasa por él; en la fig. 1705 está dibujado el círculo horario del astro A. Hay que tener en cuenta que, aunque en la esfera celeste el Ecuador y los polos celestes tienen los mismos nombres que sus correspondientes círculos y puntos de la Tierra, no ocurre así con los círculos horarios; en la superficie terrestre los círculos que pasan por los polos se llaman Meridianos y en la esfera celeste se llaman Círculos Horarios.

"Meridiano Celeste" es el círculo máximo que pasa por los polos celestes y también por el Cenit y Nadir (fig. 1705). El meridiano celeste es al mismo tiempo vertical (por pasar por el Cenit y Nadir) y círculo horario (por pasar por los polos).

No hay que olvidar que aunque en la Tierra existen infinitos meri-

dianos, que acabamos de decir corresponden con los círculos horarios en la esfera celeste, en esta esfera sólo se consideran dos meridianos:

“Meridiano del Lugar”, que pasa por los polos y por nuestro Cenit (Pn Z Ps Z') (fig. 1705), suele ser el que se traza en el plano del papel por facilidad en las fig. al dibujar el horizonte.

“Meridiano de Greenwich” o “Primer Meridiano” (fig. 1706), que pasa por los polos y el Cenit del observatorio de la ciudad inglesa de Greenwich (G).

Los polos dividen al meridiano en dos semicírculos, uno que va desde el Polo Norte al Sur, cogiendo al Cenit llamado Meridiano superior (Pn Z Ps), y otro que también va del Polo Norte al Sur, pero cogiendo al Nadir, llamado Meridiano inferior (Pn Z' Ps).

Cada observador tiene su meridiano del lugar que corta al horizonte en los puntos cardinales Norte (N) y Sur (S).

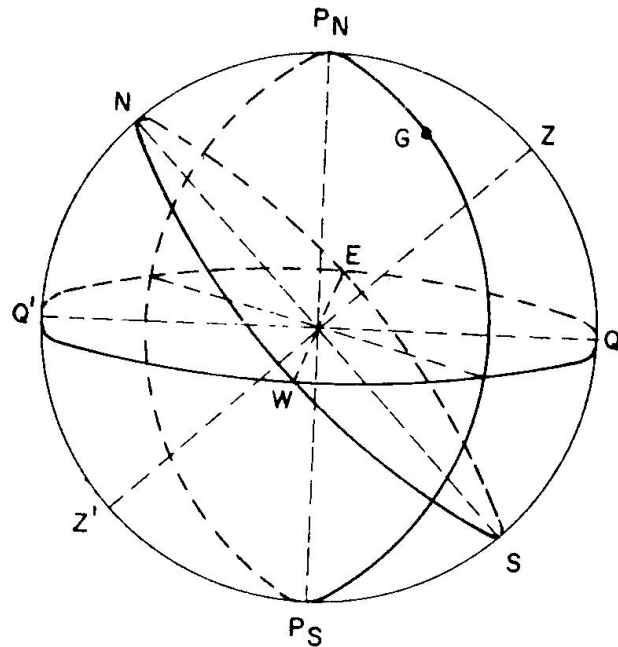


Fig. 1706. Meridiano de Greenwich

El horizonte y el Ecuador se cortan en los puntos cardinales Este (E) y Oeste (W). El Este es el que queda a la derecha mirando al Norte y el Oeste a la izquierda (fig. 1706).

Recordando que en la Tierra la latitud es el arco de Meridiano comprendido entre el Ecuador y el observador, y también la distancia de meridiano del polo al horizonte; como en la esfera celeste el Cenit corresponde con la posición del observador y el meridiano del lugar con el meridiano terrestre (fig. 1707), en esta esfera celeste resulta que la latitud (1) es el arco de meridiano del lugar que separa el Cenit del Ecuador y también el arco que va del polo elevado al horizonte. Por tanto, el polo elevado y el Cenit están separados la colatitud ($c = 90^\circ - 1$), y lo mismo el horizonte y el Ecuador, cosa importante cuando estudiemos los problemas de navegación astronómica. También la longitud (L) es el arco de Ecuador que separa los meridianos superiores del lugar y de Greenwich; con el Pn arriba, si el meridiano del lugar está a la derecha de Greenwich es L E. y si queda a la izquierda es L W. En las figuras de la esfera celeste se puede dibujar el polo elevado o el Cenit arriba, hay que pensar que no existe el concepto de arriba ni abajo en los astros.

Ejercicio 1701.—Dibujar el Meridiano del Lugar, Meridiano superior de Greenwich, Ecuador, Horizonte, puntos cardinales, Cenit y Polos de un observador que está en Situación: $1 = 35^\circ \text{ N}$ y $L = 115^\circ \text{ E}$.

Hacer 2 figuras, una con el polo elevado arriba y otra con el cenit arriba. Resuelto en las figs. 1708 y 1709.

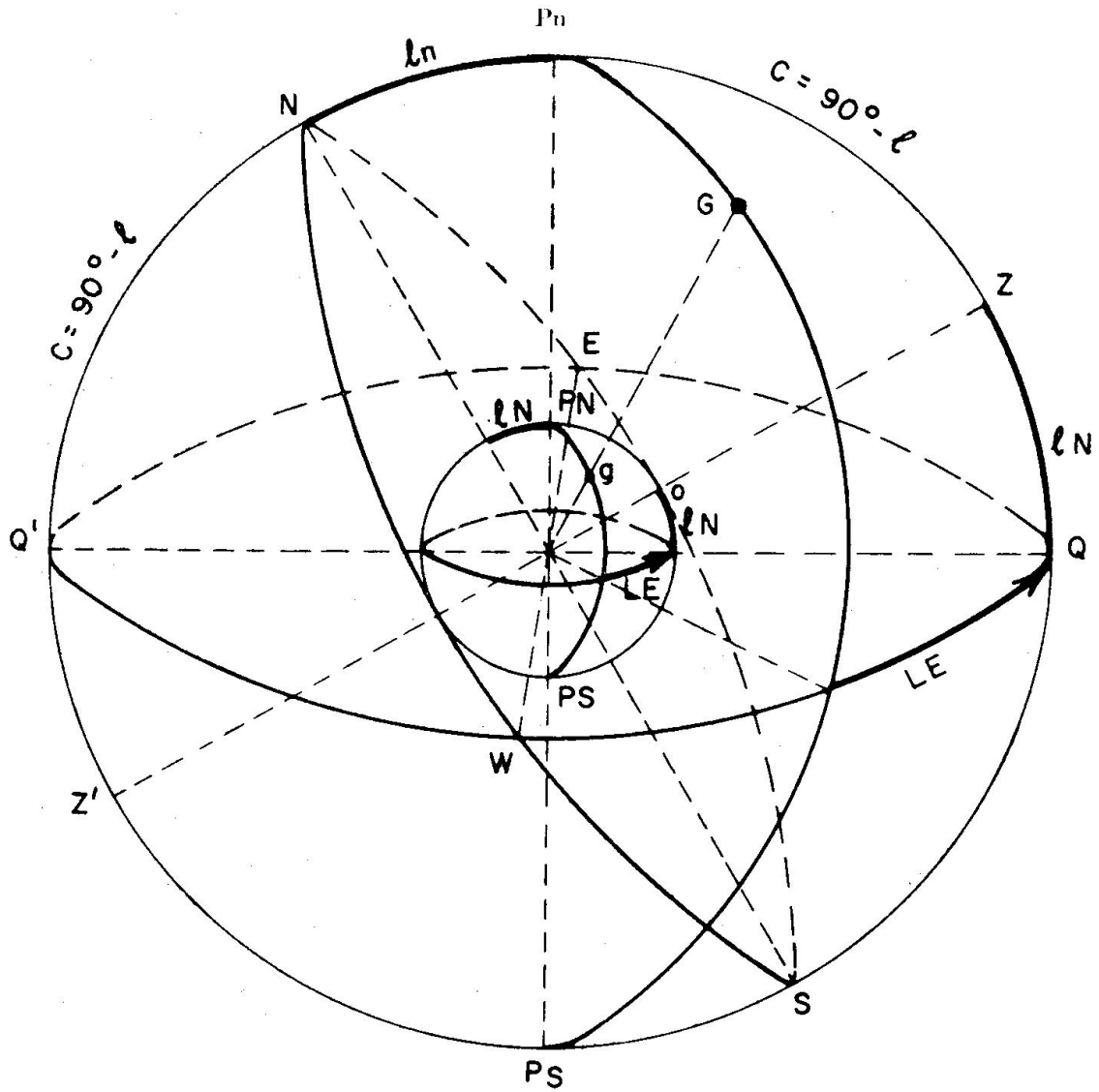


Fig. 1707. Coordenadas terrestres

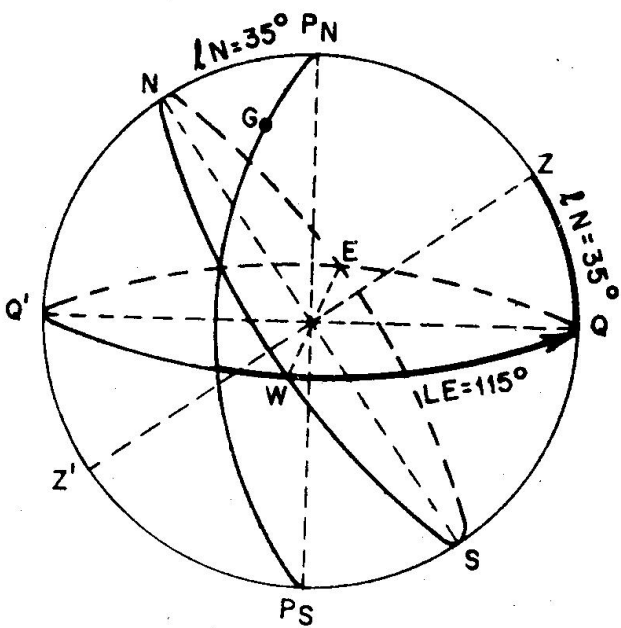


Fig. 1708. Ejercicio 1701

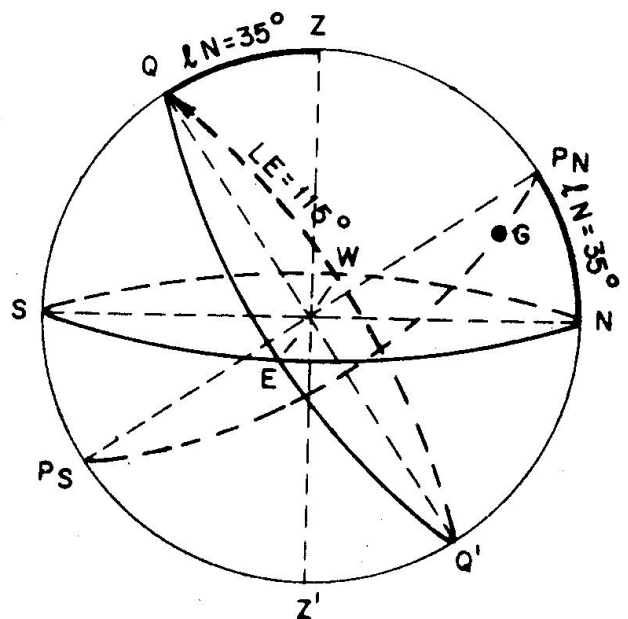


Fig. 1709. Ejercicio 1701

Ejercicio 1702.—Dibujar el meridiano del lugar, meridiano superior de Greenwich, horizonte, puntos cardinales, cenit y polos de un observador que está en situación: $1N = 50^\circ$ y $LW = 60^\circ$.
Hacer 2 figuras, una con polo elevado arriba y otra con cenit arriba.
Resuelto en las figs. 1710 y 1711.

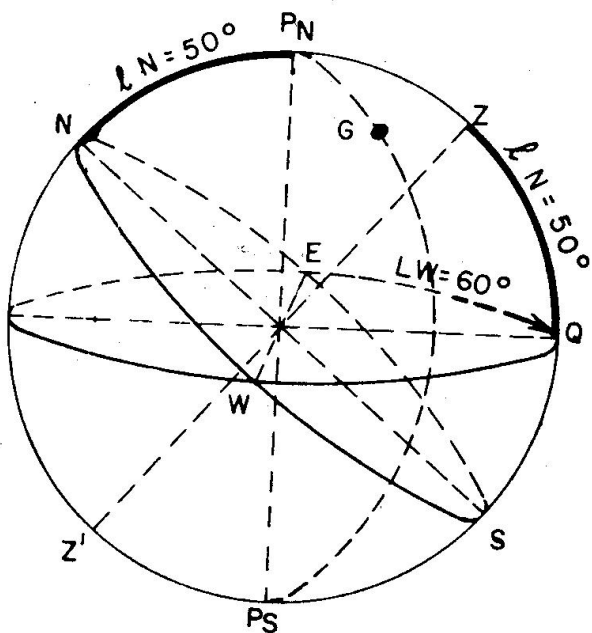


Fig. 1710. Ejercicio 1702

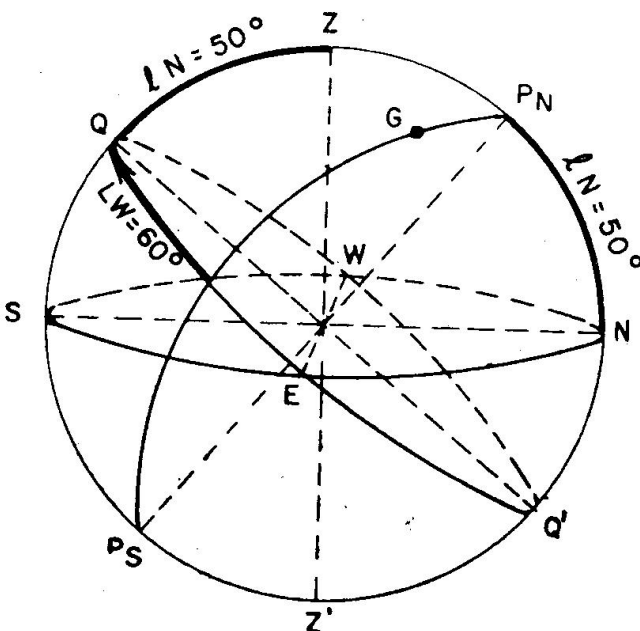


Fig. 1711. Ejercicio 1702

Ejercicio 1703.—Dibujar el meridiano del lugar, meridiano superior de Greenwich, ecuador, horizonte, puntos cardinales, cenit y polos de un observador que está en situación: $1 = 20^\circ S$ y $L = 135^\circ E$.
Hacer 2 figuras, una con el polo elevado arriba y otra con el cenit arriba.
Resuelto en las figs. 1712 y 1713.
Nota.—Al ser latitud sur y ser el polo sur el elevado, los sentidos de las longitudes son diferentes.

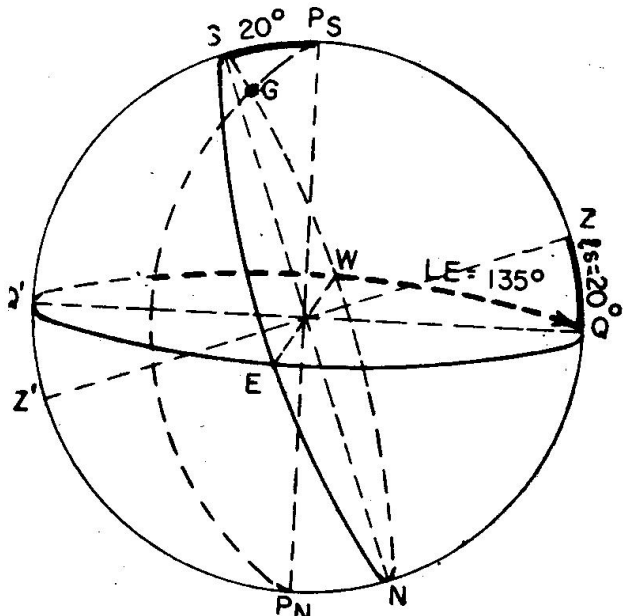


Fig. 1712. Ejercicio 1703

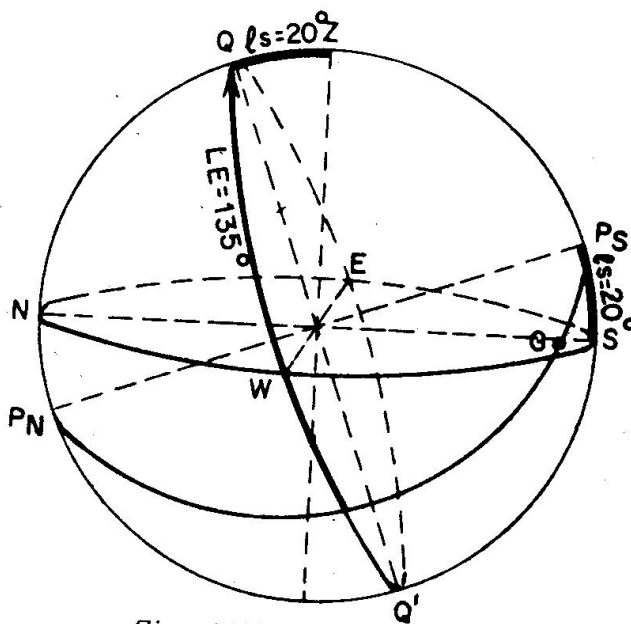


Fig. 1713. Ejercicio 1703

Ejercicio 1704.—Dibujar el meridiano del lugar, meridiano superior de Greenwich, ecuador, horizonte, puntos cardinales, cenit y polos de un observador que está en situación: $1 = 40^\circ S$ y $L = 135^\circ W$.
Hacer 2 figuras, una con el polo elevado arriba y otra con el cenit arriba.
Resuelto en las figs. 1714 y 1715.

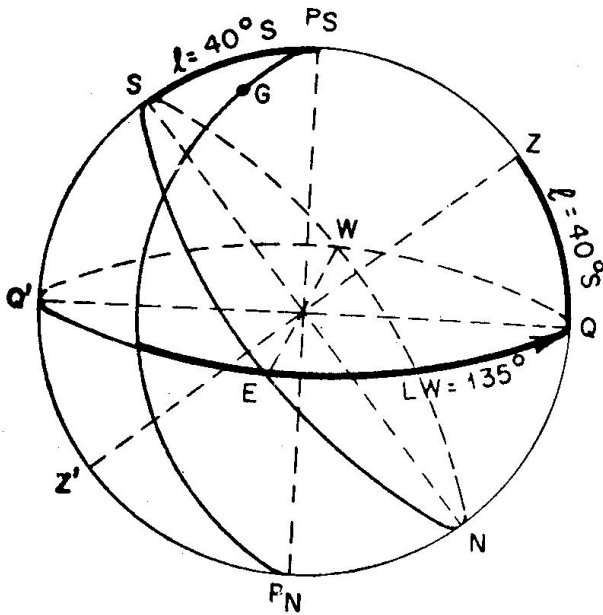


Fig. 1714. Ejercicio 1704

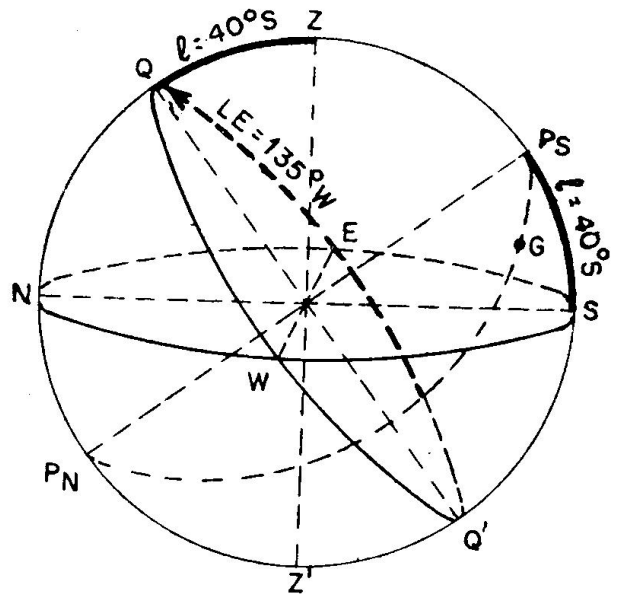


Fig. 1715. Ejercicio 1704

1708. SISTEMA DE COORDENADAS.—Todo punto, tanto en un plano como en el espacio, se sitúa por sus coordenadas. De esta forma conocemos la situación del buque por sus coordenadas Latitud y Longitud, que se cuentan en el meridiano y Ecuador terrestre.

Para situar los astros en la esfera celeste es necesario conocer dos coordenadas de cada astro. Según los círculos máximos que se tomen para contar estas coordenadas, hay distintos sistemas de coordenadas, pero siempre, en cada sistema, estos círculos son perpendiculares, igual que la latitud y longitud se cuentan en círculos perpendiculares (meridiano y ecuador).

En este curso estudiaremos dos sistemas de coordenadas que se cuentan sobre los círculos máximos acabados de explicar.

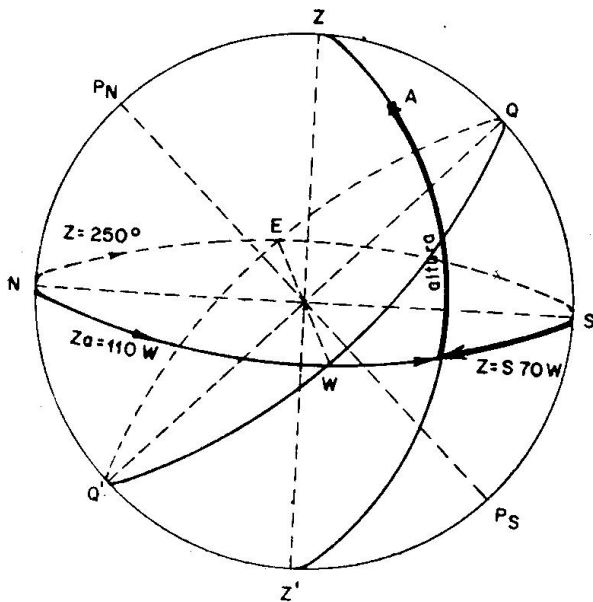


Fig. 1716

1709. COORDENADAS HORIZONTALES.—Se cuentan en los círculos máximos horizonte y vertical del astro. El nombre de estas coordenadas son "Azimut" (Z) y "Altura" (a).

En general, "Azimut" (Z) es el arco de horizonte que va desde los puntos cardinales Norte o Sur hasta el vertical del astro, o sea, se cuenta en forma análoga a los rumbos. Se distinguen tres clases diferentes de azimutes (fig. 1716).

"Azimut Náutico" (Z) se cuenta siempre desde el punto cardinal Norte hacia el Este

(como las agujas del reloj) hasta el vertical del astro, o sea, se cuenta de 0° a 360° (por ejemplo, 145° , 034° , etc.). En la fig. 1716, $Z = 250^{\circ}$.

“Azimut por cuadrantes” (Z) se cuenta desde el punto cardinal Norte o Sur hacia el Este u Oeste hasta el vertical del astro, se cuenta menor de 90° y se nombra poniendo primero el punto cardinal desde donde se cuenta (N o S) después el número de grados y al final el otro punto cardinal (E u W) (por ejemplo N 78° E, S 32° W, etc.). En la fig. 1176, $Z = S 70^{\circ} W$.

Igual que los rumbos, N al E primer cuadrante, S al E segundo cuadrante, S al W tercer cuadrante y N al W cuarto cuadrante. Cuando las coordenadas se cuentan en dos sentidos, para el cálculo, se asigna signo positivo a un sentido y negativo al opuesto; por ello el azimut por cuadrantes (fig. 1717) en el primer y tercer cuadrante tienen el sentido de las agujas del reloj y se da signo positivo, en el segundo y cuarto cuadrante, el sentido es opuesto, y se le asigna signo negativo. En cambio, el azimut náutico que se cuenta de 0° a 360° en el sentido de las agujas del reloj se considera siempre positivo.

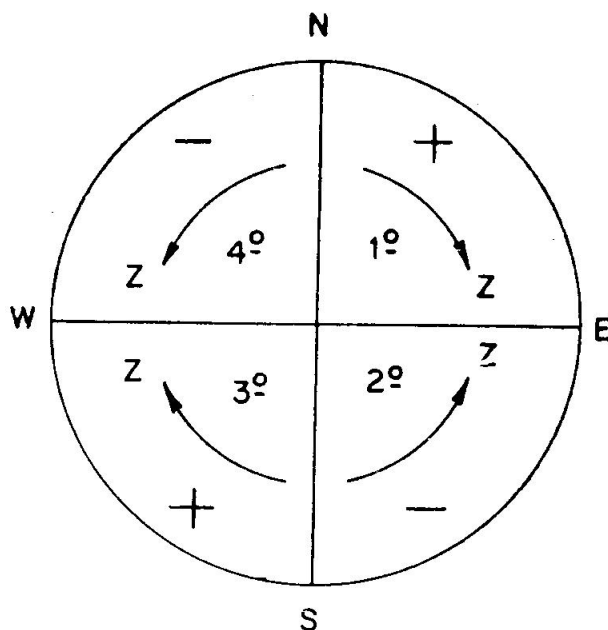


Fig. 1717. Sentido Z por cuadrantes

“Azimut astronómico” (Z_a) es el arco de horizonte que va desde el punto cardinal N o S, siempre del mismo nombre que la latitud, hasta el vertical del astro. Se cuenta menor de 180° , llamándose oriental u occidental según se cuente hacia el E u W (por ejemplo, $Z_a = 130^{\circ}$ oriental o 130° E; $Z_a = 046^{\circ}$ W ó 046° occidental). En la fig. 1716, $Z_a = 110^{\circ}$ W. A este azimut también se le llama “Angulo Cenital” o “Angulo en el Cenit”, por ser igual a este ángulo en el triángulo de posición que más adelante estudiaremos.

“Altura” (a) es la otra coordenada de este sistema (fig. 1716) y es el arco de vertical contado desde el horizonte hasta el astro; siempre es menor de 90° y es positiva si el astro es visible y negativa si no lo vemos, o sea, está debajo del horizonte.

Conociendo estas coordenadas, Azimut y Altura, conocemos la posición del astro en la esfera celeste.

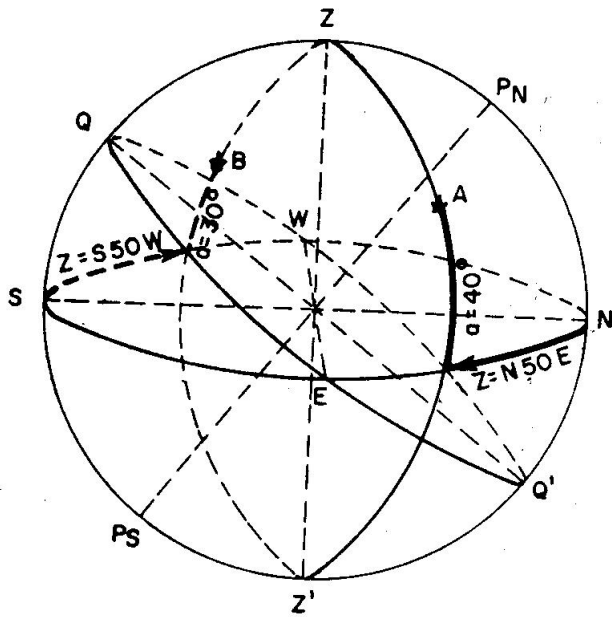


Fig. 1718. Coordenadas horizontales

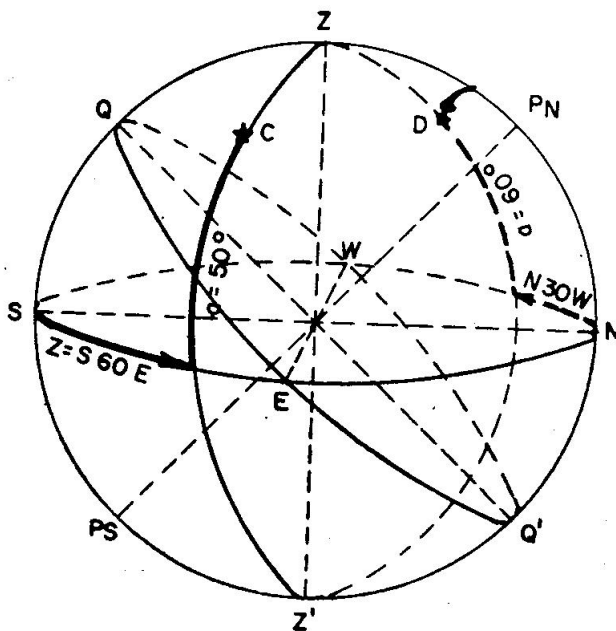


Fig. 1719. Coordenadas horizontales

Con frecuencia tenemos que pasar de un azimut a otro, especialmente de azimut náutico a por cuadrantes, o viceversa, teniendo el concepto claro de cómo se cuenta cada uno la cosa no presenta dificultad, pero a continuación damos unas reglas para pasar de azimut náutico a azimut por cuadrantes:

Azimut del primer cuadrante: $Z \text{ náutico} = Z \text{ cuadrantes}$ ($Z = N 60 E = 060$).

Azimut del segundo cuadrante: $Z \text{ náutico} = 180^\circ - Z \text{ cuadrantes}$ ($Z = S 30 E = 150^\circ$).

Azimut del tercer cuadrante: $Z \text{ náutico} = 180^\circ + Z \text{ cuadrantes}$ ($Z = S 50 W = 230$).

Azimut del cuarto cuadrante: $Z \text{ náutico} = 360^\circ - Z \text{ cuadrante}$ ($Z = N 40 W = 320^\circ$).

Para pasar el azimut náutico o por cuadrantes a azimut astronómico, hay que tener en cuenta que éste se cuenta desde el punto cardinal del mismo nombre que la latitud y menor de 180° .

En la fig. 1718 se supone que el astro A tiene por coordenadas:

$$Z = N 50 E \text{ y } a = 40^\circ$$

Vemos que los otros azimutes son:

$$Z = 050^\circ \text{ , } Z_a = 50^\circ E$$

El astro B tiene por coordenadas:

$$Z = 230^\circ \text{ y } a = 30^\circ$$

Vemos que los otros azimutes son:

$$Z = S 50 W \quad Z_a = 130 W.$$

En la fig. 1719 se supone que el astro C tiene por coordenadas:

$$Za = 120 \text{ E } \text{ y } \text{ a} = 50^\circ$$

Los otros azimutes son:

$$Z = \text{S } 60 \text{ E } \text{ y } Z' = 120.$$

El astro D tiene por coordenadas:

$$Za = 30 \text{ W } \text{ y } \text{ a} = 60^\circ$$

Los otros azimutes son:

$$Z = \text{N } 30 \text{ W}, Z = 330.$$

De estas coordenadas se obtienen otras dos que podemos decir son secundarias, éstas son:

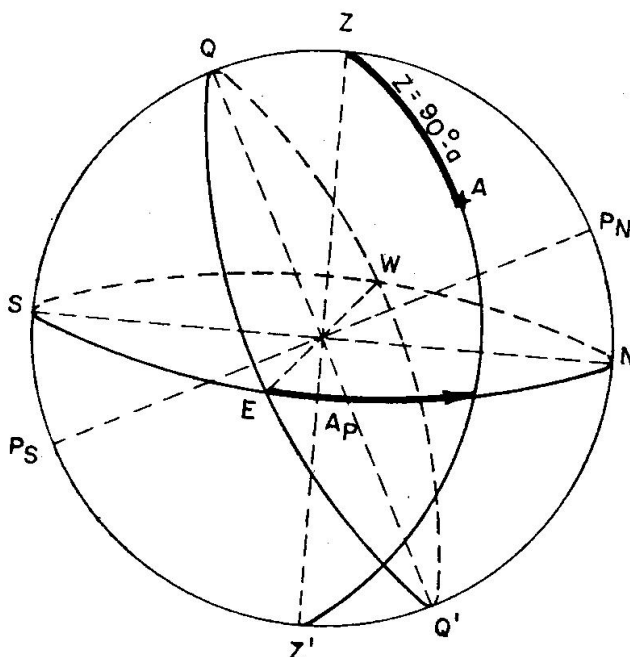


Fig. 1720. Amplitud y distancia cenital

“Amplitud” (Ap) es el complemento del azimut por cuadrantes Ap = 90° — Z (cuadrantes) como definición es el arco de horizonte que va desde los puntos cardinales E u W hacia el N o S hasta el vertical del astro (fig. 1720) se denomina poniendo el punto cardinal E u W, el valor numérico, y el N o S. Así en la fig. 1718 astro A, Ap = E 40 N; astro B, Ap = W 40 S. En la fig. 1719; astro C, Ap = E 30 S, y astro D, Ap = W 60 N.

Distancia cenital (z) es el arco de vertical que va desde el Cenit hasta el astro (fig. 1720).

Para astros visibles es igual al complemento de la altura ($Z = 90^\circ - a$). Este sistema de coordenadas dependen de la posición del observador por contarse en el horizonte y vertical que varían con la situación del observador; es decir, en un momento dado, un astro tiene azimut y altura diferentes para todos los observadores.

NOTA.—En las figuras, cuando se conoce las coordenadas horizontales, conviene dibujar el Cenit (Z) arriba; el polo elevado estará sobre el horizonte separado la latitud y se puede dibujar a la derecha o izquierda en el meridiano del lugar (que, como dijimos, debe de estar representado en el plano del papel). Siempre conviene trazar el Ecuador para obtener los puntos cardinales E y W.

A continuación aclaramos estos conceptos con unos ejercicios.

Ejercicio 1705.—En latitud N = 40°. Dibujar la esfera celeste y situar a los astros que tienen por coordenadas:

$$\text{Astro A } \left\{ \begin{array}{l} Z = \text{N } 40 \text{ E} \\ a = 30^\circ \end{array} \right.$$

$$\text{Astro B } \left\{ \begin{array}{l} Z = \text{S } 50 \text{ E} \\ a = 70^\circ \end{array} \right.$$

$$\text{Astro C } \left\{ \begin{array}{l} Z = \text{W} \\ a = 30^\circ \end{array} \right.$$

Dar los valores de la colatitud, demás azimutes, amplitudes y distancias cenitales de estos Astros.

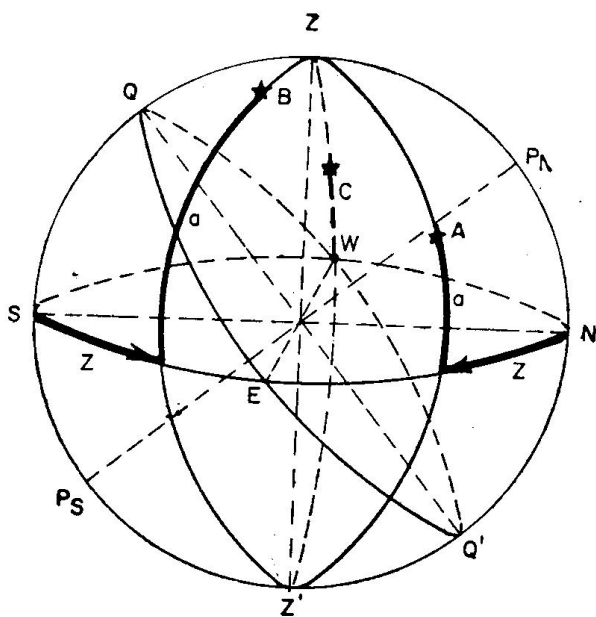


Fig. 1721. Ejercicio 1705

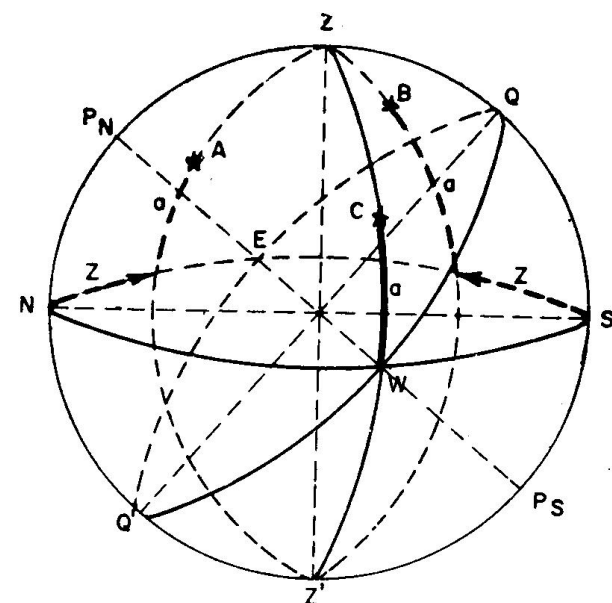


Fig. 1722. Ejercicio 1705

Resuelto en la fig. 1721 con el polo norte a la derecha y en la fig. 1722 con el polo norte a la izquierda.

Los valores pedidos son:

$$c = 90^\circ - 1 = 50^\circ$$

$$\text{Astro A } \begin{cases} Z = 040^\circ \\ Z_a = 40^\circ \text{ E} \\ Ap = \text{E } 50 \text{ N} \\ z = 60^\circ \end{cases}$$

$$\text{Astro B } \begin{cases} Z = 130^\circ \\ Z_a = 130^\circ \text{ E} \\ Ap = \text{E } 40 \text{ S} \\ z = 20^\circ \end{cases}$$

$$\text{Astro C } \begin{cases} Z = 270^\circ \\ Z_a = 90^\circ \text{ W} \\ Ap = \text{W} \\ z = 60^\circ \end{cases}$$

Ejercicio 1706.—En latitud 20° S dibujar la esfera celeste y situar los astros que tienen por coordenadas:

$$\text{Astro A } \begin{cases} Z = \text{N } 40 \text{ W} \\ a = 10^\circ \end{cases}$$

$$\text{Astro B } \begin{cases} Z = \text{S } 70 \text{ W} \\ a = 80^\circ \end{cases}$$

$$\text{Astro C } \begin{cases} Z = \text{S} \\ a = 40^\circ \end{cases}$$

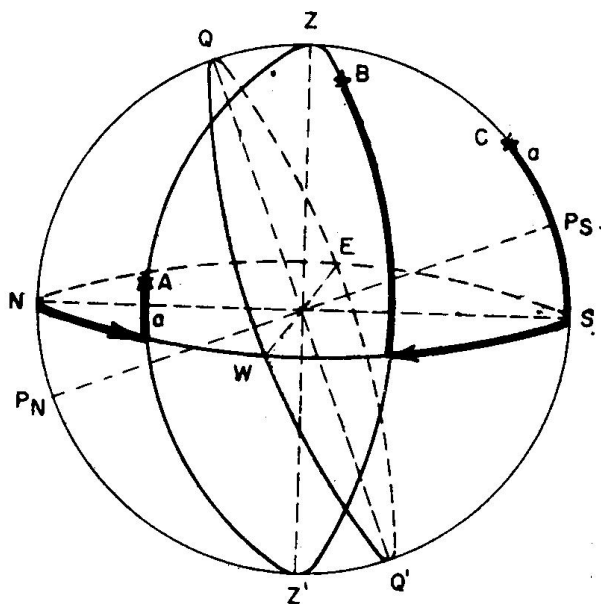


Fig. 1723. Ejercicio 1706

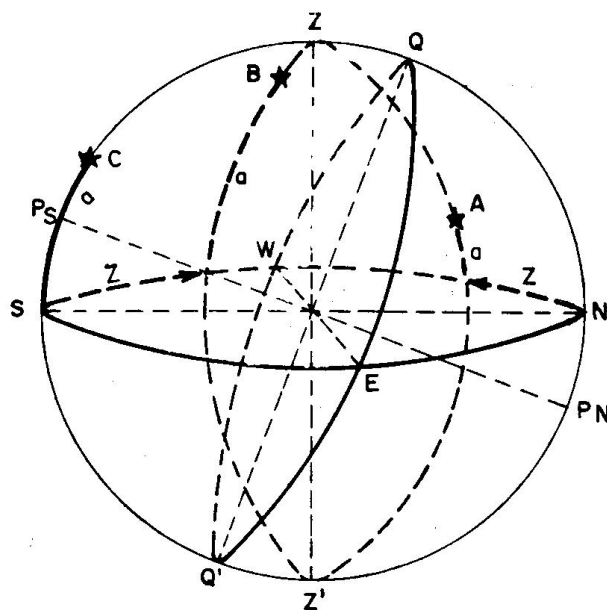


Fig. 1724. Ejercicio 1706

Dar los valores de la colatitud, demás azimutes, amplitudes y distancias cenitales.

Resuelto en la fig. 1723 con el polo sur a la derecha y en la fig. 1724 con el polo sur a la izquierda.

Los valores pedidos son: $c = 90^\circ - 1 = 70^\circ$

$$\text{Astro A } \begin{cases} Z = 320^\circ \\ Z_a = 140^\circ \text{ W} \\ A_p = \text{W } 50^\circ \text{ N} \\ z = 80^\circ \end{cases} \quad \text{Astro B } \begin{cases} Z = 250^\circ \\ Z_a = 70^\circ \text{ W} \\ A_p = \text{W } 20^\circ \text{ S} \\ z = 70^\circ \end{cases} \quad \text{Astro C } \begin{cases} Z = 180^\circ \\ Z_a = 0^\circ \\ A_p = \text{S} \\ z = 50^\circ \end{cases}$$

Tener en cuenta que es latitud sur y, por tanto, el polo sur es el polo elevado y el azimut astronómico se cuenta desde el punto cardinal sur.

1710. COORDENADAS HORARIAS.—Estas coordenadas se cuentan en el Ecuador y en el Círculo horario del Astro. Estos círculos ya se han estudiado; los círculos horarios son perpendiculares al Ecuador.

Las coordenadas de este sistema son “Horario” y “Declinación”.

El “Horario Astronómico” (ha), llamado actualmente “Horario del Lugar” (hL), es el “arco de Ecuador contado desde el punto de corte con el meridiano superior hacia el W hasta el círculo horario del astro”; se cuenta de 0° a 360° . Algunos autores dicen que el sentido es el de las agujas del reloj, pero esto sucede poniendo el Polo Norte arriba, en cambio, diciendo que es hacia el W, siempre está bien determinado.

El horario también se puede contar menor de 180° , desde el mismo punto de corte con el meridiano superior, entonces hay que decir si es “horario oriental”, si se cuenta hacia el E: u “horario occidental”, si se cuenta hacia el W. Como el horario contado menor de 180° es igual al ángulo en el Polo (P), que estudiaremos en el triángulo de posición, siempre le llamaremos de esta forma. Hay que especificar si este ángulo en el Polo (P) es Este (Pe) u oeste (Pw).

Fácilmente se pasa del horario astronómico a ángulo en el Polo y viceversa:

Si el horario astronómico es menor de 180° : $P_w = hL$.

Si el horario astronómico es mayor de 180° : $P_e = 360^\circ - hL$.

Cuando se conoce este sistema de coordenadas conviene, en las figuras, poner el Polo elevado arriba y el Cenit a la derecha o izquierda, en el plano del papel. No olvidarse de que el horario del lugar y el ángulo en el polo se cuentan desde el meridiano superior (Pn Z Ps).

En la fig. 1725 el astro A tiene $hL = 60^\circ$, por tanto: $P_w = 60^\circ$ ó $P = 60^\circ \text{ W}$.

El astro B tiene $hL = 200^\circ$, por tanto: $P_e = 160^\circ$ ó $P = 160^\circ \text{ E}$.

Existe también el “horario en

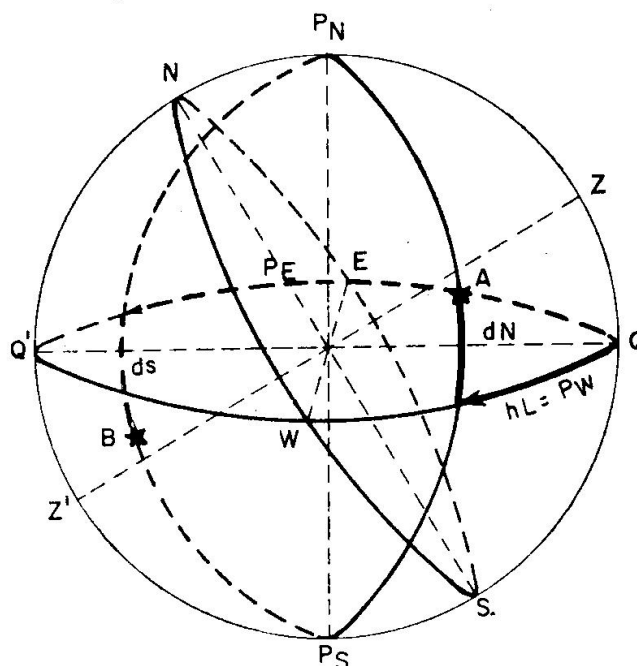


Fig. 1725. Coordenadas Horarias

Greenwich" (hG), análogo al del lugar, pero contado desde el meridiano superior de Greenwich, por tanto, se define como "el arco de Ecuador contado desde el punto de encuentro con el meridiano superior de Greenwich hasta el círculo horario del astro. El único ángulo en el Polo que nos interesa es el obtenido del horario del lugar y nunca del horario en Greenwich.

El horario del lugar depende del observador, por contarse desde el meridiano superior del lugar que varía con la situación del observador, en cambio, el horario en Greenwich es independiente del observador, ya que se cuenta desde el meridiano superior de Greenwich, que es el mismo para todos los observadores, por ello esta coordenada es la que da el Almanaque Náutico para uso de los navegantes (A.N.) para el Sol, Luna, Aries y Planetas.

Recordando que la separación en el Ecuador del Meridiano superior de Greenwich y el del lugar es la longitud, como el círculo horario del astro es el mismo, al contar estas coordenadas la diferencia entre estos horarios es la longitud, resultando la fórmula muy importante:

$$hG = hL + L$$

teniendo en cuenta que las LW son positivas y las LE negativas.

Si al sumar (por ser LW) resulta un hG mayor de 360° , se le resta 360° ; si al restar (por ser LE) esta LE es mayor que el hL, se le suma 360° a este hL.

De la misma expresión deducimos:

$$hL = hG - L$$

haciendo las operaciones en la forma explicada anteriormente.

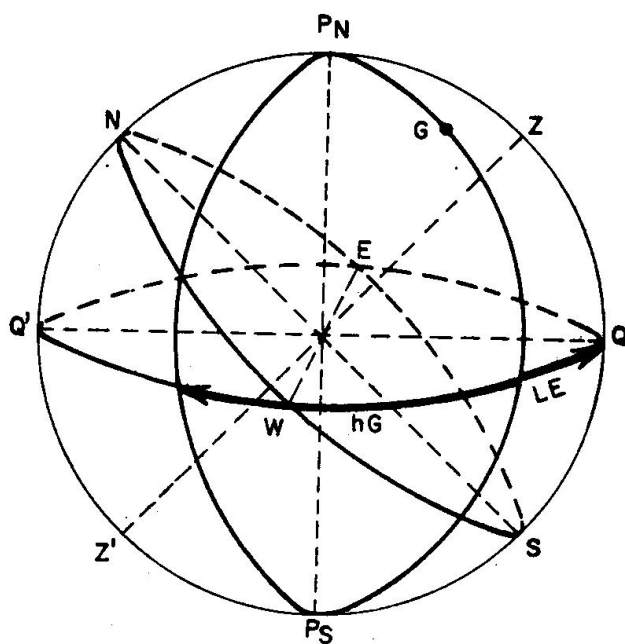


Fig. 1726. Coordenadas Horarias

En la fig. 1726 el astro A tiene $hL = 120^\circ$ y el observador está en $LE = 40^\circ$, resulta:

$$hG = 80^\circ \text{ (como podemos comprobar en la fig.)}$$

"Declinación" (d) es la otra coordenada de este sistema y es "el arco de círculo horario contado desde el Ecuador hasta el astro"; siempre es menor de 90° y se llama Norte o positiva y Sur o negativa, según el astro esté en el hemisferio Norte o Sur. Esta coordenada es independiente del observador, y por ello es la coordenada que da el Almanaque Náutico para uso de los navegantes para todos los astros.

Una coordenada secundaria de ésta es la "Codeclinación" o "Distancia Polar" (Δ), que es "el arco de círculo horario que va desde el Polo elevado del observador (de igual nombre que la latitud) hasta el astro"; esta coordenada puede ser mayor de 90° (cuando la declinación tiene nombre contrario que la latitud). Por la definición vemos que:

- Si la declinación es de igual nombre que la latitud: $\Delta = 90^\circ - d$
- Si la declinación es de distinto nombre que la latitud: $\Delta = 90^\circ + d$

La codeclinación es un lado del triángulo de posición, como estudiaremos más adelante.

En la fig. 1725 el astro A tiene por declinación 20° N y como la latitud es Norte, la Codeclinación vale 70° .

En la fig. 1725 el astro B tiene por declinación 30° S, y como la latitud es Norte, la codeclinación vale 120° (Pn B).

Ejercicio 1707.—En $l = 30^\circ$ N dibujar la esfera celeste y situar los astros que tienen por coordenadas:

$$\text{Astro A } \begin{cases} hL = 75^\circ \\ d = 50^\circ \text{ N} \end{cases}$$

$$\text{Astro B } \begin{cases} hL = 220^\circ \\ d = 60^\circ \text{ S} \end{cases}$$

Dar los valores de los ángulos en el polo y codeclinaciones.

Resuelto en la fig. 1727 con el cenit a la derecha y en la fig. 1728 con el cenit a la izquierda.

Los valores pedidos son: >

$$\text{Astro A } \begin{cases} Pw = 75^\circ \\ \Delta = 40^\circ \end{cases}$$

$$\text{Astro B } \begin{cases} Pe = 140^\circ \\ \Delta = 150^\circ \end{cases}$$

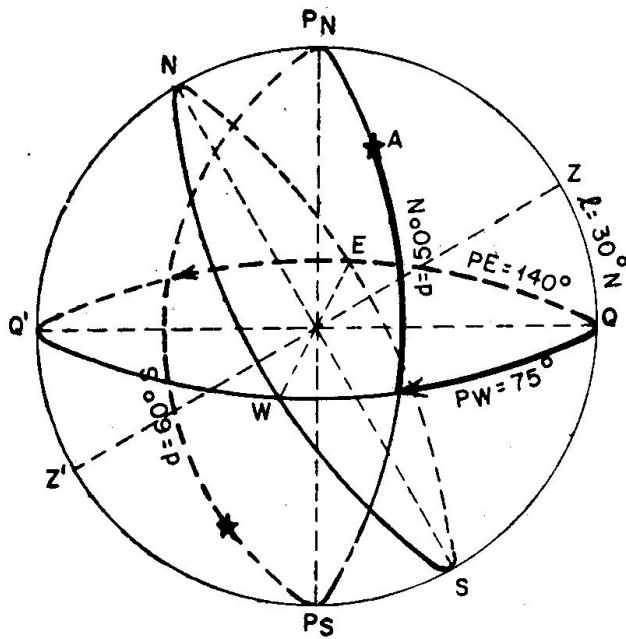


Fig. 1727. Ejercicio 1707

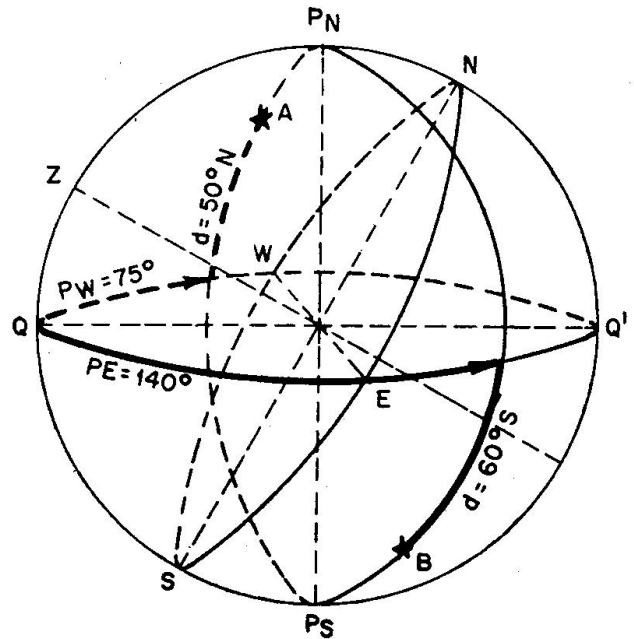


Fig. 1728. Ejercicio 1707

Ejercicio 1708.—En $l = 50^\circ$ S dibujar la esfera celeste y situar los astros que tienen por coordenadas:

$$\text{Astro A } \begin{cases} hL = 310^\circ \\ d = 30^\circ \text{ S} \end{cases} \quad \text{Astro B } \begin{cases} hL = 130^\circ \\ d = 40^\circ \text{ N} \end{cases}$$

Dar los valores de los ángulos en el polo y codeclinaciones.

Resuelto en la fig. 1739 con el cenit a la derecha y en la fig. 1730 con el cenit a la izquierda.

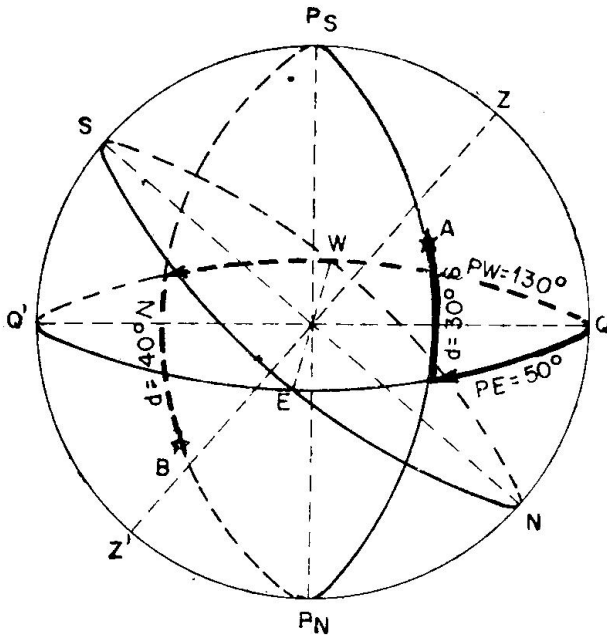


Fig. 1729. Ejercicio 1708

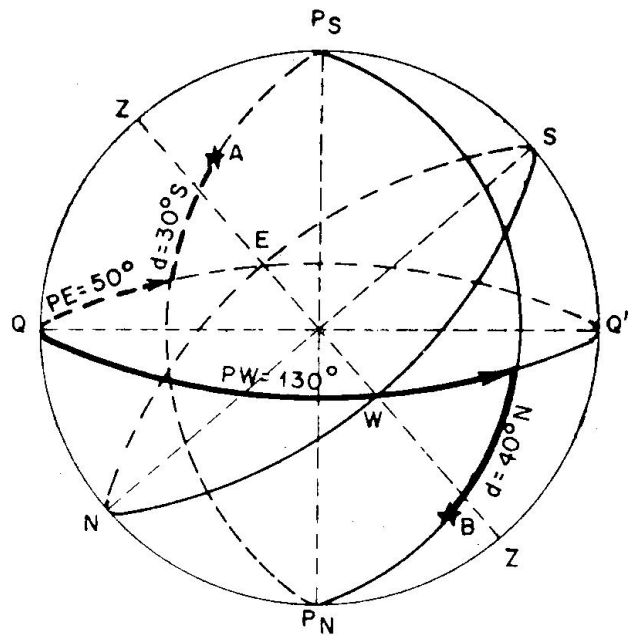


Fig. 1730. Ejercicio 1708

Los valores pedidos son:

$$\text{Astro A } \begin{cases} Pe = 50^\circ \\ \Delta = 60^\circ \end{cases} \quad \text{Astro B } \begin{cases} Pw = 130^\circ \\ \Delta = 130^\circ \end{cases}$$

Nota.—Caso de conocer el horario de Greenwich, se pasa a horario del lugar, aplicándole la longitud con signo contrario

Ejercicio 1709.—Dibujar la esfera celeste de un observador situado en $l = 40^\circ$ N, $L = 70^\circ$ W. Situar el astro A que tiene $hG = 160^\circ$, $d = 50^\circ$ N. Dar los valores del horario del lugar, ángulo en el polo y codeclinación. Situar el meridiano de Greenwich.

Resuelto en la fig. 1731 con el cenit a la derecha y en la fig. 1732 con el cenit a la izquierda.

$$\begin{array}{l} hG = 160^\circ \\ LW = 70^\circ + (-) \\ \hline hL = 90^\circ \end{array} \quad Pw = 90^\circ \quad \Delta = 40^\circ$$

Nota.—“Dijimos que las coordenadas horizontales son dependientes del observador; las coordenadas horarias son dependientes del observador si se conoce el horario del lugar, pero son independientes del observador si se conoce el horario en Greenwich, ya que la declinación siempre es independiente.”

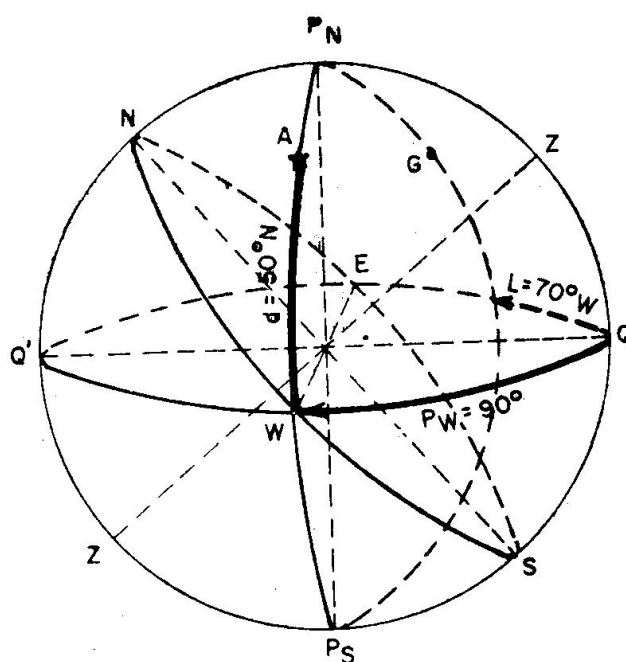


Fig. 1731. Ejercicio 1709

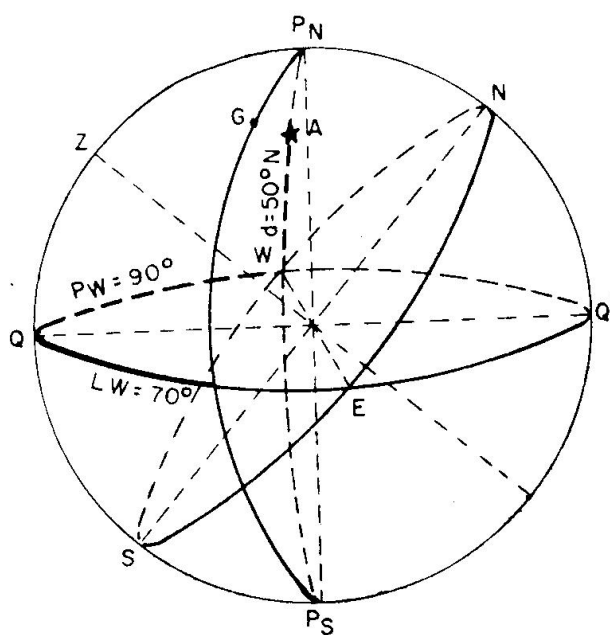


Fig. 1732. Ejercicio 1709

1711. RESUMEN DE LOS SISTEMAS DE COORDENADAS HORIZONTALES Y HORARIAS.—Para definir una coordenada es necesario decir: en qué círculo se cuenta, desde dónde se cuenta, en qué dirección se cuenta y hasta dónde se cuenta; por ello, a continuación, ponemos un cuadro recordatorio de estas coordenadas acabadas de estudiar.

COORDENADAS TERRESTRES HORIZONTALES Y HORARIAS

Nombre	Ab*	Contada en el	Contada desde	Dirección	Contada hasta	Valores límites	Observaciones
Latitud	1	Meridiano	Ecuador	Pn o Ps	Lugar o Cenit	0° a 90°	N, positivas; S, negativas.
Longitud	L	Ecuador	M. Greenwich	E u W	M° Lugar	0° a 180°	W, positivas; E, negativas.
Azimut	Z	Horizonte	Norte	E	Vertical	0° a 360°	
Azimut por cuadrantes	Z	"	N o S	E u W	"	0° a 90°	1° y 2°, cuad. positivos. 2° y 4°, cuad. negativos.
Azimut Ast. o Ang. Cenital	Za	"	Igual nombre que l	E u W	"	0° a 180°	
Amplitud	Ap	"	E u W	N o S	"	0° a 90°	Complemento Z por cuadrante.
Altura	a	Vertical	Horizonte	Cenit	Astro	0° a 90°	Positiva si es astro visible.
Distancia cenital	z	"	Cenit	Horizonte	"	0° a 90°	Astro visible, $z = 90° - a$.
Horario del lugar	hL	Ecuador	M.° super.	W	C° horario	0° a 360°	$hL = hG - L$.
Horario en Greenwich	hG	"	M.° super. Greenwich	W	"	0° a 360°	Ind. observador: $hG = hL + L$.
Angulo en el Polo	P	"	M.° super.	E u W	"	0° a 180°	$Pw = hL$; $Pe = 360° - hL$.
Declinación	d	C. Horario	Ecuador	Pn o Ps	Astro	0° a 90°	N, positivas; S, negativas.
Codeclinación o Dist. polar	Δ	"	Polo elevado	Ecuador	"	0° a 180°	$\left\{ \begin{array}{l} \text{si } d \text{ y } l \text{ igual nombre} \\ \Delta = 90 - d. \\ \text{si } d \text{ y } l \text{ distinto nombre} \\ \Delta = 90 + d. \end{array} \right.$

Ejercicio 1711.—Dibujar la esfera celeste de un observador en $l = 20^\circ$ N. Situar un astro A de coordenadas $Z = S 70^\circ E$, $a = 15^\circ$. Dibujar las coordenadas horarias y triángulo de posición. Dar los valores de los lados conocidos y ángulo cenital.

Resuelto en la fig. 1734.

Valores pedidos: colatitud = 70° ; distancia cenital = 75° ; ángulo en el polo = $110^\circ E$.

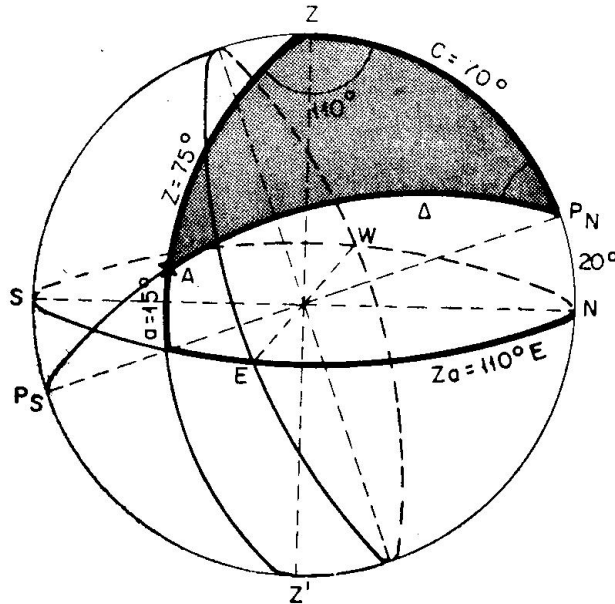


Fig. 1734. Ejercicio 1711

Ejercicio 1712.—Dibujar la esfera celeste de un observador en $lS = 50^\circ$. Situar un astro A de coordenadas $hL = 310^\circ$, $d = 10^\circ$ N. Dibujar las coordenadas horizontales y triángulo de posición. Dar los valores de los lados conocidos del triángulo de posición y ángulo en el polo.

Resuelto en la fig. 1735.

Valores pedidos: colatitud = 40° ; codeclinación = 100° ; ángulo en el polo = $50^\circ E$.

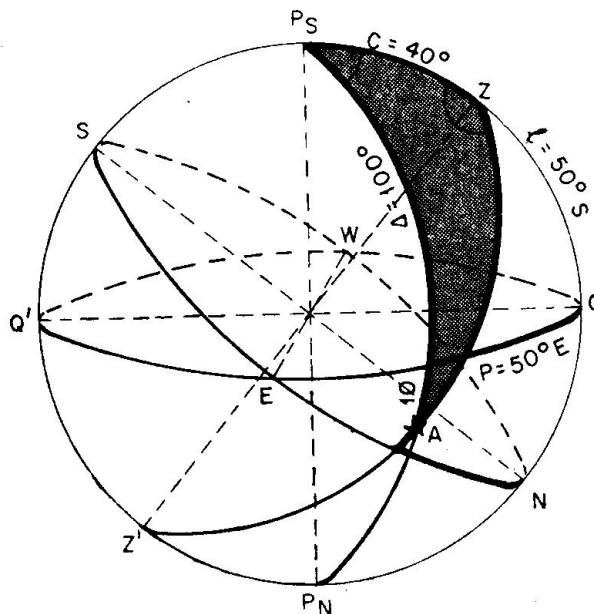


Fig. 1735. Ejercicio 1712

Capítulo XVIII

MOVIMIENTO APARENTE DE LOS ASTROS. ECLIPTICA

1801. MOVIMIENTO APARENTE DE LA ESFERA CELESTE.

En el primer curso estudiamos que la Tierra tiene dos movimientos, uno de giro alrededor de su eje y otro de traslación alrededor del Sol.

El movimiento de giro lo efectúa en un día girando el Ecuador en el sentido contrario a las agujas del reloj visto desde el Polo Norte (figura 1801); ahora bien, nosotros no apreciamos este movimiento, sino que nos parece que es la esfera celeste la que gira en sentido contrario, tardando también en un giro 24 horas. Esto es lo que vemos al contemplar una noche estrellada; las estrellas parecen que salen por el Este (cuando en realidad es la Tierra la que desciende por Oriente), ganan altura las estrellas, bajando más tarde ocultándose por el W (cuando en realidad es que la Tierra se levanta por Occidente).

En la fig. 1801 están dibujadas las flechas de los giros de la Tierra y el de la esfera celeste, teniendo en cuenta que el giro de la Tierra es real, pero no el de la esfera celeste, que es una consecuencia del terrestre; por eso al movimiento de la esfera celeste se llama aparente; el sentido de este movimiento es contrario a las agujas del reloj cuando

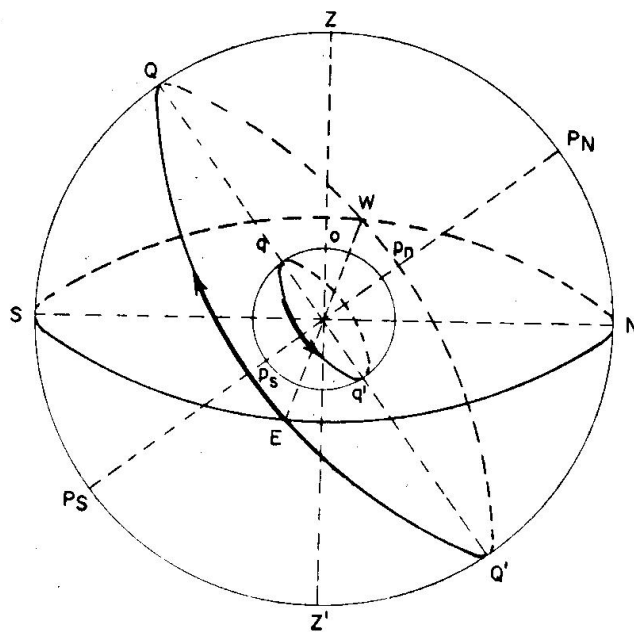


Fig. 1801. *Movimiento aparente de la Esfera Celeste*

se mira al Polo Norte celeste, y por ello cuando miramos a la Polar (figura 1802) todas las estrellas giran alrededor de ella en ese sentido. Si miramos al Polo Sur, el sentido de giro es igual al de las agujas del reloj.

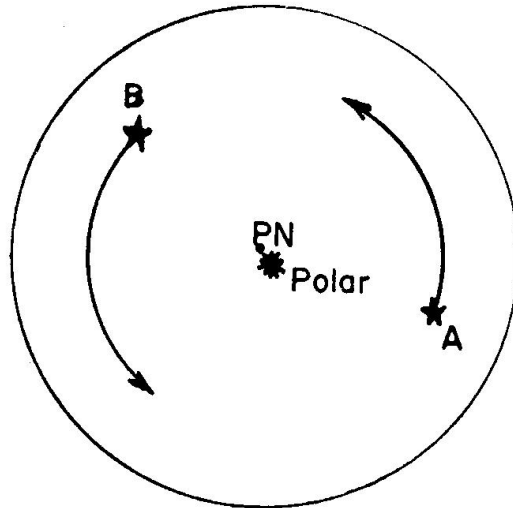


Fig. 1802. Movimiento aparente de las estrellas

1802. FENOMENOS QUE RESULTAN DEL MOVIMIENTO APARENTE DE LA ESFERA CELESTE.—Debido al movimiento aparente de la esfera celeste que acabamos de explicar, todas las estrellas recorren aparentemente unos círculos menores llamados “Paralelos”, por ser paralelos al Ecuador. El Sol, la Luna y los planetas no recorren exactamente estos paralelos, porque estos astros tienen movimiento propio y su movimiento aparente es combinación de los dos.

A simple vista nos damos cuenta de que los astros, por su movimiento aparente, cambian continuamente de altura y azimut.

Los astros que siempre están sobre nuestro horizonte, o sea, siempre son visibles, se llaman “circumpolares”. Para que esto ocurra, los paralelos que describen no tienen que cortar al horizonte.

Cuando los astros dejan de verse durante cierto tiempo, es señal de que sus paralelos cortan al horizonte; el arco de paralelo que está por encima del horizonte se llama “Arco Diurno”, porque si el astro es el Sol, durante ese recorrido es de día; el arco de paralelo que está bajo el horizonte se llama “Arco nocturno”, durante este recorrido no se ve el astro, si es el Sol, en ese instante ocurre la noche. Los astros que tienen arco diurno y nocturno tienen “orto” y “ocaso”, llamándose orto al instante en que sale por el horizonte (siempre hacia el E), y ocaso al momento en que se pone (siempre hacia el W).

Los astros que siempre están bajo nuestro horizonte se llaman “anticircumpolares”, nunca son visibles; por ejemplo, en nuestras latitudes nunca vemos a la Cruz del Sur por ser anticircumpolar.

Todos los astros visibles, en su recorrido, cortan al meridiano superior, siendo en ese instante cuando alcanzan la máxima altura, llamada de "culminación" o "altura meridiana".

Para comprender mejor estos fenómenos estudiaremos a continuación gráficamente (figura 1803) varios casos en una latitud Norte, como la nuestra.

"Astro A": Es circumpolar, porque su paralelo no corta al horizonte; su máxima altura la alcanza al cortar al meridiano superior (A') y la mínima al pasar por el meridiano inferior (A'').

"Astro B": Tiene arco diurno mayor que el nocturno, porque la declinación (QB') es del mismo nombre que la latitud (QZ). Tiene, por tanto, orto y ocaso, siendo el azimut al orto N al E y el del ocaso N al W. La altura máxima la alcanza el astro en B' (altura meridiana). En este instante no varía la altura del astro, quedándose parado durante unos segundos, ya que el astro pasa de subir en altura a bajar. Desde esta posición, el astro empieza a descender hasta el ocaso. En el orto y ocaso la altura es cero. En B'' corta al meridiano inferior con altura negativa máxima.

"Astro C": También tiene arco diurno y nocturno, pero el nocturno es mayor que el diurno porque la declinación es de nombre contrario que la latitud. El azimut al orto es S al E y al ocaso es S al W. Todos los demás fenómenos ocurren igual que en el caso anterior.

"Astro D": Es anticircumpolar, todo su paralelo está bajo el horizonte y, por tanto, nunca es visible.

Si el astro tiene declinación 0° , está en el Ecuador y recorre este círculo máximo, siendo el arco diurno igual al nocturno: para el Sol el día es igual a la noche.

Si el astro considerado es el Sol, sucede lo mismo: teniendo en cuenta que cuando se habla de arco diurno se refiere al día y el arco nocturno a la noche.

La esfera celeste que acabamos de ver corresponde a una latitud normal, llamada esfera celeste oblicua. Ahora bien, en el movimiento aparente de los astros existen los dos casos particulares siguientes:

"Esfera celeste recta" es la del observador en latitud cero u observador en el Ecuador (fig. 1804): en este caso, el horizonte es perpendicular al Ecuador: por tanto, todos los paralelos son cortados por el

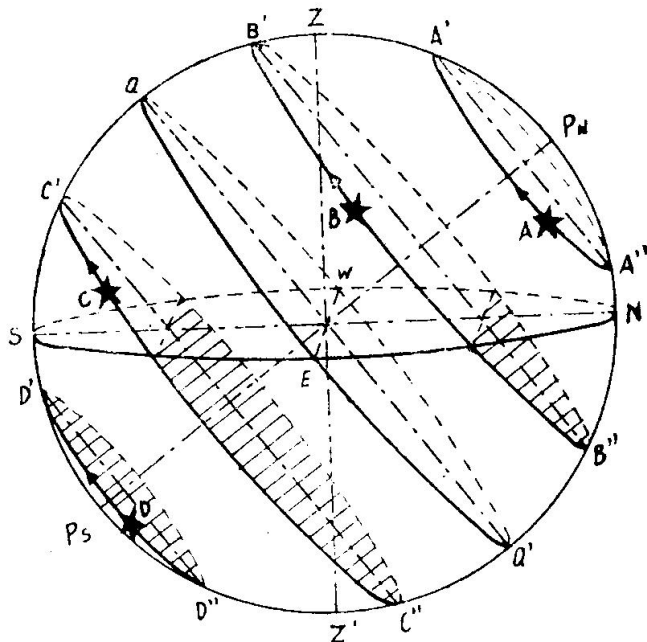


Fig. 1803. Esfera Celeste Oblicua

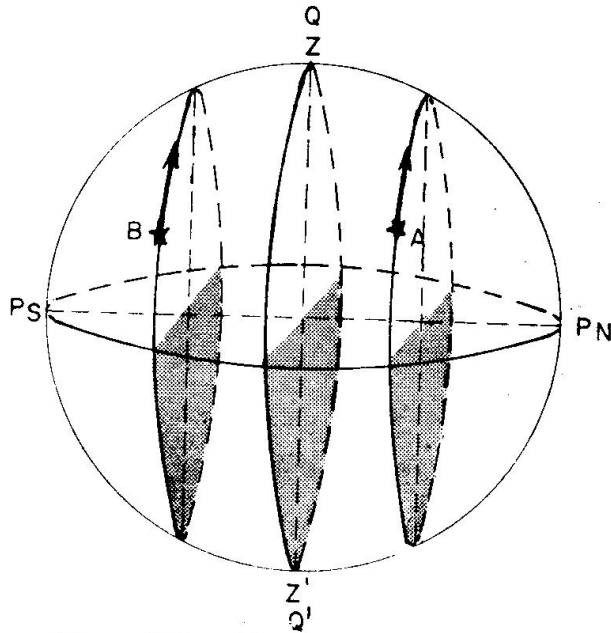


Fig. 1804. Esfera Celeste Recta

horizonte en partes iguales, lo que indica que este observador ve a todos los astros del Firmamento (A y B) teniendo arco diurno igual que el nocturno (12 h), o sea, que para el Sol todos los días son iguales a las noches.

“Esfera celeste paralela”, es la del observador en latitud 90° u observador en el Polo (figura 1805); en este caso, el horizonte se confunde con el Ecuador, y, por tanto, los paralelos que recorren los astros son paralelos al horizonte (almicantarat), consecuencia de ello es que el observador verá sólo los astros que tienen declinación de igual nombre que la latitud (A y B) y los tendrá siempre sobre su horizonte, o sea, son circumpolares; el resto de los astros nunca los verá, son anticircumpolares (C).

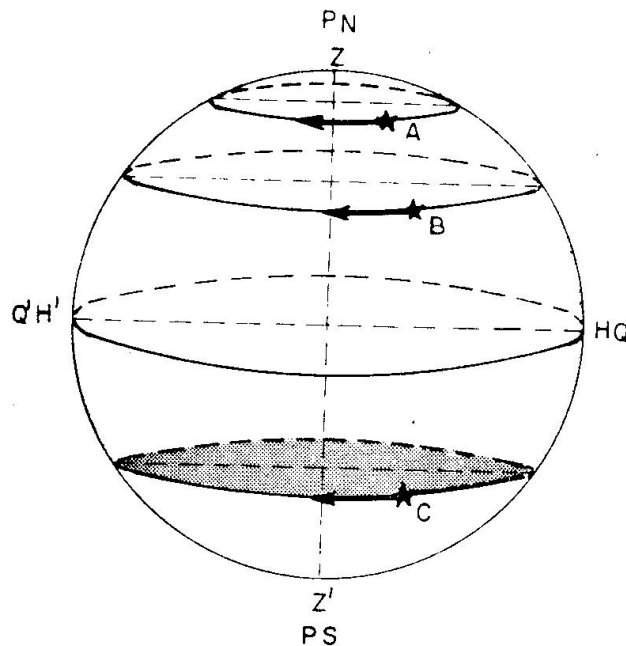


Fig. 1805 Esfera Celeste Paralela

1803. POSICION VERDADERA Y APARENTE DEL SOL.—El Sol es una estrella más del Firmamento que pertenece a la Vía Láctea; su posición verdadera es un foco de las elipses que recorren todos los planetas, entre ellos la Tierra.

