

Jesús Rey Rocha

**Guía Práctica
de
Navegación de Altura**

Jesús Rey Rocha es Capitán de Yate y tiene más de 20 años de experiencia en la enseñanza de la navegación a vela.

Comentarios sobre la obra:

Enviar a correojrey@hotmail.com

© Jesús Rey Rocha 2007

Jesús Rey Rocha

Guía Práctica
de
Navegación de Altura

2007

A mi hijos Quique y Silvia

Espero haberles transmitido los mismos genes del amor por la naturaleza y por el mar que me cedieron mis padres.

La Guía está dividida 3 capítulos, dedicados respectivamente a la *Navegación por Estima*, el *Uso del Sextante* y la *Navegación Astronómica*, a los que se adjuntan un *Glosario de Términos*, un listado de *Símbolos y Abreviaturas* y un listado de *Bibliografía* de referencia.

Cada capítulo contiene una serie de fichas numeradas que tratan distintos temas. Cada una de ellas está estructurada en distintas secciones que aparecen encabezadas y enmarcadas siguiendo un código de colores, que se explica gráficamente en la siguiente página. Salvo en casos extraordinarios, se ha reunido, en una ficha o conjunto de fichas sucesivas, toda la información necesaria para realizar los cálculos, evitando en la medida de lo posible las referencias a otras fichas. Si bien se ocasiona así la repetición de información en distintas páginas, este sistema presenta la ventaja de facilitar el cálculo de un modo ininterrumpido, evitando cambios de página innecesarios.

Prólogo

Las páginas que componen esta guía no ambicionan más que constituirse en material de referencia, de ayuda para la navegación de altura. Están destinadas a aquéllos que, como el autor, disfrutan de la navegación astronómica, como apoyo y complemento de la actualmente más utilizada, por su sencillez y comodidad, navegación electrónica. A los que nos resistimos a sustituir definitiva e irremisiblemente el sextante por el GPS. Y particularmente a los que, por la ocasionalidad de nuestras travesías y fragilidad de nuestra memoria, necesitamos de apoyos que nos permitan recordar los métodos y fórmulas empleados en este tipo de navegación.

Pretenden, así pues, constituir un compendio de procedimientos, o dicho coloquialmente, una recopilación de "chuletas" de navegación de altura.

Tanto su contenido como su diseño están enfocados a lograr la máxima sencillez y practicidad para su utilización a bordo, sin perder por ello la necesaria exhaustividad. Así pues, se han evitado, salvo en casos puntuales, los aspectos teóricos, que pueden ser consultados en obras más completas y exhaustivas. El navegante encontrará explicaciones esquemáticas y breves relativas a los aspectos esenciales de los distintos procedimientos. Pero fundamentalmente hallará los "tipeos" de los cálculos necesarios para la navegación por estima y para situarse a través de los astros.

Título

Tema principal. Conceptos básicos

Temas relacionados

RESOLUCIÓN (“Tipeo”)

Encabezado

Fórmulas

Resultados parciales

Resultados finales

Entrada en tablas: Ej.: *Entrar con x, y*
(Tablas a utilizar: Ej: TN 67.1, AN p.387)

Referencias a otras fichas

* Notas aclaratorias o de atención

Agradecimientos

Este es el rincón más importante de este libro. En él figuran las personas y los lugares que lo han hecho posible. Marta, que comparte mi vida y mi afición por la navegación. Mis padres, que entre su herencia genética me dejaron el amor por la naturaleza, por el mar. Mi tristemente desaparecido amigo Paco Pedrón, gran navegante y mejor persona; gracias Paco por iniciarme en los secretos de la Navegación Astronómica. Andrés de la Poza, metódico profesor de Navegación Astronómica. La Ría de Arosa, todavía de vez en cuando siento la necesidad de volver a navegar sus aguas, visitar sus puertos y disfrutar de sus gentes; aún no he conocido lugar mejor para la navegación a vela. El CINA, Centro Internacional de Navegación de Arosa, donde se educó mi pasión por el mar y donde nació y se desarrolló mi afición por la navegación a vela... y donde conocí y aún conservo a mis mejores amigos. Sus monitores y alumnos; gracias tanto a unos como a otros por enseñarme tanto, no sólo de vela.