Ahora bien, nosotros no nos damos cuenta de que es la Tierra la que recorre la elipse u órbita terrestre, sino que parece que estamos parados y es el Sol el que se mueve. En efecto, si la Tierra está en la posi-

ción 1 (fig. 1806), veremos al Sol en la posición 2, y al estar la Tierra en 2, veremos al Sol en 3; o sea, que nos parece se ha movido el arco de 2 a 3. Si tomamos distancias, éstas varían y resultaría que, aparentemente, el Sol recorrería una elipse en sentido contrario a las agujas del reloj mirando desde el polo norte terrestre; esta elipse es exacta-

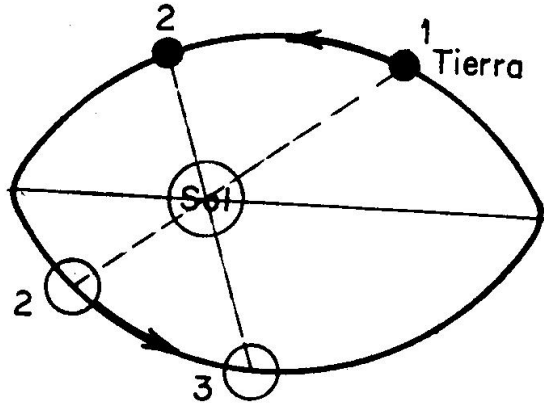


Fig. 1806. Órbita real de la Tierra

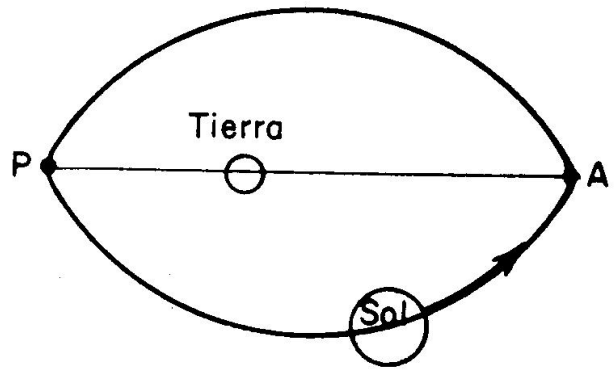


Fig. 1807. Órbita aparente del Sol

mente igual a la órbita real que describe la Tierra, ocupando el Sol uno de sus focos. En la fig. 1806 se ha dibujado la elipse real que describe la Tierra y en la fig. 1807 la aparente que recorre el Sol, ambas son iguales de dimensiones y, aunque esta elipse es muy parecida a una circunferencia, o sea, tiene poca excentricidad, se ha exagerado en el dibujo para dar idea de que es una elipse. En su recorrido tarda un año.

En resumen, podemos decir que la posición verdadera del Sol es fija ocupando un foco de la órbita terrestre y la posición aparente es móvil, recorriendo una elipse, en la cual la Tierra ocupa uno de los focos.

Como en Astronomía Náutica, lo que nos interesa son los movimientos relativos, desde ahora siempre hablaremos del movimiento aparente del Sol, aunque realmente no exista.

Al eje mayor de la elipse solar se llama "Línea de los Ap-sides", a los puntos extremos de esta línea se llaman "Apogeo" y "Perigeo", siendo el "Apogeo (A) el punto más lejano y el "Perigeo" (P) el más próximo (fig. 1807).

1 804. ECLIPTICA. — Acabamos de estudiar que el Sol aparentemente recorre una elipse alrededor de la Tierra. El plano de esta elipse está inclinado respecto al Ecuador un

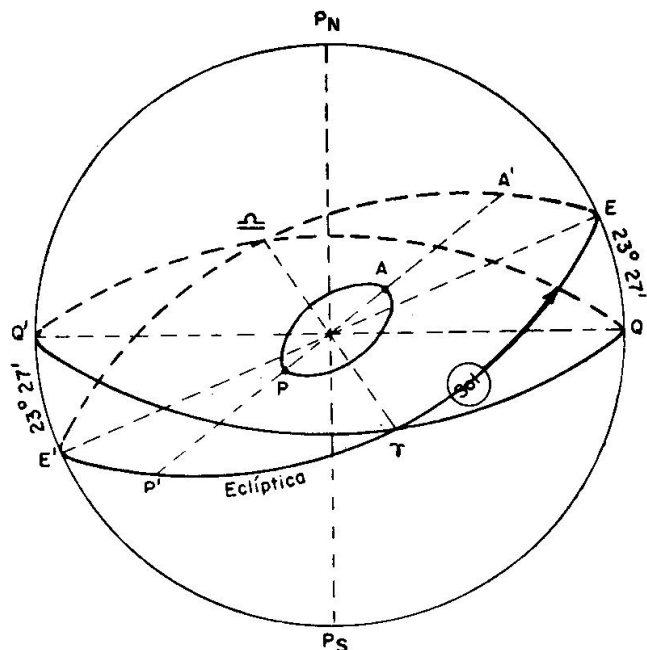


Fig. 1809. Eclíptica

ángulo de $23^{\circ}-27'$. Este plano corta a la esfera celeste en un círculo máximo que también está inclinado respecto al Ecuador un ángulo de $23^{\circ}-27'$. Este círculo máximo es el que parece que recorre el Sol, por ser lo que vemos en la esfera celeste.

En la fig. 1808 está dibujada la esfera celeste y la elipse que aparentemente recorre el Sol, pero como desde la Tierra vemos proyectados todos los astros sobre la esfera celeste, cuando el Sol está en A (Apogeo), lo vemos como si estuviese en A', punto de la esfera celeste, y lo mismo sucede cuando se encuentra en P (Perigeo), que lo vemos en P'. Por tanto, nos parece que el Sol describe este círculo, llamado "Eclíptica", en el sentido de la flecha, aunque si se tomaran distancias veríamos que éstas cambian, porque lo que recorre es una elipse y no una circunferencia. Por tanto, podemos definir la "Eclíptica" como el círculo máximo de la esfera celeste formado por las proyecciones del Sol en un año, recorriéndola el Sol con movimiento contrario a las agujas del reloj visto desde el Polo Norte.

Hemos dicho que la Eclíptica está inclinada respecto al Ecuador $23^{\circ}-27'$. Los puntos de corte de estos círculos máximos se llaman "Puntos equinociales", siendo uno Aries (τ) y el otro Libra (♎), se distingue uno de otro porque en Aries el Sol pasa de tener declinación negativa a positiva y en Libra sucede lo contrario: el Sol está en Aries el día 21 de marzo (cuando empieza la primavera) y en Libra el 23 de septiembre (cuando empieza el otoño). Los puntos E E', separados 90° de los anteriores, se llaman "Solsticios" y son los puntos en los cuales el Sol tiene la mayor declinación, denominándose al punto E (en el hemisferio Norte) Solsticio de verano, con declinación máxima positiva de $23^{\circ}-27'$, y al punto E' Solsticio de invierno (en el hemisferio Sur), con declinación máxima negativa de $23^{\circ}-27'$.

La línea de los apsidés (A P) está separada de la línea de los Solsticios (E E') unos 16° , por ello se ha dibujado la elipse en esta posición.

La Eclíptica es uno de los círculos más importantes de la esfera celeste: por esto conviene tener una idea clara de ella. El Sol recorre aparentemente este círculo debido únicamente al movimiento de traslación de la Tierra (no considerando el de rotación). es decir, que si la Tierra no tuviese el movimiento de rotación alrededor de su eje, veríamos al Sol describir en un año la eclíptica; pero al tener la Tierra también un giro diario alrededor de su línea de los Polos, vemos moverse al Sol con la combinación de los dos movimientos, y por ello no recorre diariamente un paralelo, como las estrellas (que están fijas), sino lo que hace es un movimiento de tirabuzón que va en medio año de declinación $23^{\circ}-27'$ S a declinación $23^{\circ}-27'$ N, y el otro medio año de $23^{\circ}-27'$ N a $23^{\circ}-27'$ S.

Debido a recorrer el Sol aparentemente la eclíptica, tanto el azimut al orto y ocaso como la altura meridiana varía diariamente, aunque en cantidades pequeñas, cosa que no sucede con las estrellas, que por estar aparentemente fijas en un mismo lugar, siempre salen y se ponen con el mismo azimut y su altura meridiana no varía sensiblemente.

1805. DURACION DE LOS DIAS SEGUN LA DECLINACION Y LA LATITUD.—Si el Sol estuviese fijo como las estrellas o, mejor dicho, la Tierra no tuviera movimiento de traslación alrededor del Sol, en cada lugar de la Tierra la duración de los días y las noches serían siempre iguales; pero al recorrer aparentemente la Eclíptica, la declinación del Sol varía entre $23^{\circ}-27'$ Norte y $23^{\circ}-27'$ Sur, lo cual hace que los días no sean iguales.

Suponiendo un observador en latitud Norte (fig. 1809), en medio año el Sol pasa de tener su máxima declinación en A a la mínima en C. Estando en A recorre prácticamente el paralelo dibujado, apreciándose que el día o arco diurno (Sol encima del horizonte) es mayor que la noche o arco nocturno. A medida que la declinación disminuye, los días son más cortos, pero siendo la declinación norte siguen siendo los días más largos que las noches, hasta llegar a tener declinación cero, o sea, Sol en el Ecuador (astro en B); entonces recorre el Ecuador, y para todos los lugares de la Tierra el día es igual a la noche: por eso se llama a los puntos Aries y Libra puntos equinociales, en este caso el Sol sale por el punto cardinal Este y se pone por el Oeste.

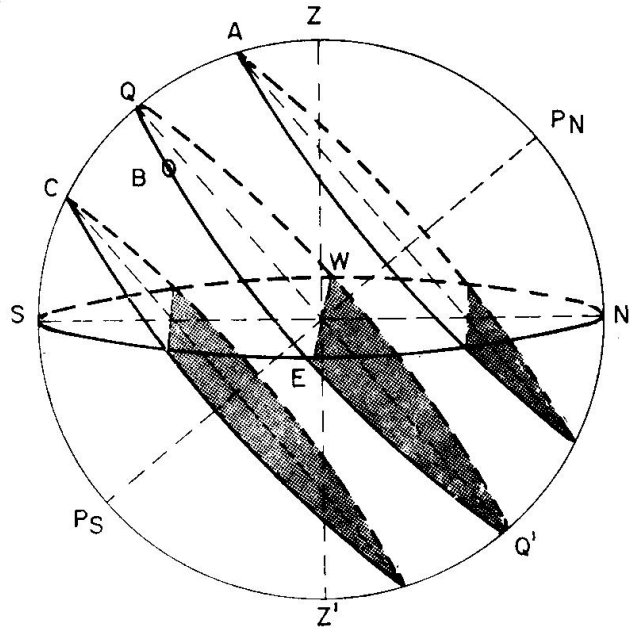


Fig. 1809. Duración de los días

A partir de aquí el Sol tiene declinación negativa o Sur y los días son menores que las noches hasta tener declinación $23^{\circ}-27'$ Sur (astro en C), que es cuando el día es el menor del año para latitudes norte y la noche más larga.

Lo mismo sucede con los observadores en latitud Sur, pero entonces los días son más largos que las noches cuando el Sol tiene declinación Sur (igual nombre que la latitud), y menores cuando la declinación es Norte.

En resumen, podemos decir: “Los días son más largos que las noches cuando la declinación y la latitud son del mismo nombre; si la declinación vale 0° , el día es igual a la noche, y si son de distinto nombre, la noche es mayor que el día”.

En el caso de la esfera celeste recta, observador en latitud cero (figura 1804), ya dijimos que los días son iguales a las noches.

En el caso de la esfera celeste paralela, latitud del observador 90° (figura 1805), el Sol está sobre el horizonte siempre que la declinación tenga el mismo nombre que la latitud, y bajo el horizonte cuando tiene declinación de nombre contrario. O sea, en los polos, el día dura 6 meses y la noche otros 6 meses.

Aparte de estos casos extremos, siempre que el observador tenga una latitud mayor de $90^{\circ} - (23-27')$, o sea, de $66^{\circ}-33'$, tanto Norte como Sur; hay días en que el Sol está siempre sobre el horizonte. Lo primero ocurre cuando el Sol tiene grandes declinaciones del mismo nombre que la latitud y no es visible cuando estas grandes declinaciones son de nombre contrario.

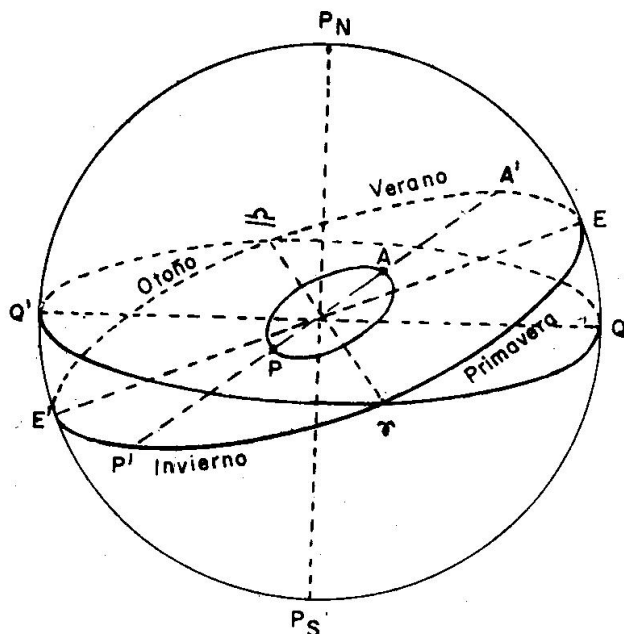


Fig. 1810. Estaciones

1806. ESTACIONES.—Los equinoccios y los solsticios dividen a la Eclíptica en cuatro cuadrantes (fig. 1810). El tiempo que tarda el Sol en ir de estos puntos al siguiente se llama "Estación", por lo que existen cuatro estaciones en el año, que son:

1) "Primavera": Estación durante la cual el Sol recorre el arco τE de Eclíptica, o sea, va desde Aries (Equinoccio de Primavera) hasta E (solsticio de verano). La declinación varía de 0° a $23^{\circ}-27'$ Norte. Empieza el 21 de marzo y termina el 21 de junio.

2) "Verano": Estación en la cual el Sol recorre el arco de Eclíptica $E \simeq$, o sea, el Sol va desde E (solsticio de verano) hasta Libra (equinoccio de otoño). La declinación del Sol varía desde $23^{\circ}-27'$ Norte a 0° . Empieza el 21 de julio y termina el 23 de septiembre.

3) "Otoño": Estación en la cual el Sol recorre el arco de Eclíptica $\simeq EY$, o sea, va desde Libra (equinoccio de otoño) hasta E' (solsticio de verano). La declinación varía de 0° a $23^{\circ}-27'$ Sur. Empieza el 23 de septiembre y termina el 21 de diciembre.

4) "Invierno": Estación durante la cual el Sol recorre el arco de Eclíptica $E' \tau$, o sea, va desde E' (solsticio de invierno) hasta Aries (equinoccio de primavera). La declinación cambia desde $23^{\circ}-27'$ Sur a 0° . Empieza el 21 de diciembre y termina el 21 de marzo.

Las estaciones no tienen todas la misma duración. La más larga es el verano, que dura aproximadamente 93 días y 14 horas; sigue la primavera, con 92 días y 21 horas; el otoño, que tiene 89 días y 18 horas, y, por el último, el invierno, que dura 89 días y una hora. La diferencia entre el verano y el invierno es aproximadamente de cuatro días y medio.

Las causas de que las estaciones no sean iguales, a pesar de que los cuadrantes de la eclíptica lo son, es debido a que en realidad lo que recorre el Sol aparentemente no son estos cuadrantes de circunferencia, sino son arcos de elipses, y éstos no son iguales; además, la velocidad con que el Sol recorre su órbita no es uniforme, siendo menor cuanto más alejado está. Por ello se ve en la fig. 1810 que cuando el Sol recorre

el arco $E \approx$ (en verano) es cuando más alejado se encuentra por pasar por el Apogeo (A) y la velocidad es mínima, de ahí que el verano sea la estación más larga, mientras que en invierno el Sol recorre el arco $E' \tau$ y el Sol pasa por el Perigeo (P), o sea, por el punto más próximo y su velocidad es máxima, siendo la estación más corta. La duración del otoño y primavera son intermedias.

Hemos dicho que cuando el Sol tiene declinación del mismo nombre que la latitud, los días son más largos que las noches; por ello en el hemisferio norte en primavera y verano los días son más largos, y, en cambio, en otoño e invierno los días son más cortos que las noches, porque el Sol tiene declinación Sur. Lo contrario pasa en el hemisferio Sur.

1807. ZONAS Y CLIMAS.—

En el curso 1.º dijimos que la Tierra se dividía en cinco zonas limitadas por unos paralelos, estas zonas eran una zona tórrida, dos zonas templadas y dos zonas glaciares. Una vez estudiada la órbita aparente del Sol en la esfera celeste o eclíptica, podemos explicar el porqué de estas zonas.

La zona tórrida (fig. 1811) está comprendida entre los paralelos de latitud $23^{\circ}-27'$ N y $23^{\circ}-27'$ S, coincide con la máxima y mínima declinación del Sol, y, por tanto, este astro alcanza grandes alturas en esta zona, llegando a culminar en el Cenit (altura 90°) dos veces al año; al llegar los rayos solares casi perpendicularmente, es la más calurosa.

En las dos zonas templadas los rayos solares llegan más oblicuamente, nunca pasa el Sol por el Cenit, y a medida que aumenta la latitud menos altura alcanza este astro, y por ello la temperatura es menor que la anterior.

En las dos zonas glaciares los rayos solares inciden muy oblicuamente, calentando muy poco. En estas zonas el día y la noche tienen gran duración, tanto mayor cuanto mayor es la latitud, hasta llegar a los Polos, en que la noche y el día duran seis meses.

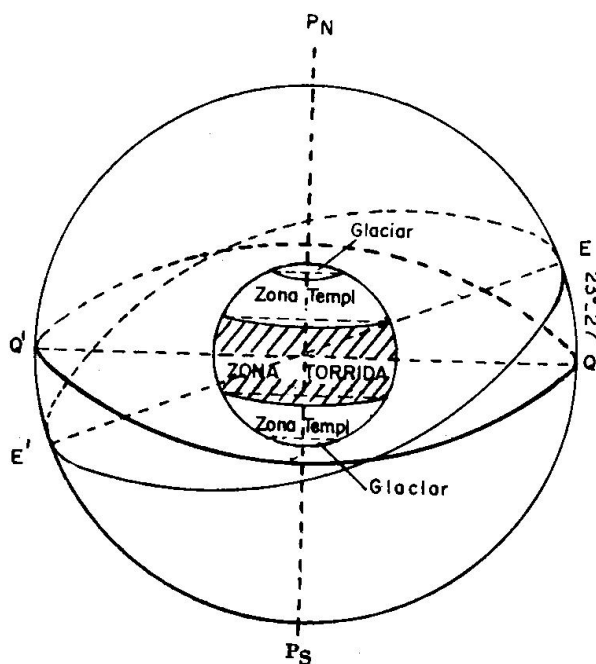


Fig. 1811. Zonas terrestres

Capítulo XIX

PLANETAS. LUNA. CONSTELACIONES

1901. MOVIMIENTO DE LOS PLANETAS.—Todos los planetas, lo mismo que la Tierra, tienen dos movimientos, uno de rotación alrededor de su eje y otro de traslación alrededor del Sol.

Por el movimiento de traslación, todos los planetas recorren unas elipses en sentido contrario a las agujas del reloj vistos desde el Polo Norte; en este movimiento el Sol ocupa uno de los focos de cada elipse, estos movimientos siguen unas leyes inmutables dadas por Kepler.

En realidad, las elipses tienen poca excentricidad, es decir, tienen poco achatamiento, pareciéndose circunferencias (figs. 201 y 202).

Los tiempos que tardan los planetas en dar una vuelta alrededor del Sol son tanto mayores cuanto más alejados están de dicho astro, por eso Plutón tarda algo más de 248 años.

Los planetas en orden de aproximación al Sol son: Mercurio, Venus, La Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón. Existen, además, varios miles de planetas pequeños llamados asteroides, cuyas órbitas están entre Marte y Júpiter. Los planetas que vemos a simple vista son: Venus, Marte, Júpiter y Saturno, los cuales se distinguen de las estrellas en que no centellean y brillan porque reflejan la luz del Sol; como tienen movimiento propio, no permanecen siempre en la misma posición respecto a las estrellas, y por ello cambian de lugar.

Los satélites conocidos son: La Tierra tiene la Luna; Marte tiene dos pequeños satélites; Júpiter tiene once satélites; Saturno tiene diez; Urano tiene 4, y Neptuno sólo tiene un satélite; en total se conocen veintinueve satélites.

Los satélites se trasladan alrededor de sus planetas recorriendo órbitas elípticas, ocupando el planeta uno de los focos, y también siguen en este movimiento las leyes de Kepler.

1902. LA LUNA Y SUS MOVIMIENTOS.—La Luna es el único satélite de la Tierra y el que tiene más dimensión comparado con el planeta a que pertenece; en la fig. 1901 se ve a escala el tamaño de nuestro planeta y la Luna. Su superficie presenta un aspecto muy accidentado, con multitud de alturas y depresiones análogas a las regiones volcánicas de la Tierra, pero se diferencia de ella por la ausencia de formaciones rocosas que revelan la ausencia de agua, y por ello no se ven los valles característicos de la Tierra. Los montes más altos de la Luna tienen unos 11.000 metros de altura.

La Luna tiene dos movimientos, uno de traslación alrededor de la Tierra y otro de giro alrededor de su eje.

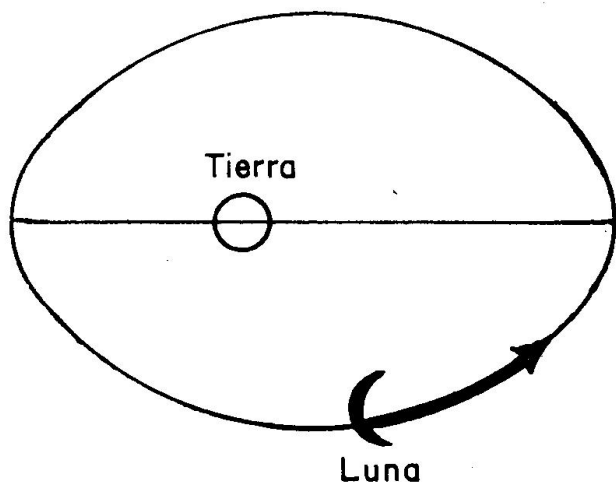


Fig. 1902. Órbita lunar

Por el movimiento de traslación, la Luna describe una elipse llamada "órbita lunar", ocupando la Tierra uno de sus focos, es decir, es un movimiento parecido al de la Tierra alrededor del Sol, efectuándolo también en sentido contrario a las agujas del reloj mirando desde el Polo Norte de la Tierra (fig. 1902). Esta elipse tiene muy poca excentricidad, o sea, es muy parecida a una circunferencia y tarda unos 27 días y medio en recorrerla.

Al ser la trayectoria una elipse, la distancia a la Tierra varía, siendo la distancia media de unos 60 radios terrestres, lo que supone unos 384.000 kilómetros.

El plano que contiene a la órbita lunar corta a la esfera celeste en un círculo máximo análogo, al que llamamos, para el movimiento aparente del Sol, "Eclíptica", pero este movimiento de la Luna es real y no aparente. Este círculo máximo dado por el movimiento de la Luna está inclinado respecto a la Eclíptica algo más de 5° . En la fig. 1903 se ha representado la Eclíptica y la órbita lunar: a los puntos de corte de este círculo con la Eclíptica se llaman "Nodos" (A y B). Al tener sólo esta pequeña inclinación de unos 5° quiere decir que la Luna tiene declinaciones que pueden ser mayores que la del Sol en esos 5° , y por ello, tanto los azimutes de orto y ocaso del Sol y la Luna como las alturas máximas o alturas meridianas que alcanzan son muy parecidas.

Como la Luna tarda sólo unos 27 días en recorrer su órbita, es el astro de la esfera celeste que se aprecia mejor cómo varían sus posiciones respecto las estrellas y respecto el Sol, cuya órbita aparente la recorre en un año.

La Luna en dar una vuelta alrededor de su eje tarda lo mismo que en trasladarse alrededor de la Tierra, o sea, aproximadamente veintisiete días y medio; por ello nosotros sólo vemos una cara del disco lunar y se desconoce la forma que tiene, aunque se cree debe ser parecida a un huevo con el eje mayor mirando hacia la Tierra, viendo sólo el disco central.

Estamos viviendo una época en la que el hombre ha llegado a la Luna. A partir de ahora, se irán conociendo muchos datos de nuestro Satélite, tanto de su formación física, como de su forma.

1903. FASES DE LA LUNA.—En el Curso 1.^o (Art. 206) se estudió con algún detalle el fenómeno de las fases de la Luna, por el cual nuestro satélite presenta aspectos diferentes, variando desde Luna nueva a Luna llena.

Una vez estudiados los movimientos, aparente del Sol recorriendo la Eclíptica y el real de la Luna, podemos entender lo que estudiamos en el curso anterior.

El Sol recorre la Eclíptica en sentido contrario a las agujas del reloj (fig. 1903), como tarda un año en recorrer 360° , podemos decir que, aproximadamente, recorre 1° al día. La Luna recorre su órbita lunar en unos 27 días y medio; también en el mismo sentido, contrario a las agujas del reloj, o sea, que recorre unos 13° al día. Por tanto, la Luna se mueve respecto al Sol con una velocidad de unos 12° al día.

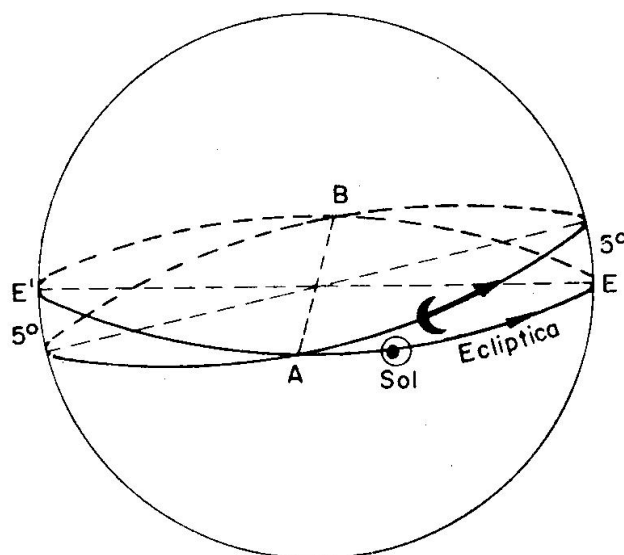


Fig. 1903. Órbita lunar en la Esfera Celeste

Con lo que acabamos de decir se comprende que si partimos de Luna nueva (Sol y Luna en la misma dirección), al volver la Luna a la misma posición habrá tardado 27,5 días, mientras tanto el Sol ha recorrido unos 27° (1° al día, como dijimos) y la Luna tarda en volver a estar en Luna Nueva algo más de dos días (velocidad 12° al día). De aquí la explicación de que las fases lunares se repitan en esos 29 días y medio.

No perder de vista que el movimiento de la Luna es real y el del Sol aparente, consecuencia del movimiento real de la Tierra.

1904. CONSTELACIONES.—Se llaman Constelaciones a los grupos o reunión de estrellas que desde la Tierra se ven siempre con forma determinada. La forma de las constelaciones es debida a un efecto de perspectiva, ya que si el observador pudiera colocarse en un punto lejano de la Tierra, la constelación aparecería en forma muy distinta.

Para el navegante, el interés que presenta las constelaciones es por facilitarle el reconocimiento o identificación de las estrellas, que observará con el sextante para obtener su situación.

En el Curso 1.^o (Art. 209) se explicó las dos enfilaciones, “Osa Mayor” o “Carro” y “Cassiopea”, importantes para reconocer a la estrella Polar, muy observada en el hemisferio Norte para obtener la latitud.

Quizás la Constelación más bonita del Firmamento sea la de “Orión” (figura 1904); está constituida principalmente por cuatro estrellas, dos de las cuales son de primera magnitud, “Betelgeuse” y “Rigel”, y dos de segunda magnitud, “Bellatrix” y “Saiph”, que forman un cuadrilá-

tero, en el centro del cual se encuentran tres estrellas en línea recta llamada las "Tres Marías" o "Cinturón de Orión". Entre las tres Marías pasa el Ecuador.

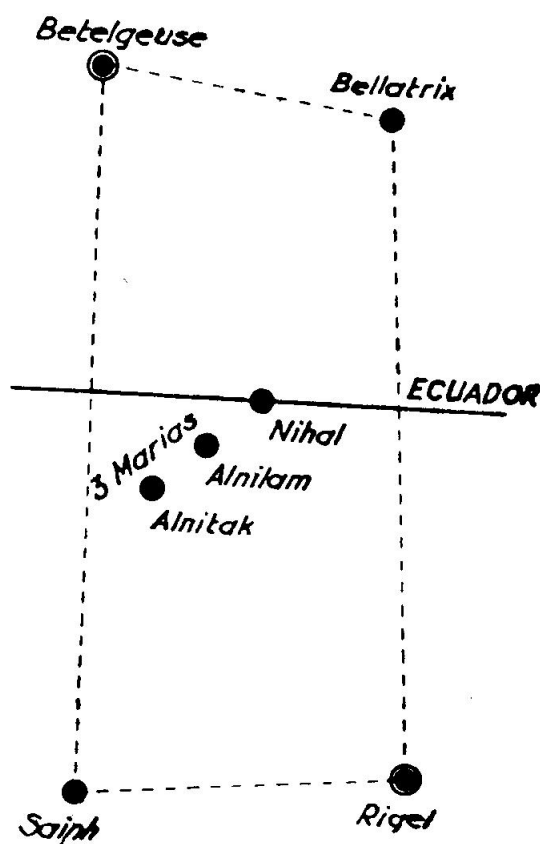


Fig. 1904. Constelación de Orión

1905. NEBULOSAS.—Algunas regiones del Cielo presentan a simple vista un aspecto lechoso o nebuloso, como si fueran manchas de luz poco intensa. El ejemplo más característico lo constituye la "Vía Láctea", que se extiende a lo largo de un círculo máximo en la esfera celeste, formada principalmente por una multitud de estrellas, aparentemente tan juntas que a simple vista no se pueden distinguir, pero que vistas por el telescopio se aprecia la separación entre ellas; el Sol es una de las muchas estrellas de la Vía Láctea.

Sin embargo, hay otras nebulosas que, aun con los más potentes telescopios, se ven con aspecto lechoso, sin distinguirse estrellas. Estas nebulosas están formadas por materias gaseosas a bajas temperaturas, con luz propia y que ocupan espacios inmensos.

Capítulo XX

TIEMPO. DIAS. HORAS. HORARIOS

2001. CONCEPTO GENERAL DEL TIEMPO.—No se puede definir el tiempo por ser su concepto intuitivo; puede considerarse como una sucesión de fenómenos o acontecimientos que los sentimos; también puede considerarse como una coordenada y de ahí la gran importancia que tiene en Astronomía Náutica.

El tiempo abarca dos conceptos diferentes: época e intervalo; el primero indica el momento en que se verifica un hecho o acontecimiento (por ejemplo, el día en que nacimos), y el intervalo expresa el tiempo que ha transcurrido entre dos épocas (por ejemplo, la primavera es el intervalo de tiempo que ha transcurrido entre que el Sol va de Aries al equinocio de verano, que son las dos épocas).

Lo primero que hay que hacer para contar el tiempo es elegir una época u origen; éstas han sido para los cristianos el nacimiento de Nuestro Señor Jesucristo, para los romanos fue la fundación de Roma, etc.

Para medir el tiempo es necesario contar con un fenómeno periódico, que se repita continuamente y con la misma fase, lo que sucede con numerosos fenómenos astronómicos basados en el movimiento aparente de los astros, pudiendo escogerse el Sol, una estrella, la Luna, etc.

En general, la variación del horario del lugar de un astro cualquiera puede servir para la medida del tiempo, por ello al horario de un astro se le puede llamar tiempo del astro, resultando tantos tiempos diferentes como astros existen, y la unidad de medida de este tiempo es “el intervalo que transcurre entre dos pasos seguidos del astro por el mismo meridiano”, llamándose, en general, a este intervalo “día del astro”.

De todos los astros, para medir el tiempo se toman los siguientes:

“Primer Punto de Aries”, recordamos que no es un astro, sino el punto de corte del Ecuador y la Eclíptica, cuando el Sol pasa de declinación Sur a Norte; punto perfectamente determinado en la esfera celeste. A este tiempo se llama “tiempo sidereo”.

“Sol real”, o sea, el Sol que vemos, que da el “tiempo verdadero”.

“Sol medio” (del cual hablaremos), y que da el “tiempo civil”.

Todos estos tiempos tienen su día y su hora u horario: tiempo sidereo, da el día sidereo y hora siderea (Hs) u horario de Aries ($h\tau$); tiempo verdadero, da el día verdadero y hora verdadera (Hv) u horario del Sol verdadero (ho); tiempo civil, da el día civil y hora civil (Hc).

Estos tres días, como todos los que pudiéramos deducir (tantos como astros) son diferentes debido a que su duración no sólo depende de la rotación de la Tierra, que es uniforme e igual para todos, sino además del movimiento propio del astro, así como del primer punto de Aries, que tiene un pequeño movimiento en sentido de las agujas del reloj visto desde el Polo Norte.

Para la medida de los intervalos pequeños, los días se dividen en 24 horas, la hora en 60 minutos y el minuto en 60 segundos.

En resumen, podemos decir que la unidad de medida del tiempo es el día, siendo diferente el día sidereo, día verdadero y día civil, o sea, que podemos medir un intervalo con estas tres unidades, que al ser diferentes también darán unas magnitudes diferentes.

2002. EL MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL NO ES UNIFORME.—Hemos dicho que aparentemente el Sol recorre una elipse con velocidad no uniforme, o sea, no constante, y por ello nosotros veremos al Sol recorrer la Eclíptica en la esfera celeste con velocidad también variada.

¿Qué significa esto?, pues que el Sol que vemos, que se llama “sol verdadero”, no sirve para medir el tiempo, ya que es como si tuviéramos un reloj cuyas agujas no girasen con la misma velocidad. Por tanto, aunque el tiempo verdadero tiene gran importancia como coordenada por ser igual al horario del Sol, no nos sirve para medir el tiempo. Además, hay que tener en cuenta que este Sol es fundamental para contar el tiempo, ya que nuestra vida está regulada por el día, la noche, etc., que nos da este astro.

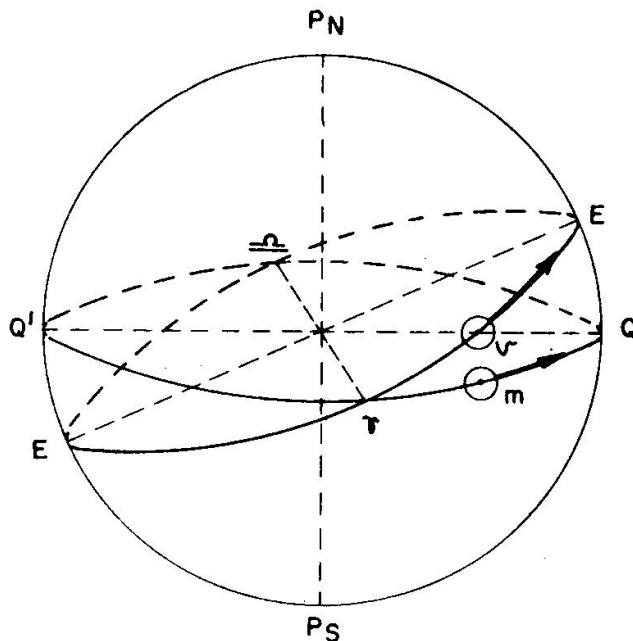


Fig. 2001. Sol verdadero y Sol medio

el Sol medio recorre el arco de Ecuador τQ con velocidad uniforme. Por tanto, el Sol medio tarda en recorrer el Ecuador un año y sirve para medir el tiempo por ir con velocidad constante.

2003. SOL MEDIO. — Por lo que acabamos de decir, que el Sol verdadero no nos sirve para medir el tiempo, se ha ideado un Sol imaginario que no existe y que se llama “Sol medio”, que nos sirve para la medida del tiempo. Este Sol medio recorre el Ecuador en el mismo tiempo que el Sol verdadero recorre la Eclíptica, pero con velocidad uniforme; los dos soles, verdadero y medio, se encuentran al mismo tiempo en Aries y Libra, pero mientras que el Sol verdadero recorre el arco de Eclíptica τE con velocidad variable (fig. 2001),

Como el Sol medio y el verdadero pasan por el meridiano con poca diferencia de tiempo, el tiempo regulado por el Sol medio está de acuerdo con el Sol que vemos y no sucederá que una hora de día resulte que sea noche, o viceversa.

2004. DIA VERDADERO.—Es el intervalo de tiempo que transcurre entre dos pasos seguidos del Sol verdadero (el que vemos) por el mismo meridiano superior, o sea, que empieza y termina al mediodía, cuando el Sol está en la meridiana. Este instante del principio del día verdadero es muy observado en los buques con el sextante, pues al pasar el Sol por el meridiano superior y conocer su altura se obtiene fácilmente la latitud del barco.

El día verdadero, como todo día, se divide en 24 horas, llamadas verdaderas, la hora en 60 minutos y el minuto en 60 segundos. Como acabamos de estudiar, el Sol no tiene velocidad uniforme, sus días, horas, minutos y segundos no son iguales, por lo que no puede servir para medir el tiempo, ya que la velocidad de las agujas del reloj tendría que variar continuamente. La diferencia entre el día verdadero más largo y más corto del año vale 51 segundos.

Al ser el día verdadero el tiempo que tarda el Sol verdadero en pasar dos veces consecutivas por el meridiano superior de un lugar, es lo mismo que decir que el Sol pase de tener horario del lugar (hL) cero a volver a ser cero, por tanto, vemos que la hora verdadera es igual al horario del Sol verdadero. En realidad, nunca hablamos de hora verdadera, sino de horario del Sol, como le llama el Almanaque Náutico (dando la coordenada en grados y no en tiempo).

2005. DIA MEDIO.—Es el día que está regulado por el Sol medio; por tanto, es el intervalo de tiempo transcurrido entre dos pasos seguidos del Sol medio por el mismo meridiano superior.

Como el Sol Medio recorre el Ecuador con velocidad constante, todos los días medios son iguales y los relojes pueden marcar este tiempo. El día medio se divide en 24 horas medias, la hora en 60 minutos y el minuto en 60 segundos.

El día medio y verdadero empiezan y terminan con muy poca diferencia, a esta diferencia se llama "ecuación de tiempo", su valor máximo es de $16,4^m$; unos días es el día verdadero más largo que el medio y otros más corto, según que la velocidad del Sol verdadero en esos días sea mayor o menor que la velocidad constante del Sol medio.

2006. DIA CIVIL.—También está regulado por el Sol medio, pero en lugar de contar este día a partir del Meridiano superior, como los días verdadero y medio, se cuenta a partir del Meridiano inferior, por tanto, se define como "el intervalo de tiempo que transcurre entre dos pasos seguidos del Sol medio por el mismo Meridiano inferior del lugar". Los días medio y civil tienen exactamente la misma duración, aunque empieza uno doce horas antes que el otro.

El día civil tiene gran importancia por ser el que se ha adoptado en la vida, empezando a medianoche; el día medio carece de importancia

y no volveremos a hablar más de él; el día verdadero también es importante, aunque no hablaremos de horas verdaderas, sino de horarios del Sol, que es lo mismo.

Para darnos cuenta del problema que se nos presentará más adelante, diremos que el Sol verdadero es el que observamos con el sextante para obtener su altura y de ella la distancia cenital (lado del triángulo de posición) y de la hora del reloj, que está regulado por el tiempo civil, obtenemos el horario del Sol o ángulo en el Polo (ángulo del triángulo de posición).

2007. HORAS.—Acabamos de decir que los días se dividen en 24 horas; por tanto, hay tantas clases de horas como días.

La importancia que tiene el tiempo en Astronomía Náutica es que la hora de un astro es lo mismo que el horario, coordenada que se cuenta en el Ecuador. Es decir, que si sabemos que la hora verdadera es tres horas, significa que hace tres horas pasó el Sol por el meridiano superior de nuestro lugar, y es lo mismo que decir que el horario del lugar del Sol vale tres horas; el primer concepto de tres horas es de tiempo, el segundo de horario, o sea, de arco de Ecuador que va desde el Meridiano superior hasta el círculo horario del astro.

La hora verdadera se puede obtener conociendo la coordenada horario del lugar del Sol, y la hora civil se obtiene de la hora del cronómetro del barco, como más adelante veremos.

2008. DIFERENCIA DE HORAS ENTRE DOS LUGARES.—En el Curso primero estudiamos que la diferencia de horas entre dos lugares es igual a la longitud.

Efectivamente, como las horas se cuentan desde el Meridiano superior (hora verdadera) o desde el Meridiano inferior (hora civil), todos los lugares de la Tierra de distinta longitud (distinto Meridiano) contarán diferentes horas, siendo esta diferencia la misma que la diferencia de longitud entre ambos lugares, ya que esta diferencia es igual a la

separación de los Meridianos.

En toda la Tierra se toma el tiempo civil para medir el tiempo. Si suponemos en la figura 2002 que el Sol está pasando por el Meridiano inferior de un lugar de cenit (Z), o sea, que allí está empezando el día civil, y en otro lugar de cenit (Z') el Sol medio ya ha pasado hace tres horas por el Meridiano inferior ($\Delta H = 3^h$), vemos en la figura que estas tres horas es lo mismo que el arco de Ecuador que separa los Meridianos inferiores de ambos lugares, e igual a la separación

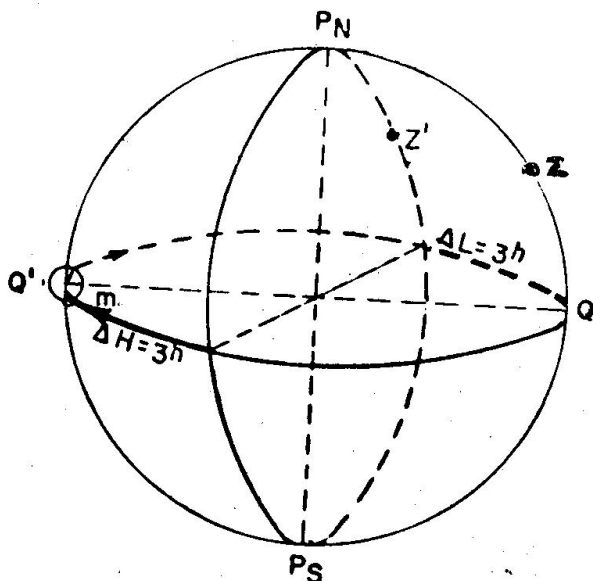


Fig. 2002. Diferencia de HcL entre dos lugares

entre Meridianos superiores o diferencia de longitud (ΔL).

Para ver mejor los problemas que se presentan en las horas, es muy conveniente dibujar el Ecuador en el plano del papel, o sea, como visto desde el Polo elevado, el cual se encontrará en el centro de dicho círculo; el Meridiano será un diámetro, lo mismo que los círculos horarios, y el cenit se encontrará en el Meridiano separado de la circunferencia una distancia proporcional a la latitud. El caso de la fig. 2002 está dibujado en la 2003 de esta forma; el Sol medio situado en el Meridiano inferior de Z hace tres horas que pasó por el Meridiano inferior de Z', o sea, que serán las tres horas.

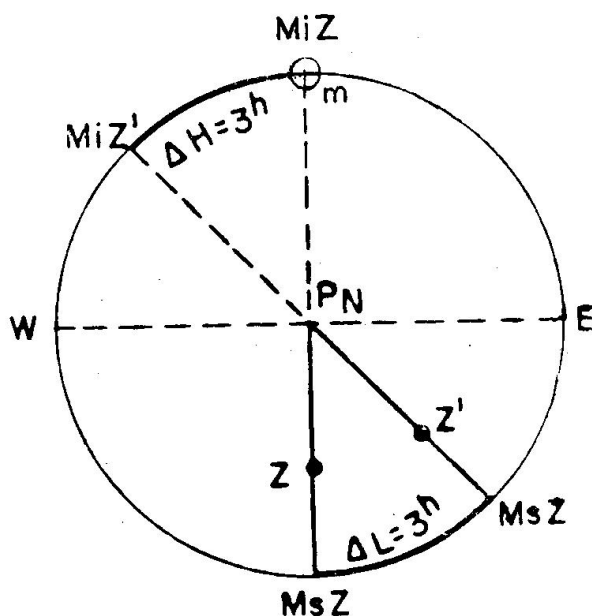


Fig. 2003. Diferencia de HcL entre 2 lugares

En esta figura también vemos que la diferencia de hora entre esos lugares es igual al arco de Ecuador comprendido entre los dos Meridianos o, lo que es lo mismo, a la diferencia de longitud de los dos lugares.

2009. HORA CIVIL EN GREENWICH (HcG).—Debido a que la hora civil del lugar es diferente para cada lugar o Meridiano, se ha tomado la hora civil del Meridiano de Greenwich para entrar en el Almanaque Náutico para uso de los navegantes.

Al tiempo referido al meridiano de Greenwich se llama también “tiempo universal” (TU), y a las horas civiles de dicho meridiano, “horas civiles en Greenwich” (HcG). O sea, que la hora civil en Greenwich es el tiempo que hace pasó el Sol medio por el Meridiano inferior de Greenwich, o como coordenada el arco de Ecuador que va desde el Meridiano inferior de Greenwich hasta el Sol medio, en el sentido de las agujas del reloj visto desde el Polo Norte.

Teniendo en cuenta la definición, no cabe duda que en un mismo instante todos los lugares de la Tierra tienen la misma hora civil en Greenwich por contarse desde un Meridiano fijo, que es el de Greenwich.

Como la longitud se cuenta desde el Meridiano de Greenwich, resulta la fórmula muy importante:

$$HcG = HcL + L$$

dando a las longitudes W signo positivo y a las longitudes E signo negativo. O sea, la hora civil en Greenwich es mayor que la hora civil del lugar cuando la longitud es W y es menor cuando la longitud es E; cosa lógica, ya que el Sol sale por el E y y Greenwich contará menos horas

que los lugares al E, y por la misma razón contará más horas que los lugares de LW.

En los problemas pueden presentarse los dos casos siguientes:

1.—Si al sumar (por ser longitud W) la HcG da una cantidad mayor de 24 horas, quiere decir que esta HcG es del día siguiente respecto al lugar en que nos encontramos, y la hora será la obtenida restándole 24 horas.

2.—Si al restar (por ser longitud E) resulta que la longitud es mayor que la HcL, entonces a esta HcL se le suman 24 horas y se resta, teniendo en cuenta que la HcG es del día anterior.

Es muy conveniente poner a la derecha de las horas sus fechas entre paréntesis, ya que al entrar en el Almanaque Náutico hay que hacerlo con arreglo a la fecha correspondiente.

Para ver gráficamente la fórmula anterior, en la fig. 2004 está dibujado sobre el Ecuador, visto desde el Polo Norte, el Meridiano de Greenwich y el del lugar (Z) de LW, viendo en los arcos que resulta:

$$HcG = HcL + L$$

En la fig. 2005 se ha dibujado el caso de un lugar de LE, vemos que la HcG es menor que la HcL y que resulta:

$$HcG = HcL - L$$

lo cual está de acuerdo con la fórmula general, dada anteriormente, ya que las longitudes E son negativas.

Por tanto, la fórmula general resulta:

$$HcG = HcL + L$$

En el caso de que se quiera obtener la HcL conociendo la HcG, entonces de la fórmula general anterior se deduce:

$$HcL = HcG - L$$

o sea, que se opera cambiando el signo a la longitud. Lo mismo que se dijo antes, si la suma (por ser LE) es mayor de

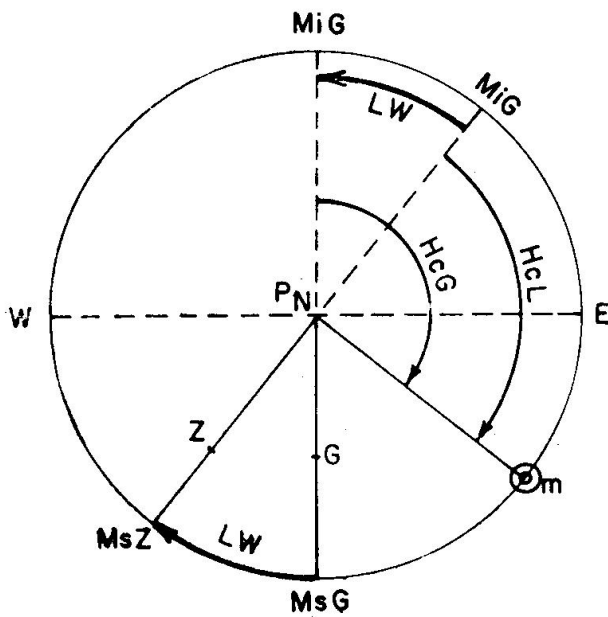


Fig. 2004. HcL y HcG

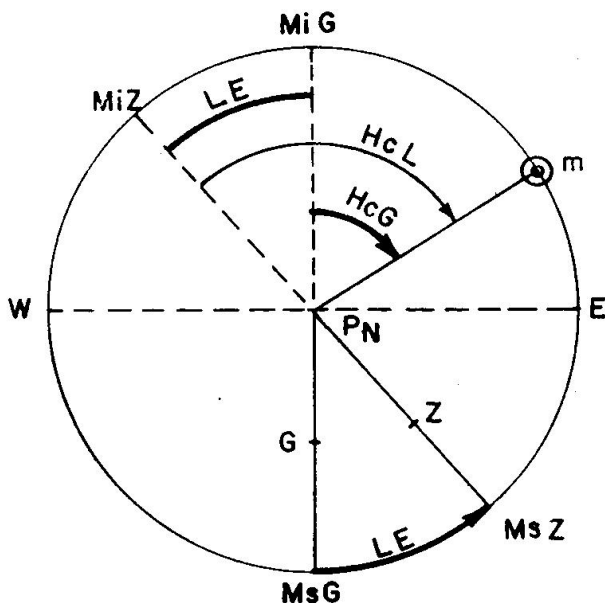


Fig. 2005. HcL y HcG

24 horas, la HcL es del día siguiente, y si al restar (por ser LW) no se puede, por ser la longitud mayor que la HcG, se le suma a ésta 24 horas y el resultado es del día anterior.

Ejercicio 2001.—Calcular la HcG al ser en un lugar de LW = 70° la HcL = 11 h - 30 m del día 4 de junio.

$$\begin{array}{r} \text{HcL} = 11^{\text{h}} - 30^{\text{m}} \quad (4) \\ \text{LW} = 4 - 40 \quad + \\ \hline \text{HcG} = 16^{\text{h}} - 10^{\text{m}} \quad (4) \end{array}$$

Ejercicio 2002.—Calcular la HcG al ser HcL = 21 h - 15 m del 10 de mayo en un lugar de LE = 38° - 30'.

$$\begin{array}{r} \text{HcL} = 21^{\text{h}} - 15^{\text{m}} \quad (10) \\ \text{LE} = 2 - 34 \quad - \\ \hline \text{HcG} = 18^{\text{h}} - 41^{\text{m}} \quad (10) \end{array}$$

Ejercicio 2003.—Calcular la HcG al ser en un lugar de LW = 53° - 20' la HcL = 22 h - 10 m del día 7 de enero.

$$\begin{array}{r} \text{HcL} = 22^{\text{h}} - 10^{\text{m}} \quad (7) \\ \text{LW} = 3 - 33 - 20 \quad + \\ \hline \text{HcG} = 25^{\text{h}} - 43^{\text{m}} - 20^{\text{s}} \quad (7) \quad = 1^{\text{h}} - 43^{\text{m}} - 20^{\text{s}} \quad (8) \end{array}$$

Ejercicio 2004.—Calcular la HcG al ser la HcL = 1 h - 12 m del 3 de mayo en un lugar de LE = 37° - 15'.

$$\begin{array}{r} \text{HcL} = 1^{\text{h}} - 12^{\text{m}} \quad (3) \quad = 25^{\text{h}} - 12^{\text{m}} \quad (2) \\ \text{LE} = 2 - 29 \quad - \\ \hline \text{HcG} = 22^{\text{h}} - 43^{\text{m}} \quad (2) \end{array}$$

Ejercicio 2005.—Al ser HcG = 2 h - 45 m del 8 de marzo, calcular la HcL de un lugar de LW = 70° - 45' y de otro lugar de LE = 24°.

En LW = 70° - 45'	En LE = 24°
HcL = 2 ^h - 45 ^m (8)	HcG = 2 ^h - 45 ^m (8)
LW = 4 - 43 + (-)	LE = 1 - 36 - (+)
<u>HcL = 22^h - 2^m (7)</u>	<u>HcL = 4^h - 21^m (8)</u>

Ejercicio 2006.—Al ser HcG = 23 h - 24 m del 5 de junio, calcular la HcL en un lugar de LW = 123° - 15' y de otro lugar de LE = 45° - 10'.

En LW = 123° - 15'	En LE = 45° - 10'
HcG = 23 ^h - 24 ^m (5)	HcG = 23 ^h - 24 ^m (5)
LW = 8 - 13 + (-)	LE = 3 - 00 - 40 - (+)
<u>HcL = 15^h - 11^m (5)</u>	<u>HcL = 2^h - 24^m - 40^s (6)</u>

2010. HORARIO EN GREENWICH.—Ya hemos estudiado lo que es horario en Greenwich de un astro (hG), arco de Ecuador contado desde el meridiano superior de Greenwich hasta el círculo horario del astro. Por otro lado, también dijimos que el horario del lugar (hL) es el arco de Ecuador contado desde el meridiano superior del lugar hasta el círculo horario del astro.

Como el círculo horario del astro es común, la diferencia de horarios es igual a la diferencia que existe entre los meridianos de Greenwich y del lugar, que, como sabemos, es la longitud. Por tanto, de forma análoga a las horas resulta la fórmula importante:

$$hG = hL + L$$

y la inversa:

$$hL = hG - L$$

siendo las longitudes W positivas y las E negativas.

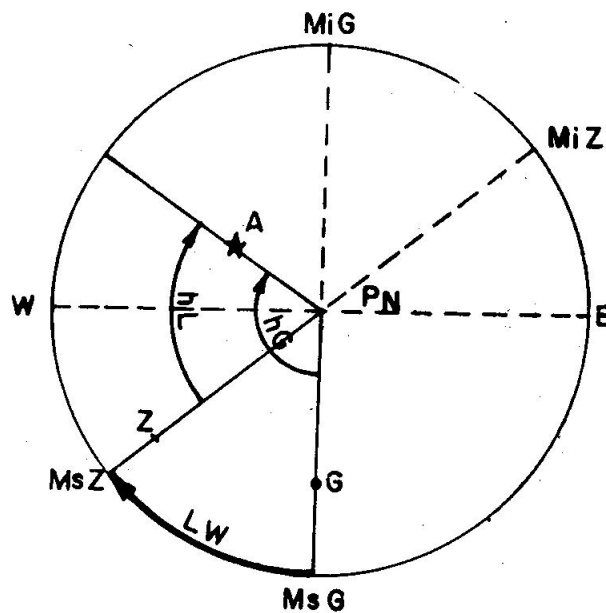


Fig. 2006. hL y hG

La demostración gráfica de esta fórmula la vemos en la fig. 2006, que representa el Ecuador; la longitud es W, y vemos en los arcos que materializan los horarios del astro (A) que:

$$hG = hL + L$$

En la fig. 2007 se ha dibujado un lugar de longitud E y considerando el astro (B) vemos que:

$$hG = hL - L$$

como las longitudes E son negativas, resulta la fórmula general dicha anteriormente:

$$hG = hL + L$$

Como los horarios no tienen fecha, sino que son unas coordenadas, en las operaciones sólo hay que tener en cuenta lo siguiente:

1.—Si al sumar la longitud resulta un horario mayor de 360° , al resultado se le resta esta cantidad de 360° .

2.—Si al restar la longitud, ésta es mayor que el horario, le sumamos a este horario 360° , obteniendo el resultado correcto.

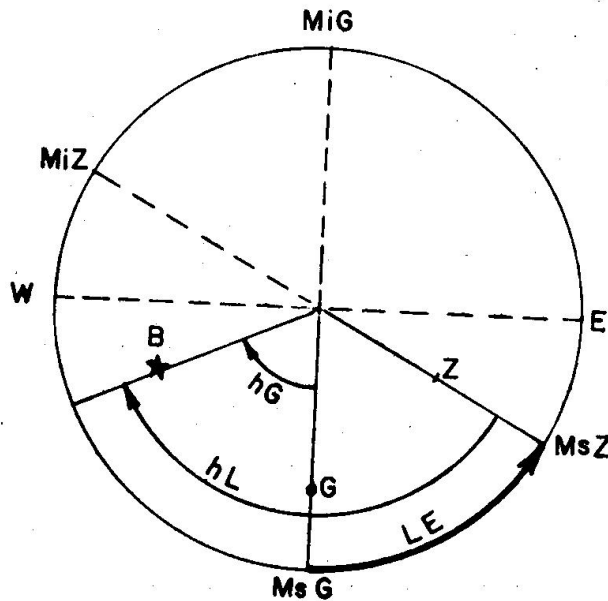


Fig. 2007. hL y hG

Ejercicio 2007.—Al ser el horario del lugar del Sol $= 321^\circ - 10'$ en $LW = 58^\circ - 14'$, calcular el horario en Greenwich de dicho astro.

$$\begin{aligned} hL &= 321^\circ - 10' \\ LW &= 58^\circ - 14' + \\ \hline hG &= 379^\circ - 24' = 19^\circ - 24' \end{aligned}$$

Ejercicio 2008.—Al ser el hL de Antares $= 24^\circ - 12'$ en $LE = 102^\circ - 24'$, calcular el hG de Antares.

$$\begin{aligned} hL &= 24^\circ - 12' = 384^\circ - 12' \\ LE &= 102^\circ - 24' - \\ \hline hG &= 281^\circ - 48' \end{aligned}$$

Ejercicio 2009.—Al ser hG del Sol $= 27^\circ - 10'$, calcular el hL del Sol en $LW = 72^\circ - 20'$ y en $LE = 43^\circ - 52'$.

$$\begin{aligned} \text{En } LW &= 72^\circ - 20' \\ hG &= 27^\circ - 10' \\ LW &= 72^\circ - 20' + (-) \\ \hline hL &= 314^\circ - 50' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{En } LE &= 43^\circ - 52' \\ hG &= 27^\circ - 10' \\ LE &= 43^\circ - 52' - (+) \\ \hline hL &= 71^\circ - 2' \end{aligned}$$

Ejercicio 2010.—Al ser hG de la Luna $= 332^\circ - 54'$, calcular el hL de la Luna en $LW = 13^\circ - 10'$ y en $LE = 60^\circ - 30'$.

$$\begin{aligned} \text{En } LW &= 13^\circ - 10' \\ hG &= 332^\circ - 54' \\ LW &= 13^\circ - 10' + (-) \\ \hline hL &= 319^\circ - 44' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{En } LE &= 60^\circ - 30' \\ hG &= 332^\circ - 54' \\ LE &= 60^\circ - 30' - (+) \\ \hline hL &= 33^\circ - 24' \end{aligned}$$

2011. HORA LEGAL (Hz).—Como hemos dicho en el Curso primero (art. 406), en nuestra vida no podemos llevar la hora civil del lugar, porque esta hora es diferente para cada lugar de diferente longitud, y resultaría que al viajar tendríamos que estar cambiando continuamente la hora. Tampoco podemos llevar la hora civil en Greenwich, pues, aunque ésta es la misma para todos los lugares de la Tierra, puede diferenciarse de la del lugar hasta en 12 horas, y entonces resultaría que nuestro reloj no estaría de acuerdo con el Sol, es decir, que podríamos tener de día una hora correspondiente a la noche, y viceversa.

Por ello se ha hecho el convenio de los husos horarios, o sea, suponer dividida la Tierra en 24 husos de 15° de longitud (representados por la letra Z); dentro de cada huso se lleva la misma hora llamada "hora legal". En un instante hay 24 horas legales diferentes.

Esta hora es la que marcan los relojes de los buques cuando en la navegación su longitud variará bastante, la cual se cambia únicamente al pasar de un huso a otro, siendo el cambio de una hora exacta.

En las figs. 401 y 402 están dibujados los husos en la superficie terrestre.

El Meridiano superior de Greenwich divide al huso cero en dos partes iguales, el cual coge de LW $7^\circ-30'$ a LE $7^\circ-30'$, o media hora. Cada huso, como hemos dicho, tiene 15° , o sea, una hora de longitud; los de LW tienen signo positivo y los de LE signo negativo, así el huso + 1 comprende desde LW $7^\circ-30'$ a LW $= 22^\circ-30'$, o bien en tiempo, desde media hora a una hora y media; el huso - 1, en cambio, comprende los mismos grados, pero en LE.

El huso (Z) es un número exacto de horas y la fórmula general es:

$$\boxed{HcG = Hz + Z}$$

Por tanto, las horas legales y civiles de Greenwich se diferencian en un número exacto de horas y la diferencia máxima entre la hora legal y la civil del lugar es de media hora, ya que la hora legal es la hora civil del lugar del Meridiano central del huso.

Si queremos obtener la hora legal conociendo la civil, en Greenwich la fórmula es:

$$\boxed{Hz = HcG - Z}$$

o sea, habrá que aplicar el Z con signo contrario.

Lo que hemos dicho de fechas, en el paso de HcL a HcG se aplica en este paso.

Las naciones que se han acogido al Convenio de los husos horarios no siguen rigurosamente el sistema de estas horas cuando pequeñas zonas de sus territorios salen fuera de su huso; por ejemplo, España ha adoptado para todos sus territorios peninsulares la hora del huso 0, aunque parte de Galicia está a poniente del meridiano límite, o sea, rebasa la longitud $7^\circ-30'$ W, debiendo, por tanto, contar la hora del huso + 1. Hay estados de gran extensión en longitud que tienen más de

una hora legal, así Rusia se extiende entre los husos — 2 y — 12, y tiene por ello 10 horas legales. Los EE. UU. tienen tres horas legales correspondientes a los husos + 5, + 6 y + 7.

2012. HORA OFICIAL (Ho).—Esta hora es la establecida por el Gobierno de la Nación con objeto de economizar energía eléctrica, haciendo que en las horas de trabajo haya luz solar. En general, se diferencia poco de la legal y de la civil del lugar.

La hora civil en Greenwich se diferencia de la hora oficial en una cantidad que se denomina 0, el cual es positivo cuando hay que sumarlo a la hora oficial para hallar la civil en Greenwich, y negativo si hay que restarlo; por ello la fórmula es:

$$\boxed{HcG = Ho + 0}$$

Los países que regulan su vida por la hora oficial en lugar de la legal vienen incluidos en el Almanaque Náutico para uso de los navegantes con el 0 que han adoptado sus gobiernos.

En España, $0 = -1$, lo que quiere decir que Greenwich cuenta una hora menos que nosotros, excepto Canarias, que tiene $0 = 0$. La fórmula resulta:

$$\boxed{Ho = HcG - 0}$$

y la inversa:

$$\boxed{HcG = Ho + 0}$$

2013. RESUMEN DE PASOS DE HORAS.—Hemos visto las fórmulas siguientes:

$$\boxed{HcG = HcL + L}$$

$$\boxed{HcG = Hz + Z}$$

$$\boxed{HcG = Ho + 0}$$

siendo:

Las LW positivas y las LE negativas.

Los husos (Z) al W positivos y al E negativos.

El signo 0 el que da el Almanaque Náutico para uso de los navegantes.

Es interesante tener en cuenta que los signos están dados para pasar de cualquier hora a la hora civil en Greenwich (HcG), en este caso hay que aplicarlos con los signos que tengan.

En cambio, si queremos pasar de HcG a otra cualquiera de las otras tres horas (HcL, Hz, Ho) hay que aplicar los valores (L, Z, 0) con signo contrario al que tengan.

Siempre que queramos pasar de una hora a otra, por ejemplo hora legal a civil de lugar, es muy conveniente hacerlo por la HcG.

Ver los ejercicios números 408, 409 y 410 del Curso primero.

2014. HORA SIDEREA U HORARIO DE ARIES.—En el art. 2001 ya dijimos algo sobre el tiempo sidereo, que se rige por el primer punto de Aries. Por ello el “día sidereo” es “el tiempo transcurrido entre dos pasos seguidos de Aries por el mismo Meridiano superior”.

Aries tiene un movimiento de $0^{\circ},008$ al día en sentido de las agujas del reloj visto desde el Polo Norte, este movimiento es uniforme, y, por tanto, Aries nos sirve para medir el tiempo. El día sidereo es menor que el día verdadero y que el día civil; que el día verdadero en una cantidad variable, por ser variable el movimiento del Sol verdadero, y que el civil en una cantidad constante, por ser uniforme la velocidad del Sol medio.

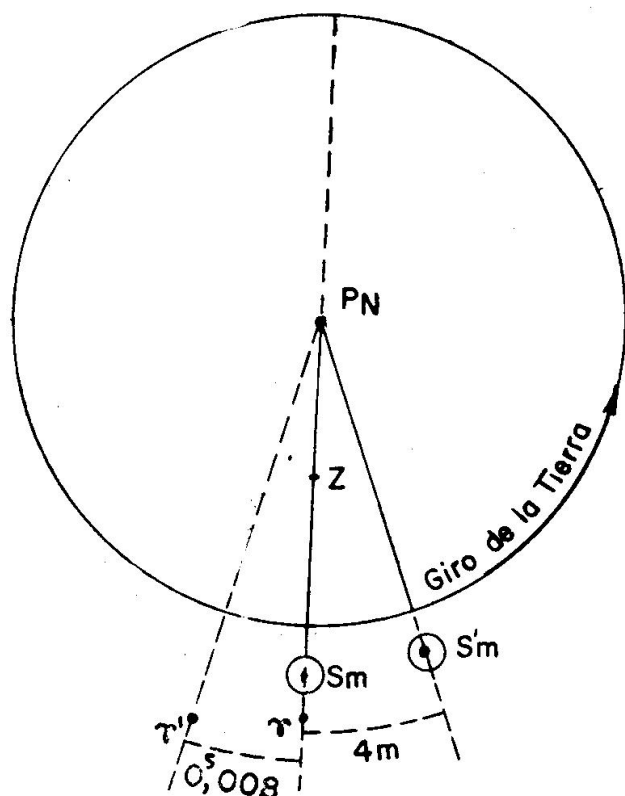


Fig. 2008. Día Sidereo y Civil

En la fig. 2008 se ha dibujado sobre el Ecuador las posiciones de Aries y Sol medio (Sm), suponiendo que los dos pasan al mismo tiempo por el mismo Meridiano; la Tierra gira en el sentido de la flecha, y al dar una vuelta y volver el Meridiano de Z al mismo sitio, se encuentra primero a Aries (en γ'), o sea, $0^{\circ},008$ antes de terminar el giro por el movimiento acabado de decir, con lo que termina el día sidereo. que es menor en esa cantidad ($0^{\circ},008$) que lo que tarda la Tierra en dar una vuelta; después se encuentra al Sol medio (en Sm'), para lo cual tiene que recorrer cerca de cuatro minutos más que la rotación de la Tierra debido al movimiento del Sol medio, terminando el día civil.

Para no complicar la figura no se ha dibujado el Sol verdadero, pero las mismas consideraciones hechas para el Sol medio sirven para el verdadero, con la única diferencia de que la cantidad que recorre este Sol en un día no es constante, sino variable, ya que dijimos que entre el día verdadero más largo y más corto hay una diferencia de 51 segundos.

La hora siderea del lugar u horario del lugar de Aries (hL) es el tiempo que hace pasó Aries por el Meridiano superior del lugar, o bien el arco de Ecuador que va desde el Meridiano superior a Aries, hacia el W, o sea, en sentido de las agujas del reloj mirando desde el Polo Norte. Como coordenada es análoga al horario del lugar de un astro, explicada en el segundo sistema de coordenadas.

Actualmente sólo se habla de Aries y no de hora siderea: el Almanaque Náutico para uso de los navegantes da el horario en Greenwich de Aries (hG).

2015. ANGULO SIDEREO.—Una vez estudiada la Eclíptica y el

primer punto de Aries, podemos explicar lo que es el Angulo Sidereo (AS).

El "Angulo Sidereo" es la coordenada que se toma para las estrellas en lugar del horario, y es "el arco de Ecuador que se cuenta desde Aries hasta el círculo horario del astro, de 0° a 360°, en sentido de las agujas del reloj mirando desde el Palo Norte".

Esta coordenada es independiente del observador, ya que se cuenta desde Aries hasta el círculo horario del astro, por lo que el Angulo Sidereo de un astro es igual para todos los lugares de la Tierra.

Esta coordenada para las estrellas varía muy poco, cosa que no sucede con el horario que varía 360° en un día por contarse desde el Meridiano superior que gira con la Tierra. El AS con la declinación forman el tercer sistema de coordenadas llamada "Uranográficas ecuatoriales".

En la fig. 2009 se ha dibujado en la esfera celeste las coordenadas ángulo sidereo y declinación del astro A, y en la figura 2010 se ha dibujado el mismo astro representando el Ecuador visto desde el Polo Norte.

El ángulo sidereo y la declinación son las coordenadas que da el Almanaque Náutico para uso de los navegantes para las estrellas, y por variar tan poco las da cada mes.

2016. FORMULA FUNDAMENTAL QUE RELACIONA LAS COORDENADAS QUE SE MIDEN EN EL ECUADOR.—

Recordando las definiciones de las coordenadas astronómicas que se cuentan en el Ecuador:

"Horario del lugar de un astro" (hL) es el arco de Ecuador contado desde el meridiano superior hasta el círculo horario del astro, de 0° a 360°, en sentido de las agujas del reloj visto desde el Polo Norte.

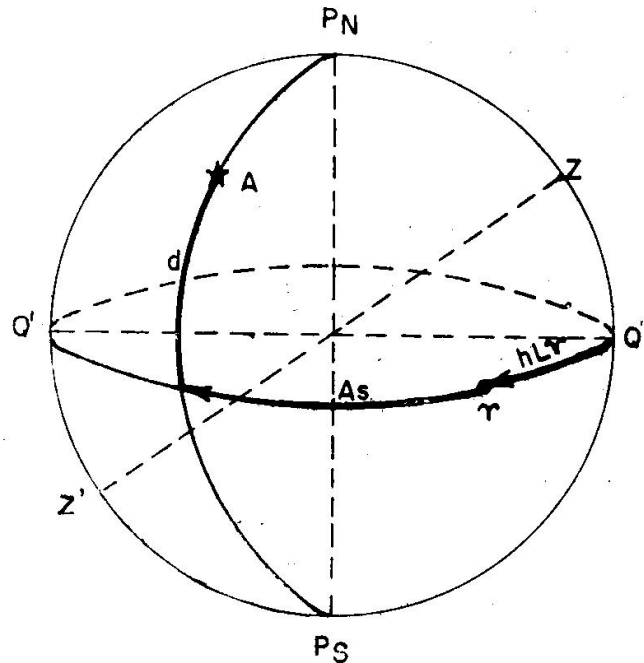


Fig. 2009. Angulo Sidereo

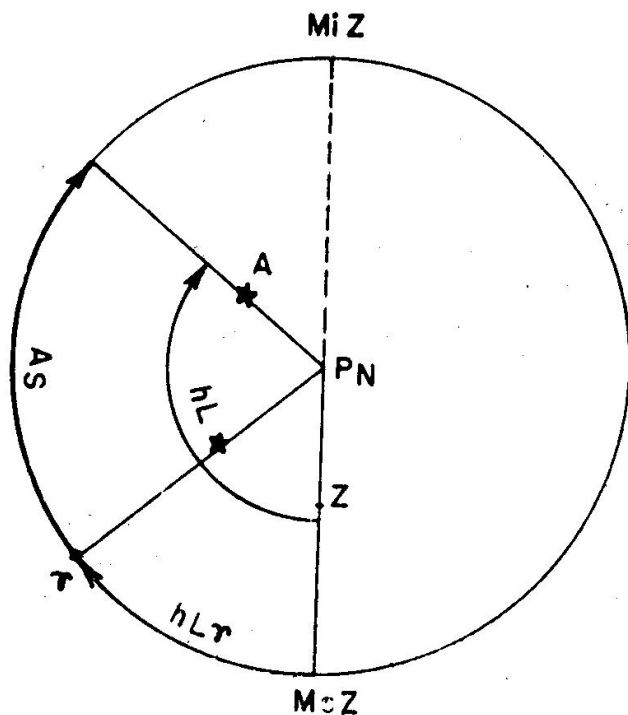


Fig. 2010. Angulo Sidereo

“Horario del lugar de Aries” (hL_{γ}) es el arco de Ecuador contado desde el meridiano superior hasta Aries en el mismo sentido que los horarios.

“Angulo Sidereo” (AS) es el arco de Ecuador contado desde Aries hasta el círculo horario del astro, también en el sentido de los horarios.

Con estas definiciones resulta la fórmula fundamental para estrellas:

$$hL = hL_{\gamma} + AS$$

Para ver que se cumple esta expresión, en la fig. 2010 se ha dibujado sobre el Ecuador el Meridiano superior de un lugar; trazando el horario del lugar de Aries y el ángulo sidereo, vemos que la suma de estos dos arcos es el horario del lugar del astro.

Como hemos dicho anteriormente, si la suma da un arco mayor de 360° , al resultado se le resta 360°

2017. HORA SIDEREA EN GREENWICH U HORARIO EN GREENWICH DE ARIES.—Así como dijimos que la hora verdadera en Greenwich es igual al horario en Greenwich del Sol, la hora siderea en Greenwich (HsG) es igual al horario en Greenwich de Aries (hG_{γ}). Como hora se define “el tiempo que hace pasó Aries por el Meridiano superior de Greenwich” y como coordenada es “el arco de Ecuador que va desde el Meridiano superior de Greenwich hasta Aries”.

De forma análoga, al horario del lugar de Aries se puede llamar hora siderea del lugar (HsL).

Como horario también se cumple la expresión:

$$hG_{\gamma} = hL_{\gamma} + L$$

siendo las LW positivas y las LE negativas.

2018. TIEMPO SIDEREO.—A cada hora civil le corresponde una hora siderea diferente: Se llama tiempo sidereo a la hora siderea en Greenwich al ser las cero horas civiles en Greenwich o, lo que es lo mismo, la hora siderea en Greenwich al empezar el día civil en Greenwich; como coordenada es el horario en Greenwich de Aries al ser las 0 horas civiles en Greenwich; como dijimos que el día sidereo es mayor que el civil en cerca de 4 minutos, quiere decir que este tiempo sidereo aumentará 4 minutos entre el principio de 2 días civiles consecutivos.

2019. AÑO CIVIL.—En general, se llama año “al intervalo de tiempo que transcurre entre dos pasos seguidos del Sol por el mismo punto de la Eclíptica”.

Ahora bien, según el punto de la Eclíptica que se toma como referencia, existen tres clases de años (fig. 2011):

“Año Trópico”.—Toma como referencia el primer punto de Aries; por tanto, se define como “el tiempo que transcurre entre dos pasos seguidos del Sol por Aries”. Este año dura $365,2422$ días civiles. Debido a que Aries tiene un pequeñísimo movimiento en el sentido de las agujas del reloj (flecha 1), el recorrido es menor que los 360° de Eclíptica.

“Año Sidereo”.—Toma como referencia el círculo horario de una estrella (M); debido a que las estrellas se encuentran prácticamente fijas, durante este año el Sol recorre los 360° de Eclíptica.