Índice

	Conceptos básicos	CB1
	Símbolos y Abreviaturas	SA1
	Navegación por Estima	
	- Loxodrómica. Estima: problema directo	NE1
	- Loxodrómica. Estima: problema inverso	NE2
	- Estima: resolución con TN 13.1. Problema directo	NE3
	- Estima: resolución con TN 13.1. Problema inverso	NE4
	- Rectificación de Estima: Meridiano Móvil	NE5
	- Rectificación de Estima: Error de Distancia	NE7
	- Rectificación de Estima: Error de Rumbo	NE8
	- Aplicaciones de la Estima	NE9
	- Navegación por Ortodrómica	NE10
	Sextante	
	- Consejos y tolerancias.....	SE1
	- Corrección de Índice.....	SE2
	- Comprobación y rectificación del Sextante	SE3
	- Observación de alturas meridianas	SE5
	- Observación de la altura de la Luna.....	SE6
	- Observación de la altura de Estrellas y Planetas.....	SE7
	Navegación Astronómica	
	- Cálculo de Horas.....	NA1
	- Salida y puesta de Sol y Luna	NA2
	- Cálculo de azimutes	NA3
	- Situación por la Meridiana (Sol).....	NA5
	- Situación por Altura Circunmeridiana	NA9
	- Recta de altura al Sol	NA11

- Situación por 2 Rectas de Altura no simultáneas	NA13
- Situación por 2 Rectas de Altura simultáneas	NA15
- Altura al Sol por la mañana y situación trasladada a mediodía verdadero.....	NA17
- Modelo práctico de situación por el Sol	NE19
- Cálculo de la latitud por la Polar	NA20
- Situación por la Meridiana (Luna)	NA21
- Recta de Altura Luna	NA23
- Reconocimiento de Astros	NA25
- Situación por la Meridiana (Estrellas)	NA27
- Recta de Altura Estrellas	NA29
- Situación por la Meridiana (Planetas)	NA31
- Recta de Altura Planetas	NA33
- Situación con Tablas Rápidas AP3270 y AN	NA35
- Reconocimiento de algunas estrellas por enfilaciones .	NA37

 Bibliografía	B11
---	------------

Conceptos Básicos

CB1

En cursiva, los conceptos que tienen su propia entrada.

- **α .** Una de las constantes de la *Ortodrómica*. Corresponde a la longitud de los puntos de corte de la *Ortodrómica* con el *Ecuador*.
- **β .** Una de las constantes de la *Ortodrómica*. Es el ángulo que forma la *Ortodrómica* con el *Ecuador*. También es el valor de la latitud máxima que toma la *Derrota*, en los puntos llamados *Vértices*.
- **Alidada.** Radio del *Sector* del sextante cuyo extremo se desliza a lo largo del *Limbo*.
- **Alineación.** Unión ideal de dos o más estrellas mediante líneas, que prolongadas conducen a una estrella distinta, que puede, por este procedimiento, ser identificada.
- **Almicantarat.** Círculos menores paralelos al *Horizonte*. Los astros que tienen la misma *altura* se encuentran en el mismo Almicantarat.
- **Altura.** Arco de *Vertical* contado desde el *Horizonte* hasta el astro.
- **Altura circunmeridiana.** La observada cuando el astro está próximo al *Meridiano*, antes o después de su paso.
- **Amplitud.** Arco de *Horizonte* que va desde los *Puntos Cardinales* E u W hacia el N o S hasta el *Vertical* del astro. Es el complemento del *Azimut por cuadrantes* ($Ap=90^\circ - Z_{\text{cuadrantes}}$).
- **Ángulo Cenital.** Ángulo formado con vértice en el *Cenit*, cuyos lados son la *Distancia Cenital* y la *Colatitud*. Es igual que el *Azimut Astronómico*. Es uno de los ángulos del *Triángulo de Posición*.
- **Ángulo en el Polo.** Ángulo formado con vértice en el *Polo Elevado*, cuyos lados son la *Colatitud* y la *Codeclinación*. Es igual que el *Horario del Lugar* contado menor de 180° . Es uno de los ángulos del *Triángulo de Posición*.