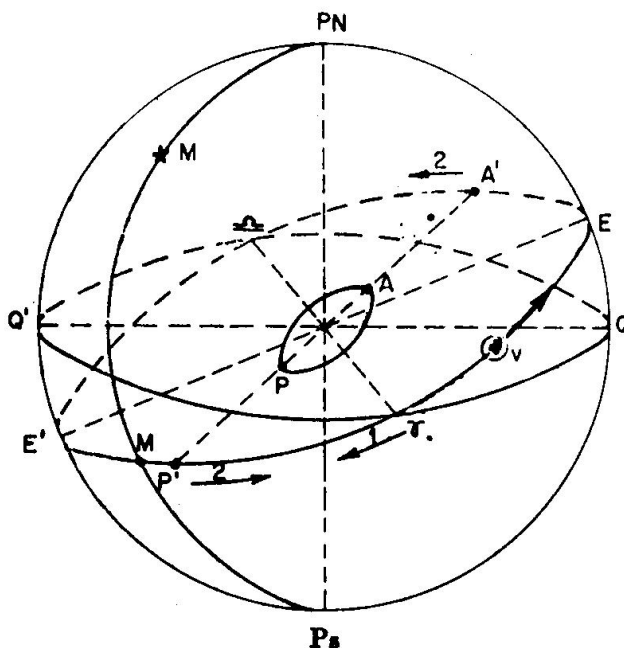


Fig. 2011. Años

“Año Anomalístico”.—Toma como referencia el perigeo, por tanto, se definirá como “el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del Sol por el perigeo”. Debido a que la línea de los ápsides ($A' P'$) tiene un pequeñísimo giro en el sentido contrario a las agujas del reloj visto desde el Polo Norte (flecha 2), durante este año el Sol recorre algo más de 360° , siendo el año de más duración.

De estos tres años el más interesante es el Trópico, pues regulando nuestra vida por él, las estaciones empiezan siempre en la misma fecha, ya que toma como origen el primer punto de Aries, que es cuando empieza la primavera. Ahora bien, para nuestra vida no podemos llevar un año que no cuente con un número exacto de días, pues cada año empezaría a una hora diferente y nos interesa que empiece al iniciarse un día (el 1.º de enero), por ello en la vida contamos el “año civil”.

El año civil debe de tener un número exacto de días y su promedio debe de ser igual al año trópico, que tiene 365,2422 días civiles, por ello este año se compone de:

Año civil común de 365 días y año civil bisiesto de 366 días.

Son bisiestos los años que su número es divisible por 4, con ello en cada 4 años habría 3 años de 365 días y uno de 366, resultando un promedio de 365,25 días.

Para corregir esta diferencia entre el año civil, que dura 365,25 días, y el año trópico, que dura 365,2422 días, se hace que los años que terminan en dos ceros, y por tanto son divisibles por 4, no son bisiestos,

excepto los que el número del siglo sea divisible por 4, es decir, no fue bisiesto el 1700, ni el 1800, ni el 1900, pero sí lo será el 2.000, pues 20 es divisible por 4. Con este sistema el promedio del año civil queda prácticamente igual al trópico.

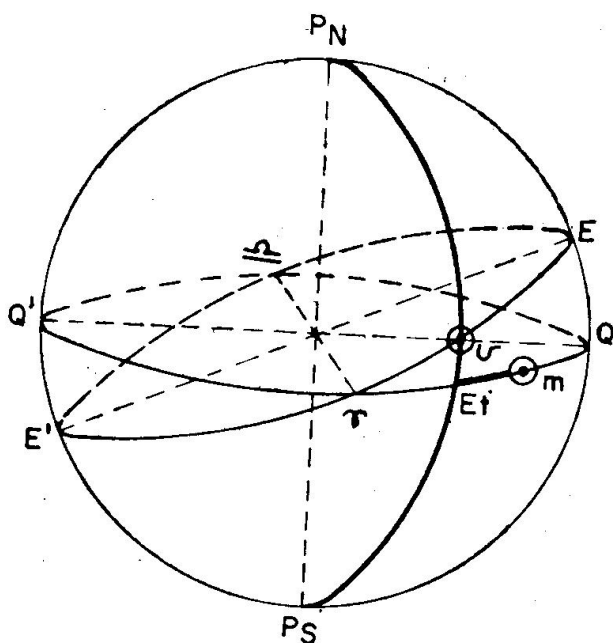


Fig. 2012. Ecuación de tiempo (Et)

horarios. Llamando AS m y hm al ángulo sidereo y horario del Sol medio y AS v y hv al ángulo sidereo, y horario del Sol verdadero, resulta:

$$\boxed{Et = AS\ m - AS\ v} \quad \circ \quad \boxed{Et = hm - hv}$$

Esta ecuación de tiempo es positiva si el Sol verdadero va por delante en el sentido de su marcha respecto al Sol medio, y negativa en caso contrario; en el caso de la fig. 2012, que corresponde a un momento de la primavera (Sol entre Aries y el Solsticio de Verano), la Et es negativa y el ASm o hm es menor que AS v o hv

El valor máximo de la ecuación de tiempo es de $-16^m,4$, como vemos el defasaje entre estos dos soles, uno real (verdadero) y otro ideal (medio), es pequeña.

2021. FECHAS.—La fecha indica el orden del día en que vivimos dentro del año civil. Cada una de las horas, civil en Greenwich, legal, oficial y civil del lugar, tienen su fecha; la fecha empieza al comenzar el día, o sea, al ser las cero de cada una de estas horas, por ello empezarán unas antes o después que las otras según la hora a que se refiere.

Al hablar de las horas en el Curso primero (Art. 406) ya dijimos la conveniencia de poner a la derecha de la hora el número que indica la fecha entre paréntesis, sobre todo cuando queremos hallar la hora civil en Greenwich (HcG), pues con esta fecha y hora es con la que tenemos que entrar en el Almanaque Náutico.

2020. ECUACION DE TIEMPO.—Hemos dicho que el Sol verdadero recorre la Eclíptica con velocidad variable y el Sol medio recorre el Ecuador con velocidad uniforme.

Se llama "Ecuación de Tiempo" (Et) el arco de Ecuador comprendido entre el Sol medio y el círculo horario del Sol verdadero (fig. 2012). Por tanto, indica la separación sobre el Ecuador de estos dos soles.

Por la definición, ya vemos que podemos obtener la ecuación de tiempo por diferencia entre las dos coordenadas que se miden en el Ecuador, o sea, por diferencia de ángulos sidereos (AS) o por diferencia de

También dijimos, al estudiar las horas, los dos casos que se pueden presentar:

1.—Si al pasar de una hora a otra resulta una cantidad mayor de 24 horas, a la hora obtenida se le restan 24 horas y corresponde a la fecha siguiente.

2.—Si al pasar de una hora a otra tenemos que restar una cantidad (L, Z u O) mayor que la hora conocida, entonces a esta hora le sumamos 24 horas, y el resultado obtenido corresponde a la fecha anterior.

Únicamente en el instante de pasar el Sol medio por el Meridiano superior de Greenwich, o sea, al ser las $HcG = 12$ h., todos los lugares de la Tierra cuentan la misma fecha. En otro instante cualquiera siempre existen lugares que cuentan dos fechas diferentes. A continuación demostramos esto gráfica y analíticamente:

1.— $HcG = 0$ h. En este momento el Sol medio pasa por el Meridiano inferior de Greenwich (fig. 2013). Empieza el día en Greenwich y en ese instante los lugares que tienen LE cuentan la misma fecha que Greenwich por haber pasado ya el Sol medio por sus Meridianos inferiores, pero los lugares de LW cuentan una fecha anterior por no haber pasado el Sol medio por sus Meridianos inferiores. En la fig. se ha puesto las horas de los lugares separados 45° o tres horas en longitud.

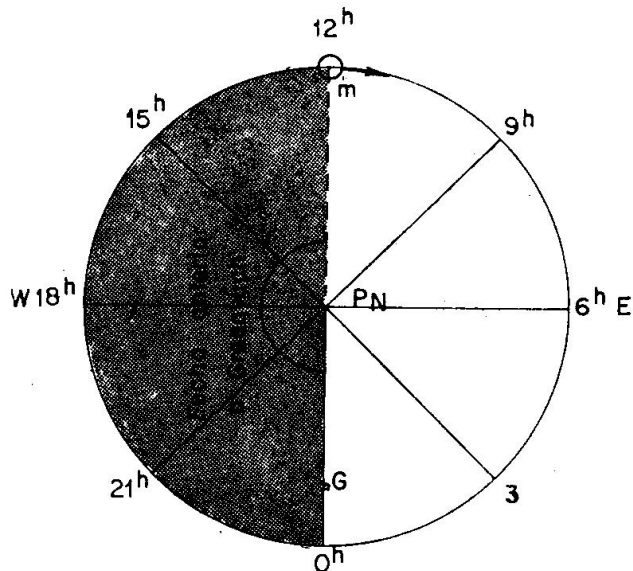


Fig. 2013. Fechas al ser $HcG = 0^h$

Analíticamente, también podemos ver que sucede esto, ya que al ser $HcG = 0$ h, para obtener las horas de los lugares que se encuentran al E habrá que sumar una cantidad (L, Z, 0), y el resultado será de la fecha correspondiente a Greenwich; en cambio, para obtener la hora de los lugares de LW se tendrá que restar una cantidad (L, Z, 0) y, como no se puede restar, se obtendrá una hora de la fecha anterior.

2.— $HcG = 6$ h. Han transcurrido 6 horas del instante anterior. Relativamente, el Sol medio ha pasado a ocupar la posición de la fig. 2014 los lugares que cuentan una fecha anterior han disminuido, pues el Sol ha pasado por el Meridiano inferior de los lugares comprendidos entre $L = 0^\circ$ y $L = 90^\circ$ W.

También vemos esto analíticamente, pues al ser $HcG = 6$ horas, para obtener la hora de los lugares de LW podemos restar hasta 6 h. (L, Z, 0), lo que quiere decir que cuentan la misma fecha que Greenwich.

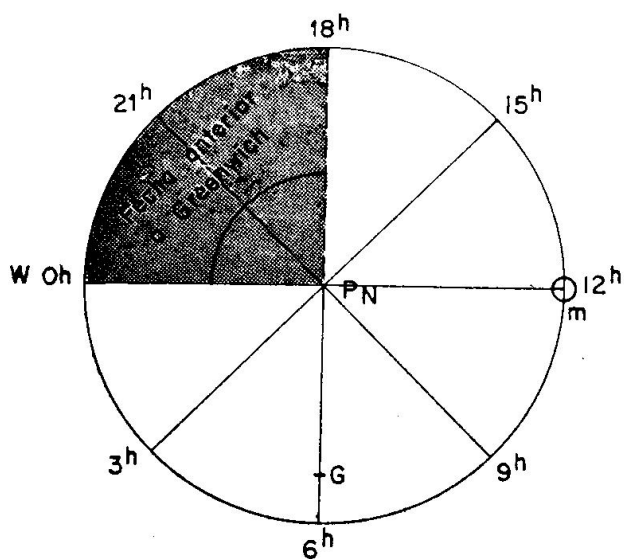


Fig. 2014. Fechas al ser
 $HcG = 6^h$

en cambio, si estas cantidades son mayores de 6 horas, al no poderla restar, nos darán una fecha anterior. Para calcular la hora de los lugares de LE, cualquiera que sea su valor (L, Z, 0), se pueden sumar, es decir, tienen la misma fecha.

3.— $HcG = 12$ h. Han transcurrido 6 horas del momento anterior. Relativamente el Sol medio ha pasado a ocupar la posición de la fig. 2015. Vemos que todos los lugares de la Tierra tienen la misma fecha, pues el Sol ya pasó por los Meridianos inferiores de los lugares que no había pasado en la figura 2014.

Por cálculo vemos que también sucede lo mismo, ya que al ser $HcG = 12$ h. podemos sumar y restar cualquier valor (L, Z, 0), todas menores de 12 horas, lo cual indica que la hora de todos los lugares tienen la misma fecha que en Greenwich.

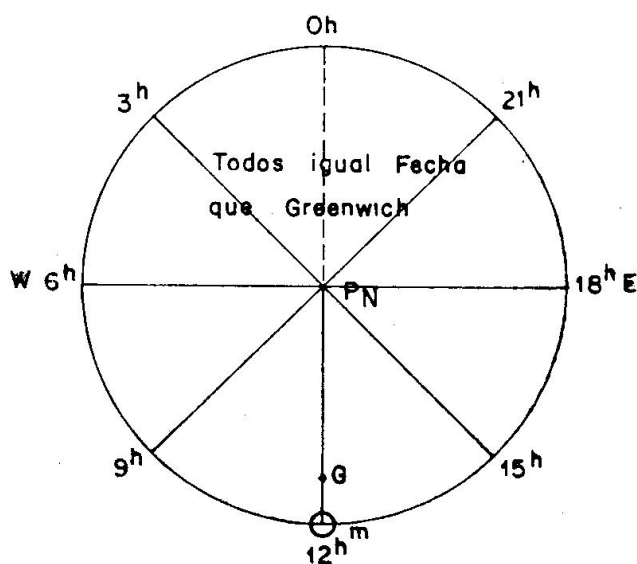


Fig. 2015. Fechas al ser
 $HcG = 12^h$

4.—HcG = 18 h. Han transcurrido 6 horas del momento anterior. Vemos que el Sol medio ha pasado a ocupar la posición de la fig. 2016 y que ha pasado por los Meridianos inferiores de los lugares cuya longitud está comprendida entre $LE = 90^\circ$ y $LE = 180^\circ$, o sea, todos estos lugares cuentan una fecha posterior a Greenwich.

Analíticamente, vemos que sucede lo mismo; al ser $HcG = 18$ h., para obtener la hora de los lugares de LE, al sumar una cantidad mayor de 6 horas (L, Z, 0) da un resultado mayor de 24 horas, que indica es de la fecha siguiente. En cambio, para conocer la hora de los lugares de LW podemos restar cualquier valor de L, Z, 0 (menor de 12 horas), que el resultado obtenido corresponde a la misma fecha que en Greenwich.

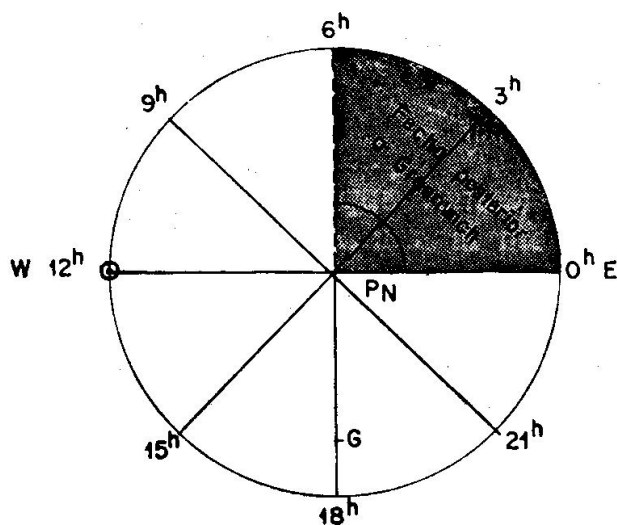


Fig. 2016. Fechas al ser $HcG = 18^h$

2022. CAMBIO DE FECHA EN EL MERIDIANO DE 180° .—El Meridiano de 180° corresponde a $LW = 12$ h. o $LE = 12$ h, o bien en husos horarios a $Z = +12$, o $Z = -12$; esto puede dar lugar a la siguiente confusión:

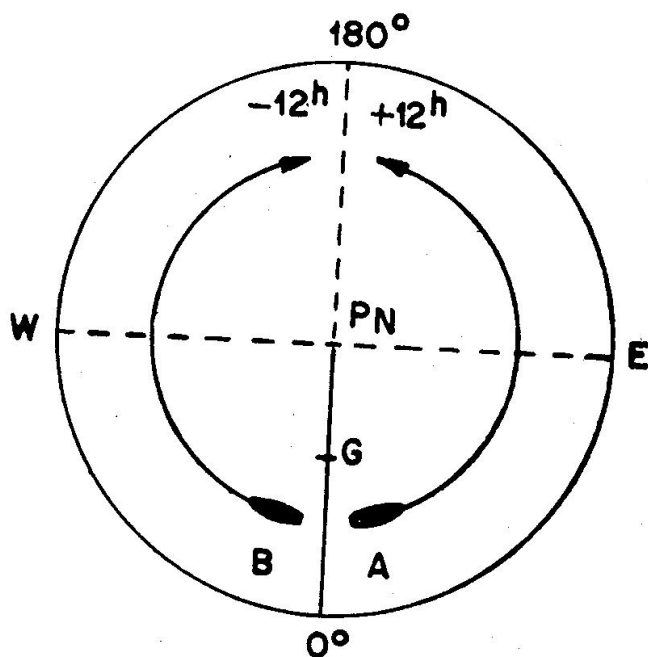


Fig. 2017. Cambio de fecha en $L = 180^\circ$

Si desde el Meridiano superior de Greenwich ($L = 0$) salen dos buques (fig. 2017): uno navegando con rumbo E (buque A) y otro con rumbo W (buque B); al salir los dos buques tienen la misma hora, el que va con rumbo E aumentará su hora al pasar los husos o al variar sus longitudes, cuando llega al Meridiano de 180° (Meridiano inferior de Greenwich) habrá aumentado 12 horas con respecto la hora en que salió de Greenwich. En cambio, el que navegó al W irá disminuyendo 12 horas su reloj con respecto a la hora en que salió de Greenwich.

El resultado de estas dos navegaciones es que al encontrarse los dos barcos en el Meridiano de 180° , los dos relojes de ambos marcan la misma hora, pues uno aumentó 12

horas y el otro disminuyó 12 horas, siendo la diferencia de 24 horas. Pero el barco A, que navegó hacia el E, contará una fecha más que el B, que navegó hacia el W.

Es decir, el Meridiano inferior de Greenwich o Meridiano de 180° de longitud separa dos zonas que cuentan fechas diferentes, siendo la fecha anterior la que tiene LW.

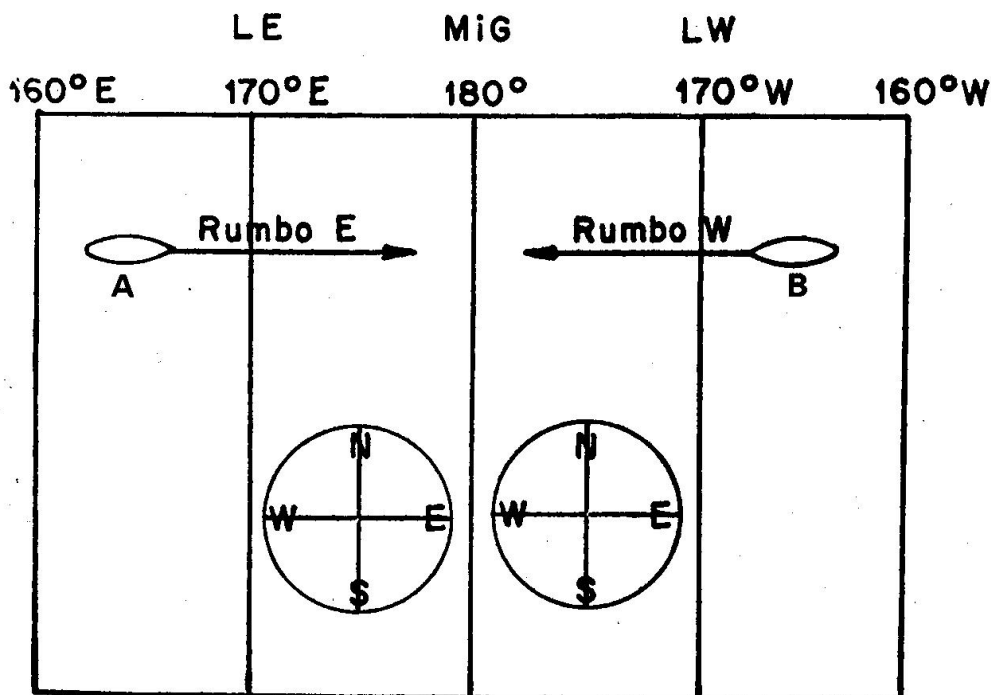


Fig. 2018. Paso del Meridiano de $L = 180^\circ$

Para que exista armonía con las fechas hay que hacer lo siguiente: El navegante que atraviesa el Meridiano de $L = 180^\circ$ (fig. 2018) pasando de LE a LW (como el barco A), o sea, que navega con rumbo E, tiene que disminuir una fecha (repetir la misma fecha), y el que lo atraviesa pasando de LW a LE (caso del buque B), es decir, navegando con rumbo W, tiene que aumentar una fecha (quitar la hoja de su calendario). En ninguno de los dos casos se cambia la hora del reloj.

A primera vista parece que en la fig. 2018 están cambiados los sentidos de las longitudes, pero hay que tener en cuenta que está representado el Meridiano inferior de Greenwich ($L = 180^\circ$) y no el Meridiano superior, vemos que los rumbos son correctos, ya que el buque que navega a rumbo E va aumentando sus longitudes E, y el que va a rumbo W aumenta las LW.

Según lo que acabamos de decir, si un buque da la vuelta a la Tierra con rumbo E, y no repite la fecha al pasar por el Meridiano de 180° , cuando llegue al punto de salida se encontrará que su calendario cuenta una fecha más que la de ese puerto. Esto no indica que la dotación vivió un día más, ya que las fechas es un orden dado para contar el tiempo. El fenómeno anterior le sucedió a Elcano cuando dio la pri-

mera vuelta a la Tierra, cuentan el estupor de la dotación al llegar a la Isla de Cabo Verde y encontrarse con que la fecha en dicha Isla era jueves 10 de julio en vez de miércoles 9 de julio, como señalaba el calendario del barco; como sabemos, Elcano dio la vuelta navegando hacia el W.

Capítulo XXI

ALMANAQUE NAUTICO

2101. ALMANAQUE NAUTICO PARA USO DE LOS NAVEGANTES.—Es una publicación anual editada por el Observatorio de Marina de San Fernando, que da las coordenadas de los astros que interesan a los buques, así como otros datos necesarios para resolver los problemas de navegación astronómica.

Este Almanaque Náutico se calcula con anticipación y los datos están tabulados a intervalos constantes de tiempo.

Es muy importante tener siempre en cuenta que “en el A. N. para buscar los elementos que deseamos se entra con la hora civil en Greenwich (HcG o TU) y con la fecha de esa hora”, ya que es la única hora que en un mismo instante es igual para todos los lugares de la Tierra.

A medida que estudiemos los problemas de Navegación Astronómica, explicaremos el modo de utilizar este A. N.; a continuación damos una idea general y al final del libro en el Apéndice A reproducimos una serie de hojas del A. N. del año 1965, con las que están hechas los problemas de esta Obra.

2102. DESCRIPCION.—La mayor parte del Almanaque lo constituyen una serie de páginas de iguales argumentos y que corresponden una para cada fecha de Greenwich. En estas páginas están tabulados los elementos siguientes:

— “Columna de Sol”.—Semidiámetro (SD); hora de paso por el Meridiano superior de Greenwich (P° . m° . G.), dando para cada HcG (TU) el horario en Greenwich (hG) y la declinación (d).

— “Columna de Luna”.—Paralaje horizontal ecuatorial (P. h. e.), a las 4,12 y 20 horas. Semidiámetro (SD) y la HcG de paso por el Meridiano de Greenwich (P° . m° . G.) con el retardo (R°). Da el hG y la d de forma análoga al Sol, pero también da la diferencia (Dif).

— En las columnas siguientes de arriba, entrando con la latitud, da las horas del principio de dos crepúsculos y salida de Sol; salida y puesta de Luna con su retardo (R°). O bien, da las horas de fin de dos crepúsculos y puesta de Sol (en días alternos).

— En la parte inferior, entrando con la HcG (TU) da el hG de Aries y hG y declinaciones de los cuatro planetas observables (Venus, Marte, Júpiter y Saturno); en estas columnas dan sus magnitudes y el paso por el Meridiano superior de Greenwich (P° . m° . G.).

Al final del A. N. están las hojas de "Correcciones" que dan el valor de los horarios por los minutos y segundos de la HcG.

— A continuación de las páginas (una para cada fecha) está la de "Posiciones aparentes", que dan el ángulo sidereo y la declinación para el día 15 de cada mes de las estrellas observables (en hoja aparte dan estas mismas coordenadas para las estrellas principales).

— Sigue las hojas "Horas TU de paso por el Meridiano de Greenwich el primer día de cada mes", o sea, que dan la HcG en que pasan las estrellas por el Meridiano el día 1.º y trae dos tablas de correcciones.

— Tres tablas para calcular la latitud por observación de la estrella Polar y a continuación otra tabla para calcular el azimut de la Polar.

— Tablas para corrección por retardo y longitud. Otras para el cálculo de la pleamar y coeficientes de las mareas.

— Correcciones que, aplicadas a la altura observada del Sol (limbo inferior) de un Planeta o de una Estrella, dan la altura verdadera.

— Corrección por refracción, paralaje y semidiámetro, a aplicar a la altura observada de la Luna. Da englobada estas tres correcciones.

— Corrección que debe restarse a un intervalo de tiempo sidereo para convertirlo en tiempo medio, y viceversa. Actualmente este problema carece de utilidad en navegación.

— Conversión de arco a tiempo.

— Coeficientes de las mareas. Empleadas para el cálculo de la altura de las mareas.

— Establecimiento de puerto y unidad de altura para la marea en varios lugares del Globo. Para calcular la hora y altura de las mareas.

— Hora oficial en diferentes países.—Dan el valor de 0, que, como explicamos, es la diferencia entre la HcG y la hora oficial del país.

— Tablas de correcciones para los horarios, que dijimos al explicar la parte de los horarios.

— Planisferios. Consta de 4 planisferios que facilitan el reconocimiento o identificación de las estrellas.

2103. DADA LA HORA CIVIL EN GREENWICH, HALLAR EL HORARIO DEL SOL.—Para obtener el horario de un astro lo primero que hay que conocer es la hora civil en Greenwich (HcG); pasando la hora que conozcamos, hora legal, oficial o de cronómetro (que ya estudiaremos) a HcG; con esta hora y su fecha entraremos en el Almanaque Náutico (ver Apéndice A).

El problema se resuelve en dos partes: Entrando en la página de la fecha en la columna de Sol con el número exacto de la HcG, obtenemos el horario civil en Greenwich correspondiente a esas horas. Después se entra en las Tablas de Correcciones en la columna de los minutos (con los minutos y segundos de la HcG), y en la parte de Sol y Planetas obtenemos la parte de horario correspondiente a esos minutos y segundos; este valor lo sumamos a lo obtenido anteriormente cuando entramos con el número de horas.

El Almanaque Náutico para uso de los navegantes nos da el horario

en Greenwich, si queremos conocer el horario del lugar (hL) lo hacemos como ya se había explicado:

$$hL = hG - L$$

siendo las LW positivas y las LE negativas.

Ejercicio 2101.—El día 16 de enero de 1965 calcular el horario en Greenwich y del lugar del Sol en un lugar de $LW = 30^\circ - 21'$ al ser $HcG = 10\text{ h} - 42\text{ m} - 40\text{ s}$. (Hojas en el Apéndice A.)

$$\begin{array}{r} hG \text{ a } 10\text{ h} = 327^\circ - 33',0 \\ \text{por } 42\text{ m} - 40\text{ s} \dots = 10^\circ - 40',0 \\ \hline \end{array}$$

$$\underline{\underline{hG = 338^\circ - 13',0}}$$

$$\begin{array}{r} hG = 338^\circ - 13',0 \\ LW = 30^\circ - 21',0 + (-) \\ \hline \end{array}$$

$$\underline{\underline{hL = 307^\circ - 52',0}}$$

2104. HALLAR LA DECLINACION DEL SOL.—En el A. N., en las páginas correspondientes a cada fecha y a la derecha del horario del Sol, está la columna de la declinación con su signo para cada hora.

Para obtener la declinación a una HcG determinada se entra en la página de la fecha de la HcG con el número de las horas y se obtiene la declinación para esa hora exacta. Para hallar lo que hay que sumar o restar por los minutos y segundos, se hace lo que se llama interpolar, o sea, se ve la diferencia de valores de las declinaciones entre la hora en que se entró y la siguiente (diferencia muy pequeña) y se multiplica por los minutos de la HcG pasados a décima de hora (dividiéndolos por 60). El producto es lo que hay que sumar o restar a la declinación obtenida para el número exacto de horas; se suma cuando la declinación aumenta de una hora a la siguiente y se resta cuando disminuye (la comprobación de que hemos interpolado bien es que el valor obtenido tiene que estar comprendido entre el dado a las dos horas). No hay que olvidar de poner el signo a la declinación, dado en el A. N.; si es positivo indica que la declinación es Norte y si es negativa que es Sur.

Ejercicio 2102.—El día 16 de enero de 1965 calcular la declinación del Sol al ser $HcG = 10\text{ h} - 42\text{ m} - 40\text{ s}$. (Hojas en el Apéndice A.)

$$\begin{array}{r} d \text{ a } 10\text{ h} = 20^\circ - 56',3 - \\ c = \quad \quad \quad 0',3 - \\ \hline \end{array}$$

$$\text{Variación en } 1\text{ h} = 0',5 -$$

$$\underline{\underline{d \text{ a } HcG = 20^\circ - 56',0 -}}$$

2105. HALLAR LA DISTANCIA POLAR O CODECLINACION.—Ya dijimos que la distancia Polar o codeclinación (Δ) es el arco de círculo horario que va desde el Polo elevado (de igual nombre que la latitud) hasta el astro.

Conociendo la declinación se obtiene la codeclinación, recordando que las latitudes Norte son positivas y las Sur negativas, por la regla siguiente:

“Si la latitud y declinación son del mismo signo, la codeclinación es igual a $90^\circ - d$, y si son de distinto signo, es igual a $90^\circ + d$.”

Ejercicio 2103.—En latitud = $20^{\circ} - 10'$ N, calcular la codeclinación del Sol del ejercicio 2102.

$$d = 20^{\circ} - 56',0 - (\text{Sur}) \quad \text{Como la latitud es Norte: } \Delta = 90^{\circ} + d$$

$$\underline{\underline{\Delta = 110^{\circ} - 56'}}$$

2106. DADA LA HORA CIVIL EN GREENWICH, HALLAR EL HORARIO DE ARIES.—El problema es análogo al explicado para obtener el horario en Greenwich del Sol.

Lo primero que tenemos que conocer es la HcG o TU y su fecha correspondiente .

Se entra en la página del A. N. correspondiente a la fecha, y en la columna de Aries con el número exacto de horas de la HcG, tomando el valor del horario en Greenwich de Aries (ver hojas del Apéndice A).

En las páginas de Correcciones (final del A. N.) se entra en la página correspondiente a los minutos de la HcG con estos minutos y segundos en la columna de Aries, tomando el valor tabulado, el cual se suma a lo obtenido anteriormente.

Si queremos obtener el horario del lugar de Aries lo hacemos por la conocida fórmula:

$$hL = hG. - L$$

siendo las LW positivas y las LE negativas.

Ejercicio 2104.—El 16 de enero de 1965 calcular el hG de Aries y hL de Aries en $LE = 18^{\circ} - 34'$, al ser $HcG = 8 \text{ h} - 43 \text{ m} - 5 \text{ s}$.

$$\begin{array}{l} hG \text{ a } 8 \text{ h} = 235^{\circ} - 32',8 \\ \text{por } 43 \text{ m} - 5 \text{ s} = 10^{\circ} - 48',0 \end{array}$$

$$\underline{\underline{hG = 246^{\circ} - 20',8}}$$

$$\begin{array}{l} hG = 246^{\circ} - 20',8 \\ LE = 18^{\circ} - 34',0 - (+) \end{array}$$

$$\underline{\underline{hL = 264^{\circ} - 54',8}}$$

Capítulo XXII

CRONOMETRO. RELOJ DE BITACORA

2201. CRONOMETROS.—Los cronómetros marinos son instrumentos de precisión que sirven para obtener de ellos la hora civil en Greenwich (HcG o TU).

No tienen dispositivo para ponerlos en hora, por lo que marcan una hora muy diferente, llamada “Hora de Cronómetro”; lo que se trata de conseguir en estos instrumentos es que su marcha esté regulada por el tiempo civil, o sea, que al transcurrir una hora en el Cronómetro haya transcurrido una hora de tiempo civil.

El cronómetro tiene una suspensión cardan en su caja de madera, la cual está dentro de otra almohadillada. Tiene dos tapas, una de cristal y la exterior de madera.

Se le da cuerda por medio de una llave que se introduce en un orificio situado en la parte de atrás del instrumento y, generalmente, cubierto con una chapa metálica con muelle; para dar cuerda hay que dar vuelta al cronómetro y separar esta chapa venciendo la resistencia que ofrece el muelle. Normalmente, la cuerda se da girándola hacia la izquierda.

Hay cronómetros que tienen cuerda para 48 horas y otros para 8 días.

Los buques grandes suelen llevar 3 ó 4 cronómetros, alojados en el armario de cronómetros, que está en el cuarto de cronómetros; al de marcha más regular se llama “Magistral” (M) y al resto “Acompañantes”, llamándoseles con las letras A, B, C, etc.; sus horas se representan por HM, HA, HB, etc.

Actualmente, que se puede calcular el estado absoluto con mucha frecuencia, no es necesario tener a bordo más de un cronómetro, si acaso dos por si uno tiene avería.

La importancia del cronómetro es grande, pues, como veremos, de su hora obtenemos la HcG, con la que entramos en el Almanaque Náutico para obtener los datos necesarios en la Navegación Astronómica.

2202. CUIDADOS.—Dada la importancia de los cronómetros y ser instrumentos de precisión delicados, conviene tener en cuenta los cuidados siguientes:

1. Deben de estar situados en lugares poco húmedos, poco transitables y lejos de máquinas para evitar trepidaciones y campos magnéticos.

2. No olvidarse de dar cuerda cuando le corresponda, diariamente a los que les dura la cuerda 48 horas y el mismo día de la semana a los que tienen cuerda para 8 días. El cronómetro no debe pararse, caso de que ocurra, después de darle cuerda hay que hacerlo oscilar con cuidado para que se ponga en marcha.

3. No conviene sacar ningún cronómetro del armario de cronómetros o de donde esté alojado; para tomar la hora de la observación se aconseja usar un cronógrafo; si no se dispone de cronógrafo y hay más de un cronómetro, sacar el de marcha menos regular.

4. No olvidarse de tomar diariamente, por lo menos, el estado absoluto y movimiento de cada cronómetro, como más adelante explicamos.

5. Caso de avería, no intentar repararlo con los medios de a bordo, mandarlo a un relojero de confianza o, mejor, al Instituto y Observatorio de la Marina de San Fernando (Cádiz).

2203. COMPARACION.—“Es la diferencia de horas que marcan en un mismo instante el Magistral y un Acompañante”; esta diferencia es siempre positiva, pues si la hora del Magistral es menor que la del Acompañante, se le suman 12 horas.

Las comparaciones se representan por las letras CA, CB, etc.

$$CA = HM - HA$$

$$CB = HM - HB$$

Las comparaciones se obtienen diariamente al hallar el estado absoluto y también en el momento de coger el Acompañante para hacer la observación, caso de no tener cronógrafo.

Para obtener la comparación es necesario conocer en el mismo instante la hora del Magistral y Acompañante, lo mejor es emplear un cronógrafo, usándolo de la forma siguiente: En el momento de empezar un minuto en el Acompañante, ponemos en marcha el cronógrafo, anotando la hora y minuto que empieza, a continuación observamos la esfera del Magistral, y en el instante de terminar el minuto que está transcurriendo paramos el cronógrafo; la hora del Magistral es la correspondiente al minuto que terminó, y la del Acompañante es la hora y minutos que habíamos tomado al arrancar el cronógrafo, más lo que marca el cronógrafo al pararlo.

Si no tenemos cronógrafo, se hace lo siguiente:

Abrimos la tapa de cristal del Acompañante y cerramos la del Magistral, con lo cual sólo oiremos los batidos del Acompañante. Anotamos la hora y minutos que empiezan en este cronómetro y batimos con el dedo los segundos contándolos al mismo tiempo; con la vista observamos la esfera del Magistral. Al terminar el minuto en el Magistral, nos fijamos en el número de segundos que íbamos contando; la hora del Magistral es la hora y minutos que terminó, la hora del Acompañante es la hora y minutos que habíamos anotado más los segundos que hemos contado.

Tener siempre en cuenta que la hora del Magistral es el minuendo

(hora menor de 12 horas): si esta hora es menor que la del Acompañante, sumarle 12 horas para que la comparación sea siempre positiva.

Conociendo la hora del Acompañante y su comparación, obtenemos la hora del Magistral, ya que de la fórmula:

$$CA = HM - HA$$

obtenemos:

$$HM = HA + CA$$

Ejercicio 2201.—En el mismo instante se han tomado Hora del Magistral = 2 h - 24 m y en el Acompañante (A) = 7 h - 12 m - 18 s. Calcular la Comparación.

$$HM = 2^h - 24^m - 00^s$$

$$HA = 7 - 12 - 18$$

$$CA = 7^h - 11^m - 42^s$$

Para que no resulte la Comparación negativa se suma a HM, 12 h.

2204. ESTADO ABSOLUTO.—Se llama “Estado Absoluto (EA) a la diferencia entre la HcG y la hora del cronómetro”. Cada cronómetro tiene su EA, que se representa por EA M, EA A, EA B, etc. O sea:

$$EA M = HcG - HM$$

$$EA A = HcG - HA$$

Como el cronómetro no puede ponerse en hora, el Estado Absoluto puede tener cualquier valor, pero siempre positivo. Pues si la hora del cronómetro es mayor que la hora civil en Greenwich, se le suman a ésta 12 horas para poderlo restar. Por tanto, si conocemos el Estado Absoluto podemos obtener la hora civil en Greenwich (HcG), que es lo que se busca del cronómetro, ya que de las fórmulas anteriores resulta:

$$HcG = HM + EA M$$

$$HcG = HA + EA A$$

Ejercicio 2202.—Al ser HcG = 10 h se ha tomado HM = 7 h - 21 m - 12 s y HA = 11 h - 4 m - 32 s. Calcular los EA M y EA A.

$$HcG = 10^h - 00^m - 00^s$$

$$HM = 7 - 21 - 12$$

$$EA M = 2^h - 38^m - 48^s$$

$$HcG = 10^h - 00^m - 00^s$$

$$HA = 11 - 4 - 32$$

$$EA A = 10^h - 55^m - 28^s$$

2205. MOVIMIENTO.—Aunque los cronómetros son relojes de gran precisión, siempre atrasan o adelantan algo, llamándose “movimiento” (m) lo que adelanta o atrasa en un día.

Ahora bien, al variar la marcha del cronómetro, también varía el Estado Absoluto y se define el “movimiento” como la “diferencia de Estados Absolutos en 24 horas, teniendo en cuenta que el minuendo es el Estado Absoluto posterior”, o sea:

$$m = EA \text{ hoy} - EA \text{ (ayer)} \text{ tomados a la misma HcG}$$

El movimiento puede ser positivo o negativo, según el signo que resulte de la resta. Cuando el movimiento es positivo, el cronómetro atrasa, y cuando es negativo, adelanta.

Cada cronómetro tiene su movimiento (mM, mA, mB, etc.), y el cronómetro será tanto mejor cuanto más constante sea este movimiento en días sucesivos.

Ejercicio 2203.—El día 4 al ser HcG = 10 h se tomó HM = 5 h - 24 m - 32 s; el día 5 al ser HcG = 10 h se tomó HM = 5 h - 24 m - 38 s. Calcular el movimiento del Magistral.

$$\begin{aligned} \text{HcG} &= 10^{\text{h}} - 00^{\text{m}} - 00^{\text{s}} & (4) \\ \text{HM} &= 5 - 24 - 32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HcG} &= 10^{\text{h}} - 00^{\text{m}} - 00^{\text{s}} & (5) \\ \text{HM} &= 5 - 24 - 38 \end{aligned}$$

$$\underline{\underline{\text{EAM} = 4^{\text{h}} - 35^{\text{m}} - 28^{\text{s}}}} \quad (4)$$

$$\underline{\underline{\text{EAM} = 4^{\text{h}} - 35^{\text{m}} - 22^{\text{s}}}} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{EAM} &= 4^{\text{h}} - 35^{\text{m}} - 22^{\text{s}} & (5) \\ \text{EAM} &= 4 - 35 - 28 \end{aligned}$$

$$\underline{\underline{\text{mM} = 6^{\text{s}} \text{ —}}}$$

2206. CORRECCION DEL ESTADO ABSOLUTO.—Acabamos de decir que el Estado Absoluto varía por tener el cronómetro movimiento.

Como estudiaremos a continuación, el Estado Absoluto se obtiene a una hora determinada del día, a medida que pasa el tiempo este EA varía, interesándonos conocerlo en el momento de hacer la observación, o sea, a otra hora civil en Greenwich diferente a la que se obtuvo.

Como el movimiento es lo que varía el EA en 24 horas, la corrección a aplicar al EA es proporcional al tiempo transcurrido entre la HcG en que se obtuvo y la HcG en que se desea conocer. Esta corrección se llama "Partes proporcionales del movimiento" (ppm) y se obtiene por una regla de tres:

Si en 24 horas el EA varía m (movimiento)

En HcG — HcG' variará ppm (partes proporcionales de m) de aquí obtenemos:

$$\text{ppm} = \frac{\text{m}}{24} (\text{HcG} - \text{HcG}')$$

En resumen, para calcular el ppm, el movimiento se divide por 24 y se multiplica por el tiempo transcurrido entre la HcG en que se tomó el EA y la hora en que interesa conocerlo. El ppm tiene el signo del movimiento.

Si queremos conocer el EA a una hora anterior a la que se obtuvo (cosa que nunca interesa), entonces el ppm se aplica con signo contrario, lo cual es lógico, ya que si el EA aumenta al pasar el tiempo, para conocer el EA a una hora anterior el resultado tiene que ser menor, ya que aumentó desde ese instante al que se obtuvo.

Únicamente se presenta este caso cuando se desea conocer el EA a 0 horas del día en que se tomó.

Ejercicio 2204.—El día 6 al ser HcG = 8 h es EAM = 3 h - 48 m - 10 s, mM = -12 s. Calcular el EAM al ser HcG = 22 h - 30 m - 5 s del día 6.

$$\text{HcG} = 22^{\text{h}} - 30^{\text{m}} - 5^{\text{s}}$$

$$\text{HcG} = 8 - 00 - 00$$

$$\text{Ic} = 14^{\text{h}} - 30^{\text{m}} - 5^{\text{s}}; \text{ o sea, } 14^{\text{h}}, 5.$$

$$\text{EA M} = 3^{\text{h}} - 48^{\text{m}} - 10^{\text{s}}$$

$$\text{ppm} = \frac{7}{24}$$

$$\text{EA M} = 3^{\text{h}} - 48^{\text{m}} - 3^{\text{s}}$$

$$\text{ppm} = -\frac{12}{24} \cdot 14,5 = -7^{\text{s}}$$

2207. HALLAR EL ESTADO ABSOLUTO POR SEÑALES RADIOELEGRAFICAS.—Por acuerdos tomados en varias conferencias internacionales, algunas Estaciones radiotelegráficas elegidas como “Centros horarios” y situadas oportunamente en toda la superficie de la Tierra, transmiten dos o más veces al día una señal horaria que nos da la HcG exacta en ese instante.

Existen publicaciones que indican las señales que dan estas Estaciones; el Instituto Hidrográfico de la Marina edita el libro titulado “Radioseñales”.

Las señales horarias transmitidas son diferentes según las estaciones y también son diferentes las horas de emisión. Cada Estación suele emitir la señal cada 12 horas; o sea, si transmite de 9h-57m a 10 horas, también las emite de 21h-57m a 22 horas. Al ser diferentes las señales que emite cada minuto, se puede calcular el EA en varios instantes (al terminar cada minuto), lo cual nos sirve, bien para calcular el EA de varios cronómetros, o bien para obtener el EA del Magistral y comprobarlo varias veces.

A continuación se explica el sistema ONOGO y se comprende mejor lo dicho anteriormente.

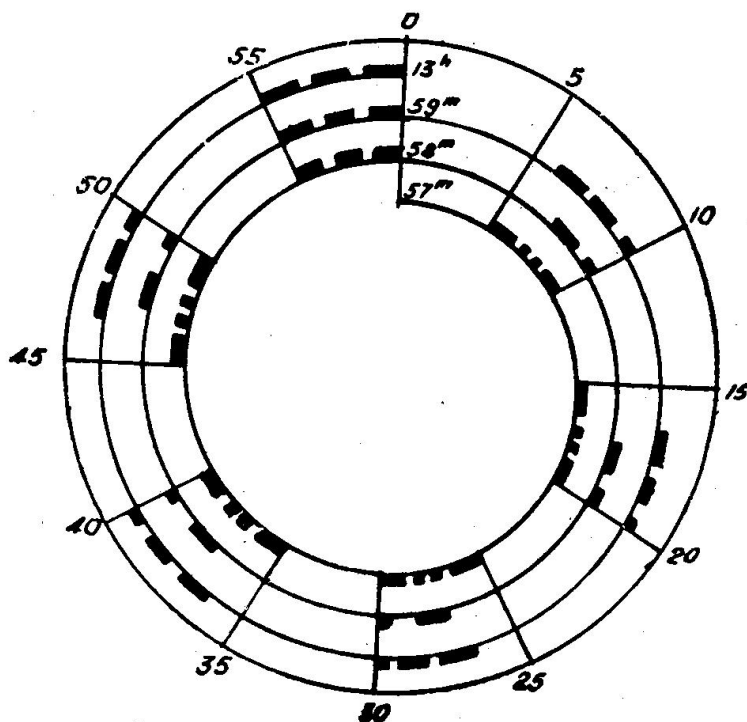


Fig. 2201. Señales Horarias “Onogo”

Sistema ONOGO..

Emite las letras de esta palabra, la figura 2201 expone la emisión de este sistema:

- De 12h - 56m a 12h-57m, da la señal de sintonía de la Estación (3 rayas).
- De 12h - 57m a 12h - 58m, emite cada 10 segundos la señal “Raya-2 puntos-rama” y al final la letra O (3 r a y a s), coincidiendo el final de la señal con la hora 12h-58m.
- De 12h - 58m a

12h-59m, emite cada 10 segundos la N (raya-punto) y al final la letra O (3 rayas), coincidiendo el final con la hora 12h-59m.

— De 12h-59m a 13 horas, emite cada 10 segundos la letra G (2 rayas-punto) y al final la letra O (3 rayas), coincidiendo con las 13 horas.

Con estas señales podemos conocer la HcG en tres instantes diferentes, al terminar los 3 minutos (58, 59 y las 13 horas). Si en esos mismos instantes en que tomamos la HcG por los sonidos de la emisión, tomamos la hora del cronómetro (HC), conoceremos el EA:

$$\boxed{EA = HcG - HC}$$

También existe el sistema Onogo modificado, que se diferencia con el acabado de explicar en que en lugar de dar las 3 rayas al final de cada minuto, emite 6 puntos en los segundos 55, 56, 57, 58, 59 y 60.

Entre los muchos sistemas de señales horarias que existen se encuentra el americano, consistente en lo siguiente (fig. 2202):

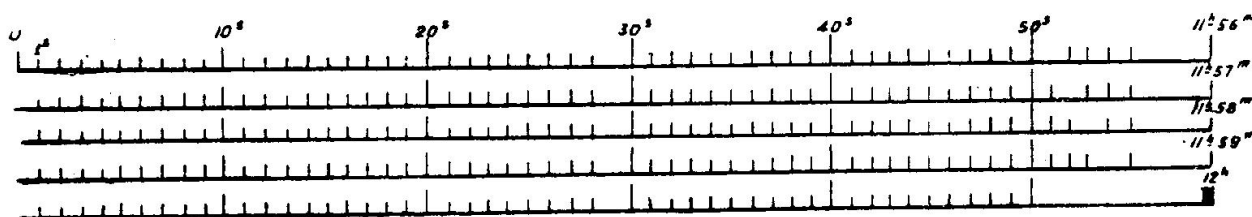


Fig. 2202. Señales Horarias sistema "Americano"

Cinco minutos antes de la hora emite un punto en cada segundo, y a la hora exacta una raya. Deja de emitir los segundos siguientes:

- Minuto 1.º 29, 51, 56, 57, 58 y 59 segundos.
- Minuto 2.º 29, 52, 56, 57, 58 y 59 segundos.
- Minuto 3.º 29, 53, 56, 57, 58 y 59 segundos.
- Minuto 4.º 29, 54, 56, 57, 58 y 59 segundos.
- Minuto 5.º 29, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58 y 59 segundos.

Con ello conocemos las señales a qué minuto corresponden.

2208. HALLAR EL ESTADO ABSOLUTO POR COMPARACION CON OTRO CRONOMETRO.—Conociendo el EA de un cronómetro podemos obtener el EA de otro cronómetro por comparación (C) con este cronómetro.

Suponiendo que se conoce el EA del Magistral (EA M) y se quiere obtener el EA de un Acompañante (EA A), sabemos que:

$$\boxed{HcG = HM + EA M}$$

y

$$\boxed{EA A = HcG - HA}$$

sustituyendo HcG resulta: $EA A = HM + EA M - HA$, o sea,
 $EA A = HM - HA + EA M$

y como $CA = HM - HA$

tendremos, por último: $EA A = EA M + CA$

Por tanto, siempre que obtenemos el EA de un cronómetro por señales horarias radiotelegráficas, podemos obtener el EA de los otros cronómetros sumándole la comparación.

Ejercicio 2205.—En el mismo instante se obtienen $EA M = 10 \text{ h} - 8 \text{ m} - 17 \text{ s}$ y $CA = 5 \text{ h} - 22 \text{ m} - 16 \text{ s}$. Calcular el EA A.

$$\begin{array}{r} EA M = 10^{\text{h}} - 8^{\text{m}} - 17^{\text{s}} \\ CA = 5 - 22 - 16 \end{array}$$

$$EA A = 15^{\text{h}} - 30^{\text{m}} - 33^{\text{s}} = \underline{\underline{3^{\text{h}} - 30^{\text{m}} - 33^{\text{s}}}}$$

2209. CALCULO DE LA HORA CIVIL EN GREENWICH.—Todas las operaciones que se han estudiado tienen por finalidad el obtener con exactitud la hora civil en Greenwich (HcG).

Ya dijimos que:

$$HcG = HM + EA M$$

y

$$HcG = HA + EA A$$

Si el cronómetro no tuviera movimiento bastaba hacer esta suma para conocer la HcG en cualquier instante.

Ahora bien, como el EA varía según el movimiento, hay que hallar primero una hora civil en Greenwich próxima con el EA anterior que se conoce y luego aplicarle la corrección por el movimiento (ppm), o sea, por la variación del intervalo civil transcurrido entre la HcG en que se obtuvo el EA y esta hora civil en Greenwich próxima (HcG pr). Claro es que si el EA se conoce a 0 horas civiles en Greenwich, el intervalo civil por el que hay que corregir el movimiento es precisamente la HcG pr.

Los pasos a seguir son:

a) Conociendo la hora del Magistral (HM) y su Estado Absoluto (EA M).

Sumando estas dos cantidades obtenemos la hora civil en Greenwich próxima (HcG pr.).

Se obtiene la diferencia entre esta HcG pr. y la HcG en que se tomó el EA; esta diferencia es un intervalo civil (Ic):

$$Ic = HcG \text{ pr.} - HcG \text{ (en que se tomó el EA)}$$

Se calcula las partes proporcionales del movimiento (ppm), como ya se explicó:

$$ppm = \frac{m}{24} \cdot Ic$$

Aplicando con su signo el ppm (el signo del movimiento) a la HcG pr, nos da la HcG exacta. El tipeo es:

$$\begin{aligned}
 &HM = \\
 &EA M = \\
 &HcG pr. = \\
 &ppm = \frac{\quad}{\quad} \text{ ppm} = \frac{m}{24} \cdot Ic \\
 &HcG =
 \end{aligned}$$

Ejercicio 2206.—Al ser $HM = 4 \text{ h} - 22 \text{ m} - 10 \text{ s}$. Calcular la HcG sabiendo que EA M a $8 \text{ h} = 10 \text{ h} - 12 \text{ m} - 54 \text{ s}$ y $mM = + 8 \text{ s}$.

$$\begin{aligned}
 &HM = 4^h - 22^m - 10^s \\
 &EA M \text{ a } 8 \text{ h} = 10 - 12 - 54 \\
 &HcG pr. = 14^h - 35^m - 4^s \qquad \text{ppm} = + \frac{8}{24} \cdot 6,6 = 2 \\
 &ppm = \frac{\quad}{24} + \\
 &\underline{\underline{HcG = 14^h - 35^m - 6^s}}
 \end{aligned}$$

b) Conociendo la hora del Acompañante (HA). El problema puede resolverse de dos formas diferentes:

1.—Aplicando a la HA su EA A y las ppm del movimiento del A con su signo. El tipeo es análogo al caso anterior.

$$\begin{aligned}
 &HA = \\
 &EA A = \\
 &HcG pr. = \\
 &HcG = \frac{\quad}{\quad} \text{ ppm} = \frac{mA}{24} \cdot Ic \\
 &ppm =
 \end{aligned}$$

Ejercicio 2207.—Al ser $HA = 4 \text{ h} - 53 \text{ m} - 37 \text{ s}$, calcular la HcG sabiendo que EA A a $0 \text{ h} = 7 \text{ h} - 10 \text{ m} - 3 \text{ s}$, $mA = - 10 \text{ s}$.

$$\begin{aligned}
 &HA = 4^h - 53^m - 37^s \\
 &EA A \text{ a } 0 \text{ h} = 7 - 10 - 3 \\
 &HcG pr. = 12^h - 3^m - 40^s \qquad \text{ppm} = - \frac{10}{24} \cdot 12 = - 5 \text{ s} \\
 &ppm = \frac{\quad}{5 -} \\
 &\underline{\underline{HcG = 12^h - 3^m - 35^s}}
 \end{aligned}$$

2.—Aplicando a la HA la comparación (CA) del momento de la observación, conocemos la hora del Magistral, ya que hemos estudiado que: $HM = HA + CA$.

Entonces hacemos el problema como si hubiéramos conocido HM

y hay que emplear el EA M y ppm correspondiente al movimiento del Magistral (mM). El tipeo es:

$$\begin{array}{r}
 \text{HA} = \\
 \text{CA} = \\
 \text{EA M} = \\
 \hline
 \text{HcG pr.} = \\
 \text{ppm} = \frac{\text{mM}}{24} \cdot \text{Ic} \\
 \text{HcG} =
 \end{array}$$

Ejercicio 2208.—Al ser HA = 3 h - 24 m - 42 s, calcular la HcG sabiendo que CA = 1 h - 15 m - 13 s, EA M a Oh = 4 h - 32 m - 22 s y mM = 4 s.

$$\begin{array}{r}
 \text{HA} = 3^{\text{h}} - 24^{\text{m}} - 42^{\text{s}} \\
 \text{CA} = 1 - 15 - 13 \\
 \text{EAM} = 4 - 32 - 22 \\
 \hline
 \text{HcG pr.} = 9^{\text{h}} - 12^{\text{m}} - 17^{\text{s}} \\
 \text{ppm} = 1^{\text{s}},5 + \\
 \hline
 \text{HcG} = 9^{\text{h}} - 12^{\text{m}} - 18^{\text{s}},5
 \end{array}
 \qquad
 \text{ppm} = + \frac{4}{24} \cdot 9,2 = + 1,5$$

Duda en la hora civil en Greenwich y su fecha.—El cronómetro, como casi todos los relojes, tienen graduada la esfera hasta 12 horas. Como el día tiene 24 horas, la hora civil en Greenwich puede ser la obtenida de la hora del cronómetro o diferente en 12 horas. Es decir, pueden ser las tres horas o las 15 horas.

Esta duda no surge con la hora de nuestro reloj, ya que si nos marca las 3 horas, sabemos en seguida si se refiere a la madrugada o a la tarde, pues es una hora que la estamos viviendo, pero, en cambio, la hora civil en Greenwich no la vivimos y hay que deducir si dicha hora es de la mañana o de la tarde conociendo la hora que tenemos en el lugar. La diferencia con la obtenida del cronómetro siempre es de 12 horas, bien teniendo que aumentarla o disminuirla.

Si la longitud del lugar es pequeña no hay complicación, ya que la HcG próxima tiene que ser parecida a la que llevamos en nuestro reloj al observar o que esté de acuerdo con el enunciado del problema (si dice que observamos en el crepúsculo de la mañana, la HcG pr. tendrá que ser una hora de la mañana).

Ejercicio 2209.—El día 6 por la mañana en LW = 12" — 10' tomamos HM = 11 h - 53 m - 21 s. Calcular la HcG sabiendo que EA M a 4 h día 6 = 10 h - 35 m - 41 s; mM = — 8 s.

$$\begin{array}{r}
 \text{HM} = 11^{\text{h}} - 53^{\text{m}} - 21^{\text{s}} \\
 \text{EA M a 4 h} = 10 - 35 - 41 \\
 \hline
 \text{HcG pr.} = 22^{\text{h}} - 29^{\text{m}} - 2^{\text{s}} \\
 \text{HcG pr.} = 10^{\text{h}} - 29^{\text{m}} - 2^{\text{s}} \\
 \text{ppm} = 2 - \\
 \hline
 \text{HcG} = 10^{\text{h}} - 29^{\text{m}} - 00^{\text{s}}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 \text{(La LW es pequeña} \\
 \text{y esta hora no corres-} \\
 \text{ponde a la mañana).}
 \end{array}$$

Si la longitud del lugar es grande, entonces la diferencia entre la HcG pr. obtenida y la que llevamos en nuestro reloj será grande, y para deducir la HcG pr. que tenemos que tomar se hace una comprobación, que consiste en pasar la HcG pr. obtenida de la hora del cronómetro a hora legal; si esta hora está de acuerdo con la que llevamos a bordo o con la que indica el enunciado del problema, la HcG pr. es la correcta, pero si no están de acuerdo (el problema dice que se observó el Sol por la mañana, y de la HcG sacamos una hora legal de 20 horas) se les resta o suman a la HcG pr. 12 horas para obtener la HcG pr. correcta. Como la diferencia es de 12 horas, fácilmente se hace la comprobación.

Aunque se ha dicho anteriormente, conviene tener en cuenta que la hora civil en Greenwich que hay que decidir cuál es la correcta, es la HcG pr., y no esperar hacerlo en la última HcG o exacta, para obtener sin error el ppm.

Ejercicio 2210.—El día 8 por la tarde en LE = 105° tomamos HA = 10 h - 42 m - 26 s, EA A a Oh día 8 = 9 h - 56 m - 48 s, mA = -12 s. Calcular la HcG.

$\begin{array}{r} HA = 10^h - 42^m - 26^s \\ EA A = 9 - 56 - 48 \\ \hline HcG pr. = 20^h - 39^m - 14^s \end{array}$	<p style="text-align: center;">Comprobación HcG pr.</p> $\begin{array}{r} HcG pr. = 20^h - 39^m - 14^s \\ Z = 7 \\ \hline Hz = 27^h - 39^m - 14^s \\ Hz = 3^h - 39^m - 14^s \end{array}$	$\begin{array}{r} HcG pr. = 8^h - 39^m - 14^s \\ ppm = 4 - \\ \hline HcG = 8^h - 39^m - 10^s \end{array}$
---	---	---

(esta hora es de la mañana; luego HcG pr. = 8 h - 39 m - 14 s)

Ejercicio 2211.—El día 3 por la mañana en L.W = 95° tomamos HM = 1 h - 32 m - 10 s, EA M a 4 h día 3 = 2 h - 43 m - 25 s, mM = +16 s. Calcular la HcG.

$\begin{array}{r} HM = 1^h - 32^m - 10^s \\ EA M a 4 h = 2 - 43 - 25 \\ \hline HcG pr. = 4^h - 15^m - 35^s \end{array}$	<p style="text-align: center;">Comprobación HcG pr.</p> $\begin{array}{r} HcG pr. = 4^h - 15^m - 35^s \\ Z = 6 \\ \hline Hz = 22^h - 15^m - 35^s \end{array}$	$\begin{array}{r} HcG pr. = 16^h - 15^m - 35^s \\ ppm = 8 + \\ \hline HcG = 16^h - 15^m - 43^s \end{array}$
---	--	---

(esta hora es de la tarde; por tanto: HcG pr. = 16 h - 15 m - 35 s)

Otra duda que surge a veces es en la fecha de la HcG cuando no coincide con la de la hora del lugar. Esto lo deducimos en la comprobación que hacemos para dilucidar la duda de las 12 horas. Es decir, la HcG pr. tiene que ser también de una fecha tal que la Hora legal que saquemos de ella corresponda con la fecha del barco o del enunciado del problema.

Las dudas en las fechas ocurren:

a) Cuando estamos en LW grande y se observa por la tarde, la HcG pr. puede ser del día siguiente.

b) Cuando estamos en LE grande y se observa por la mañana, la HcG pr. puede ser del día anterior.

Ejercicio 2212.—El día 4 por la tarde en $LW = 130^\circ$ tomamos $HM = 11$ h - 38 m - 40 s, EAM a 10 h del día 4 = 6 h - 12 m - 30 s, $mM = -8$ s. Calcular la HcG .

$$HM = 11^h - 38^m - 40^s$$

$$EAM \text{ a } 10^h/4 = \underline{6 - 12 - 30}$$

$$HcG \text{ pr.} = 17^h - 51^m - 10^s$$

Según la comprobación

$$HcG \text{ pr.} = 5^h - 51^m - 10^s \quad (5)$$

$$ppm = \quad \quad \quad 6,5 \quad -$$

$$\underline{\underline{HcG = 5^h - 51^m - 3^s,5 \quad (5)}}$$

Comprobación HcG pr.

$$HcG \text{ pr.} = 17^h - 51^m - 10^s$$

$$Z = 9 \quad \quad \quad + (-)$$

$$Hz = 8^h - 51^m - 10^s$$

(Esta Hz de 8 h es de la mañana; por tanto, la HcG pr. será las 5 h, pero del día 5, para que al restarle 9 h resulte la Hz del día 4, como dice el enunciado) (ppm desde el día 4 a 10 h a 5 h - 51 m del día 5, unas 20 h)

Ejercicio 2213.—El día 4 en el crepúsculo matutino en $LE = 135^\circ$ tomamos $HM = 5$ h - 34 m - 41 s. Calcular la HcG sabiendo que EAM a 12 h día 3 = 3 h - 2 m - 20 s, $mM = 12$ s.

$$HM = 5^h - 34^m - 41^s$$

$$EAM \text{ a } 12^h/3 = \underline{3 - 2 - 20^s}$$

$$HcG \text{ pr.} = 8^h - 37^m - 1^s$$

Según la comprobación

$$HcG \text{ pr.} = 20^h - 37^m - 1^s \quad (3)$$

$$ppm = \quad \quad \quad 4,5 \quad +$$

$$\underline{\underline{HcG = 20^h - 37^m - 5^s,5 \quad (3)}}$$

Comprobación HcG pr.

$$HcG \text{ pr.} = 8^h$$

$$Z = 9 \quad \quad \quad + (+)$$

$$Hz \text{ pr.} = 17^h$$

(esta Hz de 17 h es de la tarde; por tanto, la HcG pr. será las 20 h y del día 3, para que al sumar 9 horas resulte la Hz del día 4, como dice el enunciado)

2210. RELOJ DE BITACORA.—Es el reloj que se lleva en la Derrota; normalmente está graduado de 0 a 12 horas, aunque actualmente también los hacen con graduación de 0 a 24 horas.

Tienen un secundero central grande para leer bien los segundos.

2211. HORA DEL RELOJ DE BITACORA.—En el reloj de Bitácora se suele llevar la hora oficial de España cuando se hace navegación costera y varía poco la longitud. Hay que tener en cuenta que toda la Península lleva la misma hora oficial y Canarias lleva una hora menos. Cuando el buque hace navegaciones en que varía bastante la longitud, entonces conviene que el reloj de Bitácora marque la hora legal, que se cambia cada 15° de longitud.

Algunos oficiales prefieren que el reloj de Bitácora le marque la hora civil del lugar, pero como ésta varía con la longitud, la llevan para una longitud determinada, la cual tiene sus confusiones, ya que para pasar esa hora a HcG es necesario conocer la longitud de la hora que lleva dicho reloj.

En otros barcos ponen todos los días el reloj de bitácora marcando las 12 horas al observar la meridiana del Sol. o sea, llevan una hora re-

gida por el Sol verdadero, pero que hay que cambiarla todos los días por variar con la longitud y con el movimiento del Sol.

Aconsejamos en el reloj de bitácora llevar la hora oficial si se navega de un puerto de la Península a otro, y la hora legal cuando la navegación es de altura, variando bastante la longitud.

Capítulo XXIII

SEXTANTES. OBSERVACIONES

2301. SEXTANTE.—Es un instrumento usado a bordo para medir la altura de los astros y también para medir los ángulos horizontales que forman puntos de costa.

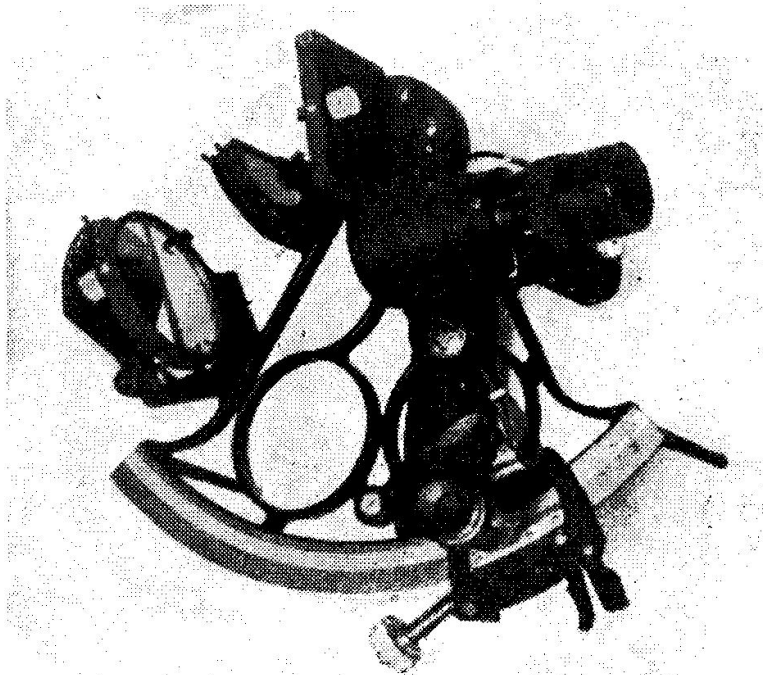


Fig. 2301. Sextante tipo Guardiamarina

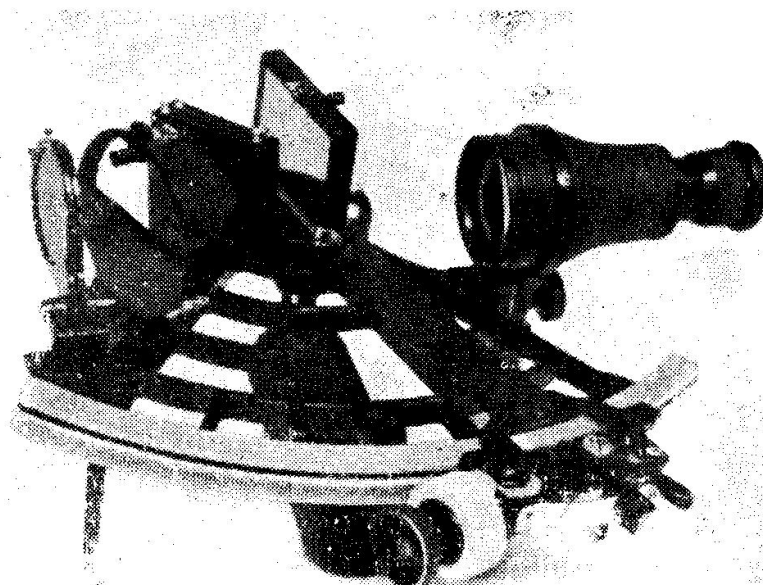


Fig. 2302. Sextante de tambor Plath

Los elementos esenciales del sextante son (figs. 2301 y 2302).

Una armadura metálica en forma de sector circular de unos 80° de ángulo; el arco se llama "Limbo" y está graduado de derecha a izquierda de 0° a unos 150° (doble del arco que comprende), a la derecha continúa unos grados.

Una alidada o radio del sector que gira en su centro y cuyo extremo se desliza a lo largo del Limbo, lleva grabado un índice o línea de fe con un nonius o tambor para apreciar fracciones de minuto. La alidada se puede afirmar al Limbo, bien por un tornillo de presión o por un botón o palanca con muelle, con un tornillo de ajuste se da pequeños desplazamientos a la alidada.

El "Espejo chico" está fijo a la izquierda del sector, su superficie reflectora debe ser normal al plano del sextante y estar orientado paralelamente a la alidada cuando el índice marque 0° . El espejo chico está formado por un cristal rectangular o circular dividido en dos partes, la mitad más próxima al plano del sector es azogada (espejo), y la otra mitad transparente. El soporte de este espejo tiene dos tornillos, uno central y el otro lateral, con los cuales se rectifica la posición de dicho espejo.

El espejo "Grande" está solidario a la alidada, gira con ella, siendo su centro de giro el centro del sector. El soporte de este espejo lleva solamente un tornillo para rectificar su posición.

El collar o soporte del anteojo, que se encuentra enfrente del espejo chico y a la derecha del sector, lleva un tornillo para alejar o acercar el anteojo al plano del sector. Normalmente el eje óptico del anteojo debe pasar por la línea que divide el espejo chico en mitad transparente y azogada.

Varios cristales de color están situados delante de los dos espejos, se pueden girar para colocar delante de los espejos los necesarios para la observación.

Un mango, situado detrás del plano del sextante, nos sirve para coger cómodamente el instrumento durante la observación; dentro del mango suele llevar una pila para la iluminación de la graduación.

En la figura 2301 vemos un sextante de nonius tipo Guardiamarina construido en España; en la figura 2302 corresponde a un sextante de tambor.

Si ponemos la graduación del sextante en cero y miramos a un astro por el anteojo, veremos dos imágenes del astro, una directamente por la parte del cristal del espejo chico y otra imagen reflejada en los espejos grande y chico.

2302. CUIDADOS CON EL SEXTANTE.—Hay que tener en cuenta que el sextante es un instrumento de precisión y, por tanto, es necesario manejarlo con sumo cuidado.

Se debe de coger solamente por el mango o por la armadura, pero nunca por los cristales y espejos, ni tampoco por el limbo ni por la alidada.

No tocar los espejos para evitar tener que hacer nuevas rectificaciones.

Desplazar la alidada con suavidad; antes de desplazarla comprobar que el tornillo de presión no está enroscado o que la palanca la tenemos bien apretada (según el sistema que tenga el sextante).

El anteojo debe de colocarse paralelo al plano del limbo.

2303. LECTURA DEL SEXTANTE CON NONIUS Y TAMBOR.—Dijimos que el limbo del sextante está graduado de derecha a izquierda, o sea, el cero queda a la derecha; ahora bien, a la derecha del cero continúa algunas divisiones que, como veremos, nos sirven para calcular la corrección de índice.

El extremo de la alidada que se desliza por el limbo lleva un índice

o línea de fe que nos marca en la graduación del limbo el ángulo medido. Si el índice coincide exactamente con una graduación del limbo, la lectura es fácil; pero si el índice queda entre dos graduaciones hay que apreciar o medir la separación entre la raya o graduación de la derecha y el índice. Esta medida en los sextantes se hace con un nonius o con un tambor; depende del tipo del sextante.

Sextante con nonius.—En estos sextantes los minutos y segundos se aprecian por la raya del nonius, que coincide con una raya del limbo.

Actualmente el único sextante que se construye de nonius es el español "Guardiamarina".

La graduación del limbo en los sextantes de nonius puede ser:

- De 10' en 10'.
- De 15' en 15'.
- De 20' en 20'.

La forma de hacer en ellos la lectura es la misma; a continuación explicamos cómo se realiza en un sextante Guardiamarina:

La graduación del limbo es de 10' en 10'. El nonius tiene treinta divisiones; ello se aprecia fácilmente porque las divisiones del nonius son casi el doble que las del limbo. En el limbo se toman los grados y decenas de minutos que corresponden a la raya del limbo que se encuentra más próxima a la derecha del índice o cero del nonius.

En el nonius se leen los minutos (hasta 10') y las veintenas de segundos correspondientes a la división del nonius que coincide con otra del limbo:

En la figura 2303 se lee:

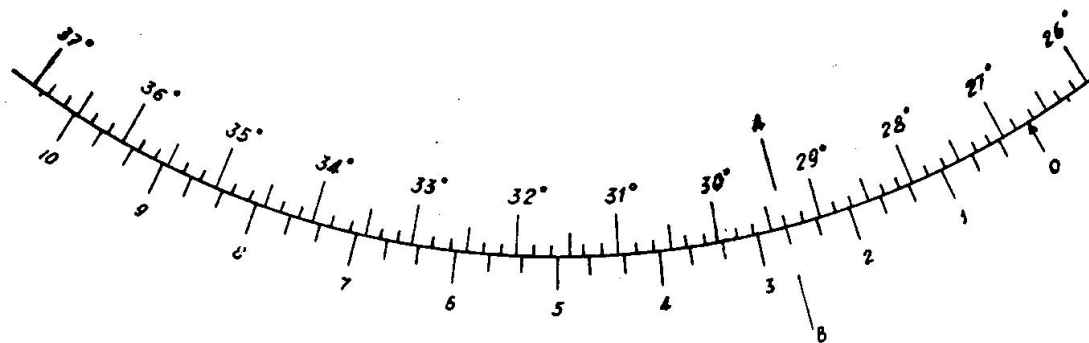


Fig. 2303. Lectura del sextante = 26°-42'-40''

En el limbo	26°-40'	
En el nonius	2'-40''	(señalado con la raya A B)
Lectura total	<u>26°-42'-40''</u>	

Sextante con tambor.—En lugar de un nonius, el sextante lleva un tambor cuya graduación abarca sesenta minutos, o sea, un grado (figura 2302).

En el limbo se leen los grados y en el tambor los minutos y medios minutos; en muchos sextantes de este tipo el índice del tambor tiene un pequeño nonius, apreciándose la décima de minuto (figura 2304, se lee $29^{\circ}-42',5$).

La lectura en los sextantes con tambor es mucho más fácil y cómoda que en los de nonius.

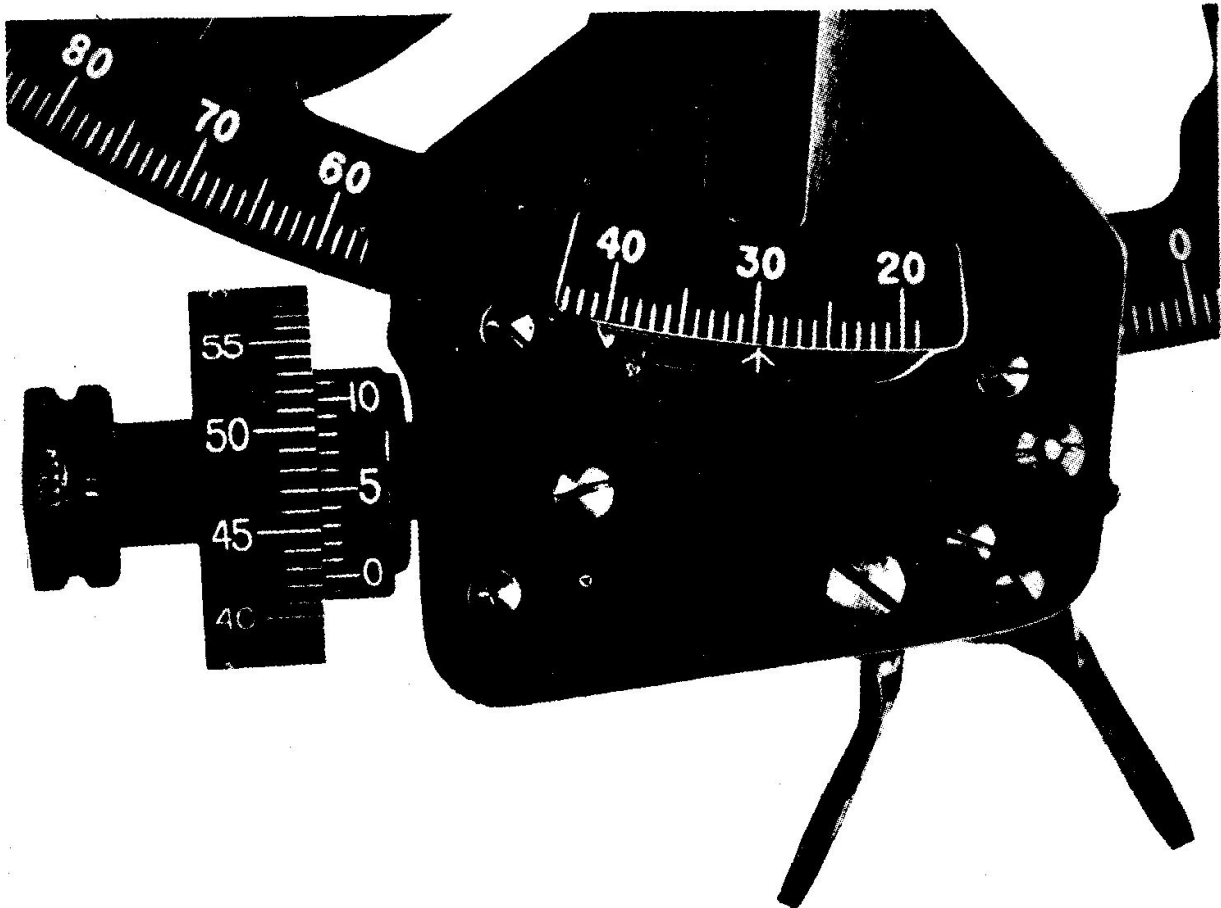


Fig. 2304. Lectura del sextante
 $29^{\circ} 42',5$

Lectura del sextante a la derecha del cero.—Esta lectura sólo se hace cuando queremos obtener la Corrección de Índice del sextante.

Hay que tener en cuenta que la graduación del nonius y del tambor están hechas para leer la separación entre la raya de la derecha del limbo y el índice del nonius o tambor; como en este caso lo que interesa conocer es la separación entre la raya de la izquierda del limbo y el índice del nonius o tambor, la lectura obtenida habrá que restarla a lo que abarca dos divisiones del limbo. Para comprenderlo mejor, en la figura 2305 lo que da el nonius o tambor es el arco (O A) y lo que interesa es el arco (O B), que, como vemos, es igual al arco que abarca dos divisiones del limbo (A B) menos el arco (O A).

1. "Lectura a la derecha del cero en un sextante de nonius".—La lectura en el limbo es la correcta, pero lo que se lee en el nonius, como

acabamos de decir, hay que restarla a lo que abarca dos divisiones del limbo (10', 15' ó 20') según la graduación del sextante.

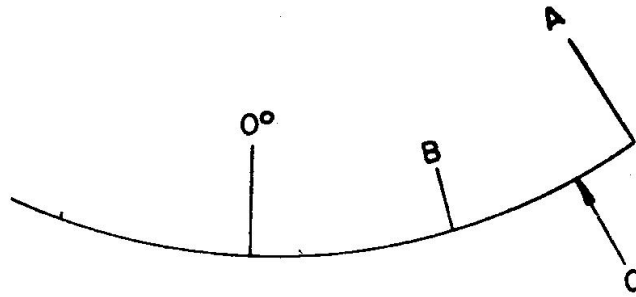


Fig. 2305. Índice a la derecha del O

Para comprenderlo mejor, en la figura 2306 vemos en un sextante tipo Guardiamarina (que están graduados de 10' en 10') lo siguiente:

En el limbo leemos 1°-10'
 En el nonius leemos 2'-40'' (marcado con un punto)

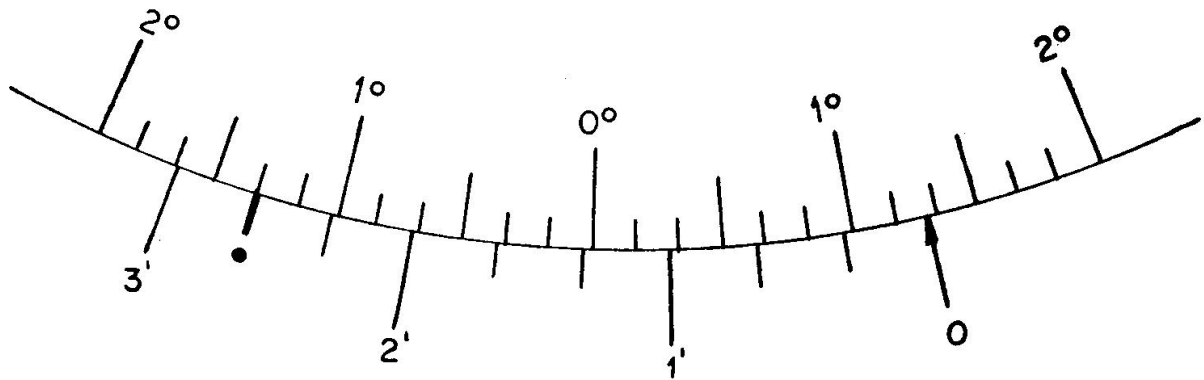


Fig. 2306. Lectura del sextante = + 1°-17'-20''

Pero esta lectura del nonius corresponde a la separación entre la raya de la derecha del limbo al índice o cero del nonius, y lo que deseamos es conocer la separación entre la raya de la izquierda y el cero del nonius. Por tanto, esta lectura se restará de 10' (separación entre rayas del limbo) y quedará:

En el limbo	1°-10'
En el nonius	7'-20''
<u>Lectura total</u>	<u>1°-17'-20''</u>

2. "Lectura a la derecha del cero en un sextante de tambor".— Como la división del limbo abarca un grado, lo leído en el tambor se resta a 60'.

En el cálculo de la corrección de índice la lectura a la derecha se considera positiva y a la izquierda negativa.

2304. RECTIFICACIONES.—Para que el sextante nos dé con exactitud el ángulo medido es necesario que su sistema óptico cumpla una serie de requisitos.

Por ello cuando se reciba un sextante, y con frecuencia, se deben hacer una serie de comprobaciones y si algo está mal hacer la rectificación correspondiente, caso de poder hacerla a bordo.

A continuación exponemos las comprobaciones y rectificaciones:

1. "Comprobación de los espejos".—Cada espejo del sextante debe de tener sus caras paralelas. Para conocer si los espejos cumplen esta condición se hace lo siguiente:

Llevar la alidada a marcar un ángulo grande y comprobar si la imagen reflejada del Sol aparece clara y con bordes definidos; si vemos señales de dobles imágenes, uno de los dos espejos no tiene sus caras paralelas. Entonces llevamos la alidada a las proximidades del cero; si el defecto desaparece o se atenúa, está mal el espejo grande y hay que cambiarlo, pero si el defecto continúa, es el espejo chico el que no tiene sus caras paralelas; conviene cambiarlo, aunque no es imprescindible, ya que el error que produce se incluye en la corrección de índice, que después estudiaremos.

O sea que el defecto de los espejos no se puede rectificar a bordo. Hay que cambiar el espejo que esté en mal estado.

2. "Comprobación de los cristales de color".—También tienen que tener sus caras paralelas.

Se mira al Sol, interponiendo uno a uno todos los cristales de color; el que no dé una imagen clara y con bordes bien definidos hay que suprimirlo para no usarlo en las observaciones.

3. "Espejo grande perpendicular al plano del limbo".—Es condición indispensable que los espejos sean perpendiculares al plano del limbo para no tener error en las lecturas observadas.

Para conocer si se cumple esta condición se hace lo siguiente:

Se pone la alidada aproximadamente a un tercio del limbo a partir del cero.

Con el sextante horizontal (figura 2307) se mira por el espejo grande la parte reflejada del limbo (R), la cual debe aparecer a continuación del arco del limbo visto directamente (D) a la derecha de dicho espejo.

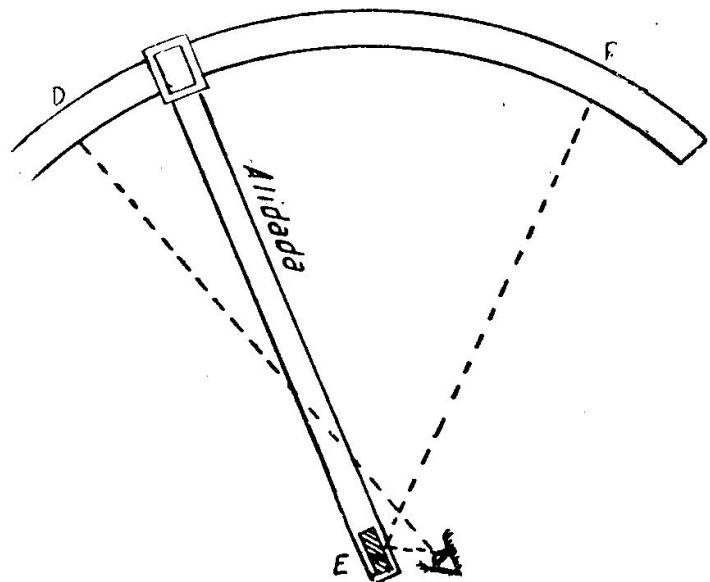


Fig. 2307. Comprobación de la perpendicularidad del Espejo Grande

Si la vemos en distinto plano (figura 2308) se mueve el tornillo que tiene el soporte de este espejo hasta conseguir ver las dos imágenes en prolongación (figura 2309); en este caso el espejo grande es perpendicular o normal al plano del limbo.

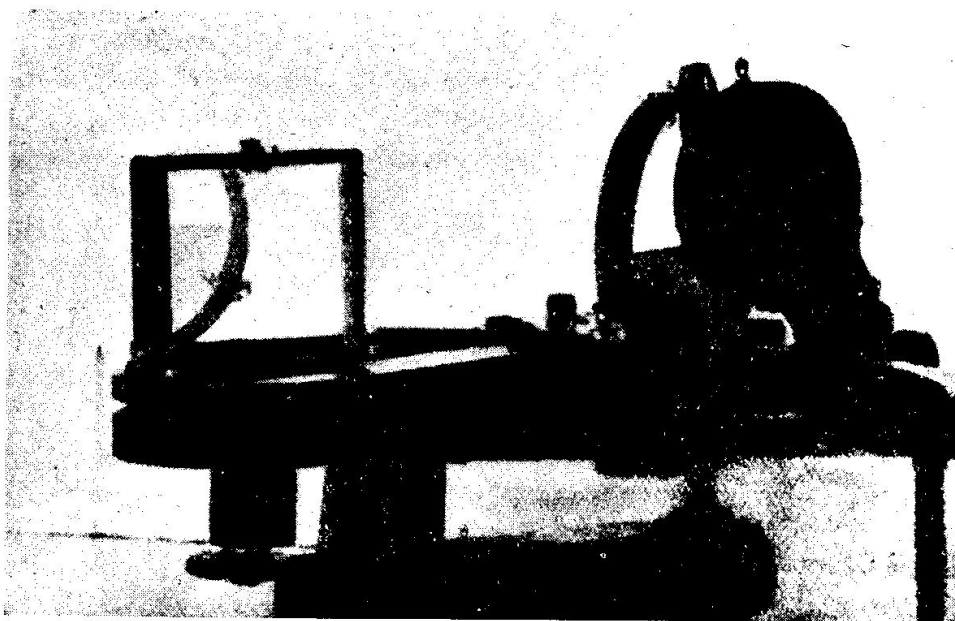


Fig. 2308. Espejo Grande no es perpendicular al plano del limbo

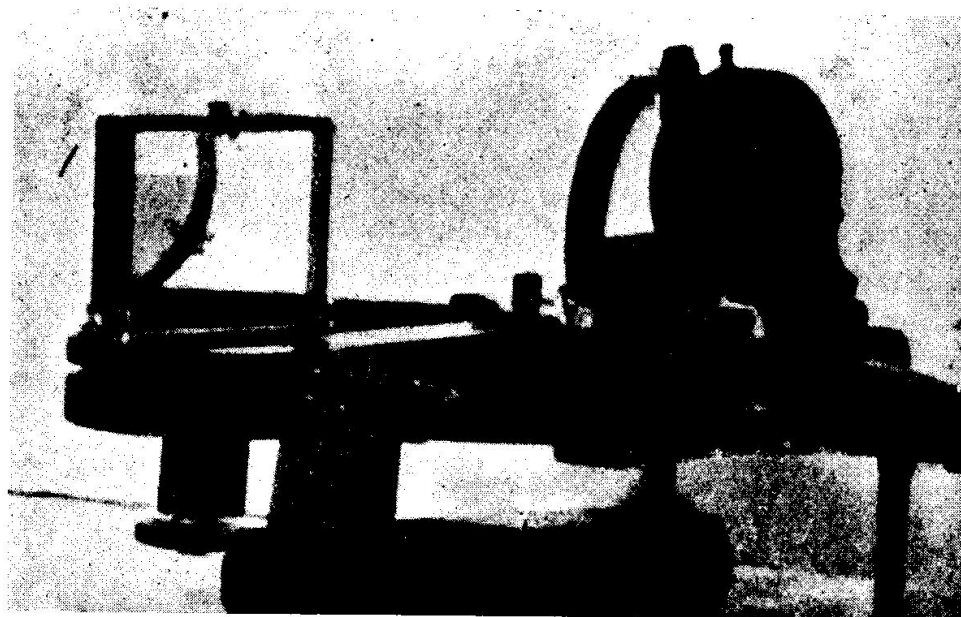


Fig. 2309. Espejo Grande es perpendicular al plano del limbo

4. "Espejo chico perpendicular al plano del limbo".—Igual que el espejo grande, el chico tiene que ser perpendicular al plano del limbo para que las lecturas no sean erróneas. Para comprobarlo se hace viendo si este espejo es paralelo al espejo grande; por ello siempre hay que corregir primero el espejo grande.

Se puede comprobar de dos formas:

a) Por un astro.—Se pone la alidada en cero y se mira a una estrella o al Sol; movemos la alidada y si la imagen reflejada pasa justo sobre

la directa, este espejo es perpendicular, pero si la imagen reflejada pasa a un lado de la directa, sin coincidir con ella, posiciones R, R', R'' (fig. 2310), se deja la imagen en R' y con el tornillo que lleva el soporte de este espejo, en el centro, hacemos coincidir la imagen R' con la directa D.

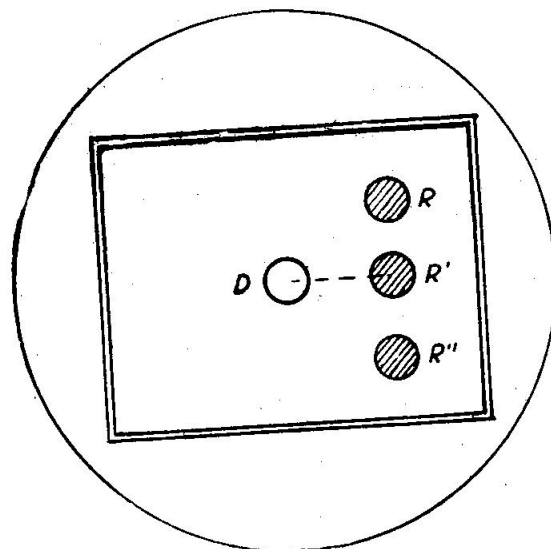


Fig. 2310. El espejo chico no es perpendicular al plano del limbo

b) Por el horizonte.—Llevamos la imagen reflejada del horizonte en prolongación de la directa (índice aproximadamente en cero); si al oscilar el sextante en torno al eje óptico continúan en prolongación, el espejo chico está perpendicular (figura 2311), pero si al oscilar se separan las imágenes directa y reflejada (figura 2312) no está perpendicular, entonces giramos el tornillo central del soporte de este espejo hasta conseguir lo anterior.

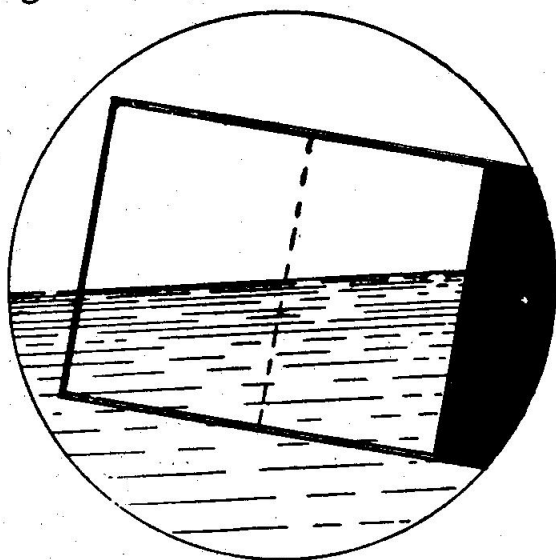


Fig. 2311. El espejo chico es perpendicular al plano del limbo

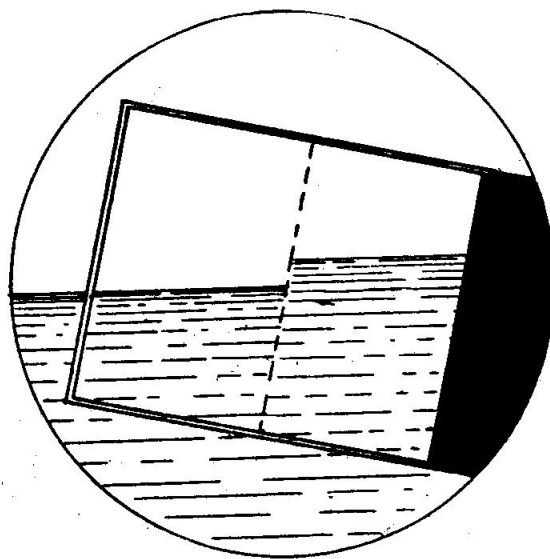


Fig. 2312. El espejo chico no es perpendicular al plano del limbo

2305. CORRECCION DE INDICE POR EL SOL, HORIZONTE Y ESTRELLAS.—Cuando los dos espejos están paralelos, el índice de la alidada debe marcar cero; esto casi nunca ocurre, marcando un pequeño ángulo a la derecha o izquierda del cero, y entonces a las lecturas del sextante hay que aplicarles una corrección, llamada "Corrección de Índice" (ci), que es igual al ángulo que marca el índice cuando los dos espejos están paralelos. La corrección de índice se aplica siempre con su signo a todas las lecturas del sextante, tanto si se toman alturas de astros como ángulos horizontales.

La corrección de índice se debe calcular por el Sol, por merecer más

confianza; pero también podemos obtenerla por el horizonte o por una estrella, aunque estos procedimientos sólo los debemos emplear para comprobar, antes de la observación, si la corrección de índice calculada anteriormente por el Sol no ha variado.

1. "Cálculo de la Corrección de Índice por el Sol" —Ponemos la alidada en cero, colocamos sobre el anteojo el ocular oscuro, o bien cristales de color delante de los espejos, y observamos al Sol por el anteojo, viendo dos imágenes de este astro (una directa y otra reflejada). Con el tornillo de ajuste o con el tambor llevamos a tangente un sol sobre el otro (figura 2313), leyendo lo que marca la graduación, que será un ángulo muy pequeño.

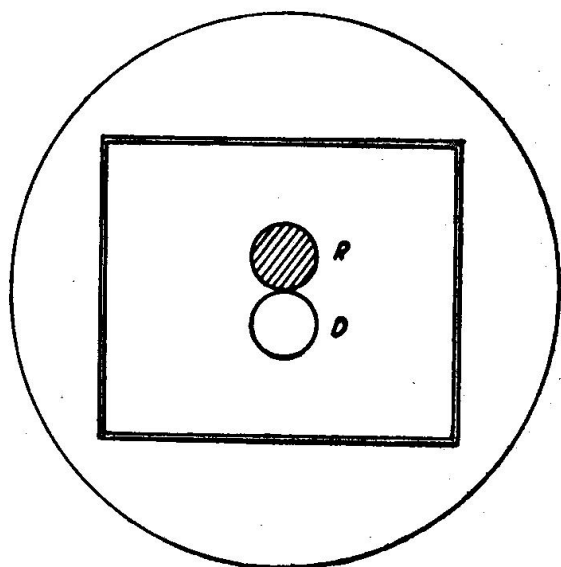


Fig. 2313

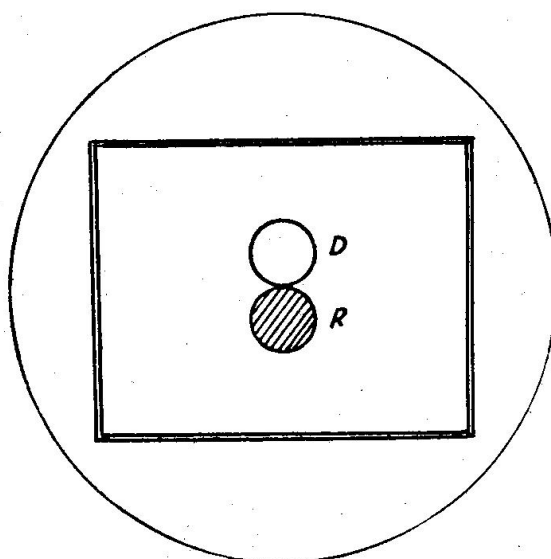


Fig. 2314

Volvemos a mirar al Sol y llevamos a tangente de nuevo los dos soles, pero haciendo que la imagen que estaba arriba pase ahora abajo (figura 2314), tomando la lectura.

La mitad de la suma de estas dos lecturas es la corrección de índice (ci), o sea:

$$ci = \frac{1 + 1'}{2}$$

Lo normal es que el índice en una de estas lecturas caiga a la derecha del cero y en la otra a la izquierda; ya hemos dicho que las lecturas a la derecha son positivas y a la izquierda negativas; como la suma algebraica es aplicar los valores con sus signos, en este caso se restan y la ci tendrá el signo de la mayor. Tener en cuenta lo explicado para tomar la lectura cuando el índice está a la derecha del cero del limbo (artículo 2303).

En el caso poco frecuente de que la ci fuera muy grande, las dos

lecturas quedarían a la misma banda del cero, las dos tendrían el mismo signo; entonces se sumarán y la *ci* tendrá el signo de las dos lecturas.

Calculando la corrección de índice por el Sol podemos comprobar si hemos hecho bien la operación, ya que la diferencia algebraica de las dos lecturas anteriores dividida por cuatro tiene que ser igual al Semidiámetro del Sol, dado en el Aimanque Náutico en la columna del Sol con las letras S.D., o sea:

$$SD = \frac{1 - 1'}{4}$$

No olvidarse que la resta algebraica es operar cambiando el signo al sustraendo, por lo que si las dos lecturas tienen distinto signo (caso normal) hay que sumarlas.

Se comparan el valor del Semidiámetro obtenido con el dado en el A.N.; si son iguales o muy parecidos la corrección de índice está bien obtenida; en el caso de que sean diferentes hay que calcularla de nuevo.

Ejercicio 2301.—El 16 de enero de 1965, calculando por el Sol la corrección de índice de un sextante de nonius, graduado en decenas de minutos se obtienen las lecturas siguientes:

Lectura a la izquierda } En el limbo . 30' En el nonius. 8'40''	Lectura a la derecha ... } En el limbo . 20' En el nonius. 3'40''
---	---

Nota.—Recordar la lectura a la derecha (Art. 2303).

Cálculo de la *ci*

$$\begin{aligned} li &= 38' - 40'' - \\ ld &= 26' - 20'' + \\ \hline 2 ci &= 12' - 20'' + \\ ci &= 6' - 10'' - \end{aligned}$$

Comprobación

$$\begin{aligned} li &= 38' - 40'' - \\ ld &= 26' - 20'' + (-) \\ \hline 4 SD &= 65' - 00'' \\ SD &= 16',2 \end{aligned}$$

En el A.N. (ver Apéndice A) da $SD = 16',3$. La *ci* es buena.

Ejercicio 2302.—El 16 de enero de 1965, calculando por el Sol la corrección de índice de un sextante de tambor se obtienen las lecturas siguientes:

Lectura a la derecha ... } En el limbo ... 0° En el tambor .. 23',2	Lectura a la izquierda ... } En el limbo ... 0° En el tambor .. 28',2
---	---

Cálculo de la *ci*

$$\begin{aligned} ld &= 0^\circ - 36',8 + \\ li &= 0^\circ - 28',2 - \\ \hline 2 ci &= 0^\circ - 8',6 + \\ ci &= 4',3 + \end{aligned}$$

Comprobación

$$\begin{aligned} ld &= 0^\circ - 36',8 + \\ li &= 0^\circ - 28',2 - (+) \\ \hline 4 SD &= 1^\circ - 5',0 \\ SD &= 16',2 \end{aligned}$$

En el A.N. (ver Apéndice) da $SD = 16',3$. La *ci* es buena.

2. "Cálculo de la corrección de índice por el horizonte".—Se pone la alidada en cero y miramos por el anteojo al horizonte, llevando la imagen reflejada en prolongación de la directa por medio de la alidada. La lectura en este instante es la corrección de índice aproximada, que

es positiva si la lectura cae a la derecha del cero y negativa si está a la izquierda. Ya hemos dicho que este sistema sólo se debe utilizar para comprobar, antes de la observación, si la corrección de índice, que hemos calculado por el Sol con anterioridad, no ha variado; caso de dar un valor diferente debemos calcularla de nuevo por el Sol y, si no vemos a este astro, entonces tomaremos la *ci* obtenida por el horizonte.

3. "Cálculo de la corrección de índice por una estrella".—Ponemos la alidada en cero y observamos por el anteojo a una estrella de magnitud pequeña, llevando a coincidir la imagen directa y reflejada; la lectura obtenida es la corrección de índice, a la derecha del cero positiva y a la izquierda negativa

Este cálculo tampoco es de confianza; sólo lo debemos emplear de noche, cuando antes de observar hacemos esta operación y obtenemos una *ci* bastante diferente a la obtenida anteriormente por el Sol; entonces no tenemos más remedio que tomar como buena la *ci* calculada. Conviene que la estrella sea de pequeña magnitud para que no tenga demasiado centelleo y se haga mejor la coincidencia.

4. "Anulación de la Corrección de Índice".—Se puede disminuir y hasta anular la *ci* girando el tornillo que tiene a un lado el soporte del espejo chico. Aunque no aconsejamos hacer esta operación, se realiza de la forma siguiente:

Se pone la alidada que marque exactamente cero; miramos al Sol y si vemos una imagen encima de la otra las llevamos a confundir, tocando al tornillo que acabamos de decir.

Repetimos que esta operación no conviene hacerla nunca, pues con ella se toca la posición del espejo chico, dando lugar a huelgos, y aunque la corrección de índice tenga un valor grande la podemos conocer perfectamente y aplicarla a las lecturas del sextante.

2306. PREPARACION DEL SEXTANTE PARA OBTENER LA ALTURA.—Se llama observar un astro a obtener la altura que tiene sobre el horizonte visible o de la mar; es decir, a medir el arco de vertical comprendido entre el astro y el horizonte que vemos. La altura observada (a_0) es lo que leemos en el sextante agregándole la corrección de índice (*ci*) con su signo.

Antes de realizar una operación hay que hacer las siguientes operaciones:

1. Limpiar suavemente y con paños adecuados los espejos, cristales de color y anteojos, sin apretar demasiado para no modificar la posición de los espejos.

2. Graduar el anteojo a la vista del observador; algunos sextantes tienen un anteojo astronómico para observar el Sol, el cual da la imagen invertida, o sea, se ve el cielo abajo y la mar arriba. Con el tornillo del soporte del anteojo, centrar el campo de éste con el espejo chico.

3. Elegir el sitio para la observación, que debe ser protegido del viento y alejado de la chimenea para evitar refracciones anormales al atravesar los rayos del astro el aire caliente.

4. Si el horizonte se distingue mal conviene observar desde un

lugar bajo para tener más cerca la línea del horizonte; si hay balances grandes conviene observar desde un sitio elevado por ser menor el error en la depresión al variar la altura del observador.

5. Comprobar la corrección de índice (por horizonté o por una estrella) y si resulta bastante diferente del valor conocido calcularla de nuevo.

6. Igualar el brillo de las imágenes del horizonte y astro.

7. Hacer la coincidencia en el centro del retículo.

8. Al hacer la coincidencia oscilar el sextante alrededor del centro óptico del antejo, girando la muñeca; el arco de círculo que describe el astro debe ser tangente al horizonte.

9. No observar astros con alturas inferiores a 15° , por tener error en la refracción astronómica; ni mayores de 65° , para hacer bien la observación y, además, para no tener error en la línea de posición o Recta de Altura, que más adelante estudiaremos. Si no hay posibilidad de observar otros astros, podemos observarlos con alturas entre 10° y 70° .

2307. MODO DE OBTENER LA ALTURA DEL SOL.—Como es muy difícil observar la altura del centro del disco solar, o sea, hacer coincidir el centro del Sol con el horizonte, lo que se hace es obtener la altura del limbo inferior del Sol (a_{\odot}) o la altura del limbo superior (a_{\odot}); siempre que se pueda se observará la del limbo inferior.

Antes de observar se pone el cristal oscuro al antejo o delante de los espejos metemos los cristales de color necesarios para igualar el brillo del Sol y el Horizonte.

En la observación lo primero que hay que hacer es bajar el Sol al horizonte, lo cual se puede realizar de las formas siguientes:

1. Se pone la alidada en cero, miramos por el antejo al Sol, viendo dos imágenes del astro; movemos la alidada, girando al mismo tiempo el sextante para no perder la imagen reflejada; cuando aparezca el horizonte se afirma la alidada.

2. Miramos por el antejo al horizonte en la parte más brillante (que corresponderá con el vertical del astro), movemos la alidada hasta que aparezca el Sol en el campo del antejo; si el sextante no materializa el vertical, no veremos la imagen del astro, pero nos aparecerá un brillo mayor y, moviendo el sextante a la derecha o izquierda, veremos al Sol y afirmamos la alidada.

3. Si conocemos la altura aproximada del Sol ponemos en la alidada esta altura; al mirar por el antejo al horizonte en la dirección del astro nos aparecerá el Sol cerca del horizonte y sujetamos la alidada.

Aproximadamente se puede conocer una altura sabiendo que el puño cerrado con el brazo extendido abarca unos 8° , llevándolos desde el horizonte al Sol nos da una altura aproximada.

Una vez bajado el Sol al horizonte, por uno cualquiera de los tres procedimientos explicados, se calcula la tangencia del Sol oscilando el sextante por medio de un giro de la muñeca; con ello la imagen del astro describe un círculo y con la alidada se lleva a que el arco que recorre el limbo del Sol tangente el horizonte.

a) Si se observa con un anteojo terrestre (imagen directa), la tangencia se hace como indica la figura 2315 para observar el limbo inferior y la figura 2316 cuando se observa el limbo superior.

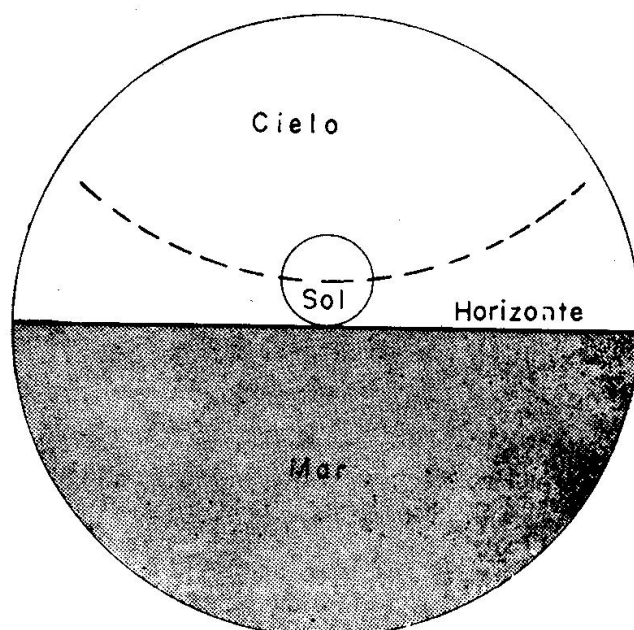


Fig. 2315. Observación limbo inferior del Sol

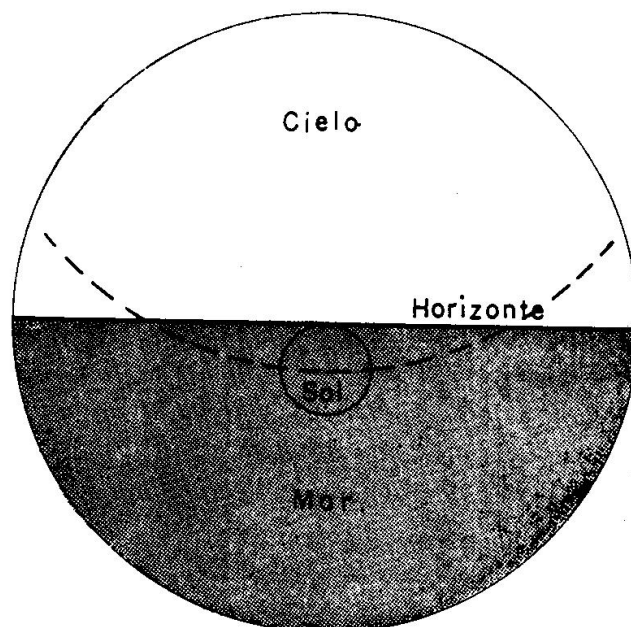


Fig. 2316. Observación limbo superior del Sol

b) Si se observa con un anteojo astronómico (imagen invertida, o sea, cielo abajo y mar arriba) la altura del limbo inferior, se hace como indica la figura 2317 y la del limbo superior como se expone en la figura 2318.

Es conveniente observar siempre el limbo inferior del Sol, porque el disco solar aparece proyectado sobre el cielo y se aprecia mejor el

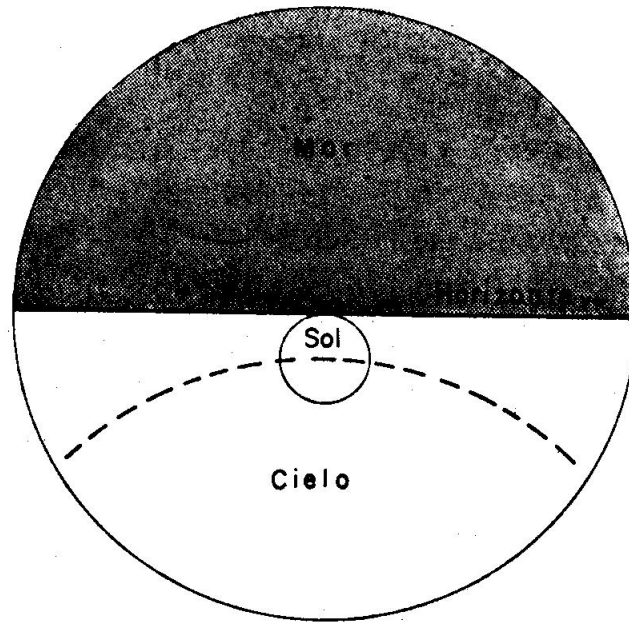


Fig. 2317. Observación limbo inferior del Sol

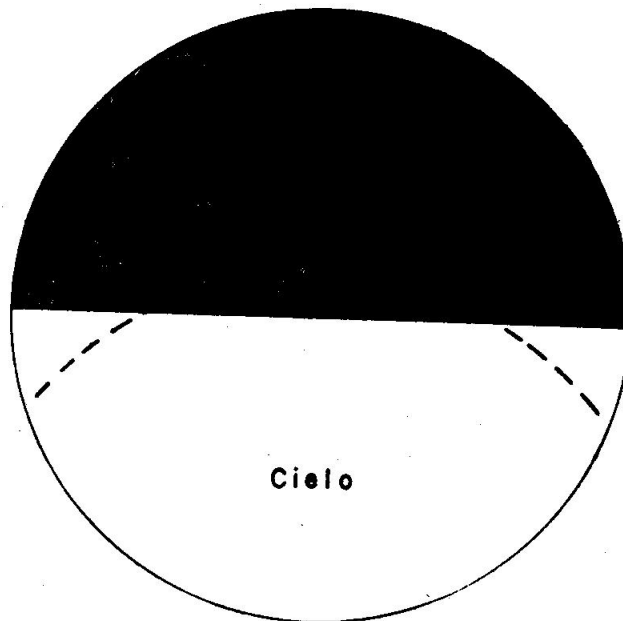


Fig. 2318. Observación limbo superior del Sol

contacto con el horizonte. Sólo se observará el limbo superior cuando el otro limbo esté cubierto por nubes.

Mientras se hace la observación, un ayudante canta la hora del cronómetro y en el instante de hacer el tangenteo se da un top para que el ayudante anote la hora correspondiente, ya que interesa conocer la altura y su hora.

Para observar la altura meridiana del Sol se baja en la forma explicada anteriormente. Como en este momento la altura es máxima, nos

ponemos a observar unos instantes antes y se toma la altura al estar el Sol parado; en esta observación no hace falta conocer la hora del cronómetro.

2308. MODO DE OBTENER LA ALTURA DE LA POLAR.—La Polar es una de las estrellas más observadas en el hemisferio norte. Las estrellas se observan normalmente en los crepúsculos, por verse bien el horizonte.

La observación se hace siempre con un anteojo terrestre.

Para bajar la estrella al horizonte se distinguen los casos siguientes:

1. Conociendo su altura aproximada (en el caso de la Polar la altura es próxima a la latitud de estima) ponemos esta altura en la alidada y, mirando por el anteojo en la dirección del Azimut (en la Polar en la dirección del norte verdadero), nos aparecerá la estrella.

2. Si no se quiere emplear la latitud de estima como altura, conviene bajar la estrella según las normas siguientes:

a) Si la Polar se ve bien y la altura no es demasiado grande, ponemos la alidada en cero y bajamos la estrella al horizonte, desplazando la alidada y al mismo tiempo girando el sextante para no perder la imagen del astro; cuando aparezca el horizonte fijamos la alidada.

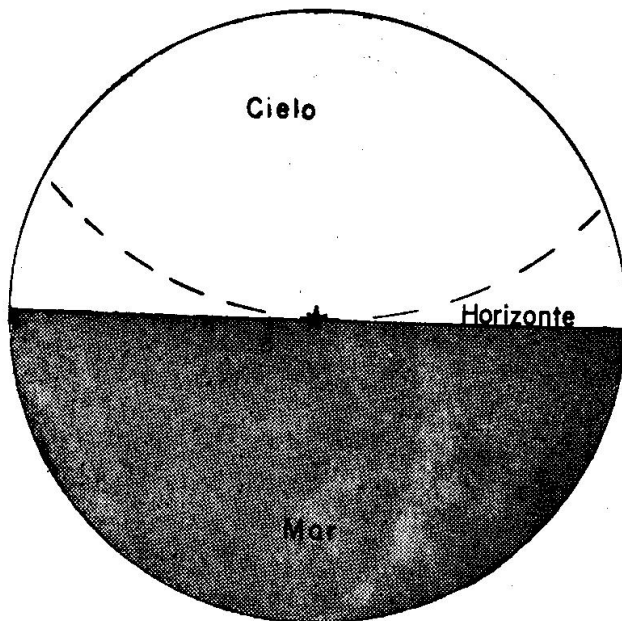


Fig. 2319. Observación de Estrella

b) Si la estrella está alta y poco visible, es preferible llevar el horizonte al astro; para ello ponemos el sextante vertical, pero invertido (limbo hacia arriba) y, mirando a la estrella por el cristal del espejo chico (sin anteojo o por fuera de él), se desplaza la alidada hasta que en la parte azogada aparezca el horizonte; a continuación damos vuelta al sextante y, mirando al horizonte, veremos la imagen del astro en el campo del anteojo.

Una vez que tenemos la estrella en el horizonte, observamos la altura oscilando el sextante y llevando la imagen móvil del astro a que toque al horizonte (figura 2319).

Capítulo XXIV

CALCULO DE LA ALTURA VERDADERA DE SOL Y ESTRELLAS

2401. HORIZONTES.—En el Curso 1.^o (Art. 1705) se explicaron las tres clases de horizontes: verdadero, aparente y visible o de la mar.

Aunque aconsejamos recordar lo expuesto en dicho artículo 1705, los tres horizontes que hay que tener en cuenta son (fig. 2401).

“Horizonte verdadero” (H_v): el que tiene por centro el centro de la Tierra.

“Horizonte aparente” (H_a): el paralelo al verdadero que tiene por centro el observador.

“Horizonte visible o de la mar” (H_m): el que vemos desde el buque y que depende de la elevación del observador.

La altura obtenida con el sextante (después de aplicada la corrección de índice) es la altura observada (a_o), que se cuenta desde el horizonte de la mar (H_m); en cambio, la altura verdadera (a_v) se cuenta desde el Horizonte verdadero (H_v) y desde el centro de la Tierra; esta altura es la que interesa para obtener la Situación Astronómica.

El ángulo que forma el Horizonte aparente (H_a) y el Horizonte de la mar (H_m) se llama “Depresión aparente” (D) (fig. 2401). Es decir, que para pasar del Horizonte de la mar al Horizonte aparente (H_a) hay que aplicar la Depresión aparente (D).

Para pasar del Horizonte aparente al verdadero hay que tener en cuenta la Paralaje en altura (P), que es el ángulo que forma el radio de la Tierra visto desde el Astro, ya que un horizonte pasa por el cen-

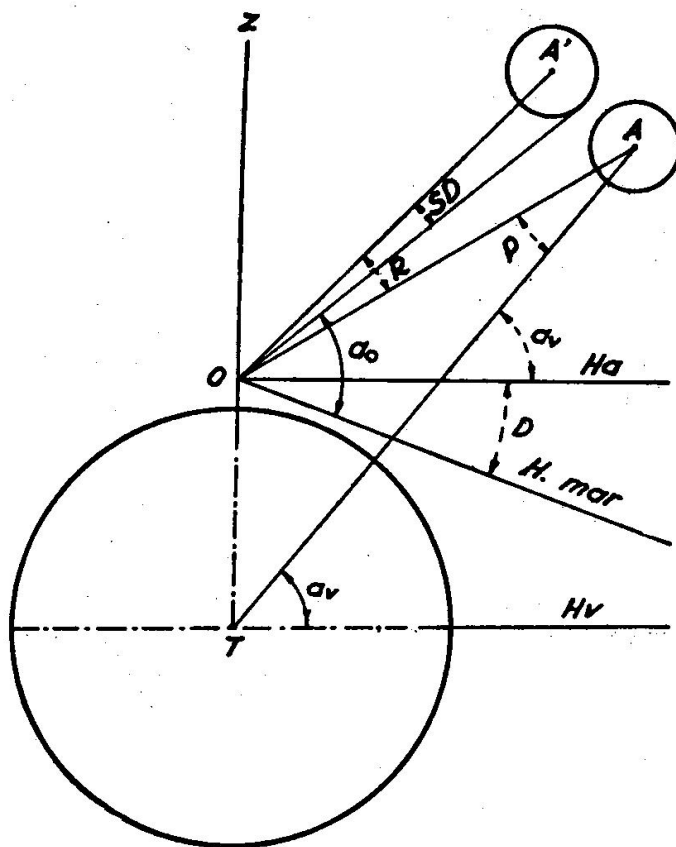


Fig. 2401. Alturas observada y verdadera

tro de la Tierra y el aparente pasa por el lugar donde se encuentra el observador.

2402. PASAR DE ALTURA OBSERVADA DE SOL A VERDADERA.—Como hemos visto en el artículo anterior, en toda observación, para pasar de altura observada a altura verdadera, debido a los dos horizontes (visible o de la mar y verdadero), hay que aplicar dos correcciones: Depresión aparente y Paralaje en altura.

Independiente de esto, debido a la "Refracción astronómica" (R) todos los astros los vemos más elevados de lo que están en la realidad (en la fig. 2401 el Astro A lo vemos en A'), o sea, que a todas las observaciones hay también que aplicarle esta corrección de Refracción astronómica (R).

En el caso que tratamos del Sol, hemos estudiado en el Capítulo anterior (art. 2307) que con el sextante observamos la altura del limbo inferior del disco solar o del limbo superior. Como la altura verdadera se refiere al centro del Sol, también hay que aplicar esta cuarta corrección, llamada "Semidiámetro" (SD).

Estas cuatro correcciones: Depresión, Paralaje, Refracción y Semidiámetro, aunque están tabuladas con independencia (Depresión, Paralaje y Refracción en las Tablas Náuticas y Semidiámetro del Sol en el Almanaque Náutico), no tratamos de ellas, porque las Tablas Náuticas dan englobadas las cuatro correcciones, como a continuación explicamos:

La Tabla IX de las Tablas Náuticas, entrando con la altura observada del Sol y con la elevación del observador, da la Corrección (C) que hay que aplicar a la altura observada del limbo inferior del Sol; esta corrección es siempre positiva.

En la parte inferior de esta página, donde pone "segunda corrección", entrando con la fecha nos da otra pequeña corrección (c) con su signo, que también se aplica a la altura observada.

Ejercicio 2401.—El 24 de julio de 1965 se observa ai $\Theta = 21^\circ - 18',6$, ci = $-2',1$, elevación = 9 m. Calcular la altura verdadera.

$$\begin{array}{r} \text{ai } \Theta = 21^\circ - 18',6 \\ \text{ci} = \quad \quad 2',1 - \\ \hline \text{a.} = 21^\circ - 16',5 \\ \text{C} + \text{c} = \quad \quad 8',1 + \\ \hline \text{a}_v = 21^\circ - 24',6 \end{array}$$

Caso de observar el limbo superior del Sol, también puede usarse estas Tablas para obtener la altura verdadero haciendo lo siguiente:

Se suma la primera corrección (C) y se resta el valor $32' + c$ (siendo "c" la segunda corrección), o sea, aplicando el valor de "c" con su signo a $32'$ y restando el resultado a la altura.

Ejercicio 2402.—El 10 de marzo de 1965 se observa ai $\bar{\Theta} = 32^\circ - 5',4$, ci = $-1',8$, elevación = 7 m. Calcular la altura verdadera.

$$\begin{array}{r} \text{ai } \bar{\Theta} = 32^\circ - 5',4 \\ \text{ci} = \quad \quad 1',8 - \\ \hline \text{a.} = 32^\circ - 3',6 \\ \text{C} = \quad \quad 9',9 + \\ (32' + \text{c}) = \quad \quad 32',1 - \\ \hline \text{a}_v = 31^\circ - 41',4 \end{array}$$

2403. PASAR DE ALTURA OBSERVADA DE ESTRELLA A VERDADERA.—Como las estrellas se encuentran a distancias inmensas, tanto la Paralaje (ángulo que abarca el radio de la Tierra visto desde el astro) como el Semidiámetro (ángulo que forma el radio de la estrella visto desde la Tierra) se consideran despreciables; por ello, para pasar la altura observada a verdadera sólo hay que aplicar la Refracción astronómica (R) y la Depresión (D).

Estas dos correcciones están tabuladas en una sola corrección en la Tabla VII de las Tablas Náuticas, entrando con la altura observada y la elevación del ojo del observador; esta corrección siempre es negativa.

Ejercicio 2403.—Se observa ai Polar = 36' — 9',4, ci = — 2',2, elevación = 7 m. Calcular la altura verdadera.

$$\begin{array}{r}
 ai = 36^\circ - 9',4 \\
 ci = \quad \quad 2',2 \text{ —} \\
 \hline
 a_o = 36^\circ - 7',2 \\
 C = \quad \quad 6',0 \text{ —} \\
 \hline
 \underline{\underline{a_v = 36^\circ - 1',2}}
 \end{array}$$

Capítulo XXV

RESOLUCION DEL TRIANGULO DE POSICION

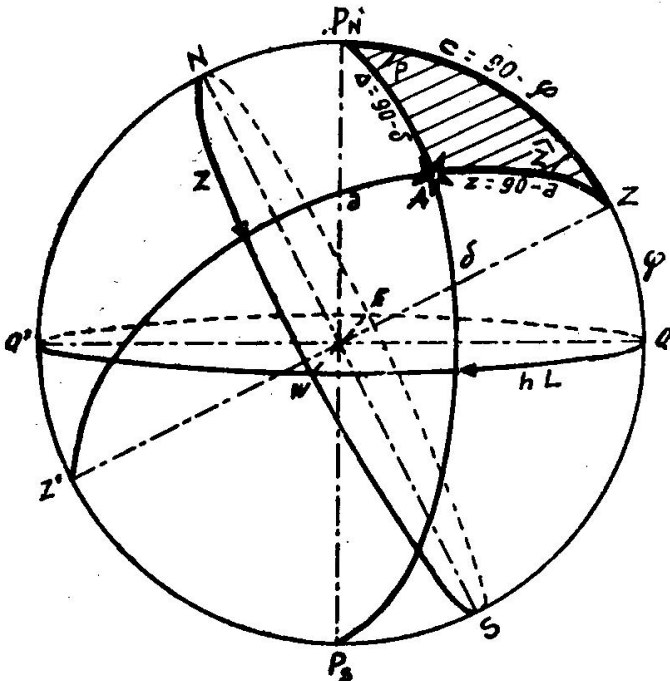


Fig. 2501. Triángulo de Posición

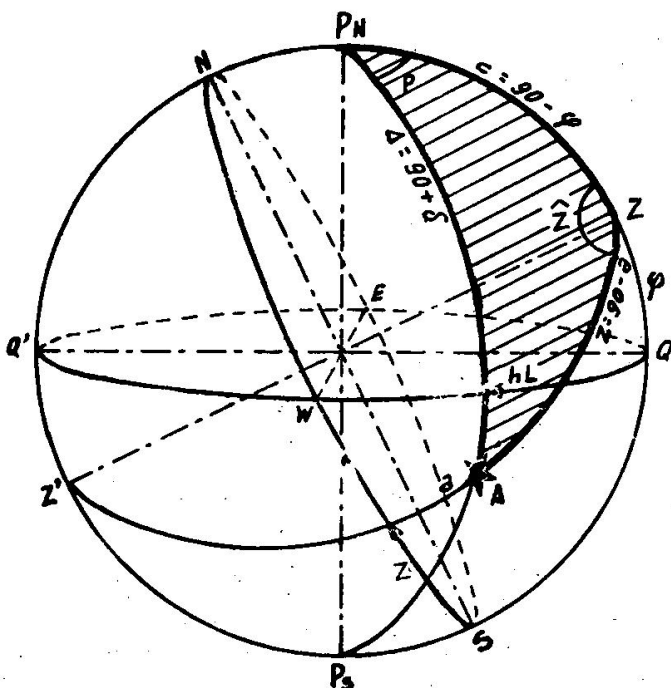


Fig. 2502. Triángulo de Posición

2501. TRIANGULO DE POSICION.—En el art 1711 ya estudiamos algo del Triángulo de Posición.

El triángulo de posición, como todo triángulo esférico, sus lados tienen que ser arcos de círculos máximos y sus ángulos tienen que ser menores de 180° .

1. Los vértices de ese triángulo (figs. 2501 y 2502) son:

- Polo elevado, o sea de igual nombre que la latitud.
- Cenit (Z).
- Astro (A).

2. Los lados son:

- Colatitud ($c = 90^\circ - l$).
- Distancia cenital ($z = 90^\circ - a$; para astros visibles).

— Codeclinación ($\Delta = 90^\circ - d$ cuando la declinación del astro tiene igual nombre que la latitud; $\Delta = 90^\circ + d$ si tienen distinto nombre).

El único lado que puede valer más de 90° es la codeclinación, cuando la declinación tiene distinto nombre que la latitud (fig. 2502).

3. Los ángulos son:

- Ángulo en el Polo (P) igual al horario menor de 180° .
- Ángulo Cenital (Z) igual al Azimut Astronómico.
- Ángulo Paraláctico (A).

Las fórmulas del triángulo de posición interesan trabajarlas con las coordenadas: latitud, altura y declinación; como los lados de este triángulo son: $90^\circ - 1$; $90^\circ - a$ y $90^\circ \pm d$, las fórmulas generales de trigonometría esférica:

$$(1) \quad \cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A.$$

$$(2) \quad \frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

(3) $\cotag a \sin b = \cos b \cos C + \sin C \cotag A$
en el triángulo de posición resultan las siguientes, únicas empleadas en Navegación Astronómica:

$$(1) \quad \begin{aligned} \sin a &= \sin 1 \sin d + \cos 1 \cos d \cos P \\ \sin d &= \sin 1 \sin a + \cos 1 \cos a \cos Z \end{aligned}$$

$$(2) \quad \frac{\cos 1}{\sin A} = \frac{\cos d}{\sin Z} = \frac{\cos a}{\sin P}$$

$$(3) \quad \begin{aligned} \tag a \cos 1 &= \sin 1 \cos Z + \sin Z \cotag P \\ \tag d \cos 1 &= \sin 1 \cos P + \sin P \cotag Z \end{aligned}$$

2502. DADA LA ALTURA, HALLAR EL HORARIO Y LA LONGITUD.—En este problema se quiere obtener el ángulo en el Polo (P) conociendo:

La latitud (1), que en la mar será la estimada.

La declinación (d), tomada en el A. N. a la HcG de la observación.

La altura verdadera (a), obtenida de la observación con el sextante.

Por tanto, se conocen los tres lados del triángulo de posición y podemos obtener el ángulo en el Polo (P):

La fórmula general a emplear es:

$$\sin a = \sin 1 \sin d + \cos 1 \cos d \cos P$$

siendo la incógnita el ángulo en el Polo (P). Preparando la fórmula para calcular por logaritmos, viene en función de la codeclinación (Δ) y resulta:

$$\sin^2 \frac{1}{2} P = \sec 1 \operatorname{cosec} \Delta \cos S \sin (S - a)$$

en la cual:

Δ se obtiene de la declinación (d), recordando que:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta = 90^\circ - d \dots\dots \text{si la latitud y declinación son del mismo nombre o signo.} \\ \Delta = 90^\circ + d \dots\dots \text{si la latitud y declinación son de distinto nombre o signo.} \end{array} \right.$$

El valor S es:

$$S = \frac{1 + \Delta + a}{2}$$

Conociendo el logaritmo $\text{sen } 2\frac{1}{2} P$, las Tablas Náuticas dan directamente P.

El tipeo para el cálculo, una vez pasada la altura observada a verdadera, es:

1 =	log sec 1 =
$\Delta =$	log cosec $\Delta =$
a =	log cos S =
$2 S =$ _____	log sen (S — a) = _____
S =	log sen $2\frac{1}{2} P =$
a =	P =
S — a =	

El ángulo en el Polo (P) obtenido es E u W igual que el Azimut del astro, o bien para el Sol, si se observa por la mañana es E y por la tarde W.

El ángulo en el Polo (P) se pasa a Horario del Lugar (hL), recordando que:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Astro al E} \dots\dots\dots \text{hL} = 360^\circ - P_e \\ \text{Astro al W} \dots\dots\dots \text{hL} = P_w \end{array} \right.$$

En el instante de la observación se ha tomado la hora del cronómetro y, por tanto, conocemos la Hora civil en Greenwich (HcG), con la cual se toma en el A. N. el Horario en Greenwich del astro (hG). Conociendo el hG y el hL del mismo astro a la misma hora, podemos obtener la longitud, recordando que:

$$L = hG - hL$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si hG es mayor que hL} \dots\dots\dots \text{es LW} \\ \text{Si hG es menor que hL} \dots\dots\dots \text{es LE} \end{array} \right.$$

Esta longitud se llama observada (Lo) por obtenerse de una altura observada; no será exacta, ya que hemos trabajado con una latitud de estima, que tendrá errores.

Ejercicio 2501.—El 16 de enero de 1965 en Se: IN = $41^\circ - 21'$, LW = $17^\circ - 14'$ por la mañana, al ser HM = 9 h - 34 m - 33 s, se obtuvo al $\Theta = 23^\circ - 40',4$, ci = $-2',2$, e = 7 m. EAM a 10 h = 2 h - 8 m - 14 s, mM = + 14 s. Calcular el horario del lugar (hL) y la Longitud observada (Lo).

Cálculo de Hc G

$$\begin{array}{r} HM = 9^h - 34^m - 33^s \\ \text{E A M a } 10 \text{ h} = 2 - 8 - 14 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{HcG pr.} = 11^h - 42^m - 47^s \\ \text{ppm} = \quad \quad \quad 1 + \end{array}$$

$$\text{HcG} = 11^h - 42^m - 48^s$$

$$l = 41^\circ - 21',0$$

$$\Delta = 110^\circ - 55',4$$

$$a = 23^\circ - 47',8$$

$$2 S = 176^\circ - 4',2$$

$$S = 88^\circ - 2',1$$

$$a = 23^\circ - 47',8$$

$$S-a = 64^\circ - 14',3$$

Cálculo de hG y Δ

$$\begin{array}{r} \text{hG a } 11 \text{ h} = 342^\circ - 32',8 \\ \text{por m y s} = 10^\circ - 42',0 \end{array}$$

$$\text{hG} = 353^\circ - 14',8$$

$$d = -20^\circ - 55',4$$

$$\Delta = 110^\circ - 55',4$$

Cálculo de a_v

$$\text{ai O} = 23^\circ - 40',4$$

$$\bar{c}i = 2',2$$

$$a_v = 23^\circ - 38',2$$

$$C + c = 9',6$$

$$a_v = 23^\circ - 47',8$$

Cálculo de hL

$$\log \sec 1 = 0,12454$$

$$\log \operatorname{cosec} \Delta = 0,02563$$

$$\log \cos S = 8,53515$$

$$\log \operatorname{sen} (S-a) = 9,95454$$

$$\log \operatorname{sen} \frac{1}{2} P = 8,63986$$

$$P E = 24^\circ - 6',9$$

$$hL = 360^\circ - P E$$

$$\underline{\underline{hL = 335^\circ - 53',1}}$$

Cálculo de Lo

$$\text{hG} = 353^\circ - 14',8$$

$$\text{hL} = 335^\circ - 53',1$$

$$\underline{\underline{\text{LW} = 17^\circ - 21',7}}$$

2503. DADO EL HORARIO, HALLAR LA ALTURA.—Es el problema que más se trabaja para calcular la situación astronómica.

En este caso, en el triángulo de posición se conoce:

La declinación (d) tomada en el A. N. a la hora de la observación.

La latitud (l) en la mar será la estimada.

El ángulo en el Polo (P) obtenido del horario de Greenwich (hG) y la Longitud (L). El hG se toma en el A. N. a la hora de la observación y la Longitud en la mar será la estimada. Es decir:

El horario en Greenwich se pasa a Horario del lugar (hL), recordando que:

$$hL = hG - L, \text{ siendo LW positivas y LE negativas.}$$

El horario del lugar se pasa ángulo en el Polo (P), recordando que:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } hL \text{ es menor de } 180^\circ \dots\dots\dots Pw = hL \\ \text{Si } hL \text{ es mayor de } 180^\circ \dots\dots\dots Pe = 360^\circ - hL \end{array} \right.$$

La fórmula general a emplear es:

$$\boxed{\operatorname{sen} a = \operatorname{sen} l \operatorname{sen} d + \cos l \cos d \cos P}$$

la cual se trabaja haciendo:

$$A = \text{sen } l \text{ sen } d$$

$$B = \text{cos } l \text{ cos } d \text{ cos } P$$

por lo que resulta:

$$\text{sen } a = A + B$$

Los signos son:

- { Si l y d tienen el mismo nombre o signo A es positivo
- { Si l y d tienen distinto nombre o signo A es negativo
- { Si P es menor de 90° B es positivo
- { Si P es mayor de 90° B es negativo

En la fórmula $\text{sen } a = A + B$ quiere decir que A y B se aplican con sus signos, o sea, se suman si tienen igual signo, y se restan si tienen distinto signo; el resultado de $A + B$ debe de ser positivo si el astro es visible, que es cuando interesa trabajar dicha fórmula.

Los valores de A y B se calculan por logaritmos, siendo A y B los antilogaritmos de los resultados.

Sumando A y B obtenemos $\text{sen } a$, y en las Tablas XXXV de las Tablas Náuticas, en la columna del seno, obtenemos el ángulo $a = \text{altura}$.

La altura obtenida se llama "Altura estimada" (a_e), ya que la fórmula se trabaja con la latitud de estima (l) y la Longitud de estima para conocer hL y P.

El tipeo es:

log sen l =	log cos l =	A =
log sen d =	log cos d =	B =
log A =	log cos P =	sen a_e =
A =	log B =	a_e =
	B =	

Ejercicio 2502.—El 16 de enero de 1965 en Se: IN = 41° — 21'. LW = 17° — 14' por la mañana al ser HM = 9 h 34 m - 33 s, EA M a 10 h = 2 h - 8 m - 14 s, mM = + 14 s. Calcular la altura estimada.

Cálculo de HcG

$$\text{HM} = 9^{\text{h}} - 34^{\text{m}} - 33^{\text{s}}$$

$$\text{EA M a 10 h} = 2 - 8 - 14$$

$$\text{HcG pr.} = 11^{\text{h}} - 42^{\text{m}} - 47^{\text{s}}$$

$$\text{ppm} = \quad \quad \quad 1 +$$

$$\text{HcG} = 11^{\text{h}} - 42^{\text{m}} - 48^{\text{s}}$$

Cálculo de P y D

$$\text{hG a 11 h} = 342^{\circ} - 32',8$$

$$\text{por m s} = 10^{\circ} - 42',0$$

$$\text{hG} = 353^{\circ} - 14',8$$

$$\text{Le W} = 17^{\circ} - 14',0 + (-)$$

$$\text{hL} = 336^{\circ} - 00',8$$

$$\text{P E} = 23^{\circ} - 59',2$$

$$d = -20^{\circ} - 55',4$$

Cálculo de la a.

log sen l = 9,81998	log cos l = 9,87546	A = 0,23593 —
log sen d = 9,55281	log cos d = 9,97037	B = 0,64063 +
log A = 9,37279	log cos P = 9,96078	sen a = 0,40470
A = 0,23593	log B = 9,80661	$a_e = 23^{\circ} - 52',3$
	B = 0,64063	

Existen Tablas que facilitan el cálculo de la altura estimada, las últimas españolas son las "Tablas Rápidas para el Cálculo de la Recta de Altura", de los autores de este libro, y que han sido declaradas de utilidad por el Ministerio de Marina en el año 1960. Se explican en el artículo 3406.

2504. CALCULO DEL AZIMUT DE SOL CON TABLAS.—El azimut de los astros interesa conocerlos para obtener la situación astronómica y también para obtener la Corrección total de la Aguja; basta con obtenerlo al medio grado.

En este caso se conoce:

La latitud (l), que en la mar será la estimada.

La declinación (d), tomada en el A. N.

El ángulo en el Polo (P), obtenido del horario en Greenwich (hG) y la Longitud (L).

El hG se toma en el A. N. y la Longitud en la mar será la estimada. Es decir:

El horario en Greenwich (hG) se pasa a horario del lugar (hL), recordando que:

$$hL = hG - L, \text{ siendo } LW \text{ positivas y } LE \text{ negativas}$$

El horario del lugar (hL) se pasa a ángulo en el Polo (P), recordando que:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } hL \text{ es mayor de } 180^\circ \dots\dots Pe = 360^\circ - hL \\ \text{Si } hL \text{ es menor de } 180^\circ \dots\dots Pw = hL \end{array} \right.$$

La fórmula general a aplicar es:

$$\text{tag } d \cos l = \text{sen } l \cos P + \text{sen } P \text{ cotag } Z$$

en la que se conoce todo menos cotag Z . Despejando resulta:

$$\text{cotag } Z = \frac{\text{tag } d \cos l - \text{sen } l \cos P}{\text{sen } P}$$

Este problema lo resuelven las Tablas XVI de las Tablas Náuticas, puesta la fórmula anterior en la forma siguiente:

$$\text{cotag } Z = \left(\frac{\text{tag } d}{\text{sen } P} - \frac{\text{tag } l}{\text{tag } P} \right) \cos l$$

llamando:

$$p' = \frac{\text{tag } d}{\text{sen } P} \quad p'' = \frac{\text{tag } l}{\text{tag } P} \quad p = p' + p''$$

resulta:

$$\text{cotag } Z = p \cos l$$

Las Tablas están divididas en tres partes:

1.^a En la primera parte (hojas de la izquierda), entrando con el ángulo en el Polo (P) y con la declinación (d), se toma p' . El signo de p' lo da las Tablas, y es:

- $$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } l \text{ y } d \text{ son de distinto nombre o signo } p' \text{ es negativo} \\ \text{Si } l \text{ y } d \text{ son del mismo nombre o signo } p' \text{ es positivo} \end{array} \right.$$

2.^a En la segunda parte (hojas de la derecha), entrando con el ángulo en el Polo (P) y la latitud (l), obtenemos p'' . El signo de p'' lo da las Tablas, y es:

- Si P es mayor de 90° p'' es positivo
Si P es menor de 90° p'' es negativo

3.^a Aplicando p' y p'' con sus signos, conocemos p.

En la tercera parte de las Tablas entramos con la latitud y en su línea buscamos el valor de p. En la parte alta de la columna en que está p obtenemos el azimut por cuadrantes (menor de 90°), que se le ponen los signos N o S, según el signo de p:

- $$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } p \text{ es positivo, igual nombre que la latitud} \\ \text{Si } p \text{ es negativo, distinto nombre que la latitud.} \end{array} \right.$$

El azimut es E u W, igual que el ángulo en el Polo (P); para el Sol por la mañana es E y por la tarde es W.

Para calcular el azimut nos sirve con conocer la hora del reloj de Bitácora (Ho, o Hz).

Ejercicio 2503.—El día 16 de enero en Se: $l = 36^\circ - 18' \text{ N}$, $L = 5^\circ - 20' \text{ E}$, calcular el Azimut del Sol al ser Ho de España = 16 h -- 43 m.

$$\begin{array}{r} \text{Ho} = 16^{\text{h}} - 43^{\text{m}} \\ \text{O} = 1 \text{ - } \text{---} \\ \hline \text{HcG} = 15^{\text{h}} - 43^{\text{m}} \\ \text{hG a 15 h} = 42^\circ - 31',9 \\ \text{por 43 m} = 10^\circ - 45',0 \\ \hline \text{hG} = 53^\circ - 16',9 \\ \text{I E} = 5^\circ - 20',0 \text{ --- (+)} \\ \hline \text{hL} = 58^\circ - 36',9 \\ \text{P W} = 58^\circ - 36',9 \\ \text{d} = -20^\circ - 53',5 \end{array} \quad \begin{array}{r} p' = 0,45 \text{ ---} \\ p'' = 0,45 \text{ ---} \\ p = 0,90 \text{ ---} \\ \underline{\underline{Z = S 54^\circ \text{ W}}} \end{array}$$

El azimut también lo calculan de forma análoga las Tablas 22 de las "Tablas Útiles al navegante" y las "Tablas Rápidas para el cálculo de la Recta de Altura", de los autores de este libro. Pero así como las Tablas Náuticas y las Útiles al navegante sólo dan los valores de la declinación hasta 60° , las Tablas Rápidas para el cálculo de la Recta de Altura dan los valores de la declinación hasta 60° (de grado en grado) y, además, los valores superiores a éste que tienen los astros que se observan en la mar con declinación mayor de 60° . Estas Tablas se explican el art. 3406.

2505. CÁLCULO DEL AZIMUT DEL SOL AL ORTO Y OCASO.—

En el orto y ocaso el problema se simplifica, ya que la altura del astro es cero.

En las Tablas XXVI de las Tablas Náuticas, entrando con la latitud y la declinación de la hora próxima del orto y ocaso, tomamos la Amplitud (Ap), que es el complemento del azimut por cuadrantes, o sea:

$$Z = 90^\circ - Ap$$

Los puntos cardinales de este azimut son:

- $\left\{ \begin{array}{l} \text{E al orto y W al ocaso.} \\ \text{N o S igual a la declinación del astro.} \end{array} \right.$

El azimut obtenido en estas Tablas corresponde al instante en que el centro del Sol pasa por el horizonte. En los barcos nos interesa más el azimut del Sol en los instantes en que ocurre el orto u ocaso de uno de los limbos del Sol (inferior o superior); para ello a la Amplitud obtenida se le aplica la corrección (c) diferente para cada limbo, que está tabulada en la parte inferior de las Tablas XXVI, entrando con la latitud y la declinación próxima. La Amplitud calculada para el limbo deseado se resta a 90° y conocemos el azimut de dicho instante.

Repetimos que el azimut se desea conocerlo al medio grado.

Ejercicio 2504.—El 17 de enero de 1965 en $l = 30^\circ - 10'N$, calcular el azimut al orto y ocaso del limbo superior del Sol.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{En T. XXVI ... } Ap = 24^\circ - 6' & & \\
 c = 0^\circ - 35' - & & \underline{\underline{Z \text{ al orto} = S 66^\circ,5 E}} \\
 \hline
 Ap = 23^\circ - 31' = 23^\circ,5 & & \\
 Z = 66^\circ,5 & & \underline{\underline{Z \text{ al ocaso} = S 66^\circ,5 W}}
 \end{array}$$

Las Tablas útiles al navegante en la Tabla 16, entrando con la latitud y declinación, se obtiene el azimut del orto y ocaso del centro del Sol. Para obtener el azimut del limbo inferior o superior se le aplica la corrección que está en la Tabla 17. Los nombres de los puntos cardinales son los explicados anteriormente.

Capítulo XXVI

MAREAS

2601. MAREAS.—En el curso anterior se trató algo de las mareas (capítulo V).

El fenómeno de las mareas es producido por el movimiento de grandes masas de agua del mar bajo la fuerza de la atracción de la Luna y del Sol, combinado con el movimiento de la rotación de la Tierra. También influyen en las mareas los planetas, pero su atracción es insignificante. La influencia promedio del Sol y la Luna es aproximadamente como 1 a 2,73; es mucho mayor la atracción de la Luna, por estar más cerca a la Tierra.

Hay que distinguir entre “Mareas”, movimiento vertical de subida y bajada del nivel del agua (creciente y menguante), y “corriente de marea”, movimiento horizontal del agua, llamándose flujo o marea entrante y reflujo o marea saliente.

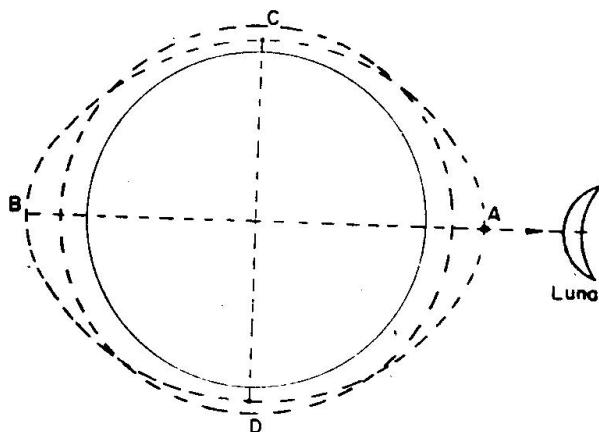


Fig. 2601

El conocimiento de la marea es necesario para la entrada y salida de puerto, paso por bajos, etc.; el de las corrientes de marea para conocer la velocidad y el rumbo efectivo del buque.

La marea es un fenómeno periódico; su frecuencia es igual al intervalo de tiempo en que las posiciones relativas y distancias del Sol, Luna y Tierra se repiten, lo cual ocurre cada dieciocho años, once días.

Para comprender las causas de las mareas, supongamos que la Tie-

rra está rodeada de agua por completo (fig. 2601) y que sólo existe la Luna. Al atraer este astro a la masa de agua, para que esta masa conserve el equilibrio, toma la forma de la fig. 2601 (dibujada de puntos). En un puerto que está en A o B será en este instante pleamar y, en cambio, en C o D será bajamar.

Considerando que también existe la atracción del Sol, las mareas varían según la posición del Sol y la Luna, y las mareas serán grandes, o sea, habrá mucha diferencia de alturas entre la pleamar y bajamar, cuando la Luna y el Sol están en direcciones opuestas respecto a la Tierra, o sea, cuando la Luna es llena o cuando los dos astros están en la misma dirección, o sea, es Luna Nueva (fig. 2602), porque en los dos casos se suman las atracciones del Sol y Luna. A estas mareas se llaman "Mareas vivas" y se llaman "Mareas muertas" cuando la diferencia de alturas entre la pleamar y bajamar es pequeña, por restarse los efectos del Sol y Luna, lo cual ocurre en Cuarto creciente o Cuarto menguante (fig. 2603).

Además, las mareas serán mayores cuando estén más cerca el Sol y la Luna, pues entonces la fuerza de atracción es mayor.

2602. ESTABLECIMIENTO DE PUERTO.—La hora de una Pleamar siempre ocurre después del paso de la Luna por el meridiano superior del lugar en una cantidad variable que depende de las declinaciones del Sol y Luna, de sus horarios y de las distancias a la Tierra.

Cuando la declinación de los dos astros vale cero, o sea, están ambos en el Ecuador, pasan, además, al mismo tiempo por el meridiano superior y se encuentran a distancia media de la Tierra, la diferencia entre la pleamar y la hora de paso de la Luna por el meridiano superior se llama "Establecimiento de Puerto" (E. Pto.).

Por tanto, el Establecimiento de Puerto es la cantidad que hay que sumar a la hora de paso de la Luna por el meridiano superior del lugar para obtener la hora de una pleamar en las condiciones anteriores. Este dato es constante para cada puerto y lo da el Almanaque Náutico.

2603. COEFICIENTE DE MAREA Y UNIDAD DE ALTURA.—El "Coeficiente de Marea" (C) es una cantidad constante para todos los puertos y variable cada día, que depende de las posiciones del Sol y la Luna. El coeficiente de marea lo da el Almanaque Náutico a 0 y 12 horas de cada día.

"Unidad de Altura" (U) es la altura sobre el nivel medio que alcanza la primera pleamar después del paso de la Luna por el meridiano superior del lugar cuando el Sol y la Luna se encuentran en el Ecuador, a distancia media y pasando los dos astros en el mismo instante por el meridiano; o sea, en las mismas condiciones que se obtiene el Establecimiento de Puerto.

La Unidad de altura es constante para cada puerto y lo da el Almanaque Náutico.

El producto C. U. es lo que hay que sumar al nivel medio para conocer la sonda de la pleamar, o restar para saber la sonda de la bajamar.

En las cartas españolas, sumando a la sonda dada en las cartas el producto 1,20. U (U = Unidad de altura), se obtiene el Nivel Medio.

Por tanto:

$$\text{Nivel medio} = \text{Sonda carta} + 1,20. U.$$

$$\text{Nivel Pleamar} = \text{Nivel medio} + C.U.$$

$$\text{Nivel Bajamar} = \text{Nivel medio} - C. U.$$

2604. ANUARIO DE MAREAS.—Es una Publicación anual editada por el Instituto Hidrográfico de la Marina que da las horas y alturas de las mareas para los puertos de la Península Ibérica, Islas Canarias y Posesiones españolas.

Los puertos los divide en principales y secundarios; para los principales da las horas y alturas; para los secundarios da la diferencia de horas y diferencia de alturas respecto a un puerto patrón que es principal (Apéndice B).

También tiene unas tablas para corregir las alturas dadas por presión atmosférica.

2605. CALCULO DE LAS HORAS Y SONIDAS DE LAS PLEAMARES Y BAJAMARES CON EL ANUARIO DE MAREAS.—Para 26 puertos principales, entrando con la fecha da las horas de las pleamares y bajamares, así como la altura en metros de estos instantes, o sea, lo que hay que sumar a la sonda de la Carta para obtener las sondas de la pleamar y bajamar.

La hora dada es la Hora civil en Greenwich, excepto para las Islas Canarias, Sahara español y Territorios de Ifni, que da la Hora legal ($Z = + 1$). Por tanto, para obtener la hora oficial de los puertos españoles lo único que hay que hacer es sumar una hora a la dada en el Anuario de Mareas, ya que la hora oficial de Canarias y posesiones africanas es diferente a la de la Península.

Para 77 puertos secundarios da la diferencia de horas y diferencia de alturas de la Pleamar y Bajamar respecto a un puerto patrón. Para resolver el problema se toman las horas y alturas del puerto patrón y se aplican con su signo estas diferencias.

Ejercicios.—Ver los ejercicios números 501 y 502.

Capítulo XXVII

MAGNETISMO. DESVIOS. NOCIONES DE COMPENSACION

2701. DESVIO.—El Desvío (Art. 613) es el ángulo de separación entre el Norte magnético (Nm) y el Norte de aguja (Na). Se representa por Δ y se considera como positivo cuando el Na queda a la derecha del Nm y negativo cuando queda a la izquierda (fig. 2701).

Es ocasionado por el campo magnético del barco.

2702. MAGNETISMO EN UN BUQUE.—El hierro y el acero adquieren propiedades magnéticas cuando están sometidos a la influencia de un campo magnético. Este tipo de magnetismo existe en los barcos, ya que los materiales que lo componen,

muchos de los cuales son metálicos, se encuentran dentro del campo magnético terrestre.

La existencia de estos “imanes inducidos” a bordo supone un nuevo campo magnético que influye sobre la aguja y que hace que su Norte no señale en la dirección del Nm, sino en otra que se conoce por Norte de Aguja.