Conceptos Básicos

CB4

- **Horario del Lugar. (*Horario Astronómico*).** Arco de *Ecuador* contado desde el punto de corte con el *Meridiano Superior* del *Lugar* hacia el W, hasta el *Círculo Horario* del astro.
- **Horizonte.** Círculo perpendicular a la línea Cenit-Nadir.
- **Horizonte Aparente (sensible).** Paralelo al verdadero teniendo por centro el observador. Es un círculo menor en la esfera celeste geocéntrica y un círculo máximo en la local.
- **Horizonte Verdadero (racional, astronómico).** El que tiene por centro el de la Tierra. Es un círculo máximo de la esfera celeste geocéntrica.
- **Horizonte Visible (de la mar).** Formado por las visuales a la superficie de la tierra. Sobre el se cuentan las *alturas* tomadas con el sextante.
- **Latitud.** Arco de *Meridiano* comprendido entre el *Ecuador* y el observador.
- **Latitud (esfera celeste).** Arco de *Meridiano del Lugar* comprendido entre el *Ecuador* y el *Cenit* del observador. También es el arco de este *Meridiano* que va del *Horizonte* al *Polo Elevado*.
- **Latitud aumentada.** Valor analítico que toma la *Latitud* en la proyección mercatoriana y que sirve para determinar la separación entre los *Paralelos*.
- **Limbo.** Arco graduado del sextante.
- **Longitud.** Arco de *Meridiano* contado desde el *Ecuador* al punto donde se encuentra el observador.
- **Loxodrómica.** Línea de rumbo que forma ángulos iguales con todos los *Meridianos*.
- **Meridiano.** Los Meridianos son los círculos máximos que pasan por los *Polos* y, por tanto, son perpendiculares al *Ecuador*.

Conceptos Básicos

CB3

- **Constantes de la Ortodrómica.** Ver α y β .
- **Coordenadas Horarias.** Las que se cuentan en los círculos máximos perpendiculares *Ecuador* y *Círculo Horario* del astro. Son el *Horario* y la *Declinación*. Son dependientes del observador si se toma el *Horario del Lugar*, pero independientes si se toma el *Horario en Greenwich*, ya que la declinación no depende del observador.
- **Coordenadas Horizontales.** Las que se cuentan en los círculos máximos perpendiculares *Horizonte* y *Vertical* del astro. Son el *Azimut* y la *Altura*. El sistema de coordenadas horizontales depende de la posición del observador por contarse en el *Horizonte* y el *Vertical*, que varían con la situación de éste.
- **Curva de Altura.** Representación en la Carta Mercatoriana del *Círculo de Altura*.
- **Declinación.** Arco de círculo horario contado desde el *Ecuador* hasta el astro (0 a 90°).
- **Derrota Loxodrómica.** Ver *Loxodrómica*.
- **Derrota Ortodrómica.** Ver *Ortodrómica*.
- **Determinante.** Conjunto de datos suficientes y necesarios para trazar en la Carta Mercatoriana la *Recta de Altura* de un astro.
- **Distancia Cenital.** Arco de *Vertical* que va desde el *Cenit* hasta el astro. Para astros visibles, es el complemento de la altura ($z=90-a$). Es uno de los lados del *Triángulo de Posición*.
- **Ecuador.** Círculo Máximo perpendicular al eje de la Tierra.
- **Horario en Greenwich.** Arco de *Ecuador* contado desde el punto de corte con el *Meridiano Superior* de Greenwich hasta el *Círculo Horario* del astro. Nunca se cuenta menor de 180°.