El magnetismo que adquieren estos materiales varía tanto en intensidad como en la duración de sus efectos, según la clase de metal y el lugar en donde se encuentre el barco. También influye su posición respecto a la aguja. Su clasificación es como sigue:

- a) magnetismo adquirido por los aceros y hierros duros (con mucho carbono) que se comportan como imanes permanentes.
- b) magnetismo inducido en los hierros dulces (poco carbono), el cual se adquiere y pierde con rapidez, tanto por los cambios de rumbo como de posición geográfica.

2703. MAGNETISMO PERMANENTE EN UN BUQUE.— Tan pronto se inicia la construcción de un barco, los materiales magnéticos

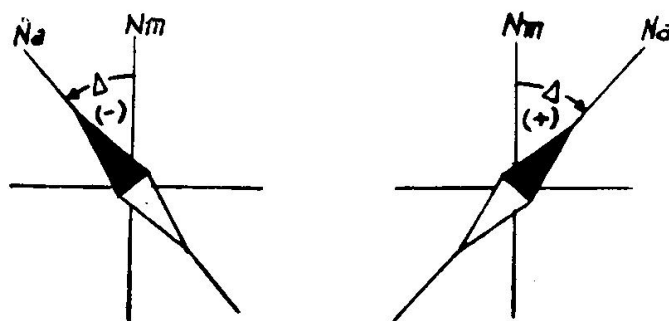


Fig. 2701. Signos del desvío

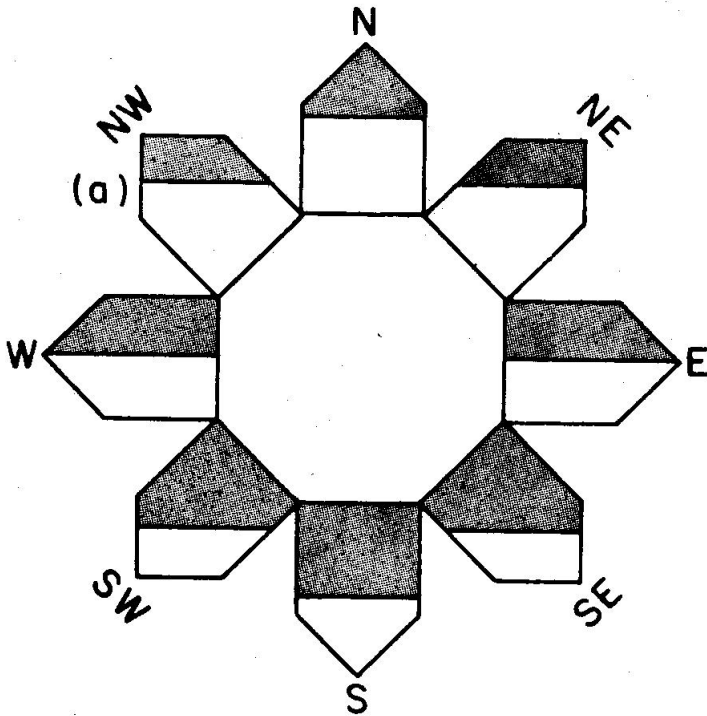


Fig. 2702. Magnetización de un buque según su rumbo de construcción. (Sombreado, polaridad N; en blanco, polaridad S)

que forman parte de él y tienen mucho carbono (aceros y hierros duros) se van imantando lentamente bajo la influencia del campo magnético terrestre, llegando a adquirir un magnetismo permanente. La intensidad de este magnetismo y su dirección dependen de la situación geográfica del astillero en que se construyó y de la dirección que tuvo la proa en la grada (fig. 2702).

Este magnetismo conserva la anterior disposición durante

mucho tiempo, cualquiera que sea el rumbo que se navegue o los cambios de latitud. Únicamente cuando se está amarrado durante varios meses a un muelle o se navega constantemente por latitudes distintas de las de construcción, llega a cambiar.

2704. EFECTOS DEL MAGNETISMO PERMANENTE EN LA AGUJA NAUTICA.—Dado que la aguja náutica está construida y dispuesta para responder a las fuerzas magnéticas horizontales, el magnetismo permanente de los aceros y hierros verticales no influye sobre ella cuando el barco está adrizado, pero sí en el caso de que el buque

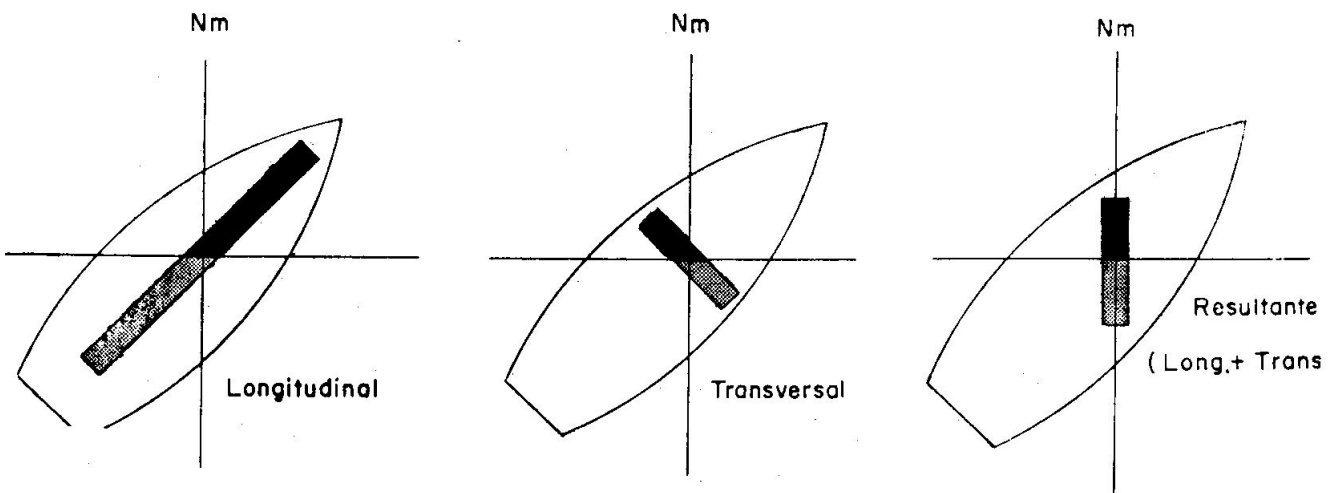


Fig. 2703. Componentes teóricas del magnetismo permanente (sombreado, polaridad N o roja, punteado, polaridad S o azul)

dé balances o cabezadas. El estudio actual se refiere a un barco adrizado y más adelante se verá lo que ocurre cuando se tiene escora.

Supongamos que un buque se ha construido con la proa al $Rm = N 45 E$ y que sustituimos los materiales magnéticos de carácter permanente, tanto en el sentido Pr. — Pp. como en el Br. — Er., por unos imanes que producen los mismos efectos sobre la aguja (fig. 2703). Interesa advertir que esta sustitución, aun cuando teórica, es totalmente rigurosa y no introduce ningún error en los supuestos que se puedan hacer.

En la fig. 2704 se tienen distintas proas de este barco construido al NE y vamos a ver, en cada una de ellas, el efecto del magnetismo permanente horizontal sobre la aguja. Para mayor claridad sólo se representan los polos de la resultante horizontal.

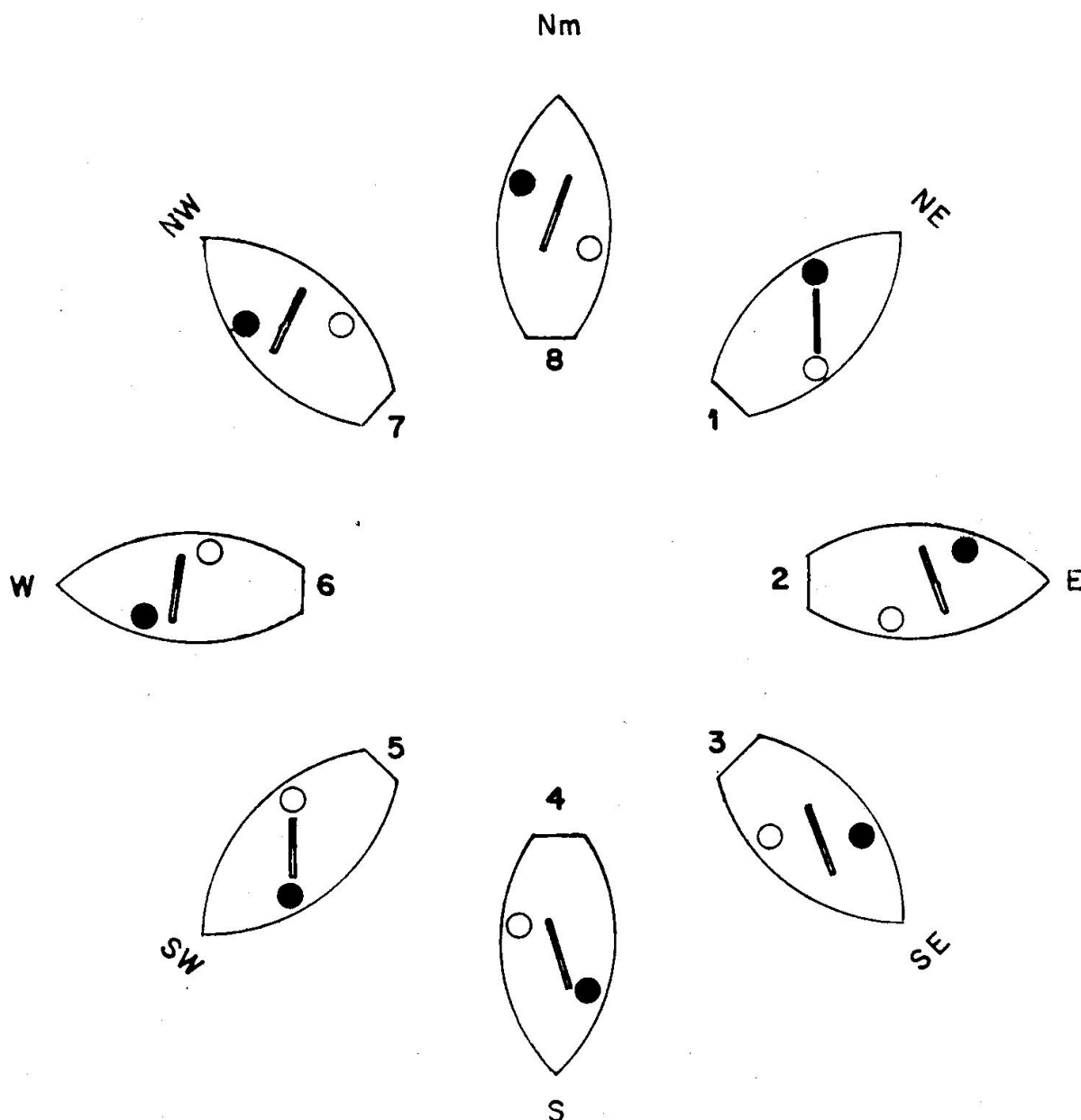


Fig. 2704. Efectos del magnetismo permanente sobre la aguja

Posición	Rm	Efecto del magnetismo permanente sobre la aguja	Δ	Observaciones
1	NE	Nulo	0	Esto ocurre por estar en la posición en que se construyó el barco (Rumbo de Grada) ya que entonces se tienen los polos en línea con la aguja.
2	E	El rojo repele al Na	—	El desvío es máximo a la izquierda, pues el magnetismo permanente actúa perpendicularmente sobre la aguja.
3	SE	El rojo repele al Na	—	
4	S	El azul atrae al Na	—	Idem a la posición 1 por estar al rumbo opuesto.
5	SW	Nulo	0	
6	W	El azul atrae al Na	+	Idem a la posición 3, pero a la derecha.
7	NW	El azul atrae al Na	+	
8	N	El rojo repele al Na	+	

Estos desvíos pertenecen al grupo de los llamados **semicirculares**, porque adquieren valores iguales y de signo contrario cada 180° de rumbo.

2705. MAGNETISMO INDUCIDO EN EL HIERRO DULCE VERTICAL.—La polaridad adquirida por los hierros dulces verticales depende de la posición geográfica.

Esto supone que un barco que navegue por el hemisferio Norte tendrá una polaridad Sur en la cubierta alta. La fig. 2705 representa este

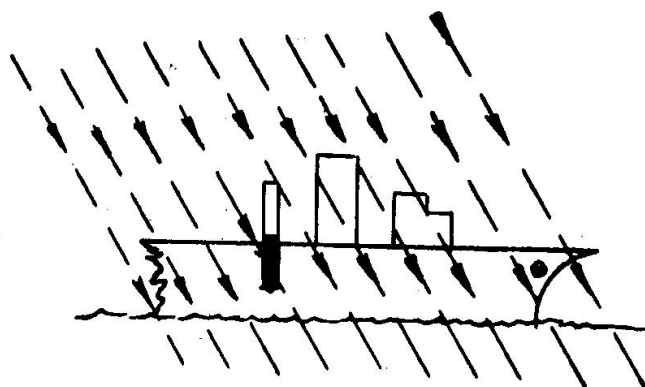


Fig. 2705. Magnetismo inducido vertical

caso y en ella se han sustituido todos los hierros verticales de este tipo por un imán teórico. Lo contrario sucederá si se navega por el hemisferio Sur.

Por la disposición de los hierros en el barco, este imán teórico suele estar en el plano de crujía y sus efectos son análogos a los del magnetismo longitudinal permanente, corrigiéndose simultáneamente los efectos de ambos (Art. 2708).

Cuando el barco cambia de latitud la inducción varía y se desajusta la compensación que estaba hecha como si todo fuera de carácter permanente. Con objeto de corregir estas diferencias, la bitácora lleva el alojamiento para la Barra Flinders.

2706. MAGNETISMO INDUCIDO EN EL HIERRO DULCE HORIZONTAL SIMETRICO.—Los hierros de este tipo suelen ser mamparos longitudinales, transversales y otros que tienen prácticamente un

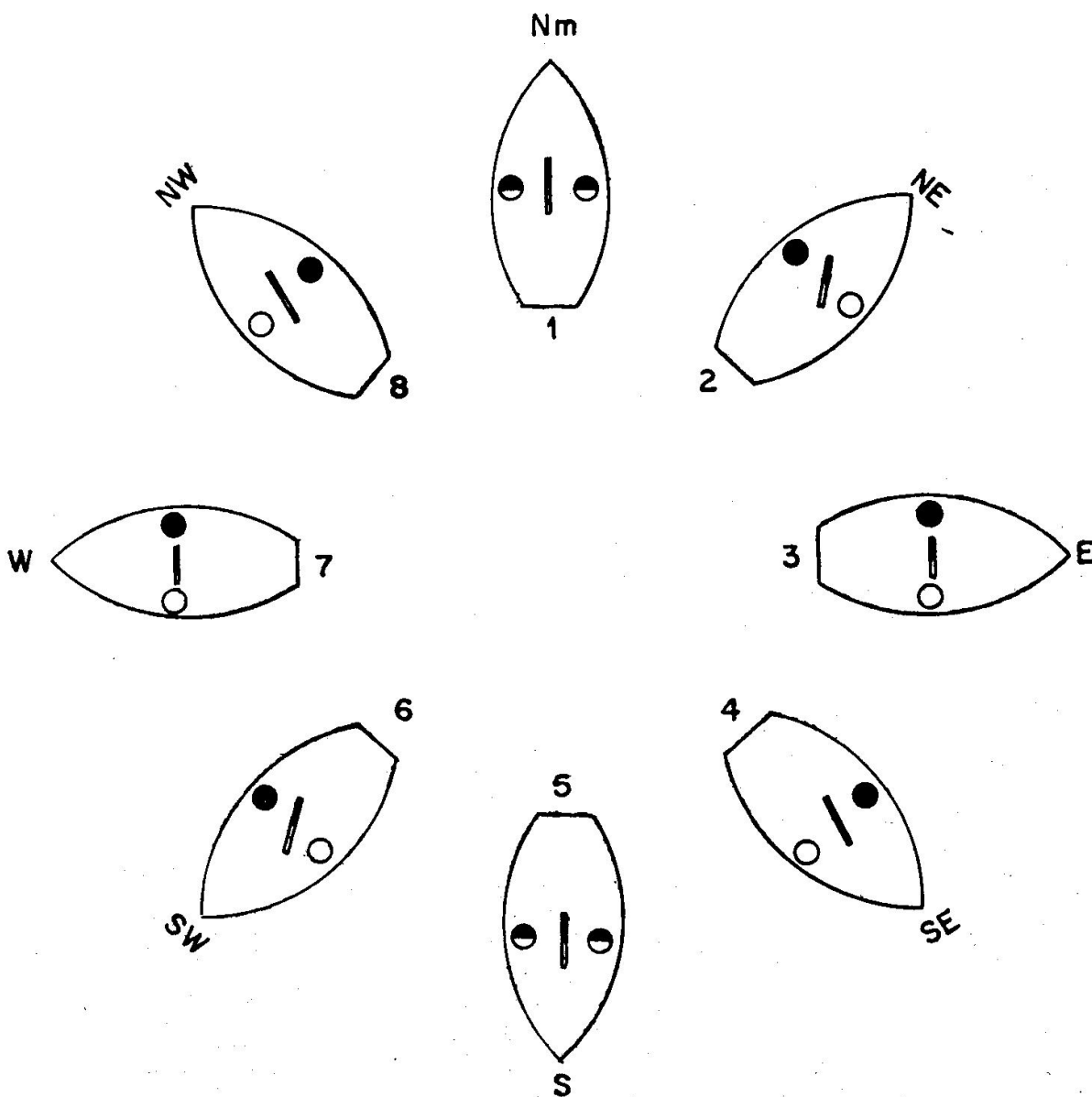


Fig. 2706. Efectos del magnetismo inducido en los hierros horizontales sobre la aguja (sólo se consideran los transversales)

reparto casi simétrico respecto a la aguja. Esto es siempre cierto, salvo barcos de estructuras especiales.

Para aclarar más lo anterior se precisa lo siguiente:

- 1) Se considera que a proa de la aguja hay, aproximadamente, el mismo magnetismo inducido que a popa de la misma.
- 2) Igual consideración se hace respecto al magnetismo inducido situado a banda y banda de la aguja.

No cabe duda de que hay más materiales magnéticos en el sentido Pr. — Pp que en el transversal; pero precisamente porque la manga es mucho menor que la eslora, los polos de la barra teórica Er. — Br. están mucho más cerca de la aguja que los de la Pr. — Pp., cuyo efecto, por razón de su alejamiento, se considera despreciable, salvo casos excepcionales.

La fig. 2706 representa el caso de distintas proas de un barco en el que sólo se considera el magnetismo inducido transversal simétrico.

Posición	Rm	Efecto del magnetismo inducido sobre la aguja	Δ	Observaciones
1	N	Nulo	0	Por estar los polos inducidos simétricos a la línea N-S de la aguja.
2	NE	El rojo repele al Na	+	Desvío máximo a la derecha.
3	E	Nulo	0	Por estar los polos inducidos en línea con los de la aguja.
4	SE	El rojo repele al Na	-	Desvío máximo a la izquierda.
5	S	Nulo	0	Idem a la posición 1.
6	SW	El rojo repele al Na	+	Idem a la posición 2.
7	W	Nulo	0	Idem a la posición 3.
8	NW	El rojo repele al Na	-	Idem a la posición 4.

Los desvíos son del tipo **cuadrantal**, porque adquieren valores iguales y de signo contrario cada 90° de rumbo.

2707. DESVIO DE ESCORA. — Con los balances cambian de posición respecto a la aguja, que permanece horizontal, una serie de mate-

riales metálicos del barco, introduciendo nuevas fuerzas magnéticas que ocasionan que el desvío sea distinto del que le correspondía.

Se llama **Desvío de Escora** (Δe) al valor en grados del cambio que sufre el desvío a un rumbo por el hecho de estar el barco escorado.

$$\Delta e = \Delta i - \Delta a$$

siendo Δi el desvío con el barco inclinado a una banda i° y Δa el desvío correspondiente con el barco adrizado.

Ejercicio 2701.—Un barco navega escorado, obteniéndose un desvío de 3° NW. Su desvío, por la Tablilla, es de 4° NE. Obtener el desvío de escora. Desvío de escora = Desvío escorado — Desvío de Tablilla; luego:

$\Delta e = (-3^\circ) - (+4^\circ) = -7^\circ$, que coincide con la evidencia de que el Na se ha desplazado 7 a la izquierda de su posición.

Es interesante precisar que este desvío no es constante ni en valor ni en signo, siendo cero cuando el barco pasa por la posición de adrizado. Sólo es constante cuando lo es la escora.

Las causas del Desvío de Escora son:

- 1) el magnetismo permanente vertical,
- 2) el magnetismo inducido vertical,
- 3) el magnetismo inducido verticalmente en los hierros, que normalmente están en posición horizontal.

El magnetismo del tipo 1 y 2 existe siempre a bordo, actuando únicamente con la escora.

El magnetismo del tipo 3 no existe cuando el barco está adrizado y

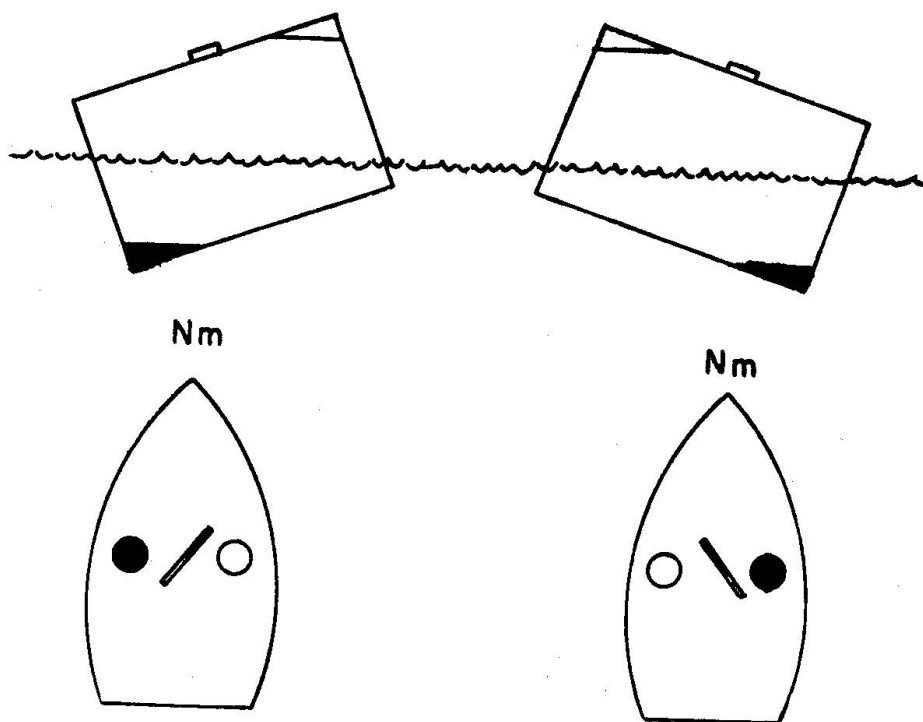


Fig. 2707. Efectos del balance sobre la aguja (magnetismo inducido vertical)

sólo hace su aparición con los balances. La fig. 2707 aclara este caso y muestra cómo aparece un polo azul (S) a la altura de la aguja. Esta parte del desvío de escora es la más importante, teniendo sus efectos máximos a los rumbos N—S (caso de la figura) y siendo nulo a los E—W. Volviendo a examinar la figura, se ve que con el balance a Er. se tiene el polo azul a Br desviando en sentido contrario a la aguja.

En las embarcaciones pequeñas, de balances acusados, este cambio continuo de polaridad se traduce en una oscilación de la aguja (“baile”) a banda y banda de la línea de fe, que puede llegar a hacer imposible el gobierno a rumbo del barco.

2708. NOCIONES DE COMPENSACION. — Se llama **Compensación** al conjunto de operaciones que tienen por objeto reducir al máximo los desvíos, logrando al mismo tiempo que la aguja se oriente bien a todos los rumbos.

Los efectos sobre la aguja de los distintos tipos de magnetismo se compensan colocando en la bitácora imanes y hierros dulces, de forma tal que produzcan un efecto igual y de sentido contrario al que se quiere anular. Esto se logrará sólo de una forma parcial, dependiendo de la calidad de la aguja, características del barco y habilidad del compensador el que se obtenga un resultado lo mejor posible.

Es evidente que aun cuando las masas magnéticas del barco son grandes, los imanes y hierros dulces utilizados en la compensación pueden ser muy pequeños, dada su proximidad a la aguja.

Seguidamente se verá, de una manera superficial, la forma de efectuar la compensación.

1. En el Art. 2704 hemos visto cómo se puede representar por un imán el **magnetismo permanente horizontal** y, por lo tanto, su compensación sería colocando en la aguja otro en la misma posición. Dada la dificultad de esto, se recurre a considerar el magnetismo permanente en su sentido Pr. — Pp. y Er. — Br. (figura 2703).

De esta forma ya resulta fácil colocar **imanes longitudinales** por parejas a cada lado de la aguja) y **transversales**. Todos ellos por debajo de la rosa y a la distancia suficiente para que anulen el magnetismo permanente en los dos sentidos. Por supuesto que para lograr esto se requiere que los polos de los imanes estén en sentido contrario a los del barco.

2. En cuanto al **magnetismo inducido transversal**, se compensa colocando en los dos lados de la bitácora y a distancia igual unas **esferas o cilindros** de hierro dulce que también se magnetizan por inducción del campo magnético terrestre; pero sus efectos son tales que, en cualquier posición, su magnetismo es de signo contrario al inducido en el barco.
3. El **magnetismo inducido vertical** se compensa al tiempo que el magnetismo permanente longitudinal con los mismos imanes longitudinales y se ajusta, para cada latitud, con la **Barra Flinders**.

La longitud de este cilindro de hierro dulce depende del magnetismo vertical que tenga que anular.

4. El **Desvío de escora** se compensa por medio de un imán que se coloca verticalmente debajo del centro de la rosa con el rojo hacia arriba en latitudes N y lo contrario en latitudes S.

Con este objeto la bitácora lleva un tubo vertical con un estuche de latón que sirve de alojamiento al imán. El estuche tiene una cadenita con la que se sube y baja para acercarlo o alejarlo de la aguja hasta lograr la distancia más adecuada. En las embarcaciones sin bitácora hay que tener mucho cuidado en determinar con toda exactitud el centro de la rosa.

De esta forma se trinca bastante a la aguja en los balances, pero no hay que olvidar que nunca se compensa totalmente este tipo de desvío, que siempre aparecerá en mayor o menor grado.

El conjunto de operaciones que supone la adecuada realización de lo anterior se ejecuta con arreglo a una serie de normas y especificaciones que se detallan en los textos y manuales apropiados al caso.

Una vez finalizada la compensación se levanta la **Tablilla de Desvíos**, siendo conveniente que el Compensador entregue también una relación con la posición de los hierros dulces e imanes empleados, de forma que si por necesidad se han de remover de su sitio, cada uno pueda volver a colocarse en el lugar que tenía antes.

Capítulo XXVIII

OBTENCION DE LA CORRECCION TOTAL

2801. MODO DE HALLAR LA CORRECCION TOTAL POR ENFILACIONES A DOS PUNTOS DE TIERRA.—Este es un procedimiento muy cómodo que se puede utilizar cuando en la costa, rada, ría, etc., hay señales y marcas perfectamente destacables que determinan enfilaciones. Conviene elegir las de tal forma que el ángulo de corte del rumbo del barco con la enfilación no sea muy agudo.

La forma de proceder es la siguiente (fig. 2801):

1. Elegida la enfilación se sitúa sobre la carta, sobre la que se mide la Demora verdadera que determina desde la mar.
2. Al cortar la enfilación se da un TOP y simultáneamente se marca, anotándose el Ra.
3. Si la marcación ha sido con la alidada sobre la aguja, se habrá obtenido una Demora de aguja y, por lo tanto: $Ct = Dv - Da$.

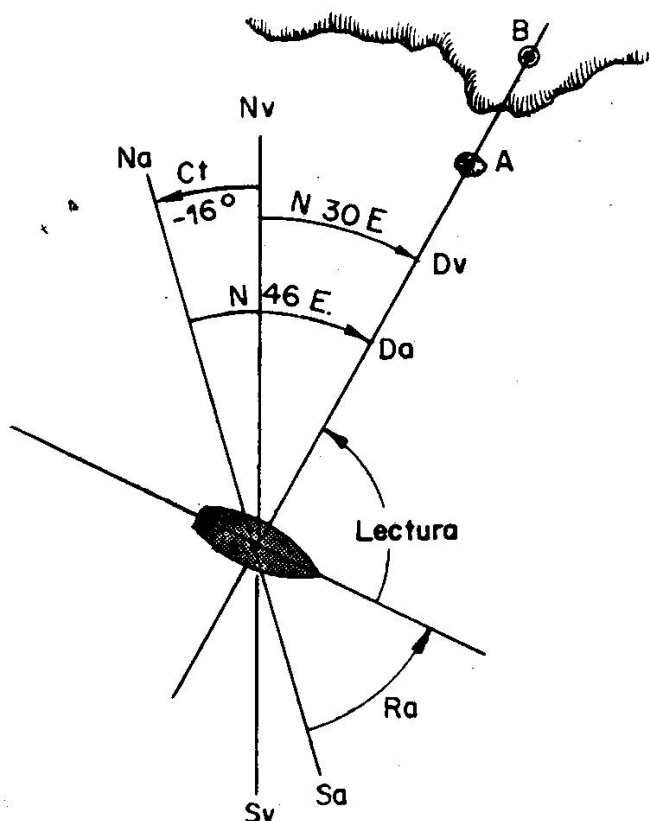


Fig. 2801. Corrección total por una enfilación

4. Si la marcación fue una Lectura se calcula $Da = Ra + L$ y seguidamente $Ct = Dv - Da$.

Conviene consultar el Derrotero, pues en él se suelen dar, con toda exactitud, las Dv de las enfilaciones más destacadas.

Ejercicio 2801.—La Dv de una enfilación es N 30 E. Un barco que navega al $Ra = S 46 E$ la corta, marcándola en ese instante al N 46 Ea. Calcular la Ct . (figura 2801)

$$Ct = N 30 E - N 46 E = -16^\circ$$

Ejercicio 2802.—La Dv de una enfilación es S 45 E. Un barco que navega al $Ra = S 25 W$ la corta, marcándola en ese instante con $L = 80^\circ$ Br. Calcular la Ct .

$$\begin{array}{r} Ra = S 25 W + \\ L = 80^\circ - \\ \hline Da = S 55 E - \end{array}$$

$$\begin{array}{r} Dv = S 45 E - \\ Da = S 55 E (-) + \\ \hline Ct = 10^\circ + \end{array}$$

2802. CORRECCION TOTAL POR MARCACIONES AL SOL EN CUALQUIER INSTANTE.—En el momento en que desde la aguja se dé el TOP se marcará el Sol, obteniéndose directamente su Azimut (Za) o bien la Lectura: $Za = Ra + L$.

El valor así obtenido se resta del Azimut verdadero calculado para dicho instante con las Tablas (Art. 2504).

$$Ct = Zv - Za$$

Como hora para hacer este cálculo, basta tomar la HcG deducida de la del reloj de pulsera o de bitácora.

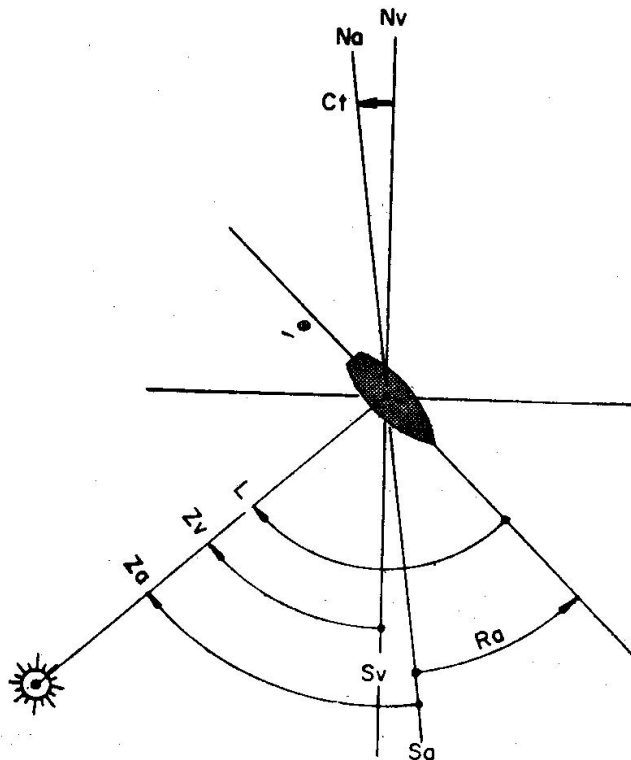


Fig. 2802. Corrección total por el Sol

Ejercicio 2803.—Un barco que navega al Ra = S 38 E marca al Sol abierto 95° por Er. El Zv del Sol obtenido para ese instante es S 50 W. Calcular la Ct (fig. 2802).

$$\begin{array}{r} \text{Ra} = \text{S } 38 \text{ E} - \\ \text{L} = \quad 95^\circ + \\ \hline \text{Za} = \text{S } 57 \text{ W} + \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Zv} = \text{S } 50 \text{ W} + \\ \text{Za} = \text{S } 57 \text{ W} (+) - \\ \hline \text{Ct} = \quad 7^\circ - \end{array}$$

2803. CORRECCION TOTAL AL CORTO Y OCASO DEL SOL.—Este caso es análogo al anterior, salvo que la determinación del Zv del Sol se hace con las T. XXVI (Art. 2505).

Ejercicio 2804—Un barco que navega en $\varphi\text{N} = 32^\circ$ obtiene Za = S 70 W al ser el ocaso del Sol, limbo inferior; $\delta = 15^\circ$. Calcular la Ct.

$$\begin{array}{r} \text{Ap} = 17^\circ - 46' \\ \text{c} = \quad 0^\circ - 16' - \\ \hline \text{Ap} = 17^\circ - 30' \\ = \text{W } 17,5 \text{ S} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{Zv} = \text{S } 72,5 \text{ W} + \\ \text{Za} = \text{S } 70 \text{ W} (+) - \\ \hline \text{Ct} = \quad 2,5 + \end{array}$$

Las T. II de las **Tablas rápidas** dan directamente el Zv sin pasar por el cálculo de la Amplitud. De forma análoga proceden las T. 16 (T.U.N.).

Capítulo XXIX

PROYECCION CILINDRICA. CARTA MERCATORIANA

2901. REPRESENTACION DE UN TROZO DE LA SUPERFICIE TERRESTRE EN UN PLANO.—Alrededor de un punto, la superficie de la Tierra se puede considerar como plana en un radio de unas 50 millas. En mayores extensiones se hace notar sensiblemente la esfericidad y se comprende fácilmente la imposibilidad de su representación por medio de un **plano**.

Al no ser la esfera una figura geométrica desarrollable, se han buscado otros procedimientos que permitan obtener las **cartas náuticas**, imprescindibles para la navegación.

Entre los varios métodos de representación se utiliza casi exclusivamente el de las **Proyecciones**, que consiste en proyectar el trozo de la superficie terrestre que interesa sobre una figura geométrica de fácil desarrollo.

2902. PROYECCION CILINDRICA.—Esta proyección consiste en circunscribir a la Tierra un cilindro que sea tangente en el Ecuador, con lo cual estarán confundidos el eje de giro y el del cilindro (fig. 2901).

Si desde el centro de la Tierra se trazan rectas que pasen por los puntos que se quieren representar (A, B, C), cortarán al cilindro en los puntos a, b, c, que serán las proyecciones correspondientes a los lugares de la superficie terrestre. Esta proyección se repite el número necesario de veces para tener representados no sólo los meridianos y paralelos, sino la costa y todos los accidentes geográficos que nos puedan interesar. Finalmente se corta el cilindro por una generatriz y extendiéndolo se tiene la proyección cilíndrica.

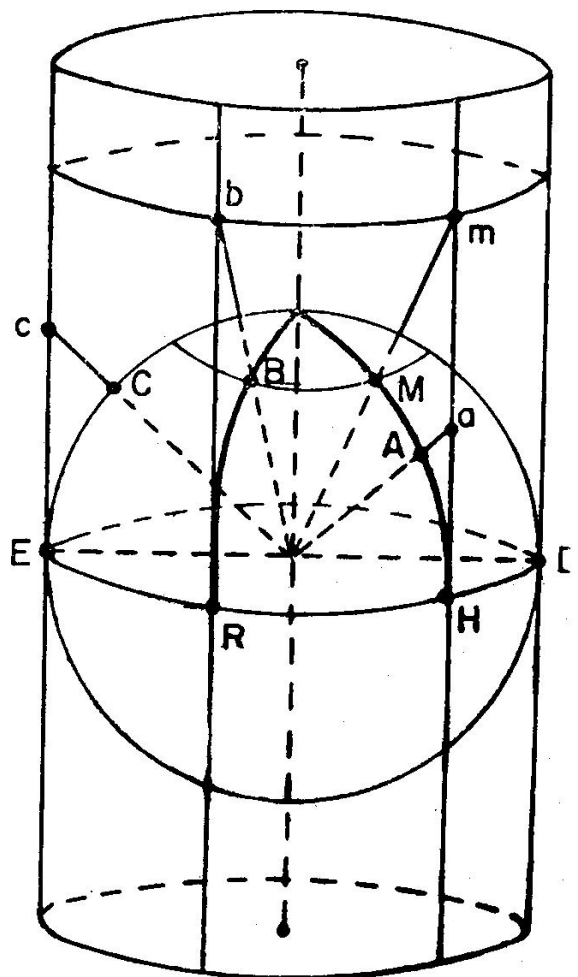


Fig. 2901. Proyección cilíndrica

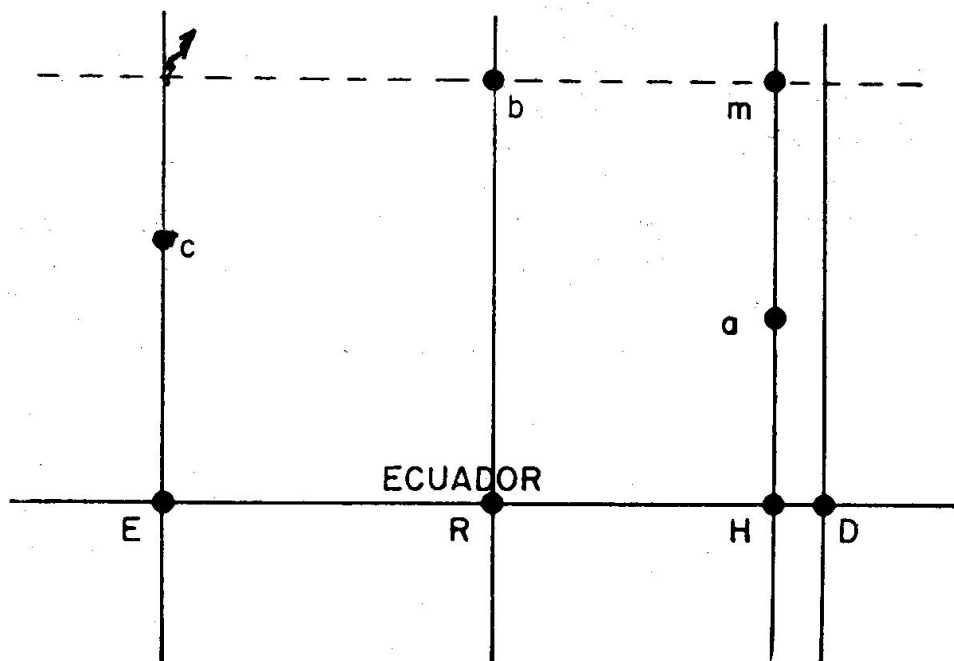


Fig. 2902. Desarrollo de la proyección cilíndrica

Los puntos del Ecuador (E.D.) están confundidos con sus proyecciones en el cilindro por el hecho de ser tangentes en dicho lugar. Al desarrollar quedará representado por una línea recta (fig. 2902).

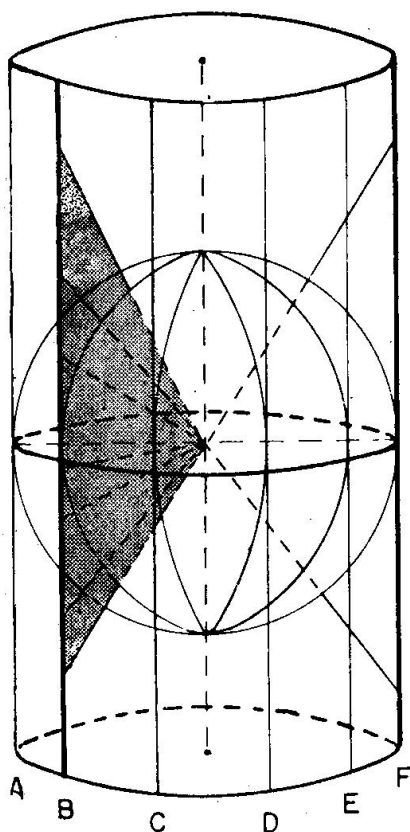


Fig. 2903. Los meridianos en la proyección cilíndrica

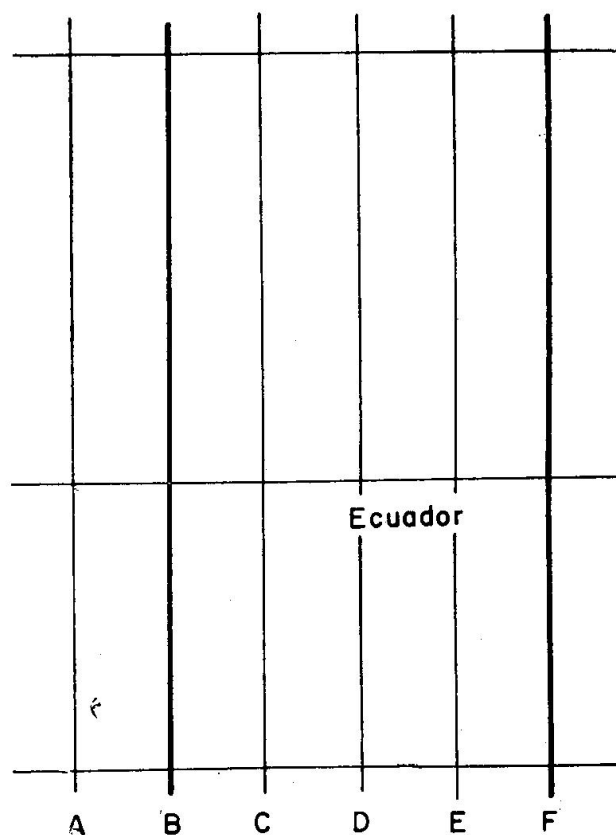


Fig. 2904. Los meridianos en el desarrollo de la proyección cilíndrica

Los polos no tienen representación, ya que el eje de la Tierra nunca puede cortar al cilindro.

El inconveniente de este tipo de carta es que no reproduce con su valor los ángulos medidos en la superficie terrestre. Por lo tanto, los Rumbos, Demoras, Azimutes, etc., de continua aplicación en los barcos, no se representan en la carta por el mismo número de grados. Esta dificultad la hace inútil para los usos de la Navegación, pero sigue conservando todo su interés, ya que es la base de la **Carta Mercatoriana**.

2903. FORMA DE LOS MERIDIANOS Y PARALELOS.—En la figura 2903 vemos que las proyecciones de los meridianos determinan sobre el cilindro generatrices. Por lo tanto, serán líneas paralelas entre sí y perpendiculares al Ecuador (fig. 2904).

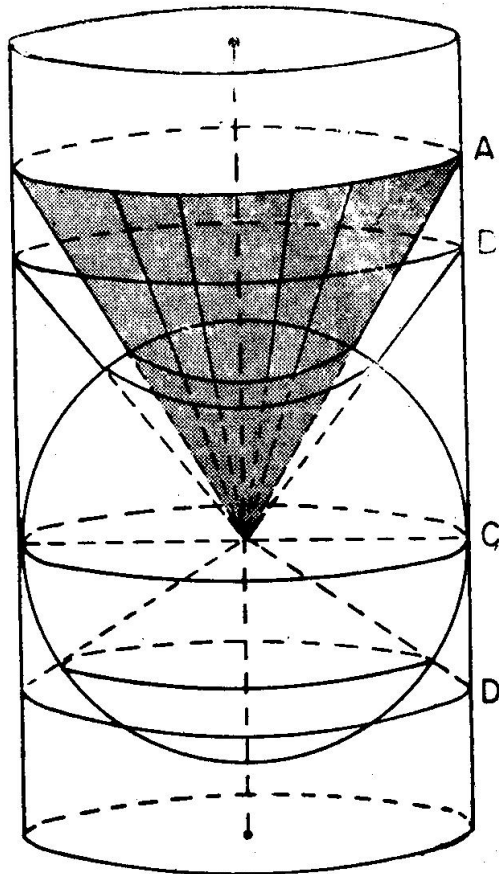


Fig. 2905. Los paralelos en la proyección cilíndrica

Para una diferencia constante en longitud los meridianos tienen la misma separación sobre la carta cilíndrica; es decir, que si los dibujamos cada 5° , cualquiera que sea el punto de la Tierra, en la carta estarán a igual distancia.

La proyección de los paralelos determina secciones rectas del cilindro (fig. 2905) que al desarrollarse quedan como rectas paralelas al Ecuador (fig. 2906). A diferencia de los meridianos, la separación entre ellos no es constante, aumentando con la latitud (fig. 2907), no teniendo representación los Polos.

2904. CARTA DE MERCATOR.— Al geógrafo alemán *Gerhard Kremer (Mercator)* le corresponde, en 1569, la solución del problema que suponía la desigual representación de los ángulos sobre la superficie de la Tierra y en la carta cilíndrica.

Para ello conserva íntegramente la proyección de los meridianos en la forma anteriormente explicada. Para situar sobre los meridianos las

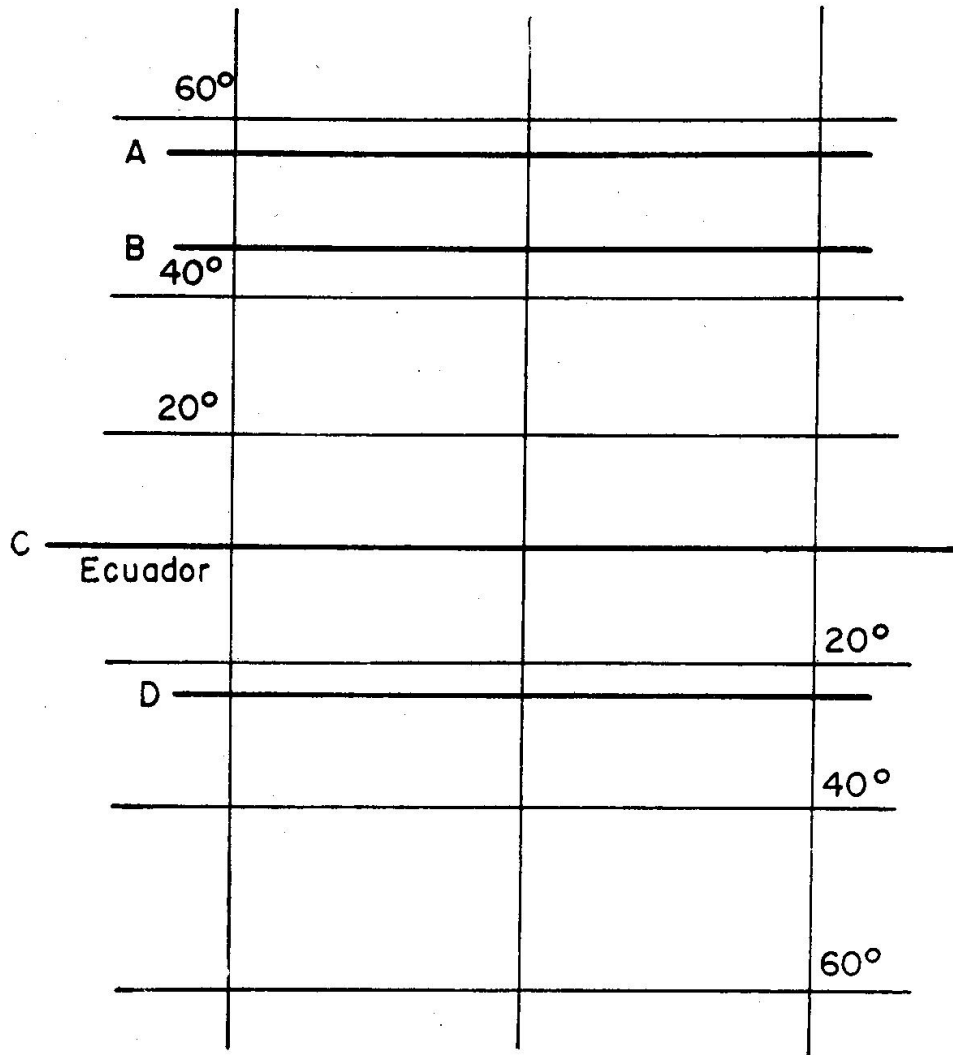


Fig. 2906. Los paralelos en el desarrollo de la proyección cilíndrica

latitudes (las de los paralelos o cualquier punto geográfico) utiliza una variante en la proyección que consiste en sustituir el cilindro por un número infinito de cilindros (fig. 2908) cuyo eje común es el de la Tierra y proyectar cada zona terrestre sobre el cilindro correspondiente. Luego considera únicamente las separaciones en sentido vertical y las toma sobre la primera proyección de los meridianos.

En esta proyección las distancias entre paralelos también van aumentando a partir del Ecuador, llamándose **Latitudes aumentadas**. En los cálculos se introduce una corrección por el aplanamiento de la superficie terrestre que no es totalmente esférica.

La fig. 2909 es una muestra de una carta mercatoriana, en la que sólo se han trazado los meridianos y paralelos.

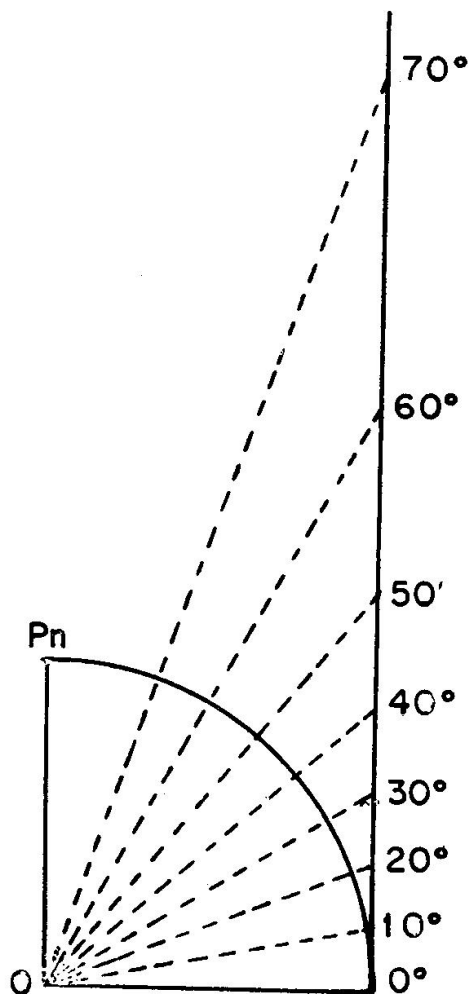


Fig. 2907. Imposibilidad de representar los polos en la proyección cilíndrica

2905. LATITUDES AUMENTADAS.—Como acabamos de ver, en la Carta mercatoriana va aumentando la separación entre los paralelos

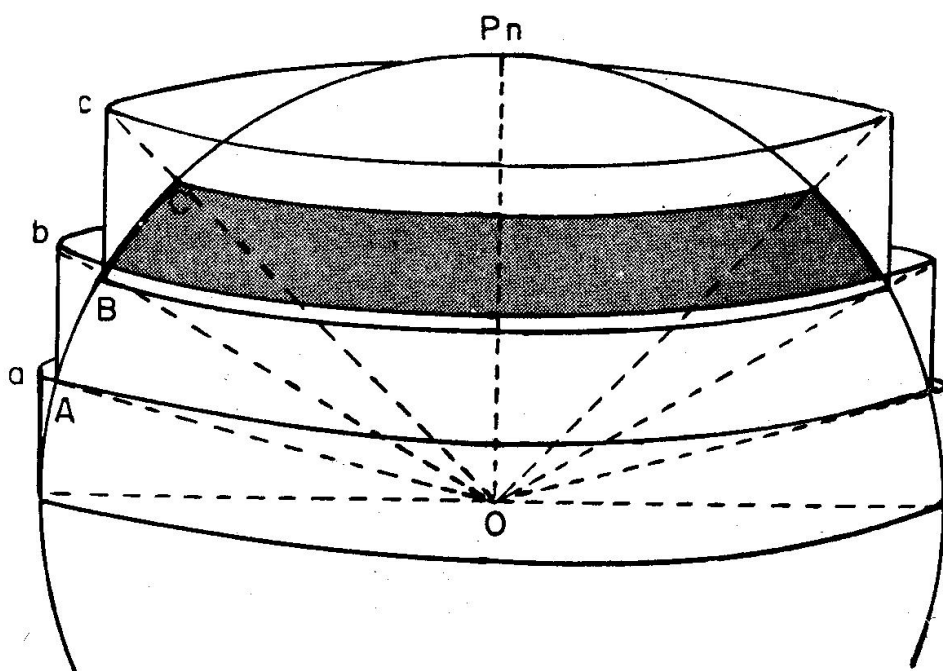


Fig. 2908. Proyección de los paralelos para la carta mercatoria

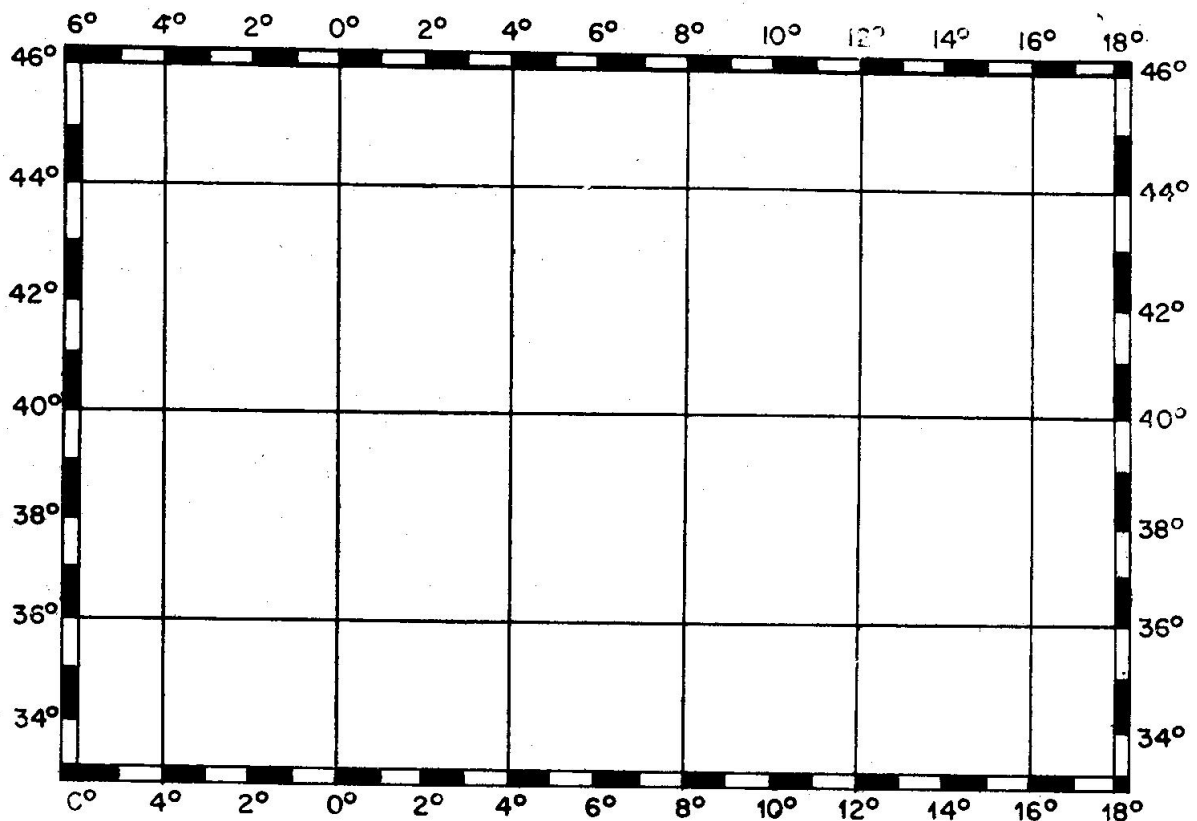


Fig. 2909. Los meridianos y paralelos en la carta mercatoriana

con la latitud, teniendo muy difícil representación las zonas polares, para las que se emplea preferentemente otro tipo de proyección. Los Polos nunca pueden representarse en estas cartas.

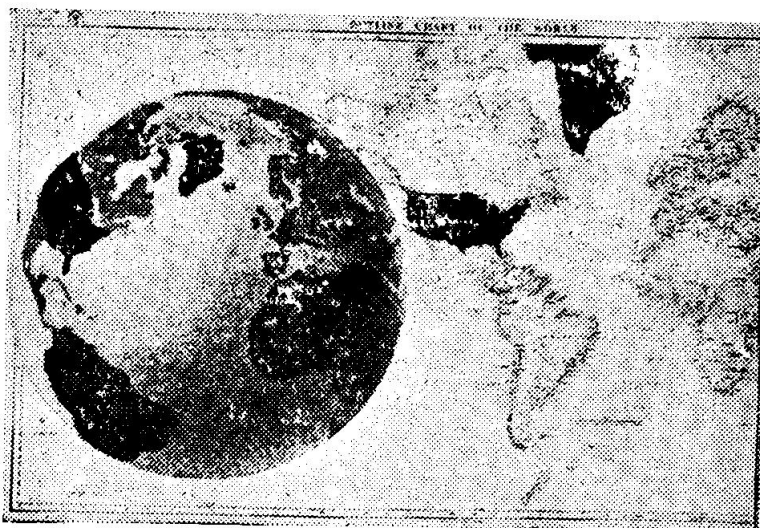


Fig. 2910. La tierra y su representación en la carta mercatoriana

fre una deformación en la carta que se hace notar, sobre todo, a distancia del Ecuador. La fig. 2910 muestra la diferencia entre Groenlandia y U.S.A., cuando realmente Estados Unidos tiene una superficie mucho mayor.

Hay unas Tablas, las XLI, que dan el crecimiento de la latitud en la proyección mercatoriana, para valores de 0° a 70° . Se las conoce también por el nombre de **latitudes aumentadas** por razón de su crecimiento, cada vez mayor, con la latitud.

Por razón de lo anterior la representación de la Tierra su-

Capítulo XXX

NAVEGACION COSTERA

3001. HALLAR LA SITUACION POR DEMORA Y DISTANCIA A UN PUNTO.—Es un sistema muy utilizado para situar el barco a la vista de la costa.

Simultáneamente o con un intervalo de segundos, se marca un punto de la costa (fig. 3001) y se mide la distancia al mismo. Cada una de las dos líneas de posición, la demora y el círculo de distancia determinan un lugar geométrico sobre el que se tiene que encontrar el barco. Es evidente que en el punto de corte estará la situación.

La solución práctica se limita a trazar desde el punto de tierra la demora inversa de la tomada a bordo y, con centro en el mismo punto, dibujar un arco de círculo, de radio igual a la distancia medida, que corte a la anterior demora.

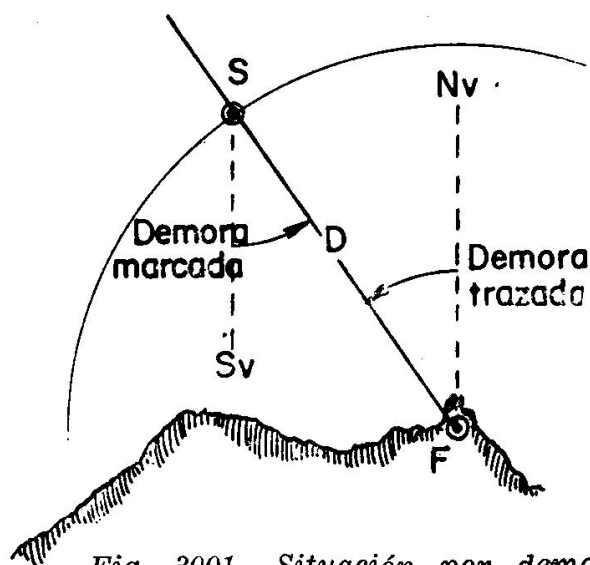


Fig. 3001. Situación por demora y distancia a un punto

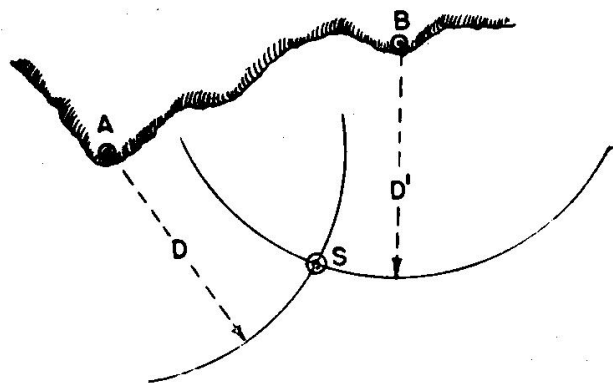


Fig. 3002. Situación por dos distancias a dos puntos

3002. SITUACION POR DISTANCIAS A DOS PUNTOS DE LA COSTA.—La intersección de dos círculos o arcos de distancia determinan, en su punto de corte, la situación del buque (fig. 3002).

Se debe procurar que las visuales a los puntos elegidos formen un ángulo de 90° . No es conveniente que dicho ángulo sea inferior a 30° o superior a 150° .

Siempre que se pueda se comprobará la situación con una tercera distancia a otro punto de la costa.

3003. DISTINTOS MODOS DE MEDIR LAS DISTANCIAS.—Los aparatos más adecuados son el radar y el telémetro, que la facilitan instantáneamente y con gran exactitud. En los pesqueros que tengan radar se utilizará preferentemente sobre el sistema que se describe a continuación.

Se trata de medir con un sextante el ángulo vertical subtendido por un objeto de altura conocida

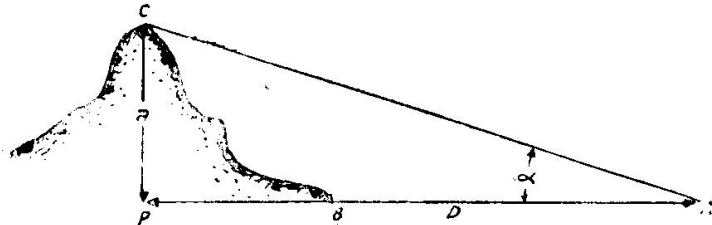


Fig. 3003. Distancia por ángulo vertical

objeto de altura conocida (fig. 3003). Este dato se hallará consultando la Carta, Derrotero o Libro de Faros. Se aplicará siempre la corrección de índice.

El problema se resuelve con las T. XLII que dan, en función del ángulo vertical, un número *f*, que multiplicado por la altura conocida nos da la distancia. Son condiciones imprescindibles:

1. Que la base del objeto esté en el horizonte.
2. Que la elevación del observador sea pequeña.
3. Que la distancia no sea grande.
4. Que las distancias AB y CP sean mayores que la BP (fig. 3003).

Ejercicio 3.001.—El ángulo vertical subtendido por un faro cuya elevación es de 64 metros es de 5°, *ci* = -4'. Calcular la distancia.

$$\begin{array}{l} \alpha = 5^\circ - 00' \\ \text{ci} = \quad \quad 4' - \\ \alpha = 4^\circ - 56' \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{T. XLII. Con } \alpha = 4^\circ - 56' \dots\dots\dots f = 11,58 \\ D = 64 \times 11,58 = 741,12 \text{ metros} = 0,4 \text{ millas} \end{array}$$

3004. SITUACION POR ANGULOS HORIZONTALES.—El ángulo horizontal que forman las visuales a dos puntos de la costa determina un lugar geométrico, el **arco capaz**, sobre el que se encuentra el buque. Su mayor ventaja es que no le afectan los posibles errores de la aguja.

Para medir se dirige la visual con la alidada a uno de los puntos y seguidamente al otro, anotándose las graduaciones y calculándose a continuación el ángulo que forman. También se puede hacer con el sextante colocado horizontalmente, pero requiere una cierta destreza.

Los puntos se elegirán de forma que estén situados próximamente a la misma altura y que no tengan mucha elevación sobre el horizonte.

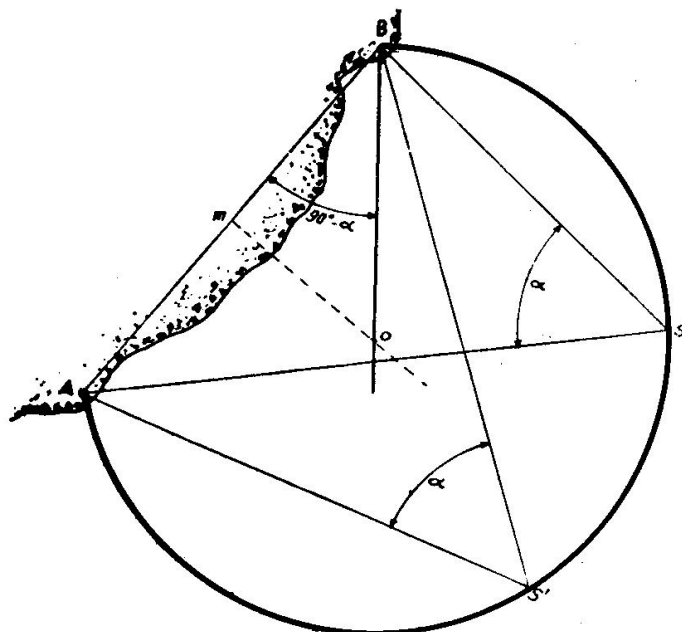


Figura 3004. Arco capaz. Angulo menor de 90°

Para su trazado hay que distinguir dos casos:

1. **Angulo menor de 90°** (fig. 3004).—Se unen los dos puntos (A, B) por una recta y desde uno de ellos y a partir de dicha línea se traza hacia el lado donde se encuentra el observador un ángulo igual al complemento del medido. El corte (O) con la perpendicular levantada en el punto medio de AB es el centro del arco capaz.

2. **Angulo mayor de 90°** (figura 3005).—El centro está siempre a distinto lado que el observador respecto a la línea AB.

Desde uno de los puntos y a partir de la recta AB se toma hacia el lado opuesto del observador el exceso sobre 90° del ángulo medido. El corte (O) con la perpendicular levantada en el punto medio de AB es el centro del arco capaz.

Para tener una situación por ángulos horizontales son necesarios tres puntos que determinan dos arcos capaces, cuyo corte da la posición del barco. La mejor situación se obtiene cuando los arcos se cortan con 90° de ángulo. En ningún caso éste será inferior a 30° o superior a 150°.

El trazado se puede hacer:

- a) geoméricamente,
- b) con un papel transparente,
- c) con el **estaciógrafo** o compás de tres brazos.

a) En el punto central y hacia cada lado se determinan los centros de los arcos capaces. El corte de ambos es la situación (fig. 3006).

Otro procedimiento que no requiere compás (fig. 3007) consiste en prolongar las líneas BM y BN hasta que corten a las perpendiculares levantadas por A y C a las rectas AB y BC respectivamente. Desde el punto B se traza la perpendicular a la línea MN y el punto de corte con ella, Sm, es la situación del barco.

b) En un papel transparente se marca un punto y desde él se trazan tres rectas que formen entre sí los ángulos medidos. Se lleva sobre la carta, en las proximidades de la situación estimada y por tanteos se logra que las tres líneas monten sobre los puntos medidos. Conseguido esto se marca la situación.

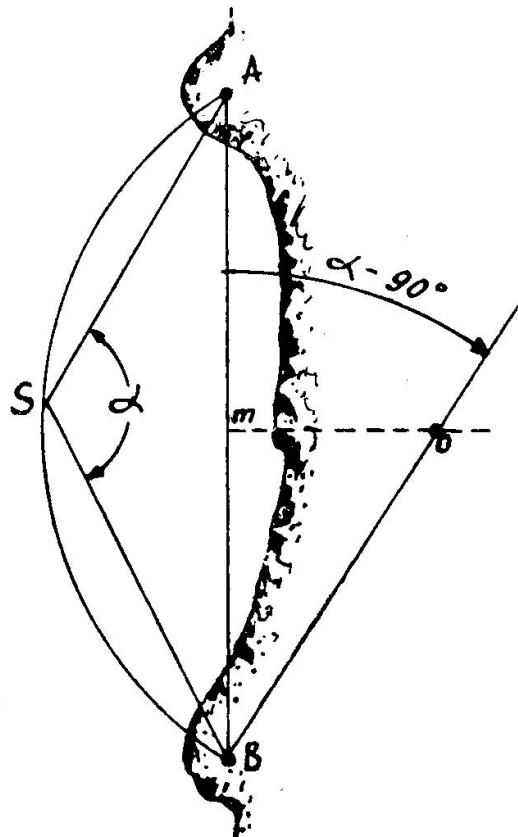


Fig. 3005. Arco capaz. Angulo mayor de 90°

3005. COMPAS DE TRES BRAZOS.—Este instrumento está especialmente concebido para situarse por ángulos horizontales. Consiste en

un círculo graduado de cuyo centro sale un brazo fijo y dos móviles que permiten materializar los ángulos medidos.

Al igual que con el papel transparente se lleva por tanteos a-enra-

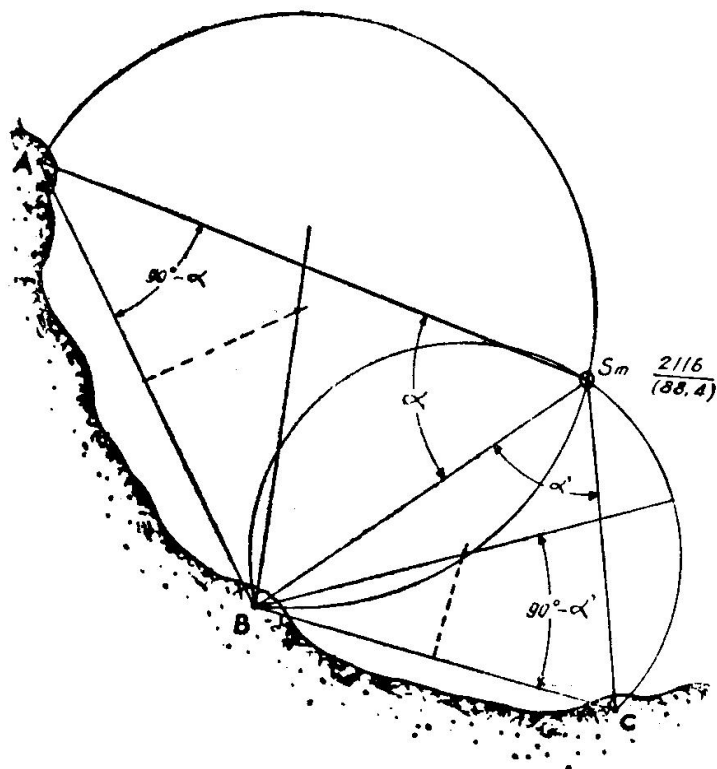


Fig. 3006. Situación por ángulos horizontales

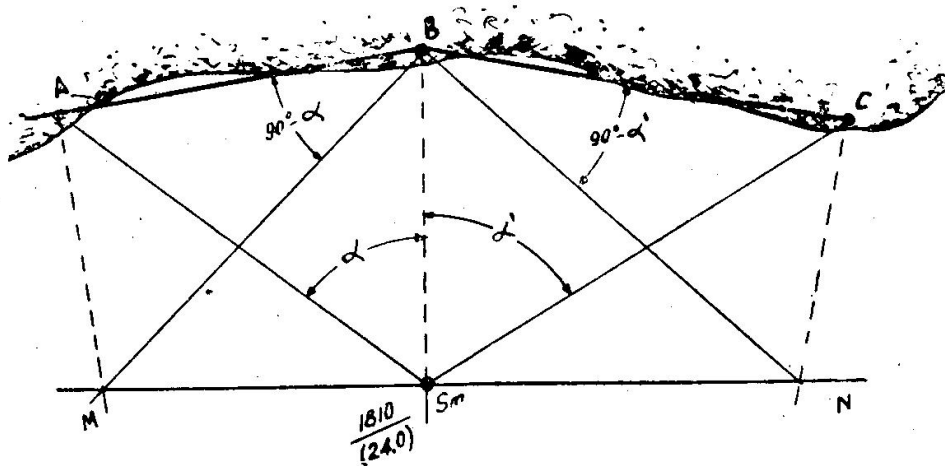


Fig. 3007. Situación por ángulos horizontales, sin compás

sar los tres brazos con los puntos. El centro tiene un pequeño orificio para marcar la situación.

Se completa con un sistema de nonius y tornillos de pequeños movimientos para los trabajos de precisión.

Capítulo XXXI

NAVEGACION COSTERA

3101. HALLAR EL RUMBO QUE HAY QUE HACER DESDE UN PUNTO DADO PARA TENER DE TRAVÉS UN PUNTO DE LA COSTA AL CABO DE UN TIEMPO, TAMBIEN DADO, CONOCIENDO LA VELOCIDAD DEL BUQUE.—El barco A (fig. 3101) quiere tener por su través al punto P al cabo de un cierto tiempo, T. Su velocidad es V. Desde su situación actual puede gobernar a todos los rumbos y es evidente que transcurrido el tiempo T podrá estar sobre cualquier punto de la circunferencia de radio $D = T.V$.

Si desde P trazo las tangentes al círculo obtendré los puntos M y N, que son los dos únicos desde los que el barco ve a P por el través, ya que los radios (los rumbos) son perpendiculares a las tangentes.

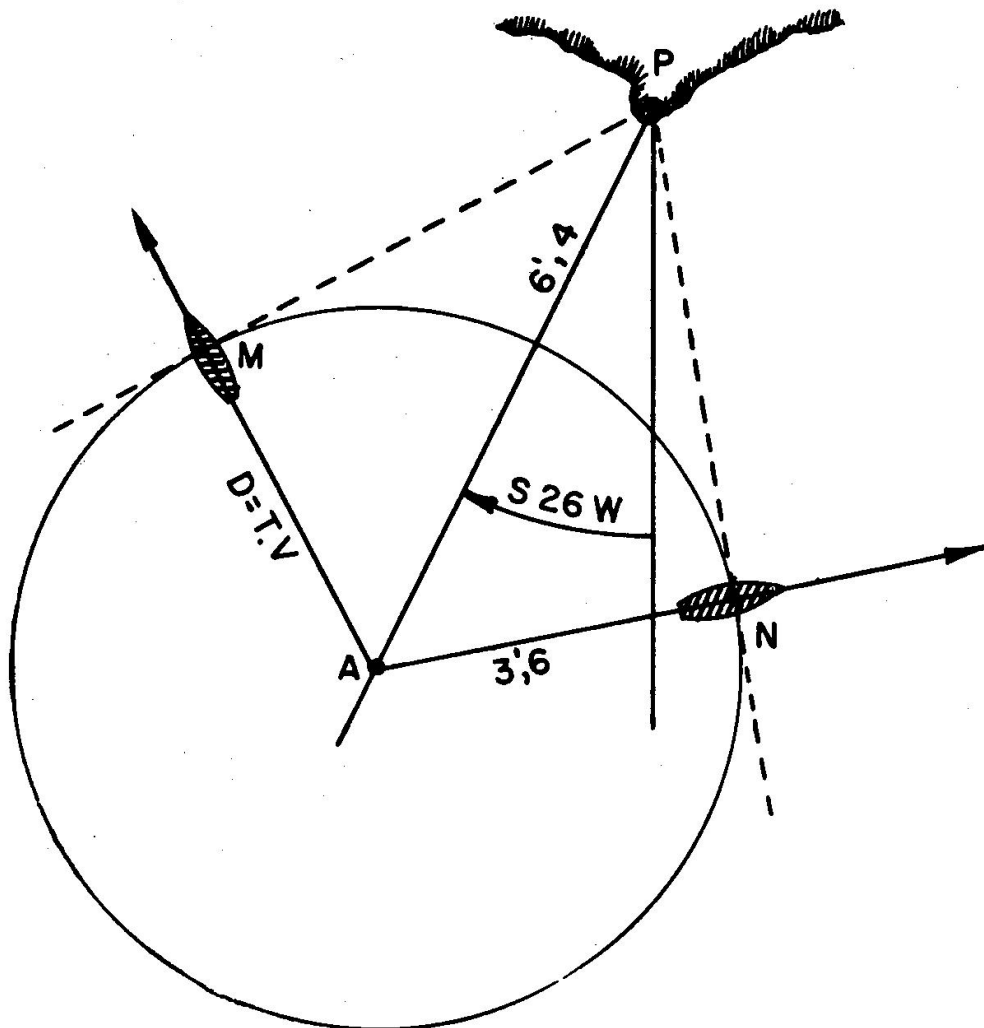


Fig. 3101. Situar se de través a un punto dado

Ejercicio 3101.—Un barco está 6',4 al S 26 W de un punto de tierra que quiere dejar por el través de Br al cabo de 54 minutos. La velocidad del barco es de cuatro nudos. Calcular a qué rumbo ha de gobernar (fig. 3101).

$$T = 0,9 \text{ h}$$

$$D = 4 \times 0,9 = 3,6$$

$$R = N 78,5 E$$

3102. ANGULO HORIZONTAL DE CERTIDUMBRE PARA NO PASAR A MENOS DE UNA DISTANCIA DADA DE UN PELIGRO.—

Cuando en la costa existen peligros y se quiere tener la certeza de librarse de ellos se determina el ángulo horizontal de certidumbre de la siguiente forma:

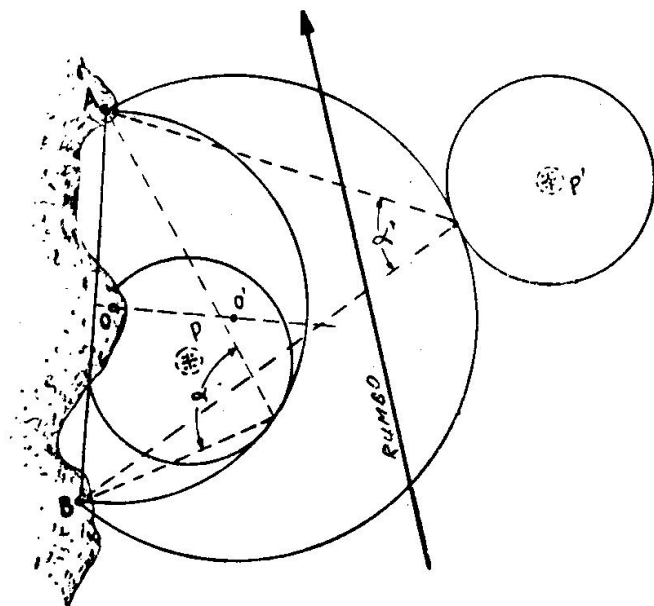


Fig. 3102. *Angulo horizontal de certidumbre*

Con centro en el bajo, piedra, etcétera (P), se traza un círculo de radio igual al resguardo que se le quiere dar. Se eligen dos puntos destacados de la costa (A, B) que se unen por una recta en cuyo punto central se levanta una perpendicular (figura 3102).

Por tanteos se determina el centro O del círculo que pasa por A, B y es tangente al de centro en P. Una vez trazado se mide el ángulo α , desde cualquiera de sus puntos, y este será el valor superior con que podrá ser medido desde a bordo si se quiere tener la seguridad de dar el debido resguardo al peligro.

Si se quiere efectuar el paso entre P y P' se hará análoga construcción para P', de forma que el círculo tangente lo deje por fuera. Desde el barco se tienen que medir continuamente ángulos comprendidos entre α y α' .

Si el ángulo se mide con el sextante se le aplicará la corrección de índice.

Capítulo XXXII

NOCIONES DE CINEMATICA

3201. RUMBO DE COLISION PARA IR A UN BUQUE CONOCIENDO SU RUMBO Y VELOCIDAD.—En primer lugar conviene elegir unas escalas de distancias y velocidades que permitan obtener un gráfico claro y exacto.

Una vez situados los barcos (fig. 3201) se traza por B, que es al que queremos ir, su Rumbo y sobre él tomamos una dimensión igual a su velocidad con la escala elegida. Por el extremo de la flecha (vector) así dibujada se traza una paralela a la línea AB (demora inicial de los barcos) y precisamente en ese sentido, que es el de la colisión.

Con centro en B se traza un arco de círculo de radio igual a la velocidad de A. El punto o puntos en que corte a la paralela anteriormente trazada determina el rumbo, o los rumbos, de A. Puede darse también el caso de que la velocidad de A sea insuficiente y no haya corte. Esto quiere decir que si no se puede aumentar la velocidad nunca habrá colisión.

El tiempo que se invierte se determina dividiendo la distancia AB por las velocidades relativas V_r y V'_r , que se cuentan desde el extremo de V_b .

Ejercicio 3201.—(fig. 3201). Al ser 12 h-00 m un barco B está a 9 millas al 220 de otro buque A, $R_b = 070$, $V_b = 15$ n. 1). Calcular qué rumbos tiene que hacer A para llegar a la colisión con B, siendo $V_a = 9$ n. 2) Horas en que tiene lugar.

- 1) $R_a = 096$, $R'_a = 165$; 2) $H = 13$ h-07 m, $H' = 12$ h-30 m

Se puede dar también el caso de que queramos llegar a la colisión en un tiempo determinado. Para resolverlo se determina, en primer

lugar, la Velocidad relativa: $V_r = \frac{AB}{T}$

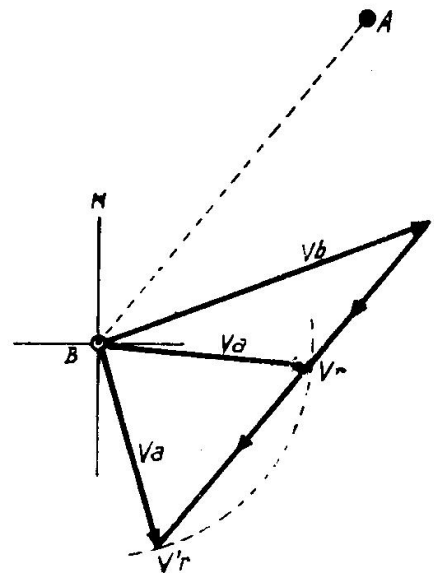


Fig. 3201. Solución del Ejercicio 3201

La construcción gráfica se inicia de la forma anterior, y cuando tengamos trazada por el extremo de V_b la paralela a AB se toma sobre ella, a su escala, una dimensión igual a V_r (fig. 3202).

Se une B con el punto así obtenido, con lo que se tiene el rumbo de A y la velocidad que habrá de desarrollar. Sólo hay una solución.

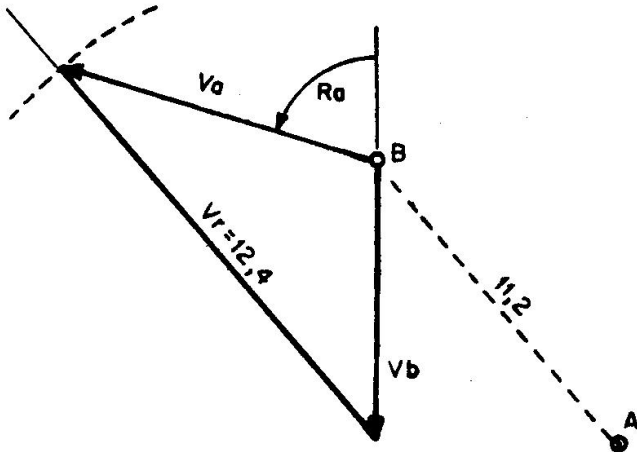


Fig. 3202. Solución del Ejercicio 3202

Ejercicio 3202 (fig. 3202).— B demora al $N 40 W$ de A y están a $11,2$. El barco A quiere llegar a la colisión con B en 54 minutos. Calcular R_a y V_a , para $R_b = 180$ y $V_b = 7$ nudos.

$$V_r = \frac{11,2}{0,9} = 12,4 \text{ nudos}$$

$$R_a = 287, V_a = 8,2 \text{ nudos}$$

3202. COLOCARSE POR EL TRAVES A UNA DISTANCIA DADA CONOCIENDO SU RUMBO Y VELOCIDAD (fig. 3203).

Para que un barco A , navegando a una velocidad V_a , llegue a ponerse por el través de B quedando a una distancia determinada, se procede de la siguiente forma:

1. Se sitúa el punto A_1 adonde queremos llegar.

2. Por el extremo de V_b se traza una paralela a AA_1 .

3. Con centro en el origen de V_b se traza un arco de radio V_a que en donde corte a la anterior paralela determina los valores de R_a y V_r .

4. El tiempo invertido en alcanzar dicha posición viene dado por

$$T = \frac{AA_1}{V_r}$$

Cuando $V_a > V_b$ siempre hay solución. Si $V_a \leq V_b$ puede no tener solución el problema, tener una o tener dos.

Ejercicio 3203.—Al ser $H = 2200$ un barco A está $10'$ al $N 15 E$ de otro B . $R_b = 090$, $V_b = 8$ nudos, $V_a = 10$ nudos. ¿Qué rumbo tiene que hacer A para situarse por el través de B_r de B y a 3 millas? Hora en que llegará a dicha posición (fig. 3203).

$$R_a = 152; V_r = 9,3; T = \frac{AA_1}{V_r} = \frac{7,3}{9,3} = 47 \text{ m, } H = 22 \text{ h} - 47 \text{ m}$$

Si se fija el tiempo hay que calcular la velocidad relativa: $V_r = \frac{AA_1}{T}$

y tomarla sobre la paralela a AA_1 trazada desde el extremo de V_b . Uniendo B con el punto así obtenido se determinan V_a y R_a .

Ejercicio 3204 (fig. 3204).—B está 8 millas al 090 de A. $R_b = N 30 W$, $V_b = 7,8$ nudos. Calcular R_a y V_a para situarse por el través de Br. de B en 1 hora, quedando a 5 millas.

$$V_r = \frac{4,6}{1} = 4,6 \text{ nudos}$$

$$R_a = 357, \quad V_a = 4,1 \text{ nudos}$$

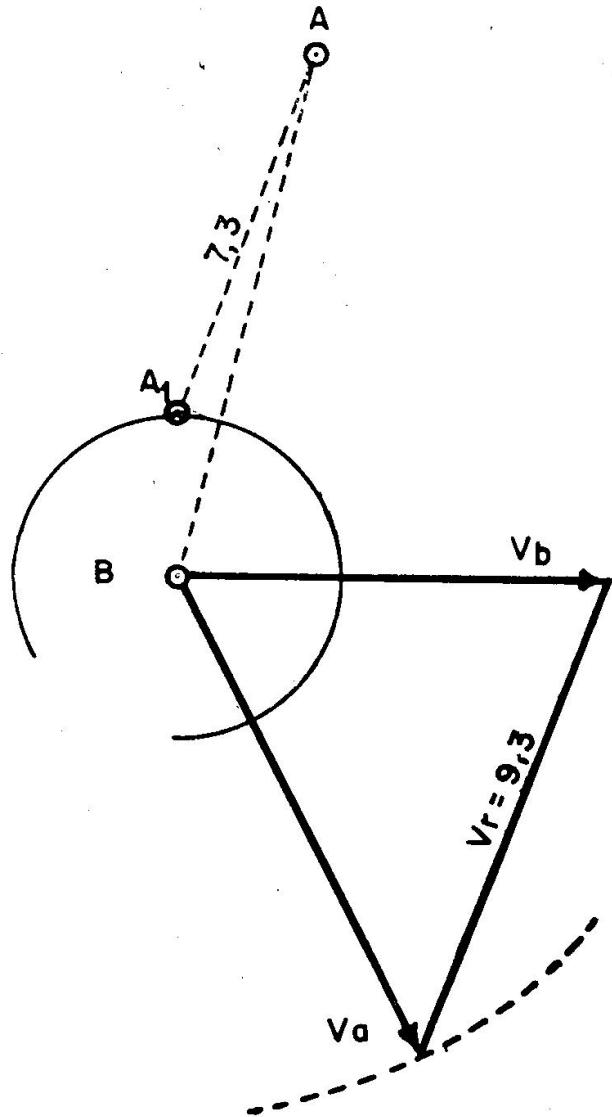


Fig. 3203. Solución del Ejercicio 3203

3203. SITUARSE A UNA DISTANCIA DADA DE UN BUQUE CONOCIENDO SU RUMBO Y VELOCIDAD (fig. 3205).—El barco A quiere quedar a la distancia d' de B.

1. Con centro en B se traza un círculo de radio igual a d' .
2. Por A se trazan las tangentes al anterior círculo.
3. Por el extremo de V_b se dibujan unas paralelas a las tangentes trazadas anteriormente.

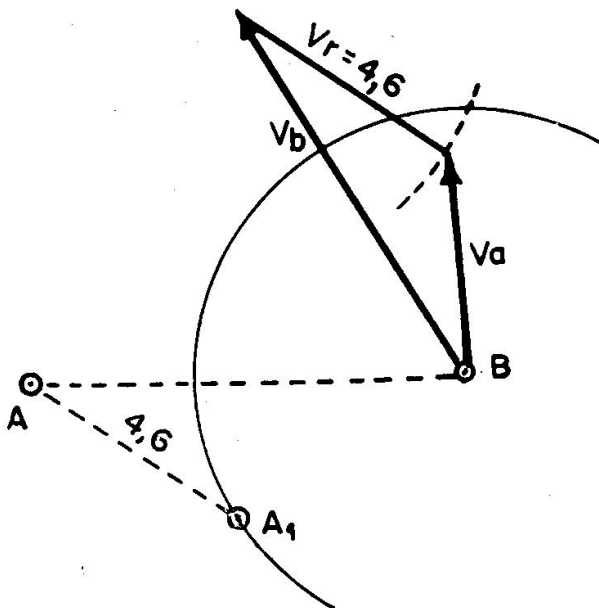


Fig. 3204. Solución del Ejercicio 3204

4. Con centro en el origen de V_b se traza un arco de círculo de radio igual a V_a que, en donde corte a las paralelas anteriores, determina los extremos de la zona de rumbos útiles de A que solucionan el problema. Para cada valor de V_a se obtiene la V_r correspondiente.
5. De todas las soluciones posibles se elegirá la que más convenga de acuerdo con la demora final en que se quiera quedar o el tiempo invertido, qué en todos los casos es:

$$T = \frac{\text{distancia relativa (AA}_1, \text{AA}_2, \text{AA}_3, \text{etc.)}}{\text{velocidad relativa correspondiente (V'r, V''r, V'''r, etc.)}}$$

6. Cuando $V_a > V_b$ siempre hay solución. En el caso de $V_a \leq V_b$ puede no haberla, dependiendo esto de las posiciones iniciales.

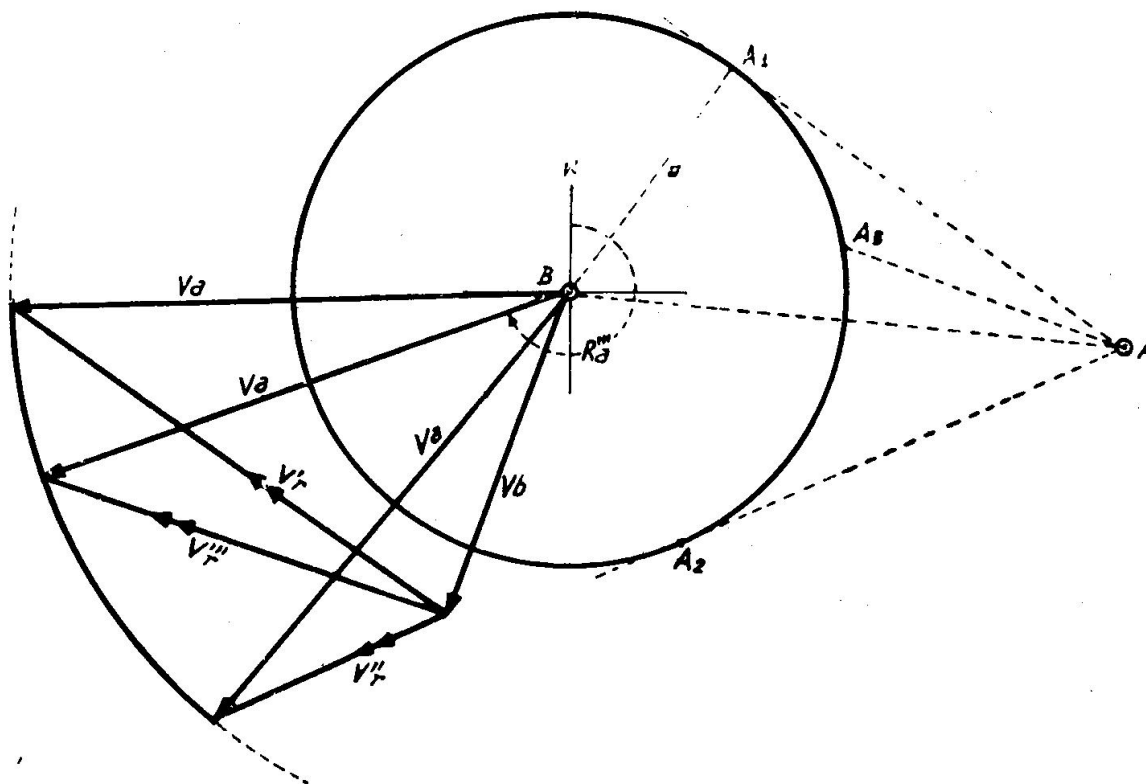


Fig. 3205. Solución del Ejercicio 3205

Ejercicio 3205 (fig. 3205).—Al ser $H = 0800$, B está 12 millas al 275 de A, $R_b = 200$, $V_b = 7,5$ nudos. 1) Determinar la zona de los rumbos útiles de A que le permitan, navegando a 12 nudos, situarse a 6 millas de B. 2) Rumbo y hora de llegada al punto A_s .

- 1) Del 219 al 268
- 2) $R'''a = 250$ $H''' = 09 \text{ h} - 27 \text{ m}$

Quando se fija el tiempo se suele precisar, además, la posición en que queda A respecto a B. Como en los casos anteriores se calcula la V_r y se efectúa el trazado en forma análoga.

Ejercicio 3206 (fig. 3206).—B está a 8 millas al 090 de A, $R_b = N 30 W$, $V_b = 7,8$ nudos. Calcular el R_a y V_a para que A quede 4' al N de B en 1 hora.

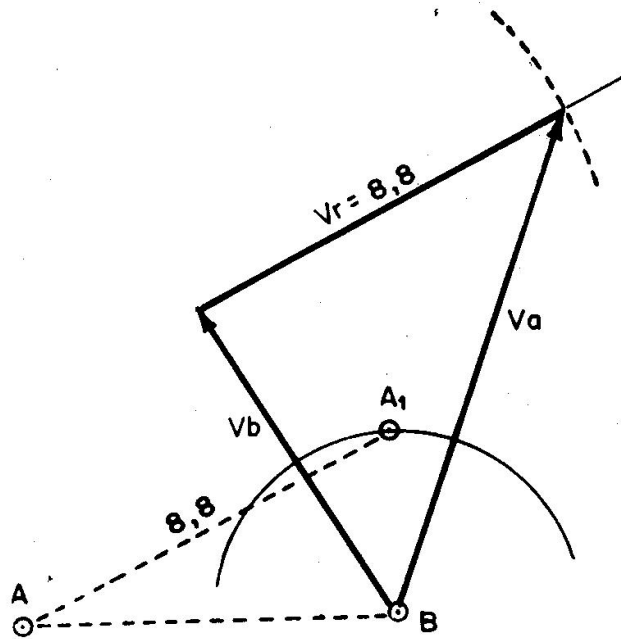


Fig. 3206. Solución del Ejercicio 3206

$$V_r = \frac{AA_1}{1} = 8,8 \text{ nudos} \qquad R_a = N 21 E, \quad V_a = 11,4 \text{ nudos}$$

Capítulo XXXIII

NAVEGACION POR CIRCULO MAXIMO

3301. DEFINICIONES.—Se llama **navegación ortodrómica** a la que efectúa el barco siguiendo el arco de círculo máximo que une los puntos de salida y llegada. Esta derrota se caracteriza por corresponder a la distancia más corta entre ambos.

La ortodrómica está especialmente indicada para travesías largas entre puntos de latitud alta del mismo hemisferio. En los casos de coincidir aproximadamente con el Ecuador o un meridiano, la economía en la distancia es muy pequeña respecto a la loxodrómica (rumbo directo).

Toda ortodrómica queda definida por sus **constantes**, que permiten situarla sobre la esfera, diferenciándola de las demás. Una de ellas es α , longitud del punto de corte con el Ecuador, y la otra es β , ángulo de inclinación del círculo máximo en dicho lugar (fig. 3301).

La longitud del otro punto de corte N' se diferencia en 180° de la N . El valor de la inclinación en N' es idéntico al de N , pero de sentido contrario.

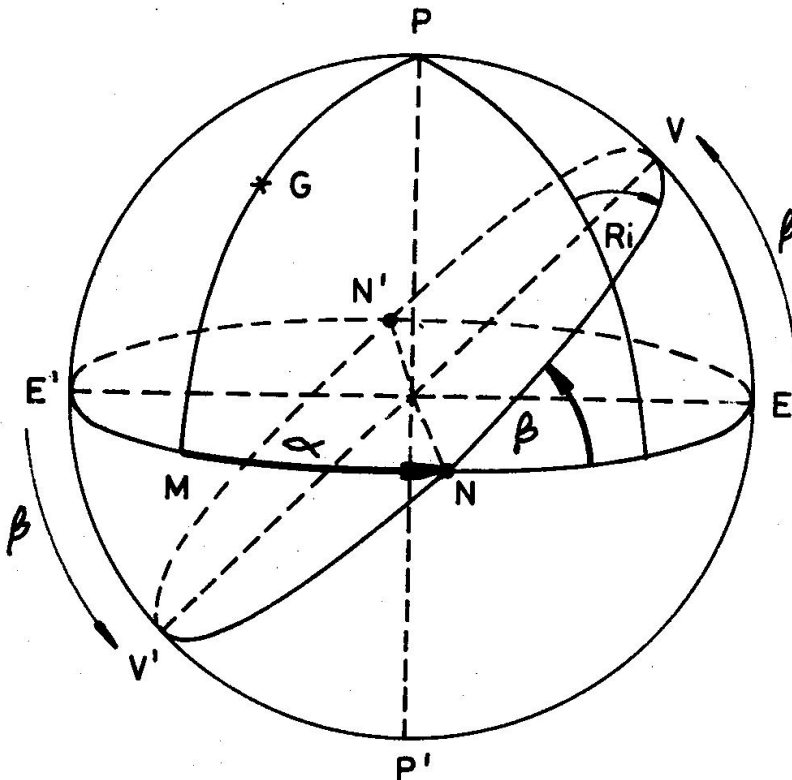


Fig. 3301. Constantes de la ortodrómica (α , β), Nodos (N , N'), vértices (V , V') y Rumbo inicial (Ri).

Los puntos N y N' reciben el nombre de **nodos**. Los puntos V y V', en donde la ortodrómica alcanza su mayor latitud, reciben el nombre de **vértices**, estando a 90° de diferencia en longitud con los nodos y a 180° entre sí.

El corte de la ortodrómica con cada meridiano determina un ángulo esférico, el **Rumbo inicial** (Ri), que se cuenta en las formas usuales.

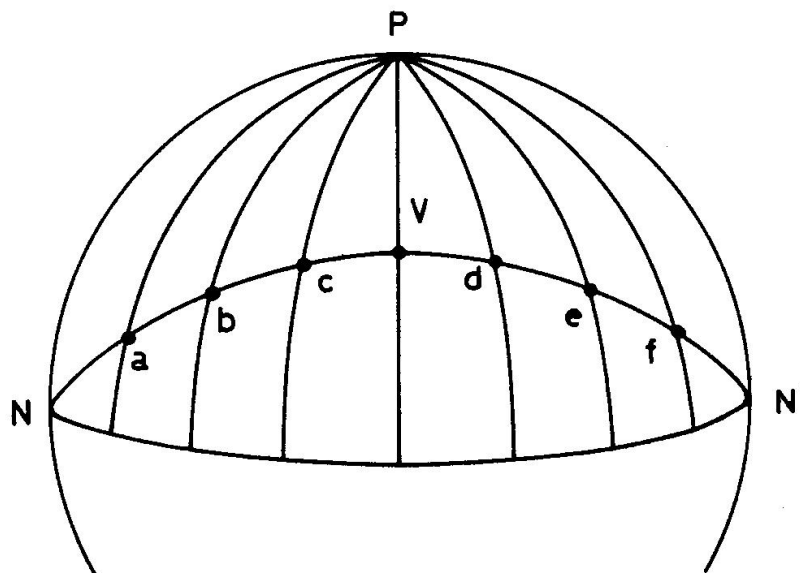


Fig. 3302. El ángulo de corte (Ri) de una ortodrómica (N, V, N') con los meridianos es distinto en cada uno de ellos.

3302. GENERALIDADES.

1. La ortodrómica corta a los meridianos con ángulos diferentes (fig. 3302). Los únicos círculos máximos de rumbo constante son el Ecuador ($Ri = 090$ y $Ri = 270$) y los meridianos ($Ri = 000$ y $Ri = 180$)
2. Por lo tanto, si se quisiese seguir exactamente la ortodrómica, habría que ir modificando continuamente el Ri, lo que es imposible en la práctica. Se adopta una solución intermedia que consiste en cambiar de rumbo un número prudencial de veces, navegándose por loxodrómica una línea quebrada (fig. 3303).
3. La ortodrómica queda representada en la carta mercatoriana por una línea curva que tiene siempre la convexidad hacia el Polo.
4. La *carta gnomónica* (Art. 3312) está especialmente indicada para este tipo de navegación. En ella todos los círculos máximos quedan representados por rectas.
5. Disminución de la distancia (aprox.) que se logra siguiendo algunas derrotas ortodrómicas.

La Coruña - Nueva York.....	87 millas
Yokohama - Los Angeles.....	250 »
Sidney - Valparaiso.....	750 »
C. Buena Esperanza - J. Auckland.....	1.330 »

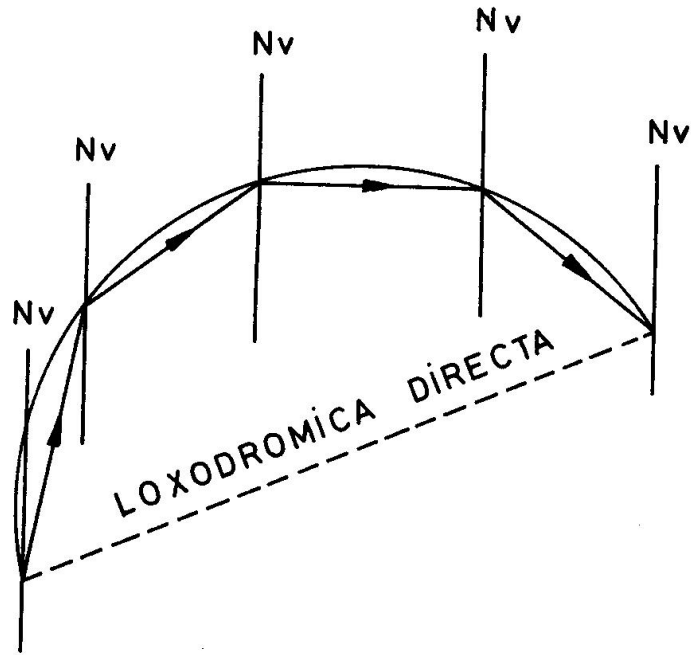


Fig. 3303. Representación esquemática de las derrotas entre dos puntos, sobre la carta mercatoriana. La línea curva es la ortodrómica y la quebrada es como la seguiría un barco, por puntos.

3303. REGLA DE SIGNOS.

1. Las latitudes N y longitudes W se consideran positivas. Las S y E, negativas.
2. El signo de β viene dado en la fig. 3304. Es positivo cuando corresponde a un sentido de giro como el de las manecillas del reloj, y negativo en el caso contrario.
3. Es muy recomendable, en todos los casos, dibujar una figura auxiliar que reproduzca aproximadamente el problema.

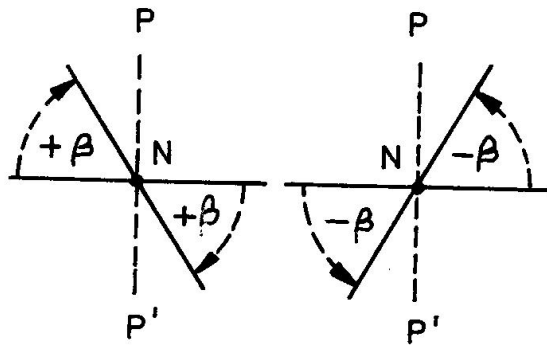


Fig. 3304. Regla de signos de β .

3304. ECUACION DE LA ORTODROMICA.—Queda establecida relacionando las constantes de la misma, que la definen, con las coordenadas de un punto cualquiera de ella.

En la fig. 3305, para el punto A (l, L), se tendrá en el triángula ANC:
 $\text{sen NC} = \text{tg CA} \cdot \text{ctg } \beta$ sustituyendo se tiene:
 $\text{sen (L - } \alpha) = \text{tg l} \cdot \text{ctg } \beta$ de donde
 $\text{tg l} = \text{tg } \beta \cdot \text{sen (L - } \alpha)$ que es la **ecuación de la ortodrómica.**

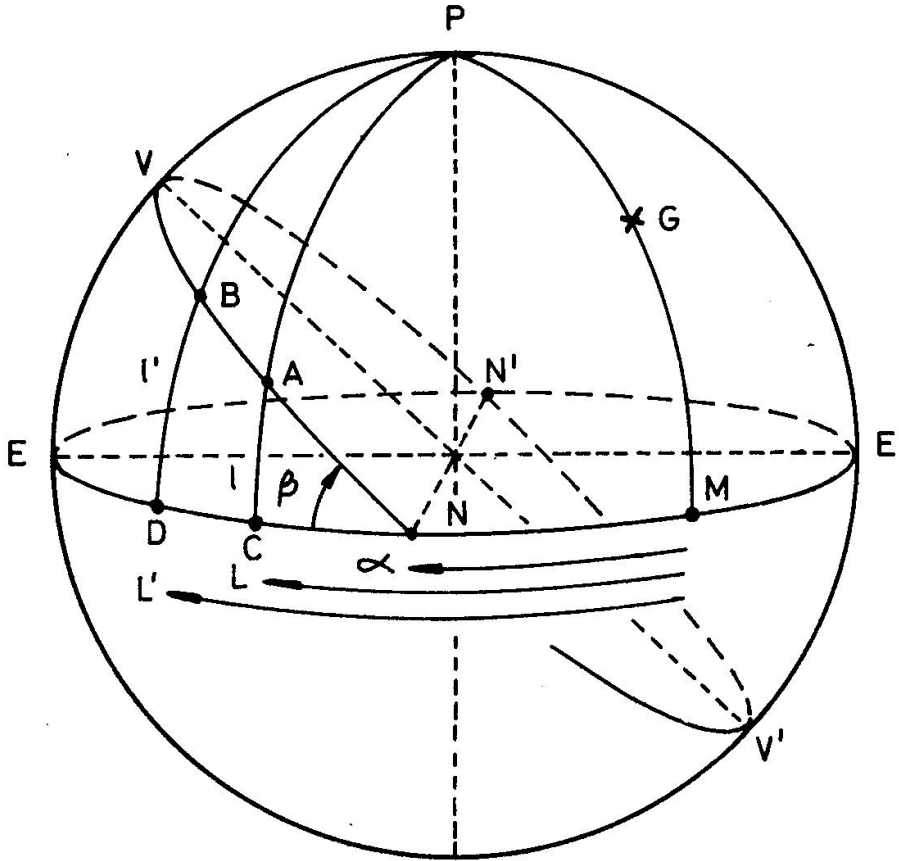


Fig. 3305.

3305. CALCULO DE LAS CONSTANTES.—Particularizando la ecuación de la ortodrómica para los puntos A (l, L) y B (l', L') de la fig. 3305, se tiene:

$$\begin{aligned} \text{tg l} &= \text{tg } \beta \cdot \text{sen (L - } \alpha) \\ \text{tg l}' &= \text{tg } \beta \cdot \text{sen (L' - } \alpha) \end{aligned}$$

A partir de estas dos fórmulas y por medio de una serie de transformaciones se llega a la que nos da el valor de α .

$$\text{tg} [1/2 (L' + L) - \alpha] = \frac{\text{sen (l' + l)}}{\text{sen (l' - l)}} \cdot \text{tg } 1/2 (L' - L)$$

de donde

$$\alpha = 1/2 (L' + L) - [1/2 (L' + L) - \alpha]$$

eligiéndose de los dos valores de α , diferenciados en 180° , el que más convenga.

El valor de β se obtiene con la ecuación de la ortodrómica referida al punto A, o al B, indistintamente.

$$\text{tg } \beta = \frac{\text{tg l}}{\text{sen (L - } \alpha)} = \frac{\text{tg l}'}{\text{sen (L' - } \alpha)}$$

Ejercicio 3301. Calcular las constantes de la ortodrómica entre IS = 58°; LW = 69° y I'S = 35°; L'E = 15°.

$$\begin{aligned}
 I' &= 35^\circ - \\
 I &= 58^\circ - \\
 I' + I &= 93^\circ - \\
 I' - I &= 23^\circ + \\
 L' &= 15^\circ - \\
 L &= 69^\circ + \\
 L' - L &= 84^\circ - \\
 \frac{1}{2}(L' - L) &= 42^\circ - \\
 L' + L &= 54^\circ + \\
 \frac{1}{2}(L' + L) &= 27^\circ + \\
 L &= 69^\circ + \\
 \alpha &= 39^\circ - 30',8 (-) + \\
 L - \alpha &= 108^\circ - 30',8 +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lg \operatorname{sen}(I' + I) &= 9.99940 - \\
 \lg \operatorname{cosec}(I' - I) &= 0.40812 + \\
 \lg \operatorname{tg} \frac{1}{2}(L' - L) &= 9.95444 - \\
 \lg \operatorname{tg} [\frac{1}{2}(L' + L) - \alpha] &= 0.36196 + \\
 \frac{1}{2}(L' + L) - \alpha &= 66^\circ - 30',8 (+) - \\
 \frac{1}{2}(L' + L) &= 27^\circ + \\
 \alpha &= 39^\circ - 30',8 - \\
 \lg \operatorname{cosec}(L - \alpha) &= 0.02309 + \\
 \lg \operatorname{tg} l &= 0.20421 - \\
 \lg \operatorname{tg} \beta &= 9.22730 - \\
 \beta &= 59^\circ - 21',1 -
 \end{aligned}$$

Constantes $\left\{ \begin{array}{l} \alpha = 39^\circ - 30',8 \text{ E} \\ \beta = 59^\circ - 21',1 - \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \alpha' = 140^\circ - 29',2 \text{ W} \\ \beta' = 59^\circ - 21',1 + \end{array} \right.$

Ejercicio 3302. Calcular las constantes de la ortodrómica entre La Coruña: I = 43° — 23' N; L = 8° — 22' W y Nueva York: I' = 40° — 43' N; L' = 74° — 00' W. **Solución:** α = 52° — 57', 9 E; β = 47° — 07',6 +; α' = 127° — 02',1 W; β' = 47° — 07',6 —.

3306. COORDENADAS DE LOS VERTICES.—Las coordenadas de los vértices V (I_o, L_o) y V' (I'_o, L'_o) se calculan a partir de las constantes. A cada valor de β corresponden dos latitudes (una N y la otra S) y de acuerdo con la que se elija debe calcularse α.

1. Como latitud (I_o) se toma el valor de β con su nombre.
2. La longitud es L_o = α + 90°.
3. Las coordenadas del otro vértice son: I'_o = — I_o y L'_o = α — 90°.

Ejercicio 3303. Calcular las coordenadas de los vértices de las ortodromías de los Ejs. 3301 y 3302.

$$\begin{array}{l}
 \text{Ej. 3301} \dots\dots\dots V \quad \left\{ \begin{array}{l} I_o = 59^\circ - 21',1 \text{ S} \\ L_o = 129^\circ - 30',8 \text{ E} \end{array} \right. \quad V' \quad \left\{ \begin{array}{l} I'_o = 59^\circ - 21',1 \text{ N} \\ L'_o = 50^\circ - 29',2 \text{ W} \end{array} \right. \\
 \text{Ej. 3302} \dots\dots\dots V \quad \left\{ \begin{array}{l} I_o = 47^\circ - 07',6 \text{ N} \\ L_o = 142^\circ - 57',9 \text{ E} \end{array} \right. \quad V' \quad \left\{ \begin{array}{l} I'_o = 47^\circ - 07',6 \text{ S} \\ L'_o = 37^\circ - 02',1 \text{ W} \end{array} \right.
 \end{array}$$

3307. CALCULO DE LA DISTANCIA ORTODROMICA.—La distancia entre dos puntos, A (I, L) y B (I', L'), se obtiene con la fórmula:

$$\cos D = \operatorname{sen} I \cdot \operatorname{sen} I' + \cos I \cdot \cos I' \cdot \cos \Delta L$$

deducida del triángulo PAB (fig. 3306). Para su cálculo por logaritmos, hacemos:

$$\operatorname{sen} I \cdot \operatorname{sen} I' = A \quad \cos I \cdot \cos I' \cdot \cos \Delta L = B$$

quedando de la forma: $\cos D = A + B$

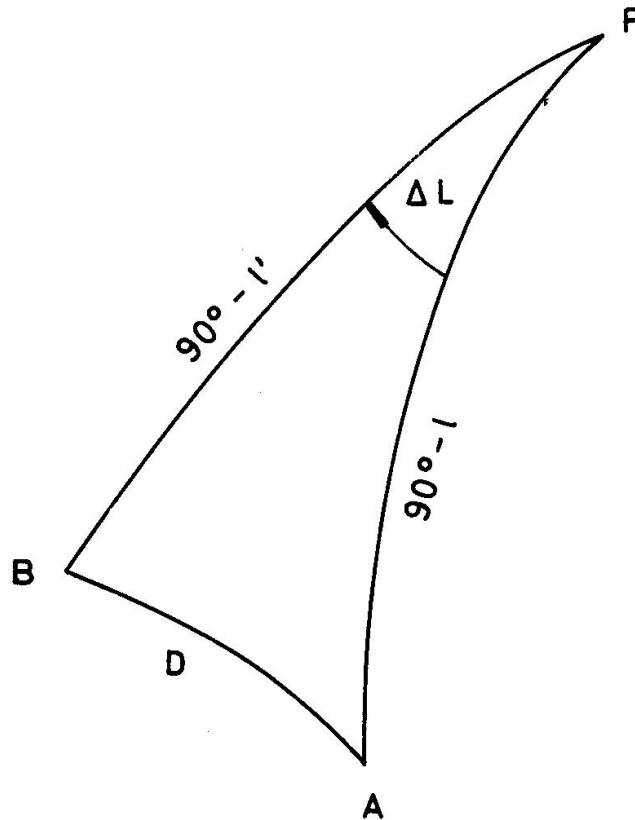


Fig. 3306.

Ejercicio 3304. Calcular la distancia ortodrómica entre los puntos: $l = 39^\circ - 30' S$; $L = 30^\circ - 20' E$ y $l' = 47^\circ - 30' S$; $L' = 63^\circ - 40' W$.

$L' = 63^\circ - 40' W$	lg sen $l = 9.80351 -$	lg cos $l = 9.88741 +$
$L = 30^\circ - 20' E$	lg sen $l' = 9.86763 -$	lg cos $l' = 9.82968 +$
$\Delta L = 94^\circ - 00'$	lg $A = 9.67114 +$	lg cos $\Delta L = 8.84358 -$
	$A = 0.46897 +$	lg $B = 8.56067 -$
		$B = 0.03636 -$
		$A = 0.46897 +$
		cos $D = 0.43261 +$
		$D = 64^\circ - 22'$
		$= 3.862'$

Ejercicio 3305. Calcular la distancia ortodrómica entre La Coruña: $l = 43^\circ - 23' N$; $L = 8^\circ - 22' W$ y Nueva York: $l' = 40^\circ - 43' N$; $L' = 74^\circ - 00' W$. **Solución:** $D = 2.851', 2.$

Las siguientes reglas permiten prescindir de los signos de las funciones trigonométricas.

$$A \text{ es } \begin{cases} + & \text{si } l \text{ y } l' \text{ son de igual nombre.} \\ - & \text{si } l \text{ y } l' \text{ son de distinto nombre.} \end{cases}$$

$$B \text{ es } \begin{cases} + & \text{si } \Delta L \text{ es menor de } 90^\circ. \\ - & \text{si } \Delta L \text{ es mayor de } 90^\circ. \end{cases}$$

$$D \text{ es } \begin{cases} < 90^\circ & \text{si } \cos D \text{ tiene signo } + \\ > 90^\circ & \text{si } \cos D \text{ tiene signo } - \end{cases}$$

También puede calcularse la distancia empleando cualquiera de las Tablas que resuelven el **punto aproximado**, teniendo cuidado de sustituir

la declinación por la latitud de llegada y el ángulo en el polo por ΔL . La distancia será igual a $(90^\circ - a)$.

Hay que señalar ciertas limitaciones de uso, debido a que no están proyectadas para todos los casos de este cálculo.

Ejercicio 3306. Calcular la distancia ortodrómica entre $l = 45^\circ - 10' N$; $L = 16^\circ - 15' W$ y $l' = 56^\circ - 56' N$; $L' = 56^\circ - 56' W$, empleando las *Tablas para la Navegación astronómica* (*).

$L' = 56^\circ - 56' W$
 $L = 16^\circ - 15' W$
 $\Delta L = 40^\circ - 41'$
 $l' = 56^\circ - 56' N$
 $l = 45^\circ - 10' N$
 $l' - l = 11^\circ - 46'$

T. I (bis) = 0.9512 con ΔL
 T. II = 1518 con l
 T. II = 2631 con l'
 $S' = 1.3661$
 T. III = $1' - 33'',0$ con S'
 T. IV = $0' - 21'',0$ con $l' - l$
 $S = 1' - 54'',0$
 T. IV $90^\circ - D = 62^\circ - 22',5$ con S
 $D = 27^\circ - 37',5$
 $D = 1.657',5$

3308. CALCULO DEL RUMBO INICIAL.—El Ri (fig. 3307) viene dado por:

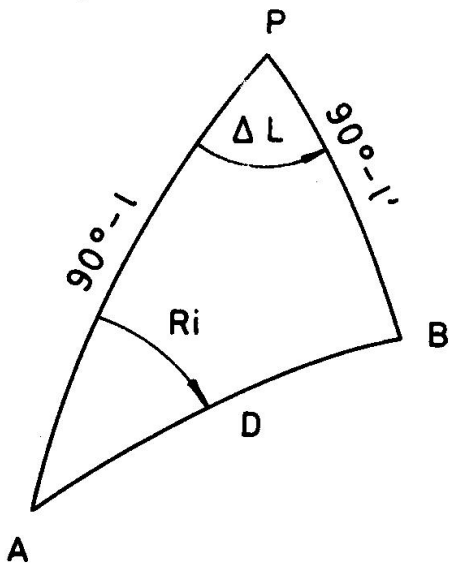


Fig. 3307.

$$\text{ctg } Ri = \frac{\text{tg } l' \cdot \cos l - \text{sen } l \cdot \cos \Delta L}{\text{sen } \Delta L} =$$

$$\frac{\text{tg } l'}{\text{sen } \Delta L} - \frac{\text{tg } l}{\text{tg } \Delta L} \cdot \cos l$$

fórmula análoga a la que calcula el Z de los astros (Art. 2504). Haciendo

$$p' = \frac{\text{tg } l'}{\text{sen } \Delta L} \quad p'' = - \frac{\text{tg } l}{\text{tg } \Delta L}$$

se tiene:

$$\text{ctg } Ri = (p' + p'') \cdot \cos l = p \cdot \cos l$$

que se resuelve con la *T. XVI* (T.N.), las *T. 28* (T.U.N.), y las *Tablas Rápidas*. Para ello basta sustituir la declinación por la latitud de llegada (l') y el ángulo en el polo por ΔL . La regla de signos es la misma.

(*) El empleo de estas Tablas con $D > 90^\circ$ requiere el planteamiento de una serie de reglas particulares de manejo, que no las hacen recomendables para estos casos.

Ejercicio 3307. Calcular el Ri entre La Coruña: $l = 43^\circ - 23' N$; $L = 8^\circ - 22' W$ y Nueva York: $l' = 40^\circ - 43' N$; $L' = 74^\circ - 00' W$. **Solución:** Ri = N 69,5 W.

El **Rumbo final** (Rf) o *rumbo de recalada* es aquel con el que, teóricamente, se recalaría en el punto de destino de seguirse exactamente la ortodrómica (*).

Para obtenerlo basta invertir los términos del problema y considerar como punto de salida el de llegada, y viceversa. Al Ri así obtenido se le cambian los nombres de los puntos cardinales, que equivale a sumarle 180° , y tendremos al barco debidamente aproado.

Ejercicio 3309. Calcular el Rf entre La Coruña: $l = 43^\circ - 23' N$; $L = 8^\circ - 22' W$ y Nueva York: $l' = 40^\circ - 43' N$; $L' = 74^\circ - 00' W$. **Solución:** Rf = S 64 W.

3309. SISTEMAS DE NAVEGACION ORTODROMICA.—La derrota ortodrómica se puede llevar por los siguientes procedimientos:

1. Por puntos.
2. Por rumbos iniciales.
3. Con la carta gnomónica.

En todos ellos se navega por trozos de loxodrómica, interiores o exteriores a la ortodrómica, que suelen estar comprendidos entre las 200 y 400 millas.

3310. DERROTA ORTODROMICA POR PUNTOS.—Este sistema está basado en determinar las coordenadas geográficas de una serie de puntos de la ortodrómica, convenientemente espaciados, y navegar por loxodrómica entre ellos. De esta forma se sigue una línea quebrada, interior al círculo máximo (fig. 3303).

Los puntos se calculan fijando un ΔL que se aplica a la longitud de salida en el sentido de la marcha, obteniéndose una serie de longitudes (L_1, L_2, L_3, \dots) que cortan a la ortodrómica. Las latitudes correspondientes (l_1, l_2, l_3, \dots) se obtienen de dos formas:

1. Empleando una carta gnomónica en donde se miden los valores de las latitudes correspondientes a las longitudes de corte.
2. Calculando las latitudes con la fórmula (Art. 3304):

$$\operatorname{tg} l = \operatorname{tg} \beta \cdot \operatorname{sen} (L - \alpha)$$

que supone la previa obtención de α y β (Art. 3305).

El sistema de obtener analíticamente los puntos no es recomendable, porque la derrota real no se ajusta exactamente a la prefijada y habrá que repetir muchas veces el cálculo.

Ejercicio 3309. Calcular los 3 primeros puntos de la ortodrómica que va desde La Coruña: $l = 43^\circ - 23' N$; $L = 8^\circ - 22' W$ hasta Nueva York: $l' = 40^\circ - 43' N$; $L' = 74^\circ - 00' W$, con $\Delta L = 5^\circ$. Las constantes son (Ej. 3302): $\alpha = 52^\circ - 57', 9 E$ y $\beta = 47^\circ - 07', 6 +$.

(*) El problema es una variante - inocente e inútil - del cálculo del Ri. Nada más.

$$\begin{array}{rcl}
 L_1 = 13^\circ - 22',0 + & \lg \operatorname{tg} \beta = 0.03227 + & \\
 \alpha = 52^\circ - 57',9 (-) + & \lg \operatorname{sen} (L_1 - \alpha) = 9.96184 + & \left\{ \begin{array}{l} l_1 = 44^\circ - 36',6 \text{ N} \\ L_2 = 13^\circ - 22',0 \text{ W} \end{array} \right. \\
 L_1 - \alpha = 66^\circ - 19',9 + & \lg \operatorname{tg} l_1 = 9.99411 + & \\
 \\
 L_2 = 18^\circ - 22',0 + & \lg \operatorname{tg} \beta = 0.03227 + & \\
 \alpha = 52^\circ - 57',9 (-) + & \lg \operatorname{sen} (L_2 - \alpha) = 9.97653 + & \left\{ \begin{array}{l} l_2 = 45^\circ - 34',8 \text{ N} \\ L_2 = 18^\circ - 22',0 \text{ W} \end{array} \right. \\
 L_2 - \alpha = 71^\circ - 19',9 + & \lg \operatorname{tg} l_2 = 0.00880 + & \\
 \\
 L_3 = 23^\circ - 22',0 + & \lg \operatorname{tg} \beta = 0.03227 + & \\
 \alpha = 52^\circ - 57',9 (-) + & \lg \operatorname{sen} (L_3 - \alpha) = 9.98753 + & \left\{ \begin{array}{l} l_3 = 46^\circ - 18',3 \text{ N} \\ L_3 = 23^\circ - 22',0 \text{ W} \end{array} \right. \\
 L_3 - \alpha = 76^\circ - 19',9 + & \lg \operatorname{tg} l_3 = 0.01980 + &
 \end{array}$$

3311. DERROTA ORTODROMICA POR RUMBOS INICIALES.—

Si en el punto de salida se gobierna al Ri correspondiente, el barco seguirá una derrota que al principio se confundirá con el círculo máximo y que luego, gradualmente, se irá separando. Al cabo de un cierto tiempo se vuelve a determinar el Ri respecto al de llegada y se repite el proceso. De esta forma se llevará una línea quebrada, compuesta de trozos de loxodrómica, que irá tangenteando exteriormente a la ortodrómica.

El espaciamiento entre el cálculo de los Ri viene fijado normalmente por dos situaciones observadas. De no contarse con las dos o una de ellas, se hace por situaciones estimadas, a distancias entre las 200 y 400 millas.

El Ri se determina:

1. Midiéndolo en la carta gnomónica.
2. Calculándolo (Art. 3308).

3312. CARTA GNOMONICA.—La proyección gnomónica es la más antigua de las conocidas (600 aJC.) caracterizándose porque en ella cualquier círculo máximo queda representado por una recta. Por otra parte, la distorsión es muy acusada, no conservándose los ángulos ni la semejanza de figuras.

Básicamente consiste en un plano que se hace tangente a la Tierra en un punto determinado, el **punto de tangencia**, y desde el centro de la misma se dirigen visuales que materializan sobre dicho plano los puntos en que han cortado a la superficie terrestre. Cualquier círculo máximo, incluidos el Ecuador y los meridianos, determinarán una recta en la proyección. Los paralelos quedan representados por curvas. Las demoras, azimutes y rumbos reproducen exactamente su valor en el punto de tangencia.

Su mayor y gran utilidad está en la navegación por círculo máximo. La derrota a seguir se traza sobre la carta como una recta y luego se transfiere, por puntos debidamente espaciados, a la mercatoriana. La razón de esto estriba en que la escala utilizada para estas cartas no permite representar con detalle la navegación.

Las cartas de este tipo vienen acompañadas de instrucciones y gráficos auxiliares para la medida de Ri y distancias.

3313. DERROTA ORTODROMICA EN LA CARTA GNOMONICA.—Es evidente que, más que un sistema, se trata de un medio, pues lo que hacen estas cartas es facilitar la navegación por puntos (Art. 3310) y por rumbos iniciales (Art. 3311), eliminando cálculos.

Capítulo XXXIV

SITUACION ASTRONOMICA

3401. HALLAR LA LATITUD POR ALTURA MERIDIANA DE SOL.—Cuando un astro pasa por el meridiano de un lugar, tanto por el meridiano superior como inferior, el triángulo de posición se reduce a un arco de meridiano, ya que los vértices (Polo elevado, Cenit y Astro) se encuentran en un arco de meridiano del lugar, al valer $P = 0^\circ$ (paso por el meridiano superior) o 180° (paso por el meridiano inferior).

En estos dos casos se obtiene la latitud de forma fácil y rápida.

1. **Cálculo de la latitud al pasar el Sol por el meridiano superior.**—En este caso la altura del astro es máxima. Si la declinación del Sol

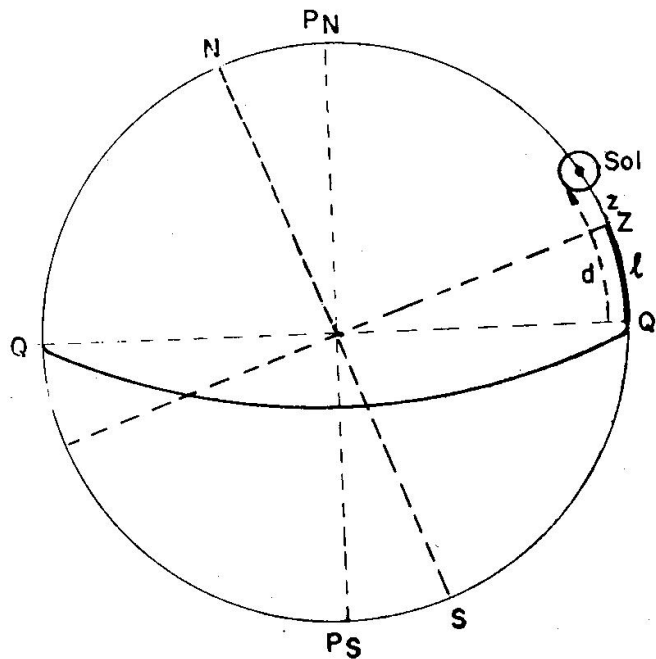


Fig. 3401. Latitud por meridiana de Sol

es del mismo nombre y mayor que la latitud del observador (fig. 3401) vemos que resulta:

$$l = d - z$$

o sea, la latitud es la diferencia entre la declinación y la distancia cenital; en este caso el astro se observa con Azimut Norte o como se dice "cara al Norte".

Si la declinación del Sol es del mismo nombre y menor que la latitud

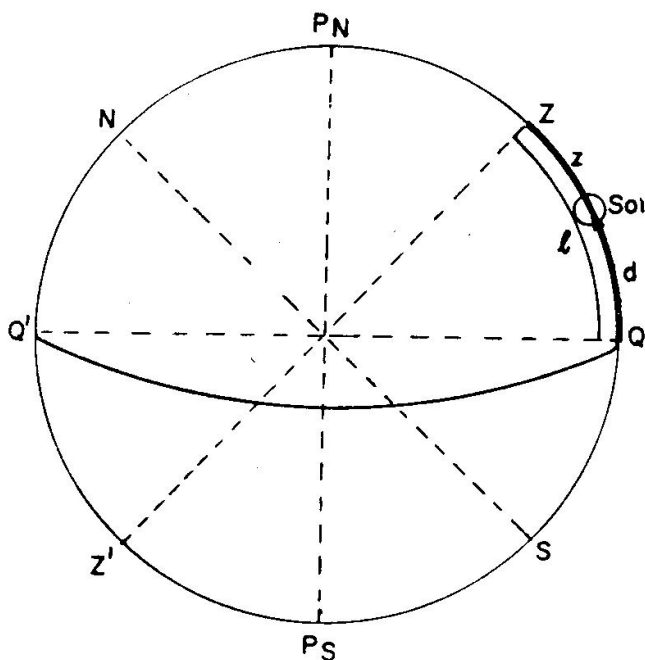


Fig. 3402. Latitud por meridiana de Sol

del observador (fig. 3402) resulta la fórmula:

$$l = d + z$$

en este caso el Azimut del astro es Sur, o sea, se observa "cara al Sur".

Si el astro tiene declinación de distinto nombre que la latitud (fig. 3403) resulta la fórmula:

$$l = z - d$$

Para trabajar una fórmula general se emplea la siguiente:

$$l = d - z$$

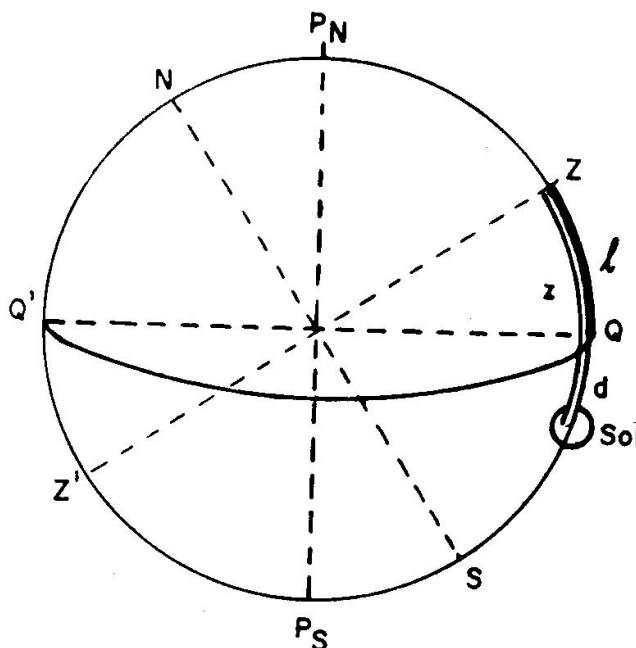


Fig. 3403. Latitud por meridiana de Sol

dando los signos siguientes:

- { Declinación Norte . positiva
- { Declinación Sur... . negativa
- { Distancia cenital cara al Norte (Z = N) positiva
- { Distancia cenital cara al Sur (Z = S) negativa
- { La latitud resulta positiva es Norte
- { La latitud resulta negativa es Sur

Aunque estamos explicando el problema para el Sol, lo mismo se puede obtener la latitud observando una estrella cuando pasa por el meridiano.

Los valores de la declinación y distancia cenital que se toman son los siguientes:

a) La declinación se toma en el A.N. a la hora de la observación; esta hora también interesa con anticipación para saber la hora a que debemos de observar el Sol.

El A.N. da diariamente en la columna del Sol con la letras P.^o m.^o G, la Hora civil en Greenwich, de paso del Sol por el meridiano de Greenwich, que podemos tomar sin error como la Hora civil del lugar de paso del Sol por el meridiano del lugar (HcL). Aplicando a esta HcL la longitud con su signo obtenemos la HcG de la meridiana en nuestro lugar:

$$HcG = HcL + L, \quad \text{siendo LW positivas y LE negativas.}$$

Con esta hora entramos en el A.N. y tomamos la declinación.

Para conocer a qué hora tenemos que ponernos a observar, nos interesa saber la hora oficial (Ho) o la hora legal (Hz) según la que llevamos a bordo; la HcG obtenida anteriormente la pasamos a Ho o Hz, recordando que:

$$\begin{aligned} Ho &= HcG - C & (\text{En la Península, } C = -1; \text{ en Canarias, } C = 0). \\ Hz &= HcG - Z & (Z \text{ según el huso}). \end{aligned}$$

Ejercicio 3401.—El 17 de enero de 1965, en Se:1N = 36° — 10', LW = 12° — 8', calcular la HcG y Hz de paso del Sol por el meridiano superior del lugar (ver Apéndice A).

$$\begin{aligned} P^{\circ} m^{\circ} G &= HcL = 12^h - 10^m.2 \\ LW &= 48^m.5 \quad + \end{aligned}$$

$$HcG = \underline{\underline{12^h - 58^m.7}} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} HcG &= 12^h - 58^m.7 \\ Z &= 1 \quad + (-) \end{aligned}$$

$$Hz = \underline{\underline{11^h - 58^m.7}} \quad (17)$$

b) La distancia cenital (z) se conoce de la altura verdadera obtenida de la observación; esta observación se hace como explicamos en el art. 2307.

O sea, nos ponemos a observar unos minutos antes de la hora de la meridiana; cuando el Sol alcanzó su máxima altura tomamos esta altura observada y la pasamos a verdadera aplicando las correcciones explicadas en el art. 2402.

Con esta altura verdadera (a_v) conocemos la distancia cenital (z):

$$z = 90^{\circ} - a_v$$

Por tanto, el problema se resuelve calculando con anterioridad la hora en que debemos observar. Se observa la altura máxima y se toma la declinación en el A.N. y conocemos la latitud, que se llama Latitud observada (lo).

$$\boxed{lo = d - z}$$

Ejercicio 3402.—El 17 de enero de 1965, en Se:1N = 36° — 10', LW = 12° — 8', se observó al Sol al pasar por el meridiano superior del lugar con $a_{\theta} =$

= $33^{\circ} - 50'$ cara al Sur, $ci = -5'$, elevación = 7 m. Calcular la latitud observada.

Se calcula la HcG de paso como se hizo en el ejercicio anterior 3401, que dio: HcG = $12^{\circ} - 58^{\text{m}},7$ (17).

A esta hora tomamos la declinación: $d = -20^{\circ} - 43',1$.

$$\begin{array}{r} ai \Theta = 33^{\circ} - 50' \\ ci = \quad \quad 5' - \\ \hline a_s = 33^{\circ} - 45' \\ C + c = \quad \quad 10',3 + \\ \hline a_v = 33^{\circ} - 55',3 \\ z = 56^{\circ} - 4',7 \end{array} \qquad \begin{array}{r} d = 20^{\circ} - 43',1 - \\ z = 56^{\circ} - 4',7 - (+) \\ \hline lo = 35^{\circ} - 21',6 + N \end{array}$$

2. Cálculo de la latitud al pasar el Sol por el meridiano inferior.—

Para que en este instante el Sol sea visible tiene que ser circumpolar, lo cual sólo ocurre en determinados días en latitudes, tanto norte como sur, mayores de $66^{\circ} - 33'$.

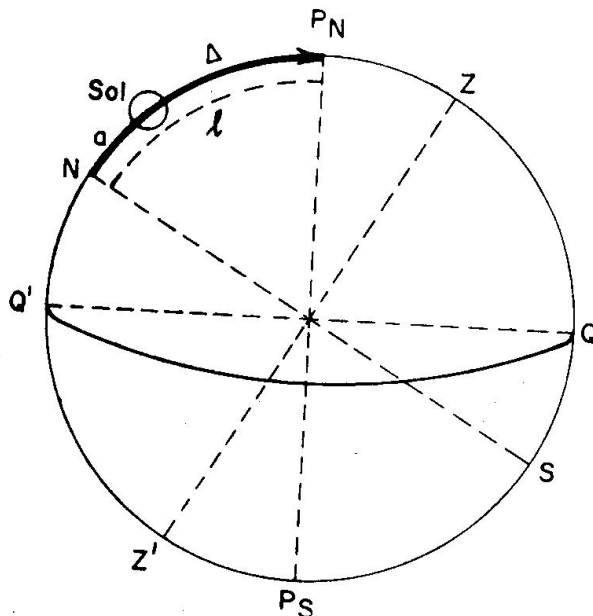


Fig. 3404. Latitud al cortar el Sol el meridiano inferior

En este caso (fig. 3404) resulta:

$$lo = a_v + \Delta$$

Los datos se conocen de la forma siguiente:

a) La altura se observa a la hora de paso por el meridiano inferior, que se conoce aplicando doce horas a la hora de paso por el meridiano superior (explicada anteriormente); en este caso el astro también se observa en el instante de estar parado (pasa de bajar a subir).

b) La codeclinación se obtiene de la declinación, en este caso siempre:

$$\Delta = 90^{\circ} - d$$

ya que para que el astro se vea en este momento, la declinación tiene que ser del mismo nombre que la latitud.

La declinación se toma a la hora de la observación.

La latitud observada siempre es del mismo nombre que la declinación.

Ejercicio 3403.—El 17 de enero de 1965, en $LW = 12^{\circ} - 8'$, se observó el Sol al pasar por el meridiano inferior del lugar con $ai \Theta = 15^{\circ} - 3',8$, $ci = -3',5$, $e = 7$ m. Calcular la latitud observada.

En el ejercicio 3401 se obtuvo para esta longitud la HcG de paso por el Meridiano superior, dando HcG = $12^{\circ} - 58^{\text{m}},7$ (17); por tanto, en este caso HcG = $0^{\circ} - 58^{\text{m}},7$ (17).

$$d = -20^{\circ} - 49' \qquad \Delta = 69^{\circ} - 11'$$

$$\begin{array}{rcl}
 a_i = 15^\circ - 3',8 & & a_v = 15^\circ - 8',5 \\
 c_i = & & \Delta = 69^\circ - 11',0 \\
 \hline
 a_o = 15^\circ - 0',3 & & \\
 C + c = & & \underline{\underline{l_o = 84^\circ - 19',5 S}} \quad (\text{IS igual que d}) \\
 \hline
 a_v = 15^\circ - 8',5 & &
 \end{array}$$

3402. CALCULO DE LA LATITUD POR LA POLAR CON EL A.N.—Si la Polar estuviera exactamente en el Polo Norte, su altura verdadera sería la latitud del observador, ya que el Polo está separado del Horizonte la Latitud.

Pero como esta estrella está separada del Polo Norte un pequeño arco, que es la Codeclinación, hay que aplicarle a la altura verdadera de la Polar una corrección (que en el A.N. se compone de tres partes) para obtener la Latitud observada (Ver Apéndice A).

Para entrar en el A.N. hace falta conocer:

— El horario del lugar de Aries correspondiente a la hora de la observación. En este caso basta entrar en el A.N. con la HcG obtenida de la hora de nuestro reloj de pulsera. Este horario del lugar de Aries se conoce como se explicó en el art. 2106.

— La altura observada de la Polar se pasa a verdadera como se explicó en el art. 2403. Las correcciones dadas en el A.N. (Apéndice A) se toman de la forma siguiente:

- C_1 entrando con el horario del lugar de Aries.
 C_2 entrando con el horario del lugar de Aries y la a_v de la Polar.
 C_3 entrando con el horario del lugar de Aries y la fecha.

Los signos de estas correcciones están dados en el A.N. La latitud obtenida siempre es N.

Ejercicio 3404.—El día 17 de enero de 1965, en Se: lN = $38^\circ - 48'$, LW = $8^\circ - 20'$, al ser Hz = 22 h - 41 m, se observó ai Polar = $39^\circ - 10'$, ci = $+3',3$, e = 7 m. Calcular la latitud observada.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Hz} = 22^{\text{h}} - 41^{\text{m}} & & a_i = 39^\circ - 10' \\
 Z = 1 & + & c_i = 3',3 + \\
 \hline
 \text{HcG} = 23^{\text{h}} - 41^{\text{m}} & & a_o = 39^\circ - 13',3 \\
 \text{hG } \gamma \text{ a } 23 \text{ h} = 102^\circ - 8',9 & & C = 5',8 - \\
 \text{por } 41 \text{ m} = 10^\circ - 16',7 & & \hline
 \text{hg } \gamma = 112^\circ - 25',6 & & a_v = 39^\circ - 7',5 \\
 \text{LW} = 8^\circ - 20' + (-) & & C_1 = 14',5 - \\
 \hline
 \text{hL } \gamma = 104^\circ - 5',6 & & C_2 = 0',3 + \\
 & & C_3 = 0',1 - \\
 & & \hline
 & & C = 14',3 - \\
 & & a_v = 39^\circ - 7',5 \\
 & & C = 14',3 - \\
 & & \hline
 & & \underline{\underline{l_o = 38^\circ - 53',2 N}}
 \end{array}$$

3403. NOCION DE CIRCULO DE ALTURA Y RECTA DE ALTURA.—Cuando observamos la altura de un astro conocemos la distan-

cia cenital (z), que es la separación entre el astro y el cenit, o sea, que el cenit del observador en este instante se tiene que encontrar en un

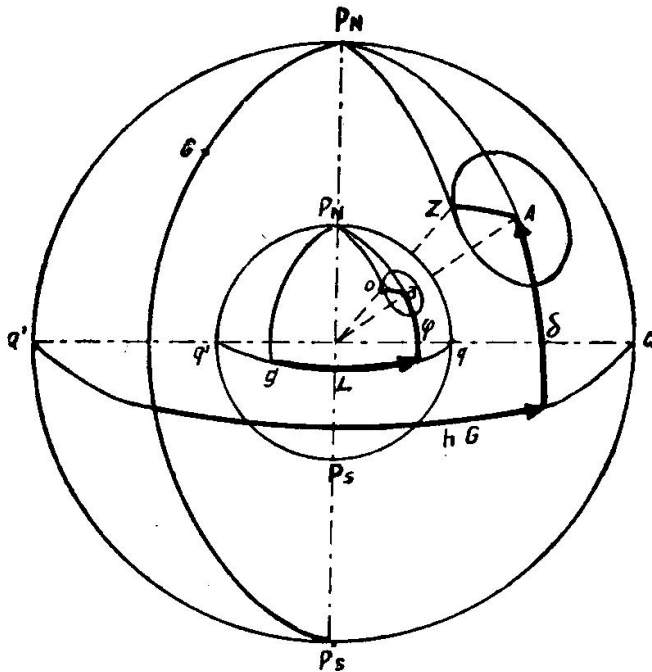


Fig. 3405. *Círculo de Altura*

definido por el corte de la recta que une su centro con el astro, o sea, situado un observador en el polo de iluminación de un astro verá a este astro en su cenit.

Si se proyecta la circunferencia con centro el astro (A) y radio la distancia cenital sobre la esfera terrestre, trazando rectas desde todos sus puntos al centro de la Tierra, se obtiene otra circunferencia que contiene al observador (fig. 3405) y que tiene por centro el polo de iluminación (a) y, por radio la distancia cenital. Esta circunferencia es el "Círculo de Altura", que se define como "el lugar geométrico de los puntos de la Tierra desde los cuales se ve al astro con la misma altura, en un instante dado".

Es decir, que cuando se observa un astro con altura 50° , el observador tiene que encontrarse en un punto de la circunferencia que tiene por centro el polo de iluminación del astro y por radio 40° ($z = 90^\circ - 50^\circ = 40^\circ$).

El polo de iluminación del astro puede situarse, pues, como vemos en la fig. 3405; tiene por latitud la declinación del astro y por Longitud el horario en Greenwich (menor de 180°) del astro, por correspondencia entre estos arcos en la esfera celeste y terrestre.

Por tanto, si en una esfera terrestre situamos el polo de iluminación del astro observado y con este centro y radio la distancia cenital, trazamos una circunferencia (círculo de altura) en uno de sus puntos tiene que encontrarse el buque a la hora de la observación. Ahora bien, para que en esta esfera una milla tuviese un milímetro de tamaño haría falta

punto de la circunferencia que tiene el astro por centro y por radio la distancia cenital (figura 3405). Se dice que esto ocurre en el instante de la observación, pues momentos después ya cambia la posición del astro y, por tanto, su distancia cenital y el radio de la circunferencia.

Sabemos que el cenit corresponde con la posición del observador (o) en la esfera terrestre. Se llama "Polo de iluminación" o "Punto astral" (a) de un astro (fig. 3405) al punto de la Tierra que se corresponde con la posición del astro en la esfera celeste; este punto de la superficie terrestre queda

que el diámetro de dicha esfera tuviera siete metros, lo cual hace imposible llevar a bordo un globo tan grande.

Por ello hay que trazar el círculo de altura en la Carta Náutica, dándonos una línea de posición; como en el buque se conoce una situación estimada, sólo es necesario trazar en la Carta el arco de círculo de altura próximo a esta situación (hay que tener en cuenta que la circunferencia denominada círculo de altura abarca una extensión muy grande).

Sin embargo, la representación en la Carta de un arco de círculo de altura es difícil por resultar unas curvas complicadas, llamadas "Curvas de altura".

Para evitar este trabajo del trazado de un arco de círculo de altura, teniendo en cuenta que el arco a representar es pequeño, se sustituye en la esfera terrestre por un arco de loxodrómica (Art. 1301), bien tangente al círculo de altura (LL') (figura 3406 en un punto próximo a la situación de estima (D) o secante a este círculo en dos puntos cercanos a la situación estimada. Actualmente siempre se sustituye por un arco de loxodrómica tangente.

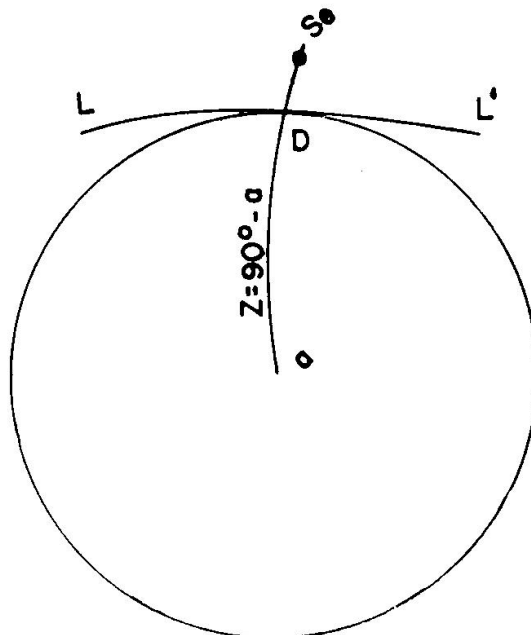


Fig. 3406. Recta de Altura en la Tierra

La representación de este arco en la carta mercatoriana es una recta (como toda loxodrómica) de fácil trazado, llamada «Recta de Altura».

Por tanto, podemos definir la Recta de Altura como «la recta en la carta que representa un trozo de loxodrómica que sustituye a un arco de círculo de altura próximo a la situación de estima». La Recta de Altura es una línea de posición donde se encuentra el buque a la hora de hacer la observación.

El trazado en la carta de la Recta de Altura tangente al círculo de altura se ve facilitado por la propiedad de ser dichas rectas perpendiculares a la dirección del Azimut; en efecto (fig. 3406), el polo de iluminación (a) corresponde con la posición del astro, y S^o es la situación de estima; el arco LL' es tangente al círculo de altura, y por ello es perpendicular al radio ($D a$), que coincide con la dirección ($S^o a$), que es la misma con que vemos al astro, o sea, el azimut.

Se llama "Determinante" al conjunto de datos necesarios para poder trazar en la carta náutica la Recta de Altura de un Astro.

Como acabamos de decir, el Azimut es uno de los datos necesarios por ser la Recta perpendicular a su dirección.

El otro dato que interesa es la situación del "Punto Determinante"

(D), que es el punto del círculo de altura que se elige para trazar la tangente o, lo que es lo mismo, por este punto se traza la recta perpendicular al azimut (Recta de Altura).

En este curso estudiamos la Recta de Altura Punto Aproximado, única que se trabaja actualmente.

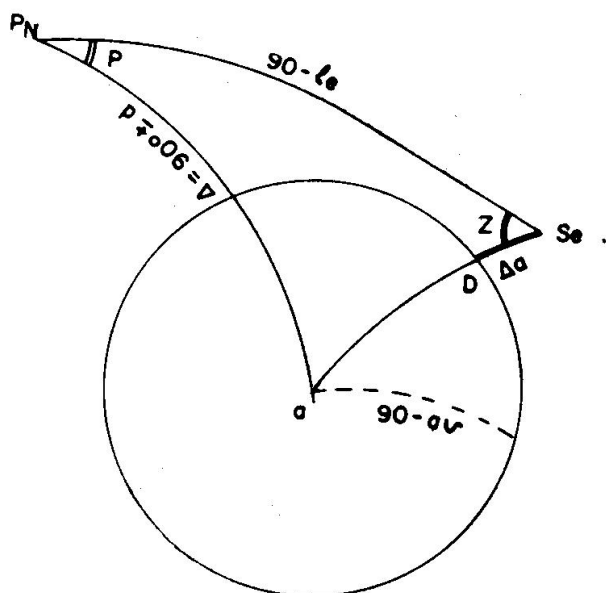


Fig. 3407. Determinante Punto Aproximado

3404. CALCULO DE LA RECTA DE ALTURA PUNTO APROXIMADO. — Es la única empleada por ser siempre exacta cualquiera que sea la hora de la observación.

El punto determinante (D) es el punto del círculo de altura más próximo a la situación estimada (fig. 3407), o sea, es el punto de corte de la unión situación de estima (Se) polo de iluminación (a) con el círculo de altura.

“La situación del punto determinante” (D) se obtiene co-

nociedo la dirección (Azimut) y distancia a que se encuentra de la situación de estima (Se D).”

Ahora bien, la situación estimada puede estar fuera del círculo de altura (fig. 3407) o dentro de dicho círculo (fig. 3408). Tanto en un caso como en otro se obtiene la distancia (Se D) por diferencia de (a Se) y (a D), o viceversa, teniendo en cuenta que:

((a D) es la distancia cenital obtenida de la altura verdadera (que conocemos por la observación), ya que hemos dicho que el observador tiene que encontrarse en un punto del círculo de altura.

(a Se) es la distancia cenital correspondiente a la situación estimada (Se), o sea, obtenida de lo que hemos llamado (art 2503) “altura estimada” (a_e). Esta altura estimada se obtiene trabajando la fórmula del art. 2503:

$$\text{sen } a = \text{sen } l \text{ sen } d + \cos l \cos d \cos P$$

siendo: l la altitud de estima y P el ángulo en el polo obtenido con la Longitud de estima.