Conceptos Básicos

CB2

- **Ángulo Sidéreo.** Arco de *Ecuador*, medido siempre hacia el Oeste, desde el *Meridiano de Aries* hasta el *Meridiano* de la Estrella.
- **Apartamiento.** Distancia, medida en arco de *Paralelo*, que se ha desplazado, hacia el E o el W, un barco que navega por la *Loxodrómica*.
- **Azimut.** Arco de *Horizonte* contado desde el *Punto Cardinal* N o S hasta el *Vertical* del astro.
- **Azimut Náutico.** Se cuenta desde el *Punto Cardinal* N hacia el E (en el sentido de las agujas del reloj) hasta el *Vertical* del astro (de 0 a 360°).
- **Azimut por cuadrantes.** Se cuenta desde el *Punto Cardinal* N o S hacia el E u W hasta el *Vertical* del astro (de 0 a 90°).
- **Braza.** 6 *pies* = 1,8288 metros.
- **Cenit.** Punto imaginario de la esfera celeste situado sobre nuestra cabeza.
- **Círculo de Altura.** Lugar geométrico de los puntos de la Tierra desde los que en un mismo instante se observa el astro con igual altura.
- **Círculo Horario.** Círculo máximo en la esfera celeste que pasa por los *Polos* Celestes. Los círculos Horarios son perpendiculares al *Ecuador*.
- **Codeclinación.** Arco de *Círculo Horario* que va desde el *Polo Elevado* del observador hasta el astro. Es uno de los lados del *Triángulo de Posición*.
- **Colatitud.** Arco de *Meridiano del Lugar* comprendido entre el *Polo Elevado* y el *Cenit* del observador. También es el arco de este *Meridiano* que va del *Horizonte* al *Ecuador*. Es uno de los lados del *Triángulo de Posición*.

- **Meridiano de Greenwich.** Es el que se toma como origen para medir las *Longitudes*.
- **Meridiano del Lugar.** Círculo máximo (*Vertical*) que pasa por los *Polos* Celestes y por el *Cenit* y el *Nadir*.
- **Meridiano Inferior.** Mitad del *Meridiano del Lugar* que va desde el Polo Norte al Sur pasando por el *Nadir*.
- **Meridiano Superior.** Mitad del *Meridiano del Lugar* que va desde el Polo Norte al Sur pasando por el *Cenit*.
- **Milla Marina.** Longitud de 1 minuto de arco de *Meridiano*. La *Milla Marítima Internacional* equivale a 1.852 metros.
- **Nadir.** Punto de la esfera celeste opuesto al *Cenit*.
- **Ocaso aparente.** Instante en que el limbo inferior del astro corta al horizonte visible o de la mar.
- **Ocaso verdadero.** Instante en que el centro del astro pasa por el horizonte verdadero del observador, desde el hemisferio visible al invisible.
- **Orto aparente.** Instante en que el limbo superior del astro corta al horizonte visible o de la mar.
- **Orto verdadero.** Instante en que el centro del astro pasa por el horizonte verdadero del observador, desde el hemisferio invisible al visible.
- **Ortodrómica.** Derrota que sigue el círculo máximo entre dos puntos. Es el arco de círculo máximo que establece la distancia más corta entre dos puntos de la Tierra.
- **Ortodrómica (Constantes de la).** Ver α y β .
- **Ortodrómica (Vértices de la).** Ver *Vértices de la Ortodrómica*.
- **Paralelos.** Círculos menores paralelos al *Ecuador*.

Conceptos Básicos

CB7

- **Vertical Primario.** El que pasa por los *Puntos Cardinales* E y W. Es perpendicular al *Meridiano del Lugar*.
- **Vértices de la Ortodrómica.** Puntos de la *Ortodrómica* que tienen la máxima *Latitud* (uno N y otro S). Sus coordenadas, lo y Lo, se encuentran a 90° de los puntos de corte de la *Ortodrómica* con el *Ecuador*.
- **Yarda.** 3 *pies* = 0,9144 metros.

Conceptos Básicos

CB6

- **Pie.** 0,3048 metros.
- **Polo Depreso.** Polo Celeste (N,S) de nombre opuesto al de la *latitud* donde se encuentra el observador.
- **Polo Elevado.** Polo Celeste (N,S) del mismo nombre que la *Latitud* del observador.
- **Polos.** Cualquiera de los dos extremos del eje de la esfera celeste o de la Tierra.
- **Primer Meridiano.** Ver *Meridiano de Greenwich*.
- **Puntos Cardinales (N,S).** Puntos donde el *Meridiano del Lugar* del observador corta al *Horizonte*.
- **Puntos Cardinales (E, W).** Puntos en que se cortan el *Horizonte* y el *Ecuador*.
- **Recta de Altura.** La *Loxodrómica* se representa en la Carta Mercatoriana por una línea recta. La Recta de Altura es la representación del arco de *Loxodrómica* que sustituye al trozo de *Curva de Altura*.
- **Rumbo inicial.** Ángulo que forma el *Meridiano* con la *Ortodrómica*, o rumbo que tien que hacer el buque en la situación en que se encuentra. Es variable para cada punto de la *Ortodrómica*.
- **Sector (del sextante).** Armadura metálica del sextante en forma de sector circular.
- **Semidiámetro.** Distancia desde el *limbo* al centro del astro.
- **Triángulo de Posición.** Triángulo esférico formado, en la Esfera Celeste, por el *Meridiano Superior* del *Lugar*, el *Círculo Horario* del Astro, y el *Vertical* del Astro.
- **Vertical.** Los Verticales son círculos máximos que pasan por el *Cenit* y el *Nadir*.

Símbolos y abreviaturas

SA1

α = Constante α de la Ortodrómica (Ver “Conceptos Básicos”)
 β = Constante β de la Ortodrómica (Ver “Conceptos Básicos”)
 γ = Aries
 Δa = Incremento altura
 Δl = Incremento latitud
 ϕ = Latitud
aa, ai, ae, ao, av, ac= Altura aparente, instrumental, estimada, observada, verdadera, calculada
acm= Altura circunmeridiana
am = Altura meridiana
A = Apartamiento
A° = Abatimiento
AN = Almanaque Náutico
AS = Ángulo sidéreo
ci = Corrección de índice
corr = Corrección
ct = Corrección total
 δ = Declinación
D = Distancia
Dd = Distancia directa, distancia loxodrómica
Dec = Declinación (como aparece en el AN)
Dif = diferencia
Dn = Distancia navegada
Do = Distancia ortodrómica
G = Greenwich
h = Horario
H = Hora
HcG = Hora Civil en Greenwich
HcL = Hora Civil del Lugar
hG γ = Horario en Greenwich de Aries
HG γ = Hora en Greenwich de Aries
HL γ = Hora del Lugar de Aries
HL* = Hora del Lugar del Astro

Símbolos y abreviaturas

SA2

Ho = Hora oficial
HRB = Hora Reloj Bitácora
Hz = Hora de la zona (huso horario)
Ic = Intensidad de la corriente
In = Intervalo navegado
lc, le, lo = Latitud calculada, estimada, observada
Le, Lo = Longitud estimada, observada
m = Minutos
O = Adelanto o retraso oficial aplicado a la hora
P = Paralaje
^P= Ángulo en el Polo
PHE = Paralaje Horizontal Ecuatorial
PML = Paso por el Meridiano del Lugar
PMS = Paso por el Meridiano Superior
ppa = Parte proporcional de altura
ppp = Parte proporcional de paralaje
R = Refracción
R° = Retardo
RA = Recta de Altura
Ra, Re, Rs, Rv = Rumbo aguja, efectivo, de superficie