Para obtener la distancia (a Se) consideremos los dos casos:

En la fig. 3407 resulta:

$$(Se D) = (a Se) - (a D)$$

siendo:

$$(a \text{ Se}) = 90^\circ - a_e$$

$$(a \text{ D}) = 90^\circ - a_v$$

sustituyendo:

$$(\text{Se D}) = (90^\circ - a_e) - (90^\circ - a_v) = a_v - a_e$$

O sea:

$$(\text{Se D}) = a_v - a_e$$

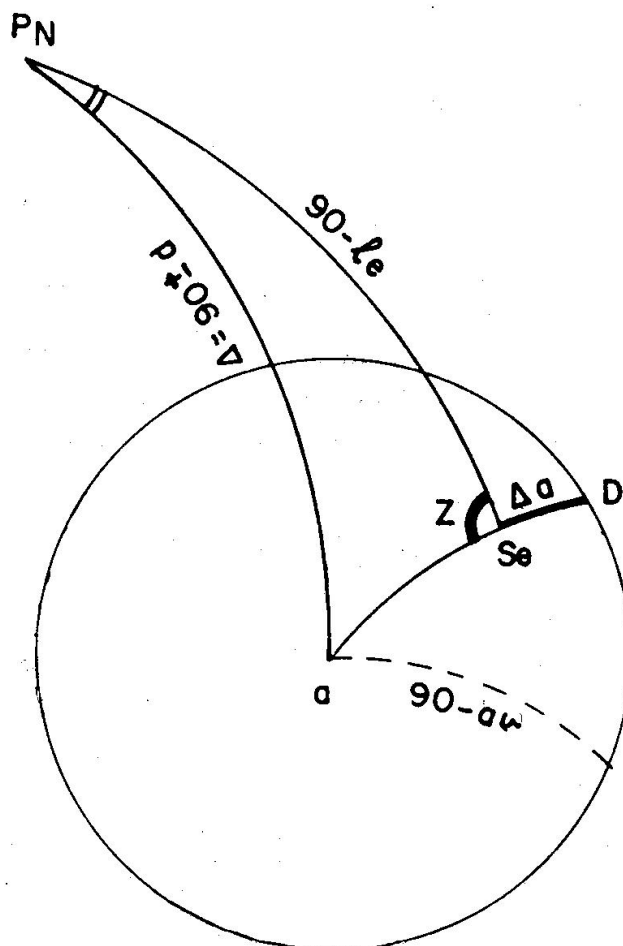


Fig. 3408. Determinante Punto Aproximado

En la fig. 3408 resulta:

$$(\text{Se D}) = (a \text{ D}) - (a \text{ Se})$$

siendo:

$$(a \text{ D}) = 90^\circ - a_v$$

$$(a \text{ Se}) = 90^\circ - a_e$$

sustituyendo:

$$(\text{Se D}) = (90^\circ - a_v) - (90^\circ - a_e) = -(a_v - a_e)$$

O sea:

$$(\text{Se D}) = -(a_v - a_e)$$

A esta diferencia de alturas se llama Δa y la fórmula general es:

$$\Delta a = a_v - a_e$$

si esta diferencia resulta positiva (caso de la fig. 3407), el punto determinante (D) queda a partir de la situación de estima (Se) en la direc-

ción del Azimut, en cambio, si la diferencia es negativa (caso de la figura 3408) el punto determinante (D) está a partir de la situación estimada en dirección contraria al Azimut.

En los datos del determinante conviene poner la hora a que corresponde dicho determinante, que es la misma que la hora en que el buque se encuentra en la Recta de Altura.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Determinante Punto Aproximado} \\ \text{Hora} = \dots\dots\dots \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Se } \left\{ \begin{array}{l} l_e = \\ l_e = \end{array} \right. \\ \\ Z = \\ \Delta a = a_v - a_e = \end{array}$$

Existen numerosas Tablas que calculan la altura estimada y el Azimut para facilitar el trabajo, las últimas españolas editadas son las "Tablas Rápidas para el cálculo de la Recta de Altura", de los autores de este libro, que han sido declaradas de utilidad por el Ministerio de Marina el año 1960 y que explicamos en el art. 3406.

3405. TRAZADO DE LA RECTA DE ALTURA PUNTO APROXIMADO.—Por lo acabado de explicar, se comprende que el trazado de esta recta de altura se hace de la forma siguiente:

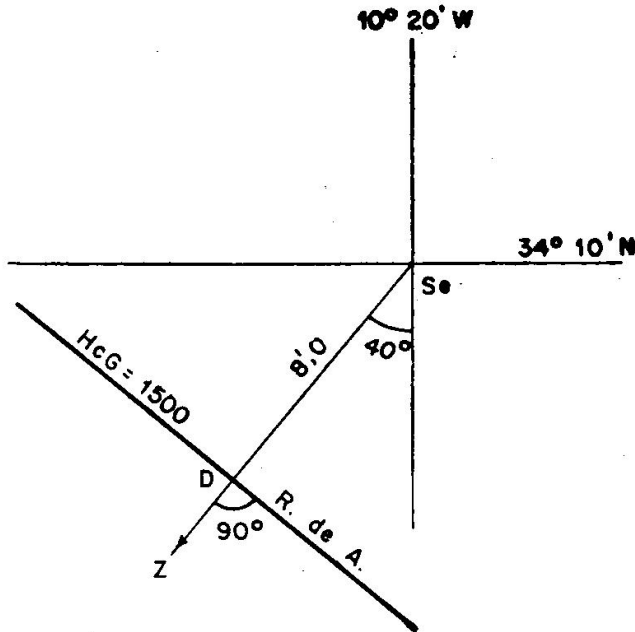


Fig. 3409. Recta de Altura

Se sitúa en la Carta la situación estimada y desde ella se traza una recta en la dirección del Azimut.

En la escala de latitudes, en correspondencia con el paralelo de estima, se toma una distancia igual a Δa y se lleva a partir de la situación estimada en la dirección del Azimut si Δa es positivo y en dirección contraria al Azimut si es negativo.

Una vez situado el punto determinante (D) trazamos por él la recta de altura perpendicular a la dirección del Azimut.

En la figura 3409 se supone:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Determinante} \\ \text{HcG} = 15 \text{ h.} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Se } \left\{ \begin{array}{l} l_e = 34^{\circ}-10' \text{ N} \\ l_e = 10^{\circ}-20' \text{ W} \end{array} \right. \\ \\ Z = S \ 40 \ W \\ \Delta a = + \ 8'.0 \end{array}$$

En la figura 3410 se supone:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Determinante} \\ \text{HcG} = 9 \text{ h.} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Se} \left\{ \begin{array}{l} \text{le} = 41^{\circ}-58' \text{ N} \\ \text{Le} = 8^{\circ}-32' \text{ E} \end{array} \right. \\ \\ \text{Z} = \text{S } 60 \text{ E} \\ \Delta a = -10',0 \end{array}$$

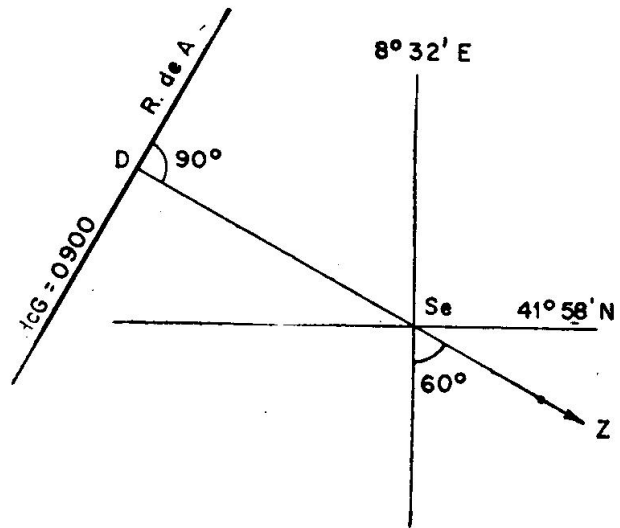


Fig. 3410. Recta de Altura

Nota.—Aunque se explica el cálculo de la Recta de Altura por el Sol (único que pide el programa), el mismo procedimiento se sigue para cualquier astro; en estrellas el horario se obtiene partiendo del horario de Aries y del Angulo sidéreo, como explicamos en el artículo 2016.

Nota.—Hemos dicho que la Recta de Altura se traza en la Carta Náutica, si queremos trabajar con escalas mayores podemos construir fácilmente una Carta en Blanco. Para ello se dibuja un ángulo igual a la latitud de estima, el lado horizontal lo dividimos en partes iguales y nos da la escala de Diferencias de Longitud (fig. 3411); por estas di-

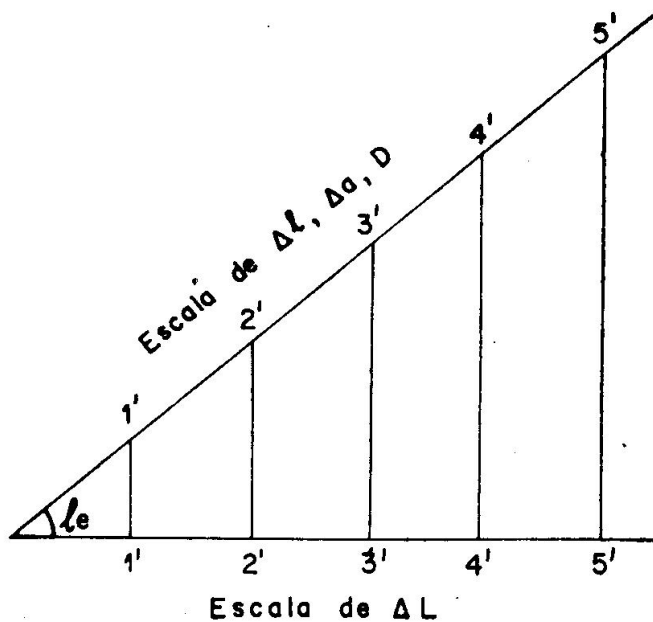


Fig. 3411. Escalas de la Carta en Blanco

visiones se levantan perpendiculares hasta que córten al otro lado, dándonos la escala de diferencias de latitudes y distancias.

La diferencia de alturas (Δa) la tomamos en la escala de distancias.

Cuando tengamos una situación observada (por corte de 2 rectas de altura) vemos en estas escalas la diferencia de latitud y de longitud con respecto a la situación de estima y aplicadas con sus signos a esta situación nos da la Observada.

Ejercicio 3405.—El día 16 de enero de 1965, en Se: $1N = 18^\circ - 8'$, $LW = 23^\circ - 45'$, por la mañana, al ser $HM = 2\text{ h } - 37\text{ m } - 12\text{ s}$, EAM a $Oh = 7\text{ h } - 4\text{ m } - 24\text{ s}$, $mM = -12\text{ s}$, se observó al $\Theta = 18^\circ - 44',2$, $ci = -3',7$, $e = 5\text{ m}$. Calcular la Recta de Altura y dibujarla.

Cálculo de P y d

$$\begin{array}{r} HM = 2^h - 37^m - 12^s \\ EAM \text{ a } Oh = 7 - 4 - 24 \\ \hline HcG \text{ pr.} = 9^h - 41^m - 36^s \\ \text{ppm} \qquad \qquad \qquad 5^s - \end{array}$$

$$HcG = 9^h - 41^m - 31^s$$

$$\begin{array}{r} hG \text{ a } 9 \text{ h} = 312^\circ - 33',2 \\ \text{por m. s.} = 10^\circ - 22',8 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} hG = 322^\circ - 56',0 \\ LeW = 23^\circ - 45',0 + (-) \\ \hline \end{array}$$

$$hL = 299^\circ - 11',0$$

$$\begin{array}{r} PE = 60^\circ - 49',0 \\ d = -20^\circ - 56',4 \end{array}$$

Cálculo de altura estimada

$$\begin{array}{r} \log \text{ sen } l = 9,49308 \\ \log \text{ sen } d = 9,55314 \\ \hline \log A = 9,04622 \\ A = 0,11123 - \end{array} \quad \begin{array}{r} \log \text{ cos } l = 9,97788 \\ \log \text{ cos } d = 9,97033 \\ \log \text{ cos } P = 9,68807 \\ \hline \log B = 9,63628 \\ B = 0,43279 + \end{array}$$

$$\begin{array}{r} B = 0,43279 + \\ A = 0,11123 - \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{sen } a. = 0,32156 \\ a. = 18^\circ - 45',4 \end{array}$$

Cálculo de a_v

$$\begin{array}{r} \text{al } \Theta = 18^\circ - 44',2 \\ ci = 3',7 - \\ \hline a. = 18^\circ - 40',5 \\ C + c = 9',7 + \\ \hline a_v = 18^\circ - 50',2 \end{array}$$

Cálculo de Z

$$\begin{array}{r} p' = 0,44 - \\ p'' = 0,19 - \\ \hline p = 0,63 - \\ Z = S 59 E \end{array}$$

Cálculo Δa

$$\begin{array}{r} a_v = 18^\circ - 50',2 \\ a_e = 18^\circ - 45',4 \\ \hline \Delta a = + 4',8 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Determinante} \\ HcG = 9 \text{ h } - 41 \text{ m } - 31 \text{ s} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{Se} \left\{ \begin{array}{l} 1N = 18^\circ - 8' \\ LW = 23^\circ - 45' \end{array} \right. \\ \\ Z = S 59 E \\ \Delta a = 4',8 + \end{array} \right.$$

La Recta de Altura está trazada en la figura 3411 desde la Situación estimada (Se).

3406. TABLAS RAPIDAS PARA EL CALCULO DE LA RECTA DE ALTURA. (C F Moreu Curbera y C F Martínez Jiménez).—Han sido declaradas de Utilidad por el Ministerio de Marina en 1960.

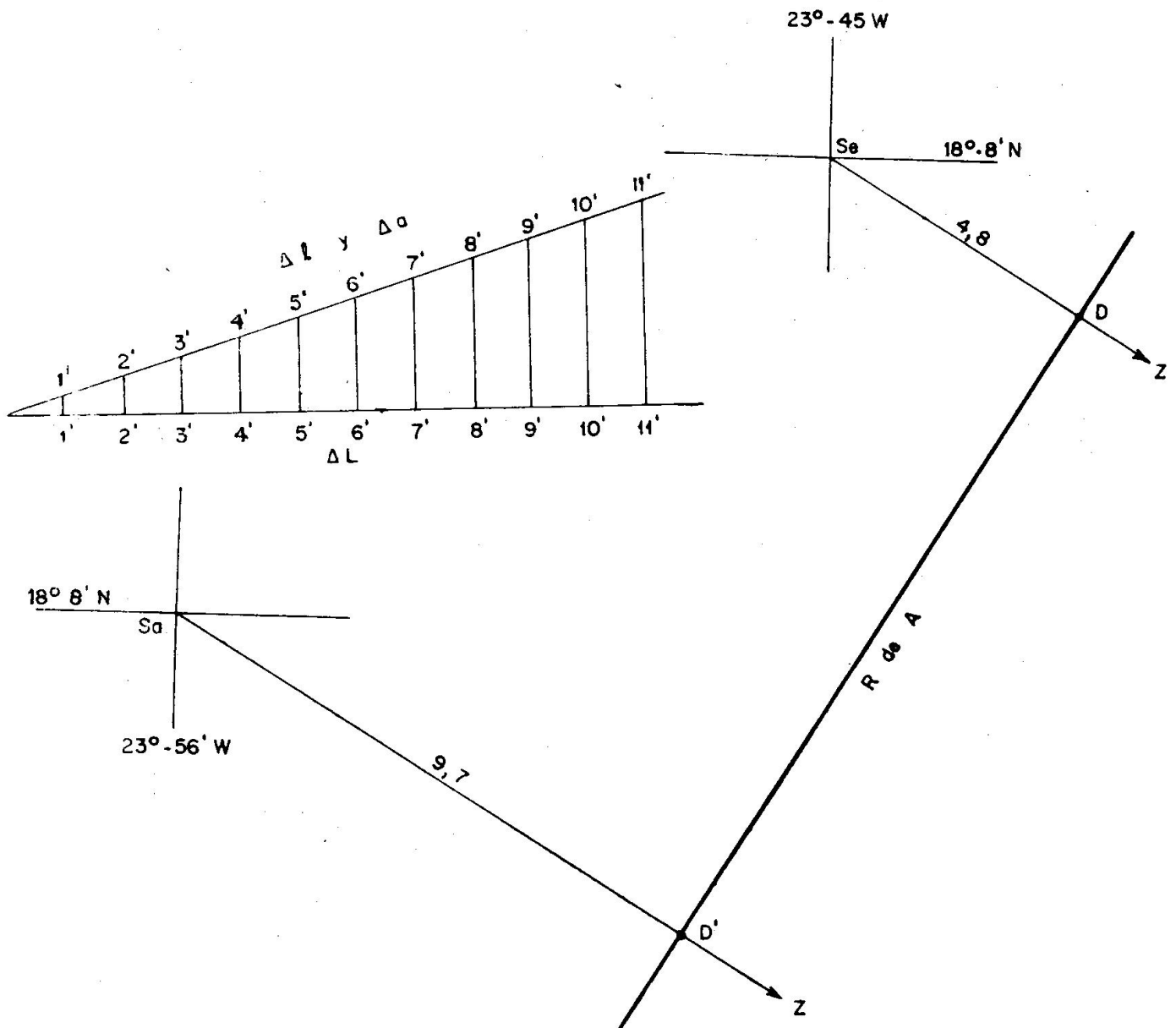


Fig. 3411. Ejercicio 3405 y 3406

En un volumen reducido calculan al mismo tiempo la Altura y el Azimut del astro, sirviendo para todos los astros observables y para todas las latitudes navegables.

Son las primeras Tablas españolas que resuelven el problema para una situación auxiliar (Sa) próxima a la estimada, con lo cual se evitan interpolaciones engorrosas, aunque también pueden dar la altura para la situación estimada; como no es necesario, conviene siempre trabajar con la Situación auxiliar, pues el problema se hace de forma fácil y rápida.

Nota.—No hay que olvidar que la situación estimada puede ser cualquiera, ya que puede tener grandes errores, pero, sea cual sea, la Recta de Altura siempre es la misma para una observación. Por ello, en lugar

de tomar la situación estimada tomamos una Situación Auxiliar, que a continuación explicamos.

Situación Auxiliar.—Tiene por coordenadas las siguientes:

“Latitud auxiliar” (la): Es la latitud en grados enteros (sin minutos) más próxima a la latitud de estima. Por ejemplo:

Si tenemos $le = 30^{\circ}-10' N$, tomaríamos $la = 30^{\circ} N$.

Si tenemos $le = 30^{\circ}-48' S$, tomaríamos $la = 31^{\circ} S$.

Con ello nos evitamos interpolar por latitud.

“Longitud auxiliar” (La): Es la más próxima a la Longitud de estima y de tal valor que aplicada, con signo contrario, al Horario en Greenwich (hG) nos dé un horario del lugar (hL) en grados enteros (sin minutos ni décimas) y, por tanto, el Angulo en el Polo (P) también tendrá sólo grados. Para tomar el valor de esta Longitud auxiliar (La) hacemos lo siguiente:

Si la Longitud de estima (Le) es W, como la Longitud hay que restarla a hG (dado en el A. N.) el número de minutos de esta La será igual a los minutos de hG, y los grados los más próximos a la Longitud de estima. Por ejemplo:

$$\text{Si } hG = 34^{\circ}-10',8 \text{ y } Le = 13^{\circ}-20' W$$

tomamos: $La = 13^{\circ}-10',8$ y hL resulta de 21° .

Si la Longitud de estima es E, como la Longitud hay que sumarla a hG, el número de minutos de La será la diferencia de $60'$ menos los minutos de hG. Por ejemplo:

$$\text{Si } hG = 314^{\circ}-38',4 \text{ y } Le = 22^{\circ}-14' E$$

tomamos: $La = 22^{\circ}-21',6$ y hL resulta de 337° .

Trabajando con la Situación Auxiliar, la recta de altura se traza desde ella y no desde la de estima, es decir, se toma la situación auxiliar como estimada.

Cálculo de la Altura y el Azimut.—Se opera de la forma siguiente (en el Apéndice C están las Tablas con las que se hacen los ejercicios del libro):

1. Una vez conocido el hG y la declinación (dados en el A. N.), se toma la Situación auxiliar, como acabamos de explicar.

Se entra en la Tabla I con el ángulo en el Polo y la latitud auxiliar tomando los valores siguientes:

$$\alpha, A, X$$

En la misma página se entra en la Tabla II, con el Angulo en el Polo y con la declinación, tomando el valor: Y.

2. Se entra en la Tabla 3, con la combinación $\alpha \sim \delta$ (esta combinación indica que hay que sumar o restar según lo indique esta Tabla en la parte alta) y tomamos el valor: B. Como los valores están dados cada 0,5 minutos, no interpolar, entrar con el más próximo.

3. Se suma siempre A y B, obteniendo C.

Entrando en el interior de la Tabla III con C (o tomando el valor más próximo, sin interpolar) obtenemos la Altura correspondiente a la situación auxiliar.

4. Se entra en la Tabla IV con la suma algebraica $Z + Y$ y obtenemos el Azimut.

O sea, que entrando en cuatro páginas solamente, obtenemos la Altura y el Azimut. Repetimos que no hay que realizar ninguna interpolación, sino que cogemos los valores que nos dé las Tablas. Cuando se entra en el interior se busca fácilmente la página en que se encuentra el valor de C, pues en la parte alta de cada página da los valores extremos de la misma.

El tipeo para el Determinante es el siguiente:

hG =	$\alpha =$	A =	X =	ai =
La =	d =	B =	Y =	ci =

hL =	$\alpha \sim \delta =$	C =	X + Y =	ao =
P =		a _e =	Z =	C =
d =				-----
				av =
				ae =

Determinante	{	Se {	{	
Hora =				$\Delta a =$
		Z =		
		$\Delta a =$		

Ejercicio 3406.—El día 16 de enero de 1965, en Se: 1 N = 18° — 8', L W = 23° — 45', por la mañana, al ser HM = 2 h - 37 m - 12 s, EA M a Oh = 7 h - 4 m - 24 s, mM = — 12 s, se observó ai $\Theta = 18^\circ - 44',2$, ci = — 3',7, e = 5 m. Calcular la Recta de Altura y dibujarla.

Este ejercicio es el mismo que el 3405, que allí hicimos por logaritmos. De la misma forma obtenemos los datos del A.N. (hG y d), así como la altura verdadera (av) (Apéndice C).

Cálculo de P y d

$$\begin{aligned}
 hG &= 322^\circ - 56'0 \\
 La \ W &= 23^\circ - 56',0 + (-) \\
 \hline
 hL &= 299^\circ \\
 P \ E &= 61^\circ \\
 d &= -20^\circ - 56',4
 \end{aligned}$$

Cálculo de a . y Azimut

$\alpha = 56^\circ - 10',2$	$A = 25566$	$X = 0,18 -$
$d = 20^\circ - 56',4$	$B = 23889$	$Y = 0,44 -$
$\alpha \sim d = 35^\circ - 13',8$	$C = 49455$	$X + Y = 0,62 -$
	$a. = 18^\circ - 40',5$	$Z = S 59 E$

Cálculo de Δa

$$a_v = 18^\circ - 50',2$$

$$a. = 18^\circ - 40',5$$

$$\Delta a = + 9',7$$

Determinante HcG = 9 h - 41 m - 31 s	}	Sa	{	$la = 18^\circ N$
				$La = 23^\circ - 56',0 W$
				$Z = S 59 E$
				$\Delta a = + 9',7$

La Recta de Altura está dibujada en la figura 3411, tomando el determinante desde la Situación Auxiliar (Sa). Como se ve, la Recta de Altura se confunde con la trazada en el Ejercicio 3410 trabajando con la situación de estima (Se).

3407. TRASLADO DE UNA RECTA DE ALTURA.—Una Recta de Altura es una línea de posición correspondiente a la hora de la observación, la cual puede trasladarse por estima (rumbo y distancia) a otro instante posterior o anterior, conservándose siempre paralela; cuanto mayor es el traslado, menos confianza merece por los errores en el rumbo y velocidad del buque.

El traslado puede hacerse gráficamente o analíticamente.

1. Gráficamente, se traza por cualquier punto de la Recta de Altura,

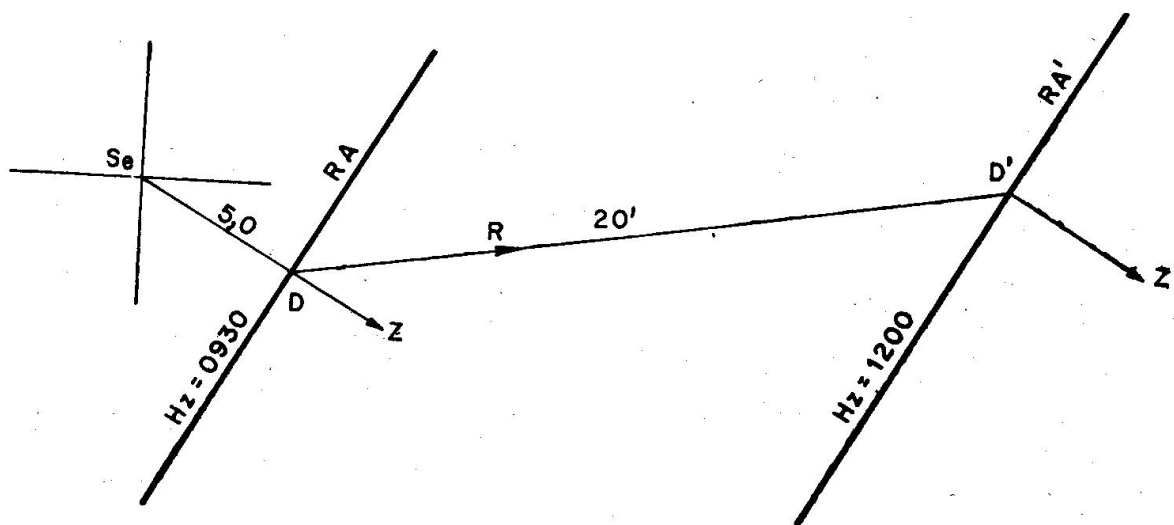


Fig. 3412. Recta de Altura trasladada

generalmente por el Punto Determinante (D), el rumbo o los rumbos navegados y sus distancias hasta la hora en que se desea trasladar dicha recta (D') (fig. 3412); por este punto se traza la paralela a la Recta de Altura, o bien se vuelve a trazar el azimut anterior por D' y su perpendicular es la reta de altura trasladada (R A').

Conviene indicar en la Recta de altura la hora a que corresponde dicha línea de posición, tanto en la observada como en la trasladada.

En la figura 3412 se ha supuesto que la Recta de Altura (R A) se observó al ser $H_z = 0930$ con $Z = S 60 E$, $\Delta a = + 5',0$, y que se navegó hasta las 1200 al Rumbo N 80 E una distancia de 20'.

Si no necesitamos la Recta de altura (R A) en el instante de la observación, no hace falta trazarla, sólo se dibuja la trasladada (R A').

Si se quiere trasladar a un instante anterior a la observación, la distancia navegada se toma en dirección opuesta al rumbo o a los rumbos, caso de que se haya navegado a varios rumbos.

Ejercicio 3406.—Por la mañana se obtuvo el siguiente Determinante de Sol:

$$\text{Determinante } \left. \begin{array}{l} \text{Ho} = 10 \text{ h} - 6 \text{ m} \\ \text{Se} \left\{ \begin{array}{l} \text{Le} = 38^\circ - 10' \text{ N} \\ \text{Le} = 7^\circ - 15' \text{ E} \end{array} \right. \\ \text{Z} = \text{N } 75 \text{ E} \\ \Delta a = - 8',0 \end{array} \right\}$$

desde esta hora se navegó al $R_v = E, 10'$ y hasta la $H_o = 12 \text{ h} - 18 \text{ m}$ al $R_v = N 65 E, 6'$. Trazar la Recta de Altura a 12 h - 18 m.

Resuelto en la figura 3413. En la escala de latitudes aumentadas sólo se ha numerado las distancias que afectan al ejercicio.

2. Analíticamente, se hace con las Tablas de estima, trasladando la situación de estima (S_e) o la Situación auxiliar (S_a) si se trabaja con las Tablas Rápidas, al punto determinante (D) (fig. 3412), tomando el Azimut como rumbo si Δa es positiva, y contrario al rumbo si Δa es negativa, y como distancia el valor de Δa . A continuación trasladamos este punto determinante (D) por rumbos y distancias navegadas hasta el instante posterior que se desee (D'); en la práctica se hace la estima englobada, o sea, trasladando la situación de estima (S_e) o auxiliar (S_a) a D y de D a D' en un mismo encasillado, por D' se traza la perpendicular al Azimut anterior y tenemos la Recta de Altura trasladada.

El traslado se hace analíticamente cuando la distancia navegada es grande, como sucede en las observaciones de Sol para obtener la situación a la hora de la meridiana, como a continuación veremos.

“Cuando existe corriente conocida, abatimiento, o ambas cosas, el traslado se hace sobre rumbos efectivos.”

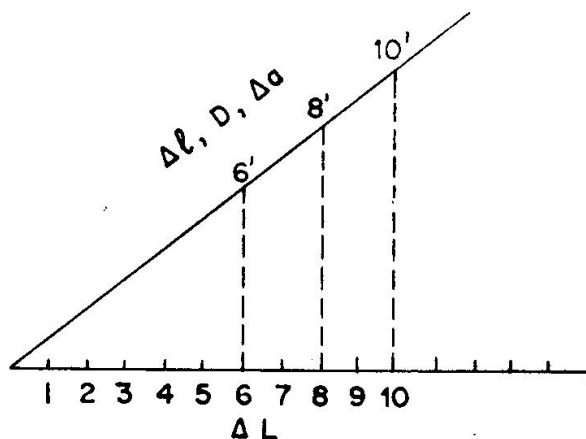
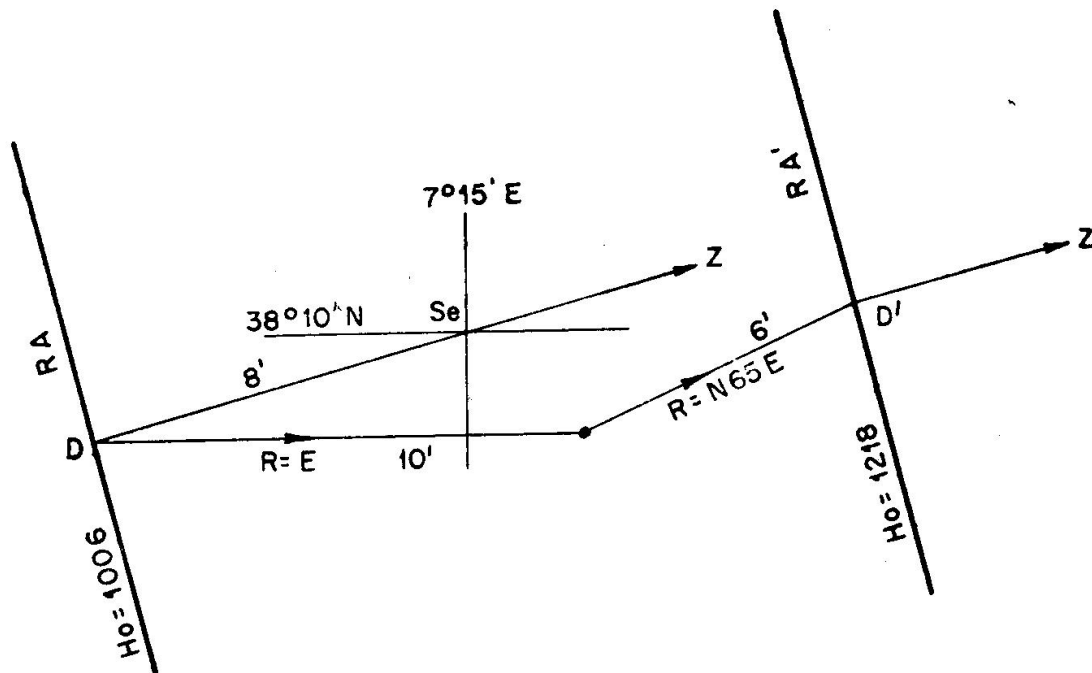


Fig. 3413. Ejercicios 3406 y 3407

Ejercicio 3407.—Por la mañana se obtuvo el siguiente Determinante de Sol:

$$\text{Determinante } \left\{ \begin{array}{l} Ho = 10 \text{ h} - 6 \text{ m} \\ \left. \begin{array}{l} Se \left\{ \begin{array}{l} le = 38^{\circ} - 10' \text{ N} \\ Le = 7^{\circ} - 15' \text{ E} \end{array} \right. \\ Z = N. 75 \text{ E} \\ \Delta a = -8',0 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

desde esta hora se navegó al $Rv = E, 10'$ y hasta la $Ho = 12 \text{ h} - 18 \text{ m}$ al $Rv = N 65 E, 6'$. Trazar la Recta de Altura a $12 \text{ h} - 18 \text{ m}$ trabajando analíticamente.

Este ejercicio es el mismo que el 3406; ahora se resuelve analíticamente:

	R	D	N	S	E	W
Dte.	S 75 W	8',0	—	2,1	—	7',7
	E	10',0	—	—	10,0	—
	N 65 E	6',0	2,5	—	5,4	—
			2,5	2,1	15,4	7,7
			2,1		7,7	
			$\Delta l = 0,4$		$\Delta L = 7,7$	

$$\begin{aligned} l_e &= 38^\circ - 10',0 \text{ N} \\ \Delta l &= \quad \quad 0',4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$l'_e = 38^\circ - 10',4 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} l_m &= 38^\circ \\ A &= 7,7 \end{aligned}$$

$$\Delta L = 9,8 \text{ E}$$

$$\begin{aligned} L_e &= 7^\circ - 15',0 \text{ E} \\ \Delta L &= \quad \quad 9',8 \text{ E} \end{aligned}$$

$$L'_e = 7^\circ - 24',8 \text{ E}$$

O sea, el Punto D' tiene por coordenadas:

$$l = 38^\circ - 10',4 \text{ N}$$

$$L = 7^\circ - 24',8 \text{ E}$$

Este punto (D') está dibujado en la fig. 3413, que coincide con el obtenido gráficamente (ejercicio 3406). Por D' se traza el Azimut N 75 E, y su perpendicular es la Recta de Altura trasladada (R A').

3408. SITUACION AL MEDIODIA VERDADERO.—Acabamos de decir que una Recta de Altura se puede trasladar por estima a otro instante cualquiera.

Cuando se tienen dos rectas de altura, el corte de ambas nos da la situación observada (So).

El caso más corriente de situación astronómica u observada es la obtenida por intersección de dos rectas de altura de Sol, observándolo por la mañana y más tarde al mediodía verdadero o meridiana de Sol; en este instante obtenemos la latitud observada, y trasladando la Recta de Altura de la mañana obtenemos en el corte la situación observada al mediodía verdadero, o sea, a la hora de la meridiana.

Los problemas que hay que recordar para obtener esta situación son los siguientes:

- Cálculo de la Recta de Altura (art. 3404 ó 3406).
- Trazado de la Recta de Altura (art. 3405).
- Traslado de la Recta de Altura (art. 3407).
- Cálculo de la Latitud por meridiana de Sol (art. 3401).

Nota.—Es muy importante tener en cuenta que la situación obtenida no es a 12 horas, sino a la hora de la meridiana, o sea, la deducida del P.^om.^oG.

Una vez trasladada la Recta de altura de la mañana, bien gráficamente o analíticamente, la situación al mediodía verdadero se puede calcular gráficamente o analíticamente.

- Gráficamente se hace trazando la Recta de Altura trasladada y la

latitud observada por meridiana de Sol; el punto de corte de ambas es la situación observada.

Ejercicio 3408.—A 1040 en Se: $lN = 38^\circ - 25'$, $LW = 14^\circ - 20'$ se observó al Sol. obteniendo: $Z = S 38 E$, $\Delta a = -3',0$. Al pasar el Sol por el meridiano ($Ho = 1158$) obtenemos $lo = 38^\circ - 38' N$. Durante las observaciones se navegó $28'$ al $Rv = N 65 W$. Calcular la situación al mediodía verdadero.

R	D	N	W
N 38 W	3'	2,4	1,8
N 65 W	28'	11,8	25,4
		14,2	27,2

$$\begin{array}{l}
 l_e = 38^\circ - 25',0 \text{ N} \\
 \Delta l = 14',2 \text{ N} \\
 \hline
 l'e = 38^\circ - 39',2 \text{ N}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 L_e = 14^\circ - 20',0 \text{ W} \\
 \Delta L = 34',6 \text{ W} \\
 \hline
 l'e = 14^\circ - 54',6 \text{ W}
 \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l}
 l_m = 38^\circ,5 \\
 A = 27,2
 \end{array} \right\} \Delta L = 34',6 \text{ W}$$

En la fig 3414 está dibujada la situación del punto determinante trasladado que se acaba de obtener ($L'e = 38^\circ - 39',2 N$, $L'e = 14^\circ - 54',6 W$). También están trazadas la Recta de Altura de la mañana, que pasa por ese punto, y es normal al Azimut ($Z = S 38 E$) y la latitud observada por meridiana ($lo = 38^\circ - 38',0 N$).

El punto de corte es la situación observada, cuya latitud es la observada, y el valor de la Longitud se conoce por la diferencia de longitud (ΔL) respecto el punto determinante (D') trasladado, que da: $\Delta L = 2',0 W$.

por tanto:

$$\begin{array}{l}
 L'e = 14^\circ - 54',6 \text{ W} \\
 \Delta L = 2',0 \text{ W} \\
 \hline
 l_o = 14^\circ - 56',6 \text{ W}
 \end{array}$$

So a 1158 $\left\{ \begin{array}{l} lo = 38^\circ - 38',0 \text{ N} \\ Lo = 14^\circ - 56',6 \text{ W} \end{array} \right.$

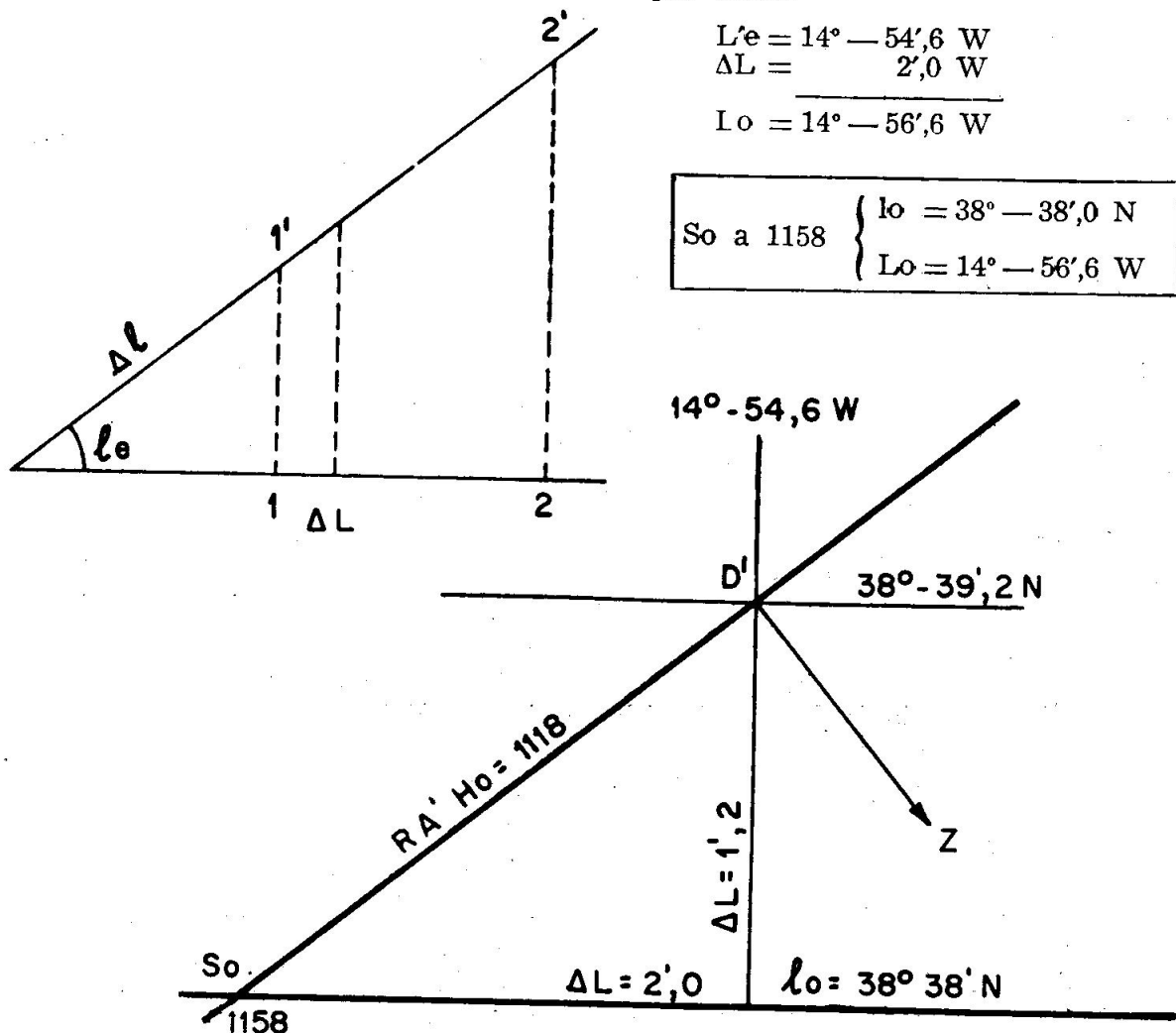


Fig. 3414. Ejercicio 3408

2. Analíticamente se obtiene la situación fácilmente sin dibujar las rectas de altura.

Una vez trasladada la Recta de Altura de la mañana, por cualquier procedimiento explicado en el artículo anterior, se conoce la situación del Punto determinante trasladado (D').

Se obtiene la diferencia de latitud entre la latitud observada (lo) y la del punto determinante trasladado (l'e). Esta diferencia de latitud (Δl) se multiplica por el valor (p) que se obtuvo en las Tablas XVI al calcular el Azimut del Sol por la mañana (o bien por las Tablas Rápidas su valor análogo $X + Y$); el valor (p. Δl) es la diferencia de Longitud ($\Delta L = p. \Delta l$), que, aplicada a la Longitud del Determinante trasladado (L'e), nos da directamente la Longitud observada (Lo).

El nombre de este ΔL se conoce de la forma siguiente:

Ponemos los puntos cardinales del Azimut de la observación de la mañana, y debajo los opuestos, vemos el nombre que tiene Δl (N o S), sabiendo que es la diferencia entre la latitud observada y la del punto determinante trasladado, o bien viendo el rumbo que hay que hacer para ir de esta latitud (l'e) como salida a la observada (llegada). Desde el punto cardinal del mismo nombre que Δl trazamos la diagonal, el otro extremo nos da el nombre de ΔL .

Ejercicio 3409.—En Se: $IN = 38^\circ - 25' N$, $LW = 14^\circ - 20' W$ se obtuvo: $Z = S 38 E$, $\Delta a = -3,0$. Al pasar el Sol por el meridiano obtenemos, al ser 1158, $lo = 38^\circ - 38' N$. Durante las observaciones se navegó $28'$ al $Rv = N 65 W$. Calcular analíticamente la situación observada al mediodía verdadero.

Este ejercicio es igual al 3408; allí se resolvió analíticamente.

R	D	N	W
N 38 W	3'	2,4	1,8
N 65 W	28'	11,8	25,4
		14,2	27,2

$le = 38^\circ - 25',0 N$
 $\Delta l = 14',2 N$

 $l'e = 38^\circ - 39',2 N$
 $lm = 38^\circ,5$
 $A = 27,2$

$Le = 14^\circ - 20',0 W$
 $\Delta L = 34',6 W$

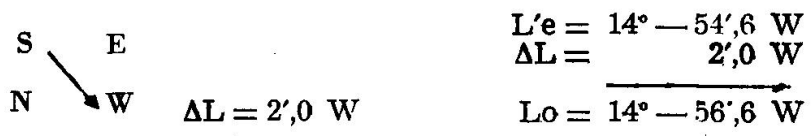
 $L'e = 14^\circ - 54',6 W$

$\Delta L = 34',6 W$

$lo = 38^\circ - 38',0 N$
 $l'e = 38^\circ - 39',2 N$

 $\Delta l = 1',2 S$
 $p = 1,63$ (obtenido en T. XVI)

 $\Delta L = p. \Delta l = 2,0$



So a 1158 $\left\{ \begin{array}{l} lo = 38^\circ - 38',0 N \\ Lo = 14^\circ - 56',6 W \end{array} \right.$

Igual situación que la obtenida gráficamente en el ejercicio anterior (3408).

Ejercicio 3410.—El día 16 de enero de 1965. en Se: $IN = 18^\circ - 8'$, $LW = 23^\circ - 45'$, por la mañana, al ser $HM = 2 h - 37 m - 12 s$, $EAM a Oh = 7 h - 4 m - 24 s$, $mM = -12 s$, se observó al $\Theta = 18^\circ - 44',2$, $ci = -3',7$, $e = 5 m$. A partir de esta observación se navegó $30'$ al $Rv = N 40 E$ hasta la meridiana. Al pasar el Sol

por el meridiano superior se observó cara al Sur con $ai \ominus = 50^\circ - 22',7$. Calcular la situación observada al mediodía verdadero analíticamente.

1. Cálculo por logaritmos

Cálculo determinante de la mañana

$HM = 2^h - 37^m - 12^s$ $EA \text{ M a } 0h = 7 - 4 - 24$ <hr/> $HcG \text{ pr.} = 9^h - 41^m - 36^s$ $ppm = 5^s -$ <hr/> $HcG = 9^h - 41^m - 31^s$ $hG \text{ a } 9 \text{ h} = 312^\circ - 33',2$ $\text{por m. s.} = 10^\circ - 22',8$ <hr/> $hG = 322^\circ - 56',0$ $Le \text{ W} = 23^\circ - 45',0 + (-)$ <hr/> $hL = 299^\circ - 11',0$ $PE = 60^\circ - 49',0$ $d = -20^\circ - 56',4$ $\log \text{ sen } l = 9,49308$ $\log \text{ sen } d = 9,55314$ <hr/> $\log A = 9,04622$ $A = 0,11123 -$ $\log \text{ cos } l = 9,97788$ $\log \text{ cos } d = 9,97033$ $\log \text{ cos } P = 9,68807$ <hr/> $\log B = 9,63628$	$B = 0,43279 +$ $B = 0,43279 +$ $A = 0,11123 -$ <hr/> $\text{sen } a_e = 0,32156$ $a_e = 18^\circ - 45',4$ $ai \ominus = 18^\circ - 44',2$ $ci = 3',7 -$ <hr/> $a_o = 18^\circ - 40',5$ $C + c = 9',7 +$ <hr/> $a_v = 18^\circ - 50',2$ $a_e = 18^\circ - 45',4$ <hr/> $\Delta a = + 4',8$ $p' = 0,44 -$ $p'' = 0,19 -$ <hr/> $p = 0,63 -$ $Z = S 59 E$
---	--

Determinante
 $HcG = 9 \text{ h} - 41 \text{ m} - 31 \text{ s}$

$$Se \left\{ \begin{array}{l} IN = 18^\circ - 8' \\ LW = 23^\circ - 45' \end{array} \right.$$

$$Z = S 59 E$$

$$\Delta a = + 4',8$$

Traslado Recta de Altura

	R	D	N	S	E
Dto.	S 59 E	4',8	-	2,5	4,1
	N 40 E	30',0	23,0	-	19,3
			20,5 N		23,4 E

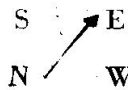
$$le = 18^\circ - 8',0 \text{ N} \quad Le = 23^\circ - 45',0 \text{ W}$$

$$\Delta l = 20',5 \text{ N} \quad \Delta L = 24',6 \text{ E}$$

$$l'e = 18^\circ - 28',5 \text{ N} \quad L'e = 23^\circ - 20',4 \text{ W}$$

$$lm = 18^\circ \left\{ \begin{array}{l} A = 23,4 \text{ E} \\ \Delta L = 24,6 \text{ E} \end{array} \right.$$

Cálculo Lo

$lo = 18^\circ - 35',0 \text{ N}$ $l'e = 18^\circ - 28',5 \text{ N}$ <hr/> $\Delta l = 6',5 \text{ N}$ $p = 0,63$ <hr/> $p. \Delta l = 4',1 \text{ E}$	 $L'e = 23^\circ - 20',4 \text{ W}$ $p. \Delta l = 4',1 \text{ E}$ <hr/> $Lo = 23^\circ - 16',3 \text{ W}$
--	--

Cálculo Hora M/D y declinación

$$HcL = P^\circ m^\circ G. = 12^h - 9^m,8$$

$$L'e \text{ W} = 1 - 33',4 +$$

$$HcG = 13^h - 43^m,2 \quad d = -20^\circ - 54',4$$

$$Z = 2 + (-)$$

$$Hz = 11^h - 43^m,2$$

Cálculo lo

$$ai \ominus = 50^\circ - 22',7$$

$$ci = 3',7 -$$

$$a_o = 50^\circ - 19',0$$

$$C + c = 11',6 +$$

$$a_v = 50^\circ - 30',6 \quad j$$

$$z = 39^\circ - 29',4 - (+)$$

$$d = 20^\circ - 54',4 -$$

$$lo = 18^\circ - 35',0 \text{ N} +$$

$$\text{So a Hz} = 1143 \left\{ \begin{array}{l} \text{lo} = 18^\circ - 35',0 \text{ N} \\ \text{Lo} = 23^\circ - 16',3 \text{ W} \end{array} \right.$$

2.º Cálculo por Tablas Rápidas.

De igual forma se obtiene la HcG de la observación de la mañana y en el A. N. sus coordenadas hG y d. También se pasa igual, la a. Θ a a.

Cálculo determinante de la mañana

$$\begin{array}{ll} \text{hG} = 322^\circ - 56',0 & \alpha = 56^\circ - 10',2 \\ \text{La W} = 23^\circ - 56',0 + (-) & \text{d} = 20^\circ - 56',4 \\ \hline \text{hL} = 299^\circ & \alpha \sim \text{d} = 35^\circ - 13',8 \\ \text{PE} = 61^\circ & \\ \text{d} = -20^\circ - 56',4 & \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{A} = 25566 & \text{X} = 0,18 - & \text{a}_v = 18^\circ - 50',2 \\ \text{B} = 23889 & \text{Y} = 0,44 - & \text{a}_r = 18^\circ - 40',5 \\ \hline \text{C} = 49455 & \text{X} + \text{Y} = 0,62 - & \Delta a = + 9',7 \\ & \text{Z} = \text{S } 59 \text{ E} & \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{HcG} = 9 \text{ h} - 41 \text{ m} - 31 \text{ s} \\ \text{Determinante} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Sa} \left\{ \begin{array}{l} \text{la} = 18^\circ \text{ N} \\ \text{La} = 23^\circ - 56',0 \end{array} \right. \\ \Delta a = + 9',7 \\ \text{Z} = \text{S } 59 \text{ E} \end{array}$$

Traslado Recta de Altura

	R	D	N	S	E
Dte.	S 59 E	9,7	—	5,0	8,5
	N 40 E	30,0	23,0	—	19,3
			18,0 N		27,6 E

Cálculo Hora M/D y declinación

$$\begin{array}{l} \text{P}^\circ \text{ m}^\circ \text{ G.} = \text{HcL} = 12^{\text{h}} - 9^{\text{m}},8 \\ \text{L'a} = 1 - 33,8 + \\ \hline \text{HcG} = 13^{\text{h}} - 43^{\text{m}},6 \text{ d } - 20^\circ - 54',4 \\ \text{Z} = 2 + (-) \\ \hline \text{Hz} = 11^{\text{h}} - 43^{\text{m}},6 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{la} = 18^\circ - 00',0 \text{ N} & \text{La} = 23^\circ - 56',0 \text{ W} \\ \Delta l = 18',0 \text{ N} & \Delta L = 29',0 \text{ E} \\ \hline \text{Pa} = 18^\circ - 18',0 \text{ N} & \text{L'a} = 23^\circ - 27',0 \text{ W} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{lm} = 18^\circ \\ \text{A} = 27,6 \text{ E} \end{array} \right\} \Delta L = 29 \text{ E}$$

APENDICE A

Sábado 16 de Enero de 1965

T. U.	SOL: S. D 16',3			LUNA: P. h. e.: 4h: 61',3			Latitud	Puesta Sol	Crepúsculos			Salida Luna		Puesta Luna				
	P.º m.º G.: 12h 9m,8			Edad: 13 ^d ,1 S. D. 16',7					12h: 61',4			Civil	Náutico	Hora	R.º	Hora	R.º	
	h. G. ☉	Dec.		h. G. ☾	Dif.	Dec.			Dif.	h. m	h. m							h. m
0 ^h	177	35,1	-21	1,0	21	28,5	19	+24	22,2	23	60N	15 36	16 26	17 20	13 42	81	8 23	57
1	192	34,9		0,5	35	49,4	18		24,5	21	58	15 48	16 36	17 26	14 4	79	8 1	59
2	207	34,7	-21	0,0	50	10,2	18		26,6	20	56	16 0	16 45	17 32	14 22	78	7 43	60
3	222	34,4	-20	59,6	64	31,0	18		28,6	17	54	16 11	16 53	17 37	14 38	76	7 28	61
4	237	34,2		59,1	78	51,8	17		30,3	16	52	16 20	16 59	17 42	14 51	75	7 15	61
5	252	34,0		58,6	93	12,5	16		31,9	13	50	16 28	17 5	17 45	15 3	74	7 3	62
6	267	33,8	-20	58,2	107	33,1	17	+24	33,2	12	45	16 45	17 18	17 54	15 27	72	6 39	63
7	282	33,6		57,7	121	53,8	16		34,4	10	40	17 0	17 30	18 3	15 46	71	6 20	63
8	297	33,4		57,2	136	14,4	16		35,4	7	35	17 13	17 41	18 12	16 2	71	6 4	64
9	312	33,2		56,7	150	35,0	16		36,1	6	30	17 23	17 49	18 18	16 16	69	5 50	64
10	327	33,0		56,3	164	55,6	15		36,7	4	20	17 42	18 6	18 33	16 40	68	5 26	65
11	342	32,8		55,8	179	16,1	15		37,1	2	10N	17 58	18 20	18 46	17 1	67	5 5	66
12	357	32,5	-20	55,3	193	36,6	16	+24	37,3	1	0	18 13	18 35	19 1	17 20	66	4 46	66
13	12	32,3		54,8	207	57,2	15		37,4	2	10S	18 29	18 52	19 18	17 40	64	4 26	67
14	27	32,1		54,3	222	47,7	15		37,2	4	20	18 46	19 10	19 39	18 1	62	4 6	66
15	42	31,9		53,9	236	38,2	15		36,8	6	30	19 5	19 32	20 4	18 25	61	3 41	67
16	57	31,7		53,4	250	58,7	15		36,2	8	35	19 16	19 45	20 20	18 39	60	3 28	67
17	72	31,5		52,9	265	19,2	15		35,4	9	40	19 29	19 51	20 40	18 55	59	3 11	67
18	87	31,3	-20	52,4	279	39,7	15	+24	34,5	12	45	19 45	20 20	21 6	19 14	57	2 52	67
19	102	31,1		51,9	294	0,2	15		33,3	13	50	20 4	20 45	21 42	19 39	54	2 28	67
20	117	30,8		51,5	308	20,7	16		32,0	16	52	20 13	20 58	22 1	19 51	53	2 16	67
21	132	30,6		51,0	322	41,3	15		30,4	17	54	20 23	21 12	22 27	20 4	52	2 3	67
22	147	30,4		50,5	337	1,8	16		28,7	19	56	20 35	21 29	23 5	20 19	50	1 47	68
23	162	30,2		50,0	351	22,4	16		26,8	21	58	20 48	21 49	-	20 38	47	1 29	68
24	177	30,0	-21	49,5	5	43,0		+24	24,7		60S	21 4	22 17	-	21 0	43	1 7	67

T.	VENUS: -3,3			MARTE: +0,2			JÚPITER: -2,1			SATURNO: +1,1									
	P.º m.º G.: 16h 16m,5			P.º m.º G.: 4h 13m			P.º m.º G.: 19h 12m			P.º m.º G.: 14h 38m									
	h. G. ♀	h. G. ♀	Dec.	h. G. ♂	Dec.	h. G. ♃	Dec.	h. G. ♄	Dec.	h. G. ♅	Dec.								
0 ^h	115	13,1	200	14,2	-23	3,8	296	38,1	+4	7,2	71	14,1	+15	44,2	139	54,9	-II	57,2	
1	130	15,5	215	13,2		3,8	311	40,2		7,1	86	16,5		44,2	154	57,1		57,1	
2	145	18,0	230	12,3		3,8	326	42,3		7,0	101	18,9		44,2	169	59,3		57,0	
3	160	20,5	245	11,4		3,8	341	44,4		6,9	116	21,3		44,2	185	1,5		57,0	
4	175	22,9	260	10,4		3,8	356	46,5		6,8	131	23,7		44,3	200	3,7		56,9	
5	190	25,4	275	9,5		3,8	11	48,6		6,7	146	26,2		44,3	215	5,9		56,8	
6	205	27,9	290	8,6	-23	3,8	26	50,8	+4	6,6	161	28,6	+15	44,3	230	8,1	-II	56,7	
7	220	30,3	305	7,6		3,7	41	52,9		6,6	176	31,0		44,4	245	10,4		56,6	
8	235	32,8	320	6,7		3,7	56	55,0		6,5	191	33,4		44,4	260	12,6		56,5	
9	250	35,3	335	5,8		3,7	71	57,1		6,4	206	35,8		44,4	275	14,8		56,4	
10	265	37,7	350	4,8		3,7	86	59,2		6,3	221	38,2		44,4	290	17,0		56,3	
11	280	40,2	5	3,9		3,7	102	1,3		6,2	236	40,7		44,5	305	19,2		56,2	
12	295	42,7	20	3,0	-23	3,7	117	3,4	+4	6,2	251	43,1	+15	44,5	320	21,4	-II	56,1	
13	310	45,1	35	2,0		3,7	132	5,5		6,1	266	45,5		44,5	335	23,6		56,0	
14	325	47,6	50	1,1		3,7	147	7,6		6,0	281	47,9		44,5	350	25,9		55,9	
15	340	50,0	65	0,2		3,7	162	9,7		5,9	296	50,3		44,6	5	28,1		55,8	
16	355	52,5	79	59,2		3,6	177	11,9		5,8	311	52,7		44,6	20	30,3		55,7	
17	10	55,0	94	58,3		3,6	192	14,0		5,8	326	55,1		44,6	35	32,5		55,6	
18	25	57,4	109	57,4	-23	3,6	207	16,1	+4	5,7	341	57,6	+15	44,6	50	34,7	-II	55,5	
19	40	59,9	124	56,4		3,6	222	18,2		5,6	357	0,0		44,7	65	36,9		55,4	
20	56	2,4	139	55,5		3,6	237	20,3		5,5	12	2,4		44,7	80	39,1		55,3	
21	71	4,8	154	54,5		3,5	252	22,4		5,5	27	4,8		44,7	95	41,3		55,2	
22	86	7,3	169	53,6		3,5	267	24,6		5,4	42	7,2		44,8	110	43,6		55,1	
23	101	9,8	184	52,7		3,5	282	26,7		5,3	57	9,6		44,8	125	45,8		55,0	
24	116	12,2	199	51,7	-23	3,5	297	28,8	+4	5,2	72	12,0	+15	44,8	140	48,0	-II	54,9	
Dif.			-9		0		+21		-1		+24		0		+22			1	

APENDICE A

Domingo 17 de Enero de 1965

T. U.	SOL: S. D. 16°,3		LUNA: P. h. e. i. { 4h: 61',4 12h: 61',4 Edad: 14 ^d ,1 S. D. 16°,7 { 20h: 61',3 P.° m.° G.: . . . E.° .				Latitud	Crepúsculos		Salida Sol	Salida Luna		Puesta Luna			
	P.° m.° G.: 12h 10m,2		h. G. ☉	Dec.	h. G. ☾	Dif.		Dec.	Dif.		Náutico	Civil	Hora	R.°	Hora	R.°
	h. G. ☉															
0 ^h	177	30,0	-20	49,5	5	43,0	+24	24,7	60N	6 59	7 53	8 45	15 3	99	9 20	33
1	192	29,8		49,0	20	3,6	16	22,3	58	6 54	7 44	8 32	15 23	94	9 0	37
2	207	29,6		48,5	34	24,2	16	19,8	56	6 49	7 36	8 20	15 40	90	8 43	41
3	222	29,4		48,0	48	44,8	16	17,1	54	6 43	7 28	8 9	15 54	87	8 29	43
4	237	29,2		47,6	63	5,5	17	14,2	52	6 38	7 20	7 59	16 6	85	8 16	46
5	252	29,0		47,1	77	26,3	18	11,2								
6	267	28,8	-20	46,6	91	47,0	17		50	6 34	7 14	7 51	16 17	83	8 5	48
7	282	28,6		46,1	106	7,8	18	+24	45	6 25	7 1	7 34	16 39	80	7 42	51
8	297	28,4		45,6	120	28,7	19	4,4	40	6 16	6 49	7 19	16 57	76	7 23	54
9	312	28,2		45,1	134	49,6	19	+24	35	6 9	6 40	7 7	17 13	73	7 8	55
10	327	28,0		44,6	149	10,5	19	+23	30	6 2	6 31	6 57	17 25	72	6 54	57
11	342	27,8		44,1	163	31,5	20		20	5 47	6 14	6 38	17 48	68	6 31	60
12	357	27,5	-20	43,6	177	52,6	21	+23	10N	5 33	5 59	6 21	18 8	65	6 11	62
13	12	27,3		43,1	192	13,7	21		0	5 19	5 45	6 7	18 26	62	5 52	64
14	27	27,1		42,6	206	34,8	21		10S	5 2	5 28	5 51	18 44	60	5 33	66
15	42	26,9		42,1	220	56,1	23		20	4 42	5 11	5 35	19 3	57	5 12	69
16	57	26,7		41,6	235	17,4	23		30	4 17	4 49	5 16	19 26	53	4 48	72
17	72	26,5		41,1	249	38,7	23		35	4 0	4 35	5 4	19 39	50	4 35	72
18	87	26,3	-20	40,6	264	0,1	24		40	3 40	4 19	4 51	19 54	48	4 18	75
19	102	26,1		40,1	278	21,6	25	+23	45	3 15	4 1	4 36	20 11	45	3 59	77
20	117	25,9		39,6	292	43,2	26		50	2 39	3 36	4 17	20 33	41	3 35	80
21	132	25,7		39,1	307	4,9	27	+23	52	2 20	3 23	4 8	20 44	38	3 23	82
22	147	25,5		38,6	321	26,6	27	+22	54	1 54	3 9	3 58	20 56	36	3 10	83
23	162	25,3		38,1	335	48,4	28		56	1 16	2 52	3 46	21 9	33	2 55	85
24	177	25,1	-20	37,6	350	10,3	29	+22	58	-	2 32	3 33	21 25	29	2 37	88
									60S	-	2 4	3 17	21 43	25	2 14	93

T. U.	VENUS: -3,3		MARTE: +0,2		JÚPITER: -2,1		SATURNO: +1,1											
	P.° m.° G.: 16h 12m,5		P.° m.° G.: 10h 41m		P.° m.° G.: 4h 9m		P.° m.° G.: 19h 8m		P.° m.° G.: 14h 35m									
	h. G. ♀	h. G. ♀	Dec.	h. G. ♂	Dec.	h. G. ♃	Dec.	h. G. ♄	Dec.									
0 ^h	116	12,2	199	51,7	-23	3,5	297	28,8	+ 4	5,2	72	12,0	+15	44,8	140	48,0	-11	54,9
1	131	14,7	214	50,8		3,4	312	30,9		5,2	87	14,4		44,8	155	50,2		54,8
2	146	17,1	229	49,9		3,4	327	33,1		5,1	102	16,9		44,9	170	52,4		54,7
3	161	19,6	244	48,9		3,4	342	35,2		5,0	117	19,3		44,9	185	54,6		54,6
4	176	22,1	259	48,0		3,3	357	37,3		4,9	132	21,7		44,9	200	56,8		54,5
5	191	24,5	274	47,1		3,3	12	39,4		4,9	147	24,1		45,0	215	59,0		54,4
6	206	27,0	289	46,1	-23	3,3	27	41,6	+ 4	4,8	162	26,5	+15	45,0	231	1,2	-11	54,3
7	221	29,5	304	45,2		3,2	42	43,7		4,7	177	28,9		45,0	246	3,5		54,2
8	236	31,9	319	44,3		3,2	57	45,8		4,6	192	31,3		45,0	261	5,7		54,1
9	251	34,4	334	43,3		3,2	72	48,0		4,6	207	33,7		45,1	276	7,9		54,0
10	266	36,9	349	42,4		3,1	87	50,1		4,5	222	36,1		45,1	291	10,1		53,9
11	281	39,3	4	41,5		3,1	102	52,2		4,4	237	38,5		45,1	306	12,3		53,8
12	296	41,8	19	40,5	-23	3,0	117	54,4	+ 4	4,4	252	40,9	+15	45,2	321	14,5	-11	53,7
13	311	44,3	34	39,6		3,0	132	56,5		4,3	267	43,3		45,2	336	16,7		53,6
14	326	46,7	49	38,7		3,0	147	58,6		4,2	282	45,8		45,2	351	18,9		53,5
15	341	49,2	64	37,7		2,9	163	0,8		4,2	297	48,2		45,2	6	21,1		53,5
16	356	51,6	79	36,8		2,9	178	2,9		4,1	312	50,6		45,3	21	23,4		53,4
17	11	54,1	94	35,9		2,8	193	5,1		4,0	327	53,0		45,3	36	25,6		53,3
18	26	56,6	109	34,9	-23	2,8	208	7,2	+ 4	4,0	342	55,4	+15	45,3	51	27,8	-11	53,2
19	41	59,0	124	34,0		2,7	223	9,3		3,9	357	57,8		45,4	66	30,0		53,1
20	57	1,5	139	33,1		2,7	238	11,5		3,8	13	0,2		45,4	81	32,2		53,0
21	72	4,0	154	32,1		2,6	253	13,6		3,8	28	2,6		45,4	96	34,4		52,9
22	87	6,4	169	31,2		2,6	268	15,8		3,7	43	5,0		45,4	111	36,6		52,8
23	102	8,9	184	30,2		2,5	283	17,9		3,6	58	7,4		45,5	126	38,8		52,7
24	117	11,4	199	29,3	-23	2,4	298	20,1	+ 4	3,6	73	9,8	+15	45,5	141	41,0	-11	52,6
Dif.	-		- 9		0		+21		- 1		+24		0		+22		+ 1	

CORRECCIONES

40 ^m		SOL		ARIES	LUNA	Diferencia	Correccion	41 ^m		SOL		ARIES	LUNA	Diferencia	Correccion
m	Planetas	o	'					m	Planetas	o	'				
0	10 0,0	10 1,6	9 32,7	0	0,0	0	10 15,0	10 16,7	9 47,0	0	0,0				
1	10 0,3	10 1,9	9 32,9	3	0,2	1	10 15,3	10 16,9	9 47,2	3	0,2				
2	10 0,5	10 2,1	9 33,1	6	0,4	2	10 15,5	10 17,2	9 47,5	6	0,4				
3	10 0,8	10 2,4	9 33,4	9	0,6	3	10 15,8	10 17,4	9 47,7	9	0,6				
4	10 1,0	10 2,6	9 33,6	12	0,8	4	10 16,0	10 17,7	9 47,9	12	0,8				
5	10 1,3	10 2,9	9 33,9	15	1,0	5	10 16,3	10 17,9	9 48,2	15	1,0				
6	10 1,5	10 3,1	9 34,1	18	1,2	6	10 16,5	10 18,2	9 48,4	18	1,2				
7	10 1,8	10 3,4	9 34,3	21	1,4	7	10 16,8	10 18,4	9 48,7	21	1,5				
8	10 2,0	10 3,6	9 34,6	24	1,6	8	10 17,0	10 18,7	9 48,9	24	1,7				
9	10 2,3	10 3,9	9 34,8	27	1,8	9	10 17,3	10 18,9	9 49,1	27	1,9				
10	10 2,5	10 4,1	9 35,1	30	2,0	10	10 17,5	10 19,2	9 49,4	30	2,1				
11	10 2,8	10 4,4	9 35,3	33	2,2	11	10 17,8	10 19,4	9 49,6	33	2,3				
12	10 3,0	10 4,7	9 35,5	36	2,4	12	10 18,0	10 19,7	9 49,8	36	2,5				
13	10 3,3	10 4,9	9 35,8	39	2,6	13	10 18,3	10 19,9	9 50,1	39	2,7				
14	10 3,5	10 5,2	9 36,0	42	2,8	14	10 18,5	10 20,2	9 50,3	42	2,9				
15	10 3,8	10 5,4	9 36,2	45	3,0	15	10 18,8	10 20,4	9 50,6	45	3,1				
16	10 4,0	10 5,7	9 36,5	48	3,2	16	10 19,0	10 20,7	9 50,8	48	3,3				
17	10 4,3	10 5,9	9 36,7	51	3,4	17	10 19,3	10 20,9	9 51,0	51	3,5				
18	10 4,5	10 6,2	9 37,0	54	3,6	18	10 19,5	10 21,2	9 51,3	54	3,7				
19	10 4,8	10 6,4	9 37,2	57	3,8	19	10 19,8	10 21,4	9 51,5	57	3,9				
20	10 5,0	10 6,7	9 37,4	60	4,1	20	10 20,0	10 21,7	9 51,8	60	4,2				
21	10 5,3	10 6,9	9 37,7	63	4,3	21	10 20,3	10 21,9	9 52,0	63	4,4				
22	10 5,5	10 7,2	9 37,9	66	4,5	22	10 20,5	10 22,2	9 52,2	66	4,6				
23	10 5,8	10 7,4	9 38,2	69	4,7	23	10 20,8	10 22,4	9 52,5	69	4,8				
24	10 6,0	10 7,7	9 38,4	72	4,9	24	10 21,0	10 22,7	9 52,7	72	5,0				
25	10 6,3	10 7,9	9 38,6	75	5,1	25	10 21,3	10 23,0	9 52,9	75	5,2				
26	10 6,5	10 8,2	9 38,9	78	5,3	26	10 21,5	10 23,2	9 53,2	78	5,4				
27	10 6,8	10 8,4	9 39,1	81	5,5	27	10 21,8	10 23,5	9 53,4	81	5,6				
28	10 7,0	10 8,7	9 39,3	84	5,7	28	10 22,0	10 23,7	9 53,7	84	5,8				
29	10 7,3	10 8,9	9 39,6	87	5,9	29	10 22,3	10 24,0	9 53,9	87	6,0				
30	10 7,5	10 9,2	9 39,8	90	6,1	30	10 22,5	10 24,2	9 54,1	90	6,2				
31	10 7,8	10 9,4	9 40,1	93	6,3	31	10 22,8	10 24,5	9 54,4	93	6,4				
32	10 8,0	10 9,7	9 40,3	96	6,5	32	10 23,0	10 24,7	9 54,6	96	6,6				
33	10 8,3	10 9,9	9 40,5	99	6,7	33	10 23,3	10 25,0	9 54,9	99	6,8				
34	10 8,5	10 10,2	9 40,8	102	6,9	34	10 23,5	10 25,2	9 55,1	102	7,1				
35	10 8,8	10 10,4	9 41,0	105	7,1	35	10 23,8	10 25,5	9 55,3	105	7,3				
36	10 9,0	10 10,7	9 41,3	108	7,3	36	10 24,0	10 25,7	9 55,6	108	7,5				
37	10 9,3	10 10,9	9 41,5	111	7,5	37	10 24,3	10 26,0	9 55,8	111	7,7				
38	10 9,5	10 11,2	9 41,7	114	7,7	38	10 24,5	10 26,2	9 56,1	114	7,9				
39	10 9,8	10 11,4	9 42,0	117	7,9	39	10 24,8	10 26,5	9 56,3	117	8,1				
40	10 10,0	10 11,7	9 42,2	120	8,1	40	10 25,0	10 26,7	9 56,5	120	8,3				
41	10 10,3	10 11,9	9 42,4	123	8,3	41	10 25,3	10 27,0	9 56,8	123	8,5				
42	10 10,5	10 12,2	9 42,7	126	8,5	42	10 25,5	10 27,2	9 57,0	126	8,7				
43	10 10,8	10 12,4	9 42,9	129	8,7	43	10 25,8	10 27,5	9 57,2	129	8,9				
44	10 11,0	10 12,7	9 43,2	132	8,9	44	10 26,0	10 27,7	9 57,5	132	9,1				
45	10 11,3	10 12,9	9 43,4	135	9,1	45	10 26,3	10 28,0	9 57,7	135	9,3				
46	10 11,5	10 13,2	9 43,6	138	9,3	46	10 26,5	10 28,2	9 58,0	138	9,5				
47	10 11,8	10 13,4	9 43,9	141	9,5	47	10 26,8	10 28,5	9 58,2	141	9,8				
48	10 12,0	10 13,7	9 44,1	144	9,7	48	10 27,0	10 28,7	9 58,4	144	10,0				
49	10 12,3	10 13,9	9 44,4	147	9,9	49	10 27,3	10 29,0	9 58,7	147	10,2				
50	10 12,5	10 14,2	9 44,6	150	10,1	50	10 27,5	10 29,2	9 58,9	150	10,4				
51	10 12,8	10 14,4	9 44,8	153	10,3	51	10 27,8	10 29,5	9 59,2	153	10,6				
52	10 13,0	10 14,7	9 45,1	156	10,5	52	10 28,0	10 29,7	9 59,4	156	10,8				
53	10 13,3	10 14,9	9 45,3	159	10,7	53	10 28,3	10 30,0	9 59,6	159	11,0				
54	10 13,5	10 15,2	9 45,6	162	10,9	54	10 28,5	10 30,2	9 59,9	162	11,2				
55	10 13,8	10 15,4	9 45,8	165	11,1	55	10 28,8	10 30,5	10 0,1	165	11,4				
56	10 14,0	10 15,7	9 46,0	168	11,3	56	10 29,0	10 30,7	10 0,3	168	11,6				
57	10 14,3	10 15,9	9 46,3	171	11,5	57	10 29,3	10 31,0	10 0,6	171	11,8				
58	10 14,5	10 16,2	9 46,5	174	11,7	58	10 29,5	10 31,2	10 0,8	174	12,0				
59	10 14,8	10 16,4	9 46,7	177	11,9	59	10 29,8	10 31,5	10 1,1	177	12,2				
60	10 15,0	10 16,7	9 47,0	180	12,2	60	10 30,0	10 31,7	10 1,3	180	12,5				

APENDICE A

42^m

CORRECCIONES

43^m

42 ^m		SOL	ARIES	LUNA	Diferencia	Correccion	43 ^m		SOL	ARIES	LUNA	Diferencia	Correccion
m	Planetas						m	Planetas					
0	10 30,0	10 31,7	10 1,3	0	0,0	0	0	10 45,0	10 46,8	10 15,6	0	0,0	0
1	10 30,3	10 32,0	10 1,5	3	0,2	3	1	10 45,3	10 47,0	10 15,9	3	0,2	3
2	10 30,5	10 32,2	10 1,8	6	0,4	6	2	10 45,5	10 47,3	10 16,1	6	0,4	6
3	10 30,8	10 32,5	10 2,0	9	0,6	9	3	10 45,8	10 47,5	10 16,3	9	0,7	9
4	10 31,0	10 32,7	10 2,3	12	0,9	12	4	10 46,0	10 47,8	10 16,6	12	0,9	12
5	10 31,3	10 33,0	10 2,5	15	1,1	15	5	10 46,3	10 48,0	10 16,8	15	1,1	15
6	10 31,5	10 33,2	10 2,7	18	1,3	18	6	10 46,5	10 48,3	10 17,0	18	1,3	18
7	10 31,8	10 33,5	10 3,0	21	1,5	21	7	10 46,8	10 48,5	10 17,3	21	1,5	21
8	10 32,0	10 33,7	10 3,2	24	1,7	24	8	10 47,0	10 48,8	10 17,5	24	1,7	24
9	10 32,3	10 34,0	10 3,4	27	1,9	27	9	10 47,3	10 49,0	10 17,8	27	2,0	27
10	10 32,5	10 34,2	10 3,7	30	2,1	30	10	10 47,5	10 49,3	10 18,0	30	2,2	30
11	10 32,8	10 34,5	10 3,9	33	2,3	33	11	10 47,8	10 49,5	10 18,2	33	2,4	33
12	10 33,0	10 34,7	10 4,2	36	2,6	36	12	10 48,0	10 49,8	10 18,5	36	2,6	36
13	10 33,3	10 35,0	10 4,4	39	2,8	39	13	10 48,3	10 50,0	10 18,7	39	2,8	39
14	10 33,5	10 35,2	10 4,6	42	3,0	42	14	10 48,5	10 50,3	10 19,0	42	3,0	42
15	10 33,8	10 35,5	10 4,9	45	3,2	45	15	10 48,8	10 50,5	10 19,2	45	3,3	45
16	10 34,0	10 35,7	10 5,1	48	3,4	48	16	10 49,0	10 50,8	10 19,4	48	3,5	48
17	10 34,3	10 36,0	10 5,4	51	3,6	51	17	10 49,3	10 51,0	10 19,7	51	3,7	51
18	10 34,5	10 36,2	10 5,6	54	3,8	54	18	10 49,5	10 51,3	10 19,9	54	3,9	54
19	10 34,8	10 36,5	10 5,8	57	4,0	57	19	10 49,8	10 51,5	10 20,2	57	4,1	57
20	10 35,0	10 36,7	10 6,1	60	4,3	60	20	10 50,0	10 51,8	10 20,4	60	4,4	60
21	10 35,3	10 37,0	10 6,3	63	4,5	63	21	10 50,3	10 52,0	10 20,6	63	4,6	63
22	10 35,5	10 37,2	10 6,5	66	4,7	66	22	10 50,5	10 52,3	10 20,9	66	4,8	66
23	10 35,8	10 37,5	10 6,8	69	4,9	69	23	10 50,8	10 52,5	10 21,1	69	5,0	69
24	10 36,0	10 37,7	10 7,0	72	5,1	72	24	10 51,0	10 52,8	10 21,3	72	5,2	72
25	10 36,3	10 38,0	10 7,3	75	5,3	75	25	10 51,3	10 53,0	10 21,6	75	5,4	75
26	10 36,5	10 38,2	10 7,5	78	5,5	78	26	10 51,5	10 53,3	10 21,8	78	5,7	78
27	10 36,8	10 38,5	10 7,7	81	5,7	81	27	10 51,8	10 53,5	10 22,1	81	5,9	81
28	10 37,0	10 38,7	10 8,0	84	6,0	84	28	10 52,0	10 53,8	10 22,3	84	6,1	84
29	10 37,3	10 39,0	10 8,2	87	6,2	87	29	10 52,3	10 54,0	10 22,5	87	6,3	87
30	10 37,5	10 39,2	10 8,5	90	6,4	90	30	10 52,5	10 54,3	10 22,8	90	6,5	90
31	10 37,8	10 39,5	10 8,7	93	6,6	93	31	10 52,8	10 54,5	10 23,0	93	6,7	93
32	10 38,0	10 39,7	10 8,9	96	6,8	96	32	10 53,0	10 54,8	10 23,3	96	7,0	96
33	10 38,3	10 40,0	10 9,2	99	7,0	99	33	10 53,3	10 55,0	10 23,5	99	7,2	99
34	10 38,5	10 40,2	10 9,4	102	7,2	102	34	10 53,5	10 55,3	10 23,7	102	7,4	102
35	10 38,8	10 40,5	10 9,7	105	7,4	105	35	10 53,8	10 55,5	10 24,0	105	7,6	105
36	10 39,0	10 40,7	10 9,9	108	7,7	108	36	10 54,0	10 55,8	10 24,2	108	7,8	108
37	10 39,3	10 41,0	10 10,1	111	7,9	111	37	10 54,3	10 56,0	10 24,4	111	8,0	111
38	10 39,5	10 41,3	10 10,4	114	8,1	114	38	10 54,5	10 56,3	10 24,7	114	8,3	114
39	10 39,8	10 41,5	10 10,6	117	8,3	117	39	10 54,8	10 56,5	10 24,9	117	8,5	117
40	10 40,0	10 41,8	10 10,8	120	8,5	120	40	10 55,0	10 56,8	10 25,2	120	8,7	120
41	10 40,3	10 42,0	10 11,1	123	8,7	123	41	10 55,3	10 57,0	10 25,4	123	8,9	123
42	10 40,5	10 42,3	10 11,3	126	8,9	126	42	10 55,5	10 57,3	10 25,6	126	9,1	126
43	10 40,8	10 42,5	10 11,6	129	9,1	129	43	10 55,8	10 57,5	10 25,9	129	9,4	129
44	10 41,0	10 42,8	10 11,8	132	9,4	132	44	10 56,0	10 57,8	10 26,1	132	9,6	132
45	10 41,3	10 43,0	10 12,0	135	9,6	135	45	10 56,3	10 58,0	10 26,4	135	9,8	135
46	10 41,5	10 43,3	10 12,3	138	9,8	138	46	10 56,5	10 58,3	10 26,6	138	10,0	138
47	10 41,8	10 43,5	10 12,5	141	10,0	141	47	10 56,8	10 58,5	10 26,8	141	10,2	141
48	10 42,0	10 43,8	10 12,8	144	10,2	144	48	10 57,0	10 58,8	10 27,1	144	10,4	144
49	10 42,3	10 44,0	10 13,0	147	10,4	147	49	10 57,3	10 59,0	10 27,3	147	10,7	147
50	10 42,5	10 44,3	10 13,2	150	10,6	150	50	10 57,5	10 59,3	10 27,5	150	10,9	150
51	10 42,8	10 44,5	10 13,5	153	10,8	153	51	10 57,8	10 59,6	10 27,8	153	11,1	153
52	10 43,0	10 44,8	10 13,7	156	11,1	156	52	10 58,0	10 59,8	10 28,0	156	11,3	156
53	10 43,3	10 45,0	10 13,9	159	11,3	159	53	10 58,3	11 0,1	10 28,3	159	11,5	159
54	10 43,5	10 45,3	10 14,2	162	11,5	162	54	10 58,5	11 0,3	10 28,5	162	11,7	162
55	10 43,8	10 45,5	10 14,4	165	11,7	165	55	10 58,8	11 0,6	10 28,7	165	12,0	165
56	10 44,0	10 45,8	10 14,7	168	11,9	168	56	10 59,0	11 0,8	10 29,0	168	12,2	168
57	10 44,3	10 46,0	10 14,9	171	12,1	171	57	10 59,3	11 1,1	10 29,2	171	12,4	171
58	10 44,5	10 46,2	10 15,1	174	12,3	174	58	10 59,5	11 1,3	10 29,5	174	12,6	174
59	10 44,8	10 46,5	10 15,4	177	12,5	177	59	10 59,8	11 1,6	10 29,7	177	12,8	177
60	10 45,0	10 46,8	10 15,6	180	12,8	180	60	11 0,0	11 1,8	10 29,9	180	13,1	180

APENDICE A

DETERMINACION DE LA LATITUD
 POR LA OBSERVACION DE UNA ALTURA DE LA POLAR, 1965

TABLA I

ARGUMENTO: $h. L. \gamma = h. G. \gamma - L.$

h. L. γ	Corr.	h. L.	Corr.	h. L. γ	Corr.	h. L. γ	Corr.	h. L. γ	Corr.	h. L. γ	Corr.	h. L. γ	Corr.
180° 0'	+46,7	206° 0'	+53,7	231° 0'	+50,1	257° 0'	+36,5	283° 0'	+15,5	308° 0'	-7,7	334° 0'	-30,3
30	46,9	30	53,7	30	50,0	30	36,2	30	15,1	30	8,2	30	30,7
181° 0'	47,2	207° 0'	53,7	232° 0'	49,8	258° 0'	35,8	284° 0'	14,6	309° 0'	8,6	335° 0'	31,1
30	47,4	30	53,8	30	49,6	30	35,5	30	14,1	30	9,1	30	31,4
182° 0'	47,6	208° 0'	53,8	233° 0'	49,4	259° 0'	35,1	285° 0'	13,7	310° 0'	9,6	336° 0'	31,8
30	47,8	30	53,8	30	49,2	30	34,8	30	13,2	30	10,0	30	32,2
183° 0'	+48,0	209° 0'	+53,8	234° 0'	+49,1	260° 0'	+34,4	286° 0'	+12,8	311° 0'	-10,5	337° 0'	-32,6
30	48,3	30	53,8	30	48,9	30	34,0	30	12,3	30	11,0	30	32,9
184° 0'	48,5	210° 0'	53,8	235° 0'	48,7	261° 0'	33,7	287° 0'	11,9	312° 0'	11,4	338° 0'	33,3
30	48,7	30	53,8	30	48,5	30	33,3	30	11,4	30	11,9	30	33,7
185° 0'	48,9	211° 0'	53,8	236° 0'	48,3	262° 0'	32,9	288° 0'	11,0	313° 0'	12,3	339° 0'	34,0
30	49,1	30	53,8	30	48,0	30	32,6	30	10,5	30	12,8	30	34,4
186° 0'	+49,2	212° 0'	+53,8	237° 0'	+47,8	263° 0'	+32,2	289° 0'	+10,0	314° 0'	-13,2	340° 0'	-34,8
30	49,4	30	53,7	30	47,6	30	31,8	30	9,6	30	13,7	30	35,1
187° 0'	49,6	213° 0'	53,7	238° 0'	47,4	264° 0'	31,4	290° 0'	9,1	315° 0'	14,1	341° 0'	35,5
30	49,8	30	53,7	30	47,2	30	31,1	30	8,6	30	14,6	30	35,8
188° 0'	50,0	214° 0'	53,7	239° 0'	46,9	265° 0'	30,7	291° 0'	8,2	316° 0'	15,1	342° 0'	36,2
30	50,1	30	53,6	30	46,7	30	30,3	30	7,7	30	15,5	30	36,5
189° 0'	+50,3	215° 0'	+53,6	240° 0'	+46,5	266° 0'	+29,9	292° 0'	+7,3	317° 0'	-16,0	343° 0'	-36,9
30	50,5	30	53,5	30	46,2	30	29,5	30	6,8	30	16,4	30	37,2
190° 0'	50,6	216° 0'	53,5	241° 0'	46,0	267° 0'	29,1	293° 0'	6,3	318° 0'	16,9	344° 0'	37,5
30	50,8	30	53,4	30	45,8	30	28,7	30	5,9	30	17,3	30	37,9
191° 0'	50,9	217° 0'	53,4	242° 0'	45,5	268° 0'	28,3	294° 0'	5,4	319° 0'	17,7	345° 0'	38,2
30	51,1	30	53,3	30	45,2	30	27,9	30	4,9	30	18,2	30	38,5
192° 0'	+51,2	218° 0'	+53,2	243° 0'	+45,0	269° 0'	+27,5	295° 0'	+4,5	320° 0'	-18,6	346° 0'	-38,9
30	51,4	30	53,2	30	44,7	30	27,1	30	4,0	30	19,1	30	39,2
193° 0'	51,5	219° 0'	53,1	244° 0'	44,5	270° 0'	26,7	296° 0'	3,5	321° 0'	19,5	347° 0'	39,5
30	51,7	30	53,0	30	44,2	30	26,3	30	3,1	30	19,9	30	39,8
194° 0'	51,8	220° 0'	52,9	245° 0'	43,9	271° 0'	25,9	297° 0'	2,6	322° 0'	20,4	348° 0'	40,1
30	51,9	30	52,9	30	43,7	30	25,5	30	2,1	30	20,8	30	40,4
195° 0'	+52,0	221° 0'	+52,8	246° 0'	+43,4	272° 0'	+25,0	298° 0'	+1,6	323° 0'	-21,2	349° 0'	-40,8
30	52,1	30	52,7	30	43,1	30	24,6	30	1,2	30	21,7	30	41,1
196° 0'	52,3	222° 0'	52,6	247° 0'	42,8	273° 0'	24,2	299° 0'	0,7	324° 0'	22,1	350° 0'	41,4
30	52,4	30	52,5	30	42,5	30	23,8	30	+0,2	30	22,5	30	41,7
197° 0'	52,5	223° 0'	52,4	248° 0'	42,2	274° 0'	23,4	300° 0'	-0,2	325° 0'	23,0	351° 0'	42,0
30	52,6	30	52,3	30	42,0	30	23,0	30	0,7	30	23,4	30	42,2
198° 0'	+52,7	224° 0'	+52,1	249° 0'	+41,7	275° 0'	+22,5	301° 0'	-1,2	326° 0'	-23,8	352° 0'	-42,5
30	52,8	30	52,0	30	41,4	30	22,1	30	1,6	30	24,2	30	42,8
199° 0'	52,9	225° 0'	51,9	250° 0'	41,1	276° 0'	21,7	302° 0'	2,1	327° 0'	24,6	353° 0'	43,1
30	52,9	30	51,8	30	40,8	30	21,2	30	2,6	30	25,0	30	43,4
200° 0'	53,0	226° 0'	51,7	251° 0'	40,4	277° 0'	20,8	303° 0'	3,1	328° 0'	25,5	354° 0'	43,7
30	53,1	30	51,5	30	40,1	30	20,4	30	3,5	30	25,9	30	43,9
201° 0'	+53,2	227° 0'	+51,4	252° 0'	+39,8	278° 0'	+19,9	304° 0'	-4,0	329° 0'	-26,3	355° 0'	-44,2
30	53,2	30	51,2	30	39,5	30	19,5	30	4,5	30	26,7	30	44,5
202° 0'	53,3	228° 0'	51,1	253° 0'	39,2	279° 0'	19,1	305° 0'	4,9	330° 0'	27,1	356° 0'	44,7
30	53,4	30	50,9	30	38,9	30	18,6	30	5,4	30	27,5	30	45,0
203° 0'	53,4	229° 0'	50,8	254° 0'	38,5	280° 0'	18,2	306° 0'	5,9	331° 0'	27,9	357° 0'	45,2
30	53,5	30	50,6	30	38,2	30	17,7	30	6,3	30	28,3	30	45,5
204° 0'	+53,5	230° 0'	+50,5	255° 0'	+37,9	281° 0'	+17,3	307° 0'	-6,8	332° 0'	-28,7	358° 0'	-45,8
30	53,6	30	50,3	30	37,5	30	16,9	30	7,3	30	29,1	30	46,0
205° 0'	53,6	231° 0'	50,1	256° 0'	37,2	282° 0'	16,4	308° 0'	7,7	333° 0'	29,5	359° 0'	46,2
30	53,7	30	50,0	30	36,9	30	16,0	30	8,2	30	29,9	30	46,5
206° 0'	53,7	232° 0'	49,8	257° 0'	36,5	283° 0'	15,5	309° 0'	8,6	334° 0'	30,3	360° 0'	46,7

APENDICE A

DETERMINACION DE LA LATITUD
 POR LA OBSERVACION DE UNA ALTURA DE LA POLAR, 1965

TABLA I

ARGUMENTO: $h. L. \gamma = h. G. \gamma - L.$

h. L. γ	Corr.	h. L. γ	Corr.	h. L. γ	Corr.	h. L. γ	Corr.	h. L. γ	Corr.	h. L. γ	Corr.	h. L. γ	Corr.
0° 0'	-46,7	26° 0'	-53,7	51° 0'	-50,1	77° 0'	-36,5	103° 0'	-15,5	128° 0'	+7,7	154° 0'	+30,3
30	46,9	30	53,7	30	50,0	30	36,2	30	15,1	30	8,2	30	30,7
1° 0'	47,2	27° 0'	53,7	52° 0'	49,8	78° 0'	35,8	104° 0'	14,6	129° 0'	8,6	155° 0'	31,1
30	47,4	30	53,8	30	49,6	30	35,5	30	14,1	30	9,1	30	31,4
2° 0'	47,6	28° 0'	53,8	53° 0'	49,4	79° 0'	35,1	105° 0'	13,7	130° 0'	9,6	156° 0'	31,8
30	47,8	30	53,8	30	49,2	30	34,8	30	13,2	30	10,0	30	32,2
3° 0'	-48,0	29° 0'	-53,8	54° 0'	-49,1	80° 0'	-34,4	106° 0'	-12,8	131° 0'	+10,5	157° 0'	+32,6
30	48,3	30	53,8	30	48,9	30	34,0	30	12,3	30	11,0	30	32,9
4° 0'	48,5	30° 0'	53,8	55° 0'	48,7	81° 0'	33,7	107° 0'	11,9	132° 0'	11,4	158° 0'	33,3
30	48,7	30	53,8	30	48,5	30	33,3	30	11,4	30	11,9	30	33,7
5° 0'	48,9	31° 0'	53,8	56° 0'	48,3	82° 0'	32,9	108° 0'	11,0	133° 0'	12,3	159° 0'	34,0
30	49,1	30	53,8	30	48,0	30	32,6	30	10,5	30	12,8	30	34,4
6° 0'	-49,2	32° 0'	-53,8	57° 0'	-47,8	83° 0'	-32,2	109° 0'	-10,0	134° 0'	+13,2	160° 0'	+34,8
30	49,4	30	53,7	30	47,6	30	31,8	30	9,6	30	13,7	30	35,1
7° 0'	49,6	33° 0'	53,7	58° 0'	47,4	84° 0'	31,4	110° 0'	9,1	135° 0'	14,1	161° 0'	35,5
30	49,8	30	53,7	30	47,2	30	31,1	30	8,6	30	14,6	30	35,8
8° 0'	50,0	34° 0'	53,7	59° 0'	46,9	85° 0'	30,7	111° 0'	8,2	136° 0'	15,1	162° 0'	36,2
30	50,1	30	53,6	30	46,7	30	30,3	30	7,7	30	15,5	30	36,5
9° 0'	-50,3	35° 0'	-53,6	60° 0'	-46,5	86° 0'	-29,9	112° 0'	-7,3	137° 0'	+16,0	163° 0'	+36,9
30	50,5	30	53,5	30	46,2	30	29,5	30	6,8	30	16,4	30	37,2
10° 0'	50,6	36° 0'	53,5	61° 0'	46,0	87° 0'	29,1	113° 0'	6,3	138° 0'	16,9	164° 0'	37,5
30	50,8	30	53,4	30	45,8	30	28,7	30	5,9	30	17,3	30	37,9
11° 0'	50,9	37° 0'	53,4	62° 0'	45,5	88° 0'	28,3	114° 0'	5,4	139° 0'	17,7	165° 0'	38,2
30	51,1	30	53,3	30	45,2	30	27,9	30	4,9	30	18,2	30	38,5
12° 0'	-51,2	38° 0'	-53,2	63° 0'	-45,0	89° 0'	-27,5	115° 0'	-4,5	140° 0'	+18,6	166° 0'	+38,9
30	51,4	30	53,2	30	44,7	30	27,1	30	4,0	30	19,1	30	39,2
13° 0'	51,5	39° 0'	53,1	64° 0'	44,5	90° 0'	26,7	116° 0'	3,5	141° 0'	19,5	167° 0'	39,5
30	51,7	30	53,0	30	44,2	30	26,3	30	3,1	30	19,9	30	39,8
14° 0'	51,8	40° 0'	52,9	65° 0'	43,9	91° 0'	25,9	117° 0'	2,6	142° 0'	20,4	168° 0'	40,1
30	51,9	30	52,9	30	43,7	30	25,5	30	2,1	30	20,8	30	40,4
15° 0'	-52,0	41° 0'	-52,8	66° 0'	-43,4	92° 0'	-25,0	118° 0'	-1,6	143° 0'	+21,2	169° 0'	+40,8
30	52,1	30	52,7	30	43,1	30	24,6	30	1,2	30	21,7	30	41,1
16° 0'	52,3	42° 0'	52,6	67° 0'	42,8	93° 0'	24,2	119° 0'	0,7	144° 0'	22,1	170° 0'	41,4
30	52,4	30	52,5	30	42,5	30	23,8	30	-0,2	30	22,5	30	41,7
17° 0'	52,5	43° 0'	52,4	68° 0'	42,2	94° 0'	23,4	120° 0'	+0,2	145° 0'	23,0	171° 0'	42,0
30	52,6	30	52,3	30	42,0	30	23,0	30	0,7	30	23,4	30	42,2
18° 0'	-52,7	44° 0'	-52,1	69° 0'	-41,7	95° 0'	-22,5	121° 0'	+1,2	146° 0'	+23,8	172° 0'	+42,5
30	52,8	30	52,0	30	41,4	30	22,1	30	1,6	30	24,2	30	42,8
19° 0'	52,9	45° 0'	51,9	70° 0'	41,1	96° 0'	21,7	122° 0'	2,1	147° 0'	24,6	173° 0'	43,1
30	52,9	30	51,8	30	40,8	30	21,2	30	2,6	30	25,0	30	43,4
20° 0'	53,0	46° 0'	51,7	71° 0'	40,4	97° 0'	20,8	123° 0'	3,1	148° 0'	25,5	174° 0'	43,7
30	53,1	30	51,5	30	40,1	30	20,4	30	3,5	30	25,9	30	43,9
21° 0'	-53,2	47° 0'	-51,4	72° 0'	-39,8	98° 0'	-19,9	124° 0'	+4,0	149° 0'	+26,3	175° 0'	+44,2
30	53,2	30	51,2	30	39,5	30	19,5	30	4,5	30	26,7	30	44,5
22° 0'	53,3	48° 0'	51,1	73° 0'	39,2	99° 0'	19,1	125° 0'	4,9	150° 0'	27,1	176° 0'	44,7
30	53,4	30	50,9	30	38,9	30	18,6	30	5,4	30	27,5	30	45,0
23° 0'	53,4	49° 0'	50,8	74° 0'	38,5	100° 0'	18,2	126° 0'	5,9	151° 0'	27,9	177° 0'	45,2
30	53,5	30	50,6	30	38,2	30	17,7	30	6,3	30	28,3	30	45,5
24° 0'	-53,5	50° 0'	-50,5	75° 0'	-37,9	101° 0'	-17,3	127° 0'	+6,8	152° 0'	+28,7	178° 0'	+45,8
30	53,6	30	50,3	30	37,5	30	16,9	30	7,3	30	29,1	30	46,0
25° 0'	53,6	51° 0'	50,1	76° 0'	37,2	102° 0'	16,4	128° 0'	7,7	153° 0'	29,5	179° 0'	46,2
30	53,7	30	50,0	30	36,9	30	16,0	30	8,2	30	29,9	30	46,5
26° 0'	53,7	52° 0'	49,8	77° 0'	36,5	103° 0'	15,5	129° 0'	8,6	154° 0'	30,3	180° 0'	46,7

APENDICE A

DETERMINACION DE LA LATITUD
 POR LA OBSERVACION DE UNA ALTURA DE LA POLAR, 1965

TABLA II

(SIEMPRE POSITIVA)

h. L. γ	ALTURA											
	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
60	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5
80	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,8
100	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9
120	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
140	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8
160	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5
180	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
200	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
220	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
240	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
260	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
280	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,8
300	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
320	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8
340	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5
360	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2

TABLA III

h. L. γ	ENERO I	FEBRERO I	MARZO I	ABRIL I	MAYO I	JUNIO I	JULIO I	AGOSTO I	SEPT. I	OCTUBRE I	NOV. I	DIC. I
0	+0,2	+0,2	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,2	0,0	+0,2	+0,4	+0,5
20	+0,2	+0,2	+0,1	0,0	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,1	0,0	+0,2	+0,4
40	+0,1	+0,2	+0,2	+0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1	+0,1	+0,3
60	+0,1	+0,2	+0,2	+0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1	+0,1
80	0,0	+0,1	+0,2	+0,2	+0,1	0,0	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1
100	-0,1	+0,1	+0,2	+0,3	+0,2	+0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3
120	-0,1	0,0	+0,2	+0,3	+0,3	+0,2	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4
140	-0,2	0,0	+0,1	+0,2	+0,3	+0,3	+0,1	0,0	-0,2	-0,4	-0,5	-0,5
160	-0,2	-0,1	0,0	+0,2	+0,3	+0,3	+0,2	+0,1	-0,1	-0,3	-0,5	-0,5
180	-0,2	-0,2	0,0	+0,1	+0,2	+0,3	+0,3	+0,2	0,0	-0,2	-0,4	-0,5
200	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	+0,2	+0,3	+0,3	+0,3	+0,1	0,0	-0,2	-0,4
220	-0,1	-0,2	-0,2	-0,1	+0,1	+0,2	+0,3	+0,3	+0,2	+0,1	-0,1	-0,3
240	-0,1	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	+0,1	+0,3	+0,3	+0,3	+0,2	+0,1	-0,1
260	0,0	-0,1	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	+0,2	+0,3	+0,3	+0,3	+0,2	+0,1
280	+0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,2	-0,1	+0,1	+0,2	+0,3	+0,4	+0,4	+0,3
300	+0,1	0,0	-0,2	-0,3	-0,3	-0,2	0,0	+0,1	+0,3	+0,4	+0,4	+0,4
320	+0,2	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,1	0,0	+0,2	+0,4	+0,5	+0,5
340	+0,2	+0,1	0,0	-0,2	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1	+0,1	+0,3	+0,5	+0,5
360	+0,2	+0,2	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,2	0,0	+0,2	+0,4	+0,5

APENDICE B

DIFERENCIAS DE HORA Y ALTURA

Número	LUGAR	Latitud Norte	Longitud Oeste	Diferencias con el puerto Patrón				Puerto Patrón
				HORA		ALTURA		
				Pleama-res	Bajama-res	Pleama-res	Bajama-res	
31	Luanco.....	43 ° 37'	5 ° 47'	h. m. - 0 05	h. m. - 0 05	metros - 0,1	metros 0,0	Gijón
32	Avilés (San Juan de Nieva).....	43 35	5 56	Ver predicción (páginas 30 a 35)				
32.1	Avilés (Puerto).....	43 34	5 55	+ 1 05	+ 1 05	0,0	0,0	Gijón
33	San Esteban de Pravia.....	43 34	6 05	0 00	0 00	- 0,1	- 0,1	
34	Cudillero.....	43 34	6 09	0 00	0 00	- 0,1	0,0	Gijón
35	Luarca.....	43 33	6 32	+ 0 15	+ 0 15	+ 0,1	0,0	Gijón
36	Ría de Navia (Barra).....	43 34	6 44	+ 0 30	+ 0 30	- 0,1	- 0,1	Gijón
36.1	Ría de Navia (Puente).....	43 32	6 44	+ 0 40	+ 0 40	- 0,2	0,0	Gijón
37	Ribadeo.....	43 33	7 02	+ 0 15	+ 0 15	- 0,1	- 0,1	Gijón
37.1	Viavelez.....	43 34	6 51	+ 0 10	+ 0 10	- 0,1	- 0,1	Gijón
38	Ría de Foz.....	43 34	7 14	+ 0 15	+ 0 15	- 0,1	0,0	Gijón
39	San Ciprián.....	43 42	7 27	+ 0 15	+ 0 15	- 0,1	- 0,1	Gijón
40	Ría de Vivero.....	43 43	7 36	+ 0 15	+ 0 15	- 0,1	- 0,1	Gijón
41	El Barquero.....	43 46	7 41	+ 0 15	+ 0 15	- 0,1	- 0,1	Gijón
42	Santa Marta de Ortigueira.....	43 41	7 51	+ 0 50	+ 0 50	+ 0,3	0,0	La Coruña
43	Cariño.....	43 44	7 52	+ 0 25	+ 0 25	+ 0,2	0,0	La Coruña
44	Ría de Cedeira.....	43 40	8 04	+ 0 40	+ 0 40	+ 0,2	0,0	La Coruña
45	Ferrol del Caudillo (Castillo de la Palma).....	43 28	8 16	Ver predicción (páginas 36 a 41)				
45.1	Ferrol del Caudillo (Castillo de la Palma).....	43 28	8 16	+ 0 05	+ 0 05	+ 0,1	0,0	La Coruña
46	Ría de Arcs.....	43 25	8 15	+ 0 10	+ 0 10	0,0	0,0	La Coruña
46.1	Betanzos (Puente).....	43 20	8 13	+ 0 55	+ 0 55	0,0	0,0	La Coruña
47	La Coruña.....	43 22	8 24	Ver predicción (páginas 42 a 47)				
48	Bariza.....	43 19	8 53	+ 0 40	+ 0 40	- 0,1	- 0,1	La Coruña
49	Ría de Corme.....	43 16	8 58	+ 0 45	+ 0 45	- 0,1	- 0,1	La Coruña
50	Ría de Camariñas.....	43 08	9 11	- 0 05	- 0 05	0,0	0,0	La Coruña
51	Corcubión.....	42 57	9 12	+ 0 15	+ 0 15	- 0,1	- 0,1	Vigo
52	Muros (Muelle).....	42 46	9 03	+ 0 10	+ 0 10	0,0	0,0	Vigo
53	Puerto del Freixo.....	42 48	8 57	- 0 10	- 0 10	+ 0,1	0,0	Vigo
54	El Son.....	42 44	9 00	- 0 05	- 0 05	0,0	0,0	Vigo

ESPAÑA, COSTA NW.—VIGO, 1964. Latitud: 42° 15' N. Longitud: 8° 43' W.

NOVIEMBRE										DICIEMBRE													
Día del mes	Día de la semana	Pleamares		Bajamares		Día del mes	Día de la semana	Pleamares		Bajamares		Día del mes	Día de la semana	Pleamares		Bajamares							
		Hora	Alt. m.	Hora	Alt. m.			Hora	Alt. m.	Hora	Alt. m.			Hora	Alt. m.	Hora	Alt. m.	Hora	Alt. m.				
1	D.	0050	3,0	0640	0,8	16	L.	0010	2,9	0600	0,9	1	M.	0110	3,0	0710	0,7	16	M.	0020	3,0	0620	0,7
		1255	3,3	1910	0,4			1220	3,2	1830	0,5			1320	3,3	1940	0,6			1240	3,3	1900	0,5
2	L.	0125	3,1	0725	0,6	17	M.	0050	3,1	0645	0,6	2	M.	0135	3,1	0745	0,6	17	J.	0110	3,2	0710	0,5
		1340	3,5	1950	0,3			1300	3,4	1910	0,3			1400	3,3	2010	0,6			1330	3,5	1940	0,4
3	M.	0200	3,2	0805	0,5	18	M.	0125	3,3	0730	0,4	3	J.	0210	3,1	0820	0,5	18	V.	0150	3,4	0755	0,3
		1420	3,5	2030	0,3			1345	3,6	1950	0,2			1435	3,2	2040	0,6			1420	3,5	2020	0,3
4	●	0240	3,3	0845	0,4	19	☉	0205	3,5	0815	0,2	4	●	0245	3,2	0900	0,5	19	☉	0230	3,5	0840	0,1
		1500	3,5	2110	0,4			1430	3,7	2030	0,2			1510	3,1	2110	0,7			1505	3,5	2100	0,3
5	J.	0315	3,3	0920	0,4	20	V.	0250	3,5	0900	0,1	5	S.	0320	3,2	0930	0,5	20	D.	0320	3,6	0930	0,1
		1535	3,4	2140	0,5			1515	3,6	2115	0,2			1545	3,0	2140	0,8			1550	3,5	2150	0,4
6	V.	0350	3,2	0955	0,5	21	S.	0330	3,6	0945	0,1	6	D.	0355	3,1	1000	0,6	21	L.	0410	3,6	1020	0,1
		1610	3,2	2210	0,7			1600	3,5	2200	0,4			1620	2,9	2210	0,9			1640	3,4	2240	0,5
7	S.	0420	3,1	1030	0,6	22	D.	0420	3,5	1030	0,2	7	L.	0430	3,1	1040	0,7	22	M.	0500	3,5	1115	0,2
		1645	3,0	2240	0,9			1650	3,4	2250	0,6			1655	2,8	2240	1,0			1735	3,2	2330	0,7
8	D.	0440	3,1	1050	0,7	23	L.	0510	3,4	1115	0,4	8	M.	0510	3,0	1120	0,8	23	M.	0550	3,4	—	—
		1710	2,8	2300	1,0			1745	3,1	2350	0,8			1740	2,7	2320	1,1			1835	3,0	1210	0,4
9	L.	0515	2,9	1125	0,9	24	M.	0600	3,2	—	—	9	M.	0540	3,0	—	—	24	J.	0640	3,3	0025	0,9
		1745	2,6	2330	1,2			1840	2,9	1210	0,5			1820	2,6	1200	0,9			1930	2,8	1310	0,6
10	M.	0555	2,8	—	—	25	M.	0650	3,1	0040	1,0	10	J.	0620	2,9	0000	1,2	25	☾	0745	3,1	0120	1,0
		1840	2,4	1210	1,1			1950	2,7	1320	0,7			1900	2,5	1240	1,0			2030	2,7	1420	0,7
11	M.	0645	2,6	0020	1,3	26	☾	0805	2,9	0135	1,2	11	V.	0720	2,8	0040	1,3	26	S.	0850	3,0	0220	1,1
		1945	2,3	1310	1,2			2110	2,6	1440	0,8			2010	2,4	1340	1,1			2145	2,6	1525	0,9
12	☾	0800	2,6	0120	1,4	27	V.	0925	2,9	0310	1,2	12	☾	0825	2,8	0140	1,3	27	D.	1000	2,9	0335	1,2
		2110	2,3	1440	1,2			2230	2,6	1600	0,8			2120	2,5	1450	1,0			2250	2,6	1630	0,9
13	V.	0920	2,6	0250	1,5	28	S.	1040	3,0	0430	1,2	13	D.	0930	2,8	0300	1,2	28	L.	1110	2,9	0445	1,1
		2230	2,4	1600	1,1			2335	2,7	1715	0,7			2220	2,6	1600	0,9			2350	2,7	1740	0,9
14	S.	1040	2,8	0410	1,4	29	D.	1140	3,1	0530	1,0	14	L.	1045	2,9	0415	1,1	29	M.	—	—	0550	1,0
		2325	2,6	1705	1,0			—	—	1810	0,7			2325	2,8	1705	0,8			1210	3,0	1830	0,9
15	D.	1130	3,0	0515	1,2	30	L.	0025	2,9	0630	0,9	15	M.	1140	3,1	0520	0,9	30	M.	0040	2,8	0650	0,9
		—	—	1750	0,8			1235	3,2	1900	0,6			—	—	1810	0,7			1300	3,0	1920	0,9
																				0120	2,9	0740	0,8
																				1340	3,0	2000	0,9

Las horas corresponden al huso 0. Para tener horas oficiales SUMESE el ADELANTO VIGENTE.

APENDICE C

TABLA 1

α y A siempre + X } + si P > 90°
- si P < 90°

Latitud	P = 61° — 119°			P = 62° — 118°			P = 63° — 117°			Latitud
	α	A	X	α	A	X	α	A	X	
0	90 00,0	31443	0,00	90 00,0	32839	0,00	90 00,0	34295	0,00	0
1	87 56,3	31423	0,01	87 52,2	32815	0,01	87 47,9	34271	0,01	1
2	85 52,8	31358	0,02	85 44,8	32746	0,02	85 36,1	34194	0,02	2
3	83 49,8	31249	0,03	83 37,8	32631	0,03	83 24,9	34068	0,03	3
4	81 47,6	31102	0,04	81 31,7	32469	0,04	81 14,7	33892	0,04	4
5	79 46,2	30911	0,05	79 26,6	32264	0,05	79 05,6	33669	0,05	5
6	77 46,1	30685	0,06	77 22,8	32016	0,06	76 57,9	33400	0,05	6
7	75 47,3	30418	0,07	75 20,6	31727	0,07	74 52,0	33087	0,06	7
8	73 50,0	30116	0,08	73 20,1	31399	0,07	72 48,0	32732	0,07	8
9	71 54,5	29778	0,09	71 21,5	31037	0,08	70 46,1	32339	0,08	9
10	70 00,8	29410	0,10	69 24,9	30639	0,09	68 46,5	31909	0,09	10
11	68 09,1	29011	0,11	67 30,5	30209	0,10	66 49,3	31445	0,10	11
12	66 19,6	28584	0,12	65 38,5	29750	0,11	64 54,7	30952	0,11	12
13	64 32,2	28132	0,13	63 48,8	29264	0,12	63 02,7	30429	0,12	13
14	62 47,0	27656	0,14	62 01,7	28753	0,13	61 13,5	29881	0,13	14
15	61 04,3	27159	0,15	60 17,1	28222	0,14	59 27,0	29312	0,14	15
16	59 23,8	26645	0,16	58 35,0	27670	0,15	57 43,4	28721	0,15	16
17	57 45,8	26112	0,17	56 55,6	27102	0,16	56 02,6	28115	0,16	17
18	56 10,2	25566	0,18	55 18,8	26520	0,17	54 24,5	27494	0,17	18
19	54 37,0	25007	0,19	53 44,5	25926	0,18	52 49,3	26862	0,18	19
20	53 06,2	24438	0,20	52 12,8	25320	0,19	51 16,8	26218	0,19	20
21	51 37,7	23859	0,21	50 43,7	24708	0,20	49 47,1	25568	0,20	21
22	50 11,6	23274	0,22	49 17,1	24087	0,21	48 20,0	24912	0,21	22
23	48 47,8	22683	0,23	47 52,9	23463	0,22	46 55,5	24252	0,22	23
24	47 26,2	22089	0,25	46 31,1	22836	0,24	45 33,5	23591	0,23	24
25	46 06,9	21492	0,26	45 11,6	22207	0,25	44 14,0	22927	0,24	25
26	44 49,7	20895	0,27	43 54,4	21577	0,26	42 56,9	22266	0,25	26
27	43 34,6	20296	0,28	42 39,4	20949	0,27	41 42,1	21605	0,26	27
28	42 21,5	19700	0,29	41 26,6	20323	0,28	40 29,5	20949	0,27	28
29	41 10,4	19106	0,31	40 15,8	19700	0,29	39 19,1	20296	0,28	29
30	40 01,2	18515	0,32	39 07,0	19082	0,31	38 10,8	19650	0,29	30
31	38 53,9	17928	0,33	38 00,1	18468	0,32	37 04,4	19009	0,31	31
32	37 48,4	17347	0,35	36 55,1	17860	0,34	36 00,0	18375	0,32	32
33	36 44,6	16770	0,36	35 51,8	17259	0,35	34 57,4	17748	0,33	33
34	35 42,4	16200	0,37	34 50,3	16665	0,36	33 56,6	17130	0,34	34
35	34 41,9	15636	0,39	33 50,4	16080	0,37	32 57,5	16521	0,36	35
36	33 42,9	15081	0,40	32 52,2	15502	0,39	32 00,0	15920	0,37	36
37	32 45,3	14532	0,42	31 55,4	14932	0,40	31 04,1	15329	0,38	37
38	31 49,2	13993	0,43	31 00,1	14372	0,42	30 09,6	14748	0,40	38
39	30 54,5	13461	0,45	30 06,2	13820	0,43	29 16,6	14178	0,41	39
40	30 01,1	12938	0,47	29 13,6	13280	0,45	28 24,9	13618	0,43	40
41	29 08,9	12425	0,48	28 22,3	12748	0,46	27 34,6	13069	0,44	41
42	28 18,0	11921	0,50	27 32,3	12227	0,48	26 45,5	12530	0,46	42
43	27 28,2	11427	0,52	26 43,4	11716	0,50	25 57,5	12003	0,48	43
44	26 39,5	10942	0,54	25 55,6	11216	0,51	25 10,8	11486	0,49	44
45	25 51,9	10467	0,55	25 08,9	10726	0,53	24 25,1	10982	0,51	45
46	25 05,3	10003	0,57	24 23,3	10248	0,55	23 40,4	10489	0,53	46
47	24 19,6	9549	0,59	23 38,6	9780	0,57	22 56,7	10008	0,55	47
48	23 34,9	9105	0,62	22 54,9	9323	0,59	22 14,0	9537	0,57	48
49	22 51,1	8672	0,64	22 12,0	8877	0,61	21 32,2	9079	0,59	49
50	22 08,2	8249	0,66	21 30,1	8442	0,63	20 51,2	8632	0,61	50
51	21 26,1	7837	0,68	20 48,9	8018	0,66	20 11,1	8197	0,63	51
52	20 44,7	7435	0,71	20 08,6	7606	0,68	19 31,8	7774	0,65	52
53	20 04,1	7045	0,74	19 28,9	7204	0,71	18 53,2	7362	0,68	53
54	19 24,2	6665	0,76	18 50,0	6814	0,73	18 15,3	6961	0,70	54
55	18 45,0	6295	0,79	18 11,8	6435	0,76	17 38,1	6573	0,73	55
56	18 06,5	5936	0,82	17 34,3	6067	0,79	17 01,5	6196	0,76	56
57	17 28,6	5588	0,85	16 57,3	5711	0,82	16 25,6	5831	0,78	57
58	16 51,2	5252	0,89	16 21,0	5365	0,85	15 50,3	5477	0,82	58
59	16 14,4	4925	0,92	15 45,2	5031	0,88	15 15,5	5135	0,85	59
60	15 38,2	4609	0,96	15 09,9	4708	0,92	14 41,2	4804	0,88	60

TABLA 2

Y } + si δ y φ igual nombre
- si δ y φ distinto nombre

$\delta \backslash P$	Latitud		
	61°	62°	63°
0	0,00	0,00	0,00
1	0,02	0,02	0,02
2	0,04	0,04	0,04
3	0,06	0,06	0,06
4	0,08	0,08	0,08
5	0,10	0,10	0,10
6	0,12	0,12	0,12
7	0,14	0,14	0,14
8	0,16	0,16	0,16
9	0,18	0,18	0,18
10	0,20	0,20	0,20
11	0,22	0,22	0,22
12	0,24	0,24	0,24
13	0,26	0,26	0,26
14	0,28	0,28	0,28
15	0,31	0,30	0,30
16	0,33	0,32	0,32
17	0,35	0,35	0,34
18	0,37	0,37	0,36
19	0,39	0,39	0,39
20	0,42	0,41	0,41
21	0,44	0,43	0,43
22	0,46	0,46	0,45
23	0,49	0,48	0,48
24	0,51	0,50	0,50
25	0,53	0,53	0,52
26	0,56	0,55	0,55
27	0,58	0,58	0,57
28	0,61	0,60	0,60
29	0,63	0,63	0,62
30	0,66	0,65	0,65
31	0,69	0,68	0,67
32	0,71	0,71	0,70
33	0,74	0,74	0,73
34	0,77	0,76	0,76
35	0,80	0,79	0,79
36	0,83	0,82	0,82
37	0,86	0,85	0,85
38	0,89	0,88	0,88
39	0,93	0,92	0,91
40	0,96	0,95	0,94
41	0,99	0,99	0,98
42	1,03	1,02	1,01
43	1,07	1,06	1,05
44	1,10	1,09	1,08
45	1,14	1,13	1,12
46	1,18	1,17	1,16
47	1,23	1,21	1,20
48	1,27	1,26	1,25
49	1,32	1,30	1,29
50	1,36	1,35	1,34
51	1,41	1,40	1,39
52	1,46	1,45	1,44
53	1,52	1,50	1,49
54	1,57	1,56	1,54
55	1,63	1,62	1,60
56	1,70	1,68	1,66
57	1,76	1,74	1,73
58	1,83	1,81	1,80
59	1,90	1,88	1,87
60	1,98	1,96	1,94
61	2,06	2,04	2,02
62	2,15	2,13	2,11
63	2,24	2,22	2,20
64	2,33	2,31	2,29
65	2,42	2,40	2,38
66	2,51	2,49	2,47
67	2,60	2,58	2,56
68	2,69	2,67	2,65
69	2,78	2,76	2,74
70	2,87	2,85	2,83
71	2,96	2,94	2,92
72	3,05	3,03	3,01
73	3,14	3,12	3,10
74,3	4,07	4,03	3,99
$\delta \backslash P$	119°	118°	117°

APENDICE C

TABLA 3

58700—46595

		P ≤ 80°	P > 90°
δ y φ	igual nombre.....	α + δ	α - δ
δ y φ	distinto nombre.....	α - δ	—

α - δ = mayor - menor

α - δ Alt.	15° 0'	15° 30'	16° 0'	16° 30'	17° 0'	17° 30'	18° 0'	18° 30'	19° 0'	19° 30'	
0'	58700	57310	55966	54666	53406	52186	51002	49852	48736	47650	30'
—	58677	57287	55944	54644	53386	52166	50982	49833	48717	47633	—
1'	58653	57265	55922	54623	53365	52146	50963	49815	48699	47615	29'
—	58630	57242	55900	54602	53344	52126	50943	49796	48681	47597	—
2'	58606	57219	55878	54581	53324	52106	50924	49777	48662	47579	28'
—	58583	57196	55856	54559	53303	52086	50905	49758	48644	47561	—
3'	58559	57174	55834	54538	53283	52066	50885	49739	48626	47544	27'
—	58536	57151	55812	54517	53262	52046	50866	49720	48608	47526	—
4'	58512	57128	55790	54496	53241	52026	50846	49702	48589	47508	26'
—	58489	57106	55768	54474	53221	52006	50827	49683	48571	47490	—
5'	58465	57083	55746	54453	53200	51986	50808	49664	48553	47472	25'
—	58442	57060	55725	54432	53180	51966	50788	49645	48534	47455	—
6'	58418	57038	55703	54411	53159	51946	50769	49626	48516	47437	24'
—	58395	57015	55681	54390	53139	51926	50750	49608	48498	47419	—
7'	58372	56992	55659	54368	53118	51906	50730	49589	48480	47402	23'
—	58348	56970	55637	54347	53098	51886	50711	49570	48462	47384	—
8'	58325	56947	55615	54326	53077	51867	50692	49551	48443	47366	22'
—	58302	56925	55593	54305	53057	51847	50673	49533	48425	47348	—
9'	58278	56902	55572	54284	53036	51827	50653	49514	48407	47331	21'
—	58255	56880	55550	54263	53016	51807	50634	49495	48389	47313	—
10'	58232	56857	55528	54242	52995	51787	50615	49477	48371	47295	20'
—	58208	56835	55506	54220	52975	51767	50596	49458	48352	47278	—
11'	58185	56812	55484	54199	52954	51747	50576	49439	48334	47260	19'
—	58162	56790	55463	54178	52934	51728	50557	49421	48316	47242	—
12'	58138	56767	55441	54157	52914	51708	50538	49402	48298	47225	18'
—	58115	56745	55419	54136	52893	51688	50519	49383	48280	47207	—
13'	58092	56722	55397	54115	52873	51668	50499	49365	48262	47189	17'
—	58069	56700	55376	54094	52852	51649	50480	49346	48244	47172	—
14'	58046	56677	55354	54073	52832	51629	50461	49327	48225	47154	16'
—	58022	56655	55332	54052	52812	51609	50442	49309	48207	47137	—
15'	57999	56632	55311	54031	52791	51589	50423	49290	48189	47119	15'
—	57976	56610	55289	54010	52771	51570	50404	49271	48171	47101	—
16'	57953	56588	55267	53989	52751	51550	50385	49253	48153	47084	14'
—	57930	56565	55246	53968	52730	51530	50365	49234	48135	47066	—
17'	57907	56543	55224	53947	52710	51510	50346	49216	48117	47049	13'
—	57884	56521	55202	53926	52690	51491	50327	49197	48099	47031	—
18'	57860	56498	55181	53905	52670	51471	50308	49179	48081	47014	12'
—	57837	56476	55159	53884	52649	51451	50289	49160	48063	46996	—
19'	57814	56454	55138	53864	52629	51432	50270	49141	48045	46978	11'
—	57791	56431	55116	53843	52609	51412	50251	49123	48027	46961	—
20'	57768	56409	55095	53822	52588	51392	50232	49104	48009	46943	10'
—	57745	56387	55073	53801	52568	51373	50213	49086	47991	46926	—
21'	57722	56365	55051	53780	52548	51353	50194	49067	47973	46908	9'
—	57699	56342	55030	53759	52528	51334	50175	49049	47955	46891	—
22'	57676	56320	55008	53738	52508	51314	50156	49030	47937	46873	8'
—	57653	56298	54987	53718	52487	51294	50137	49012	47919	46856	—
23'	57630	56276	54965	53697	52467	51275	50117	48993	47901	46839	7'
—	57607	56254	54944	53676	52447	51255	50098	48975	47883	46821	—
24'	57584	56231	54922	53655	52427	51236	50080	48957	47865	46804	6'
—	57561	56209	54901	53634	52407	51216	50061	48938	47847	46786	—
25'	57538	56187	54880	53614	52387	51197	50042	48920	47829	46769	5'
—	57516	56165	54858	53593	52366	51177	50023	48901	47811	46751	—
26'	57493	56143	54837	53572	52346	51158	50004	48883	47793	46734	4'
—	57470	56121	54815	53551	52326	51138	49985	48864	47775	46716	—
27'	57447	56099	54794	53531	52306	51119	49966	48846	47758	46699	3'
—	57424	56076	54773	53510	52286	51099	49947	48828	47740	46682	—
28'	57401	56054	54751	53489	52266	51080	49928	48809	47722	46664	2'
—	57378	56032	54730	53468	52246	51060	49909	48791	47704	46647	—
29'	57356	56010	54708	53448	52226	51041	49890	48772	47686	46630	1'
—	57333	55988	54687	53427	52206	51021	49871	48754	47668	46612	—
30'	57310	55966	54666	53406	52186	51002	49852	48736	47650	46595	0'
	164° 30'	164° 0'	163° 30'	163° 0'	162° 30'	162° 0'	161° 30'	161° 0'	160° 30'	160° 0'	α - δ

APENDICE C

TABLA 3

24141--19193

		P < 90°	P > 90°
$\delta y \varphi$	igual nombre.....	$\alpha + \delta$	$\alpha - \delta$
$\delta y \varphi$	distinto nombre.....	$\alpha - \delta$	—

$\alpha - \delta = \text{mayor} - \text{menor}$

$\alpha \sim \delta$ Alt.	35° 0'	35° 30'	36° 0'	36° 30'	37° 0'	37° 30'	38° 0'	38° 30'	39° 0'	39° 30'	
0'	24141	23605	23078	22561	22054	21555	21066	20585	20113	19649	30'
—	24132	23596	23069	22553	22045	21547	21058	20577	20105	19641	—
1'	24123	23587	23061	22544	22037	21539	21050	20569	20097	19634	29'
—	24114	23578	23052	22536	22029	21531	21042	20561	20089	19626	—
2'	24105	23569	23043	22527	22020	21522	21023	20553	20082	19618	28'
—	24096	23560	23035	22519	22012	21514	21025	20545	20074	19611	—
3'	24087	23551	23026	22510	22003	21506	21017	20537	20066	19603	27'
—	24078	23543	23017	22501	21995	21498	21009	20529	20058	19595	—
4'	24069	23534	23009	22493	21987	21489	21001	20522	20050	19588	26'
—	24060	23525	23000	22484	21978	21481	20993	20514	20043	19580	—
5'	24051	23516	22991	22476	21970	21473	20985	20506	20035	19572	25'
—	24042	23507	22983	22467	21962	21465	20977	20498	20027	19565	—
6'	24033	23498	22974	22459	21953	21457	20969	20490	20019	19557	24'
—	24024	23490	22965	22450	21945	21448	20961	20482	20012	19549	—
7'	24015	23481	22957	22442	21937	21440	20953	20474	20004	19541	23'
—	24006	23472	22948	22433	21928	21432	20945	20466	19996	19534	—
8'	23997	23463	22939	22425	21920	21424	20937	20458	19988	19527	22'
—	23988	23454	22931	22416	21912	21416	20929	20450	19980	19519	—
9'	23979	23445	22922	22408	21903	21407	20921	20442	19973	19511	21'
—	23970	23437	22913	22399	21895	21399	20913	20435	19965	19504	—
10'	23961	23428	22905	22391	21887	21391	20905	20427	19957	19496	20'
—	23952	23419	22896	22382	21878	21383	20897	20419	19949	19488	—
11'	23943	23410	22887	22374	21870	21375	20888	20411	19942	19481	19'
—	23934	23402	22879	22366	21862	21367	20880	20403	19934	19473	—
12'	23925	23393	22870	22357	21853	21358	20872	20395	19926	19466	18'
—	23916	23384	22862	22349	21845	21350	20864	20387	19919	19458	—
13'	23907	23375	22853	22340	21837	21342	20856	20379	19911	19450	17'
—	23898	23366	22844	22332	21828	21334	20848	20371	19903	19443	—
14'	23889	23358	22836	22323	21820	21326	20840	20364	19895	19435	16'
—	23880	23349	22827	22315	21812	21318	20832	20356	19888	19428	—
15'	23871	23340	22818	22306	21803	21309	20824	20348	19880	19420	15'
—	23863	23331	22810	22298	21795	21301	20816	20340	19872	19412	—
16'	23854	23323	22801	22289	21787	21293	20808	20332	19864	19405	14'
—	23845	23314	22793	22281	21778	21285	20800	20324	19857	19397	—
17'	23836	23305	22784	22272	21770	21277	20792	20316	19849	19390	13'
—	23827	23296	22775	22264	21762	21269	20784	20309	19841	19382	—
18'	23818	23288	22767	22256	21754	21260	20776	20301	19834	19375	12'
—	23809	23279	22758	22247	21745	21252	20768	20293	19826	19367	—
19'	23800	23270	22750	22239	21737	21244	20760	20285	19818	19359	11'
—	23791	23261	22741	22230	21729	21236	20752	20277	19810	19352	—
20'	23782	23252	22732	22222	21720	21228	20744	20269	19803	19344	10'
—	23773	23244	22724	22213	21712	21220	20736	20261	19795	19337	—
21'	23764	23235	22715	22205	21704	21212	20728	20254	19787	19329	9'
—	23755	23226	22707	22197	21696	21204	20720	20246	19779	19321	—
22'	23747	23218	22698	22188	21687	21195	20712	20238	19772	19314	8'
—	23738	23209	22690	22180	21679	21187	20704	20230	19764	19306	—
23'	23729	23200	22681	22171	21671	21179	20696	20222	19756	19299	7'
—	23720	23191	22672	22163	21662	21171	20688	20214	19749	19291	—
24'	23711	23183	22664	22154	21654	21163	20680	20207	19741	19284	6'
—	23702	23174	22655	22146	21646	21155	20672	20199	19733	19276	—
25'	23693	23165	22647	22138	21638	21147	20665	20191	19726	19269	5'
—	23684	23156	22638	22129	21629	21139	20657	20183	19718	19261	—
26'	23675	23148	22630	22121	21621	21131	20649	20175	19710	19253	4'
—	23667	23139	22621	22112	21613	21122	20641	20167	19703	19246	—
27'	23658	23130	22612	22104	21605	21114	20633	20160	19695	19238	3'
—	23649	23122	22604	22096	21596	21106	20625	20152	19687	19231	—
28'	23640	23113	22595	22087	21588	21098	20617	20144	19680	19223	2'
—	23631	23104	22587	22079	21580	21090	20609	20136	19672	19216	—
29'	23622	23095	22578	22070	21572	21082	20601	20128	19664	19208	1'
—	23613	23087	22570	22062	21563	21074	20593	20121	19657	19201	—
30'	23605	23078	22561	22054	21555	21066	20585	20113	19649	19193	0'
	144° 30'	144° 0'	143° 30'	143° 0'	142° 30'	142° 0'	141° 30'	141° 0'	140° 30'	140° 0'	$\alpha \sim \delta$

APENDICE C

TABLA 4

Si (X + Y) es $\left\{ \begin{array}{l} +, Z \text{ se cuenta desde el N o S igual que } \varphi. \\ - , Z \text{ se cuenta desde el Polo de distinto nombre que } \varphi. \end{array} \right.$
 Z es al E u W, igual que P.

Latitud	AZIMUT																Latitud
	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°	60°	
0	1,00	0,97	0,93	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,73	0,70	0,67	0,65	0,62	0,60	0,58	0
1	1,00	0,97	0,93	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,73	0,70	0,67	0,65	0,62	0,60	0,58	1
2	1,00	0,97	0,93	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,73	0,70	0,67	0,65	0,63	0,60	0,58	2
3	1,00	0,97	0,93	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,73	0,70	0,68	0,65	0,63	0,60	0,58	3
4	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,76	0,73	0,70	0,68	0,65	0,63	0,60	0,58	4
5	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,76	0,73	0,70	0,68	0,65	0,63	0,60	0,58	5
6	1,01	0,97	0,94	0,91	0,87	0,84	0,81	0,79	0,76	0,73	0,70	0,68	0,65	0,63	0,60	0,58	6
7	1,01	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,71	0,68	0,65	0,63	0,61	0,58	7
8	1,01	0,98	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,71	0,68	0,66	0,63	0,61	0,58	8
9	1,01	0,98	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,74	0,71	0,68	0,66	0,63	0,61	0,58	9
10	1,02	0,98	0,95	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,77	0,74	0,71	0,68	0,66	0,63	0,61	0,59	10
11	1,02	0,98	0,95	0,92	0,89	0,85	0,82	0,80	0,77	0,74	0,71	0,69	0,66	0,64	0,61	0,59	11
12	1,02	0,99	0,95	0,92	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77	0,74	0,72	0,69	0,66	0,64	0,61	0,59	12
13	1,03	0,99	0,96	0,92	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77	0,75	0,72	0,69	0,67	0,64	0,62	0,59	13
14	1,03	1,00	0,96	0,93	0,90	0,86	0,83	0,81	0,78	0,75	0,72	0,69	0,67	0,64	0,62	0,60	14
15	1,04	1,00	0,97	0,93	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,72	0,70	0,67	0,65	0,62	0,60	15
16	1,04	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,76	0,73	0,70	0,68	0,65	0,63	0,60	16
17	1,05	1,01	0,98	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,71	0,68	0,65	0,63	0,60	17
18	1,05	1,02	0,98	0,95	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,74	0,71	0,68	0,66	0,63	0,61	18
19	1,06	1,02	0,99	0,95	0,92	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77	0,74	0,71	0,69	0,66	0,64	0,61	19
20	1,06	1,03	0,99	0,96	0,93	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77	0,75	0,72	0,69	0,66	0,64	0,61	20
21	1,07	1,03	1,00	0,96	0,93	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,72	0,70	0,67	0,64	0,62	21
22	1,08	1,04	1,01	0,97	0,94	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,76	0,73	0,70	0,67	0,65	0,62	22
23	1,09	1,05	1,01	0,98	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,71	0,68	0,65	0,63	23
24	1,09	1,06	1,02	0,99	0,95	0,92	0,89	0,86	0,82	0,80	0,77	0,74	0,71	0,68	0,66	0,63	24
25	1,10	1,07	1,03	0,99	0,96	0,93	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77	0,74	0,71	0,68	0,66	0,63	25
26	1,11	1,07	1,04	1,00	0,97	0,93	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,72	0,70	0,67	0,64	26
27	1,12	1,08	1,05	1,01	0,98	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,70	0,67	0,65	27
28	1,13	1,09	1,06	1,02	0,99	0,95	0,92	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,74	0,71	0,68	0,65	28
29	1,14	1,10	1,07	1,03	0,99	0,96	0,93	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77	0,74	0,71	0,69	0,66	29
30	1,15	1,12	1,08	1,04	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,72	0,69	0,67	30
31	1,17	1,13	1,09	1,05	1,01	0,98	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,70	0,67	31
32	1,18	1,14	1,10	1,06	1,03	0,99	0,95	0,92	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77	0,74	0,71	0,68	32
33	1,19	1,15	1,11	1,07	1,04	1,00	0,97	0,93	0,90	0,87	0,83	0,80	0,77	0,75	0,72	0,69	33
34	1,21	1,16	1,12	1,09	1,05	1,01	0,98	0,94	0,91	0,88	0,84	0,81	0,78	0,75	0,72	0,70	34
35	1,22	1,18	1,14	1,10	1,06	1,02	0,99	0,95	0,92	0,89	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,70	35
36	1,24	1,19	1,15	1,11	1,07	1,04	1,00	0,97	0,93	0,90	0,87	0,83	0,80	0,77	0,74	0,71	36
37	1,25	1,21	1,17	1,13	1,09	1,05	1,01	0,98	0,94	0,91	0,88	0,85	0,81	0,78	0,75	0,72	37
38	1,27	1,23	1,18	1,14	1,10	1,06	1,03	0,99	0,96	0,92	0,89	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	38
39	1,29	1,24	1,20	1,16	1,12	1,08	1,04	1,01	0,97	0,93	0,90	0,87	0,84	0,80	0,77	0,74	39
40	1,31	1,26	1,22	1,18	1,13	1,10	1,06	1,02	0,98	0,95	0,91	0,88	0,85	0,82	0,78	0,75	40
41	1,33	1,28	1,24	1,19	1,15	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,93	0,89	0,86	0,83	0,80	0,76	41
42	1,35	1,30	1,25	1,21	1,17	1,13	1,09	1,05	1,01	0,98	0,94	0,91	0,87	0,84	0,81	0,78	42
43	1,37	1,32	1,28	1,23	1,19	1,15	1,11	1,07	1,03	0,99	0,96	0,92	0,89	0,85	0,82	0,79	43
44	1,39	1,34	1,30	1,25	1,21	1,17	1,13	1,09	1,05	1,01	0,97	0,94	0,90	0,87	0,84	0,80	44
45	1,41	1,37	1,32	1,27	1,23	1,19	1,15	1,10	1,07	1,03	0,99	0,95	0,92	0,88	0,85	0,82	45
46	1,44	1,39	1,34	1,30	1,25	1,21	1,17	1,12	1,08	1,05	1,01	0,97	0,93	0,90	0,87	0,83	46
47	1,47	1,42	1,37	1,32	1,27	1,23	1,19	1,15	1,10	1,07	1,03	0,99	0,95	0,92	0,88	0,85	47
48	1,49	1,44	1,39	1,35	1,30	1,25	1,21	1,17	1,13	1,09	1,05	1,01	0,97	0,93	0,90	0,86	48
49	1,52	1,47	1,42	1,37	1,33	1,28	1,23	1,19	1,15	1,11	1,07	1,03	0,99	0,95	0,92	0,88	49
50	1,56	1,50	1,45	1,40	1,35	1,31	1,26	1,22	1,17	1,13	1,09	1,05	1,01	0,97	0,93	0,90	50
51	1,59	1,53	1,48	1,43	1,38	1,33	1,29	1,24	1,20	1,15	1,11	1,07	1,03	0,99	0,95	0,92	51
52	1,62	1,57	1,51	1,46	1,41	1,36	1,32	1,27	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,01	0,98	0,94	52
53	1,66	1,60	1,55	1,50	1,44	1,39	1,35	1,30	1,25	1,21	1,16	1,12	1,08	1,04	1,00	0,96	53
54	1,70	1,64	1,59	1,53	1,48	1,43	1,38	1,33	1,28	1,24	1,19	1,15	1,10	1,06	1,02	0,98	54
55	1,74	1,68	1,63	1,57	1,52	1,46	1,41	1,36	1,31	1,27	1,22	1,18	1,13	1,09	1,05	1,01	55
56	1,79	1,73	1,67	1,61	1,55	1,50	1,45	1,40	1,35	1,30	1,25	1,21	1,16	1,12	1,07	1,03	56
57	1,84	1,77	1,71	1,65	1,60	1,54	1,49	1,43	1,38	1,33	1,29	1,24	1,19	1,15	1,10	1,06	57
58	1,89	1,82	1,76	1,70	1,64	1,58	1,53	1,47	1,42	1,37	1,32	1,27	1,23	1,18	1,13	1,09	58
59	1,94	1,87	1,81	1,75	1,69	1,63	1,57	1,52	1,46	1,41	1,36	1,31	1,26	1,21	1,17	1,12	59
60	2,00	1,93	1,87	1,80	1,74	1,68	1,62	1,56	1,51	1,45	1,40	1,35	1,30	1,25	1,20	1,15	60
	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°	60°	

CORRECCION

La edición actual del A. N. para uso de los navegantes ha suprimido los datos que daba para calcular las Horas y Alturas de las Mareas. Actualmente el Establecimiento de Puerto, la Unidad de Altura y el Coeficiente de las Mareas, que sirve para obtener los problemas por el «Método de Laplace o de las constantes no Armónicas» las da el Anuario de Mareas en sus páginas finales. También da el Nivel Medio con la denominación de l_0 .

Por ello hay que hacer las correcciones siguientes:

Página 209: Renglón último del Punto 2602 y renglones 4, 12 y 13 del Punto 2603 donde dice:

«Almanaque Náutico»

debe decir:

«Anuario de Mareas páginas finales»

Página 210: Renglón 4 dice:

Nivel medio = Sonda carta + 1,20 . U

Añadir: «Dado en el Anuario de Mareas con el nombre l_0 ».

INDICE

ASTRONOMIA NAUTICA Y NAVEGACION

(1.º)

CAPITULO I.—101. Forma de la Tierra.—102. Geoide.—103. Esfera terrestre.—104. Líneas principales de la Esfera terrestre.—105. Eje y Polos.—106. Ecuador y Paralelos.—107. Meridianos. Primer Meridiano.—108. Concepto de Lugar geométrico.—109. Latitud y Longitud de un punto de la esfera terrestre.—110. Situación de un punto de la Tierra por latitud y longitud.—111. Situación de nuestra Península e islas respecto al primer meridiano.—112. Diferencia de latitud y longitud entre dos lugares.

CAPITULO II.—201. Astros.—202. Estrellas.—203. Sistema solar.—204. Idea general del Sol.—205. Planetas y Luna. 206. Fases de la Luna.—207. Eclipses de Sol y Luna.—208. La Polar.—209. Modo de reconocer la Polar.

CAPITULO III.—301. Movimientos de la Tierra.—302. Movimiento aparente de los astros.—303. Movimiento propio de algunos astros.—304. Movimiento aparente del Sol.—305. Eclíptica.—306. Ortos y Ocasos.—307. Crepúsculos.—308. Estaciones.—309. Zonas y climas.

CAPITULO IV.—401. Concepto general del Tiempo.—402. Operaciones con sexagesimales: Suma, resta y multiplicación.—403. Transformación de arco a tiempo y viceversa.—404. Medida del Tiempo.—405. Tiempo Universal.—406. Hora civil, legal y oficial.—407. Relaciones entre estas horas.—408. Diferencia de horas entre dos lugares.—409. Nociones sobre el Calendario.

CAPITULO V.—501. Mareas.—502. Establecimiento de Puerto.—503. Unidad de Altura.—504. Sonda en la bajamar escorada.—505. Hallar las horas y sondas de las pleamares y bajamares por medio del Anuario de Mareas.

CAPITULO VI.—601. Magnetismo: Polos de un imán.—602. Magnetismo de la Tierra.—603. Aguja náutica.—604. Descripción de las partes principales de una aguja.—605. Diferentes tipos de agujas.—606. Condiciones que debe reunir una buena aguja.—607. Cuidados que hay que tener con la aguja.—608. Sensibilidad y estabilidad.—609. Inclinación.—610. Declinación magnética.—611. Obtención de la declinación magnética.—612. Desvío. Tablilla de desvíos.

CAPITULO VII.—701. Rumbos. Sus clases.—702. Rosa de los vientos.—703. Conversión de rumbos.—704. Paso de rumbo de aguja a rumbo magnético y viceversa.—705. Pasar de rumbo de aguja a verdadero.—706. Corrección total. Modo de obtenerla por la Polar.—707. Pasar de rumbo verdadero a rumbo de aguja.

CAPITULO VIII.—801. Marcación, demora y azimut.—802. Pasar la demora de aguja a verdadera.—803. Conversión de marcaciones.—804. Relación entre demora, rumbo y lectura.—805. Modo de obtener la demora sin instrumentos.

CAPITULO IX.—901. Unidades de distancia empleadas en la Marina.—902. Correderas.—903. Corredera de barquilla.—904. Corredera mecánica.—905. Coeficiente de la corredera.—906. Escandallos: ordinario y de presión.—907. Sondadores de eco: sonoros y ultrasonoros.—908. Errores en la sonda.

CAPITULO X.—1001. Navegación.—1002. Idea general de los diferentes procedimientos de navegación.—1003. Cartas náuticas.—1004. Escala de las cartas.—1005. Clasificación de las cartas según la escala.—1006. Detalles que se aprecian en las cartas.—1007. Portulanos.

CAPITULO XI.—1101. Compás y transportador.—Hallar la latitud y longitud de un punto situado en la carta.—1102. Situar en la carta un punto de coordenadas conocidas.—1103. Desde un punto de la carta trazar un rumbo y una distancia.—1104. Hallar el rumbo y la distancia entre dos puntos.—1105. Hacer rumbo para pasar a una distancia dada de tierra.

CAPITULO XII.—1201. Navegación a la vista de costa. Situación por dos marcaciones simultáneas a dos puntos.—1202. Situación por dos marcaciones no simultáneas a dos puntos, rumbo y distancia navegada.—1203. Situación por dos marcaciones no simultáneas a un punto, rumbo y distancia navegada.—1204. Situación por marcación a un faro que aparece en el horizonte.—1205. Situación por isobática y otro lugar geométrico.

CAPITULO XIII.—1301. Navegación de estima en la carta.—1302. Determinación del punto de estima cuando se ha navegado a un solo rumbo.—1303. Determinación del punto de estima cuando se navega a varios rumbos.—1304. Abatimiento.—1305. Efecto del abatimiento sobre el rumbo verdadero.—1306. Modo de corregir el abatimiento.—1307. Efecto de la corriente en la estima y su corrección.

CAPITULO XIV.—1401. Navegación de estima con Tablas.—1402. Diferencia en latitud y apartamiento.—1403. Cálculo de la diferencia en latitud y apartamiento con Tablas.—1404. Cálculo de la diferencia en longitud.—1405. Problema directo e inverso.—1406. Casos particulares.—1407. Problemas de estima navegando a un solo rumbo.—1408. Problemas de estima navegando a varios rumbos.—1409. Problemas de estima con abatimiento.—1410. Problemas de estima con corriente.—1411. Determinación del rumbo de la corriente e intensidad horaria conociendo una situación marcada y una de estima simultáneas.

CAPITULO XV.—1501. Demoras radiogoniométricas.—1502. Corrección de estas demoras.—1503. Situación por demoras radiogoniométricas.—1504. Situación por una demora radiogoniométrica y otro lugar geométrico.

CAPITULO XVI.—1601. Derroteros y su manejo.—1602. Faros. Sus clases.—1603. Señales de niebla. Sus clases.—1604. Libro de Faros.—1605. Avisos a los Navegantes.—1606. Idea general de los Pilot Charts.

ASTRONOMIA NAUTICA Y NAVEGACION

(2.º)

- CAPITULO XVII.**—1701. Astros.—1702. Estrellas.—1703. Esfera celeste. 1704. Cénit y Nadir.—1705. Horizontes.—1706. Vertical.—1707. Polos celestes y Meridiano celeste.—1708. Sistema de coordenadas.—1709. Coordenadas horizontales.—1710. Coordenadas horarias.—1711. Resumen de los sistemas de coordenadas horizontales y horarias.
- CAPITULO XVIII.**—1801. Movimiento aparente de la esfera celeste.—1802. Fenómenos que resultan del movimiento aparente de la esfera celeste.—1803. Posición verdadera y aparente del Sol.—1804. Eclíptica.—1805. Duración de los días según la declinación y la latitud.—1806. Estaciones.—1807. Zonas y climas.
- CAPITULO XIX.**—1901. Movimiento de los planetas.—1902. La Luna y sus movimientos.—1903. Fases de la Luna.—1904. Constelaciones.—1905. Nebulosas.
- CAPITULO XX.**—2001. Concepto general del tiempo.—2002. El movimiento aparente del Sol no es uniforme.—2003. Sol medio.—2004. Día Verdadero.—2005. Día Medio.—2006. Día Civil.—2007. Horas.—2008. Diferencia de horas entre dos lugares.—2009. Hora civil en Greenwich (HcG).—2010. Horario en Greenwich.—2011. Hora legal (Hz).—2012. Hora oficial (Ho).—2013. Resumen de pasos de horas.—2014. Hora sidérea u horario de Aries.—2015. Angulo sidéreo.—2016. Fórmula fundamental que relaciona las coordenadas que se miden en el Ecuador.—2017. Hora sidérea en Greenwich u horario en Greenwich de Aries.—2018. Tiempo sidéreo.—2019. Año civil.—2020. Ecuación de tiempo.—2021. Fechas.—2022. Cambio de fecha en el meridiano de 180°.
- CAPITULO XXI.**—2101. Almanaque Náutico para uso de los navegantes.—2102. Descripción.—2103. Dada la hora civil en Greenwich hallar el horario del Sol.—2104. Hallar la declinación del Sol.—2105. Hallar la Distancia Polar o codeclinación.—2106. Dada la hora civil en Greenwich hallar el horario de Aries.
- CAPITULO XXII.**—2201. Cronómetros.—2202. Cuidados.—2203. Comparación.—2204. Estado Absoluto.—2205. Movimiento.—2206. Corrección del Estado Absoluto.—2207. Hallar el Estado Absoluto por señales radiotelegráficas.—2208. Hallar el Estado Absoluto por comparación con otro cronómetro.—2209. Cálculo de la hora civil en Greenwich.—2210. Reloj de Bitácora.—2211. Hora del reloj de bitácora.
- CAPITULO XXIII.**—2301. Sextante.—2302. Cuidados con el sextante.—2303. Lectura del sextante con nonius y tambor.—2304. Rectificaciones.—2305. Corrección de índice por el Sol, horizonte y estrellas.—2306. Preparación del sextante para obtener la altura.—2307. Modo de obtener la altura del Sol.—2308. Modo de obtener la altura de la Polar.
- CAPITULO XXIV.**—2401. Horizontes.—2402. Pasar la altura observada de Sol a verdadera.—2403. Pasar la altura observada de estrella a verdadera.
- CAPITULO XXV.**—2501. Triángulo de Posición.—2502. Dada la altura hallar el horario y la Longitud.—2503. Dado el horario hallar la al-

tura.—2504. Cálculo del Azimut de Sol con Tablas.—2505. Cálculo del Azimut del Sol al orto y ocaso.

CAPITULO XXVI.—2601. Mareas.—2602. Establecimiento de Puerto.—2603. Coeficiente de Marea y Unidad de Altura.—2604. Anuario de Mareas.—2605. Cálculo de las Horas y Sondas de las pleamares y bajamares con el Anuario de Mareas.

CAPITULO XXVII.—2701. Desvío.—2702. Magnetismo en un buque.—2703. Magnetismo permanente en un buque.—2704. Efectos del magnetismo permanente en la aguja náutica.—2705. Magnetismo inducido en el hierro dulce vertical.—2706. Magnetismo inducido en el hierro dulce horizontal simétrico.—2707. Desvío de escora.—2708. Nociones de compensación.

CAPITULO XXVIII.—2801. Modo de hallar la Corrección Total por enfilaciones a dos puntos de tierra.—2802. Corrección total por marcaciones al Sol en cualquier instante.—2803. Corrección total al orto y ocaso del Sol.

CAPITULO XXIX.—2901. Representación de un trozo de la superficie terrestre en un plano.—2902. Proyección cilíndrica.—2903. Forma de los meridianos y paralelos.—2904. Carta de Mercator.—2905. Latitudes aumentadas.

CAPITULO XXX.—3001. Hallar la situación por demora y distancia a un punto.—3002. Situación por distancias a dos puntos de la costa.—3003. Distintos modos de medir las distancias.—3004. Situación por ángulos horizontales.—3005. Compás de tres brazos.

CAPITULO XXXI.—3101. Hallar el rumbo que hay que hacer desde un punto dado para tener de través un punto de la costa al cabo de un tiempo, también dado, conociendo la velocidad del buque.—3102. Angulo horizontal de certidumbre para no pasar a menos de una distancia dada de un peligro.

CAPITULO XXXII.—3201. Rumbo de colisión para ir a un buque, conociendo su rumbo y velocidad.—3202. Colocarse por el través de un buque a una distancia dada, conociendo su rumbo y velocidad.—3203. Situar a una distancia dada de un buque, conociendo su rumbo y velocidad.

CAPITULO XXXIII.—3301. Definiciones.—3302. Generalidades.—3303. Regla de signos.—3304. Ecuación de la ortodrómica.—3305. Cálculo de las constantes.—3306. Coordenadas de los vértices.—3307. Cálculo de la distancia ortodrómica.—3308. Cálculo del rumbo inicial.—3309. Sistemas de navegación ortodrómica.—3310. Derrota ortodrómica por puntos.—3311. Derrota ortodrómica por rumbos iniciales.—3312. Carta gnomónica.—3313. Derrota ortodrómica en la carta gnomónica.

CAPITULO XXXIV.—3401. Hallar la Latitud por altura meridiana de Sol.—3402. Cálculo de la Latitud por la Polar con el A. N.—3403. Noción de Círculo de Altura y Recta de Altura.—3404. Cálculo de la Recta de Altura Punto Aproximado.—3405. Trazado de la Recta de Altura Punto Aproximado.—3406. Tablas Rápidas para el cálculo de la Recta de Altura.—3407. Traslado de una Recta de Altura.—3408. Situación al mediodía verdadero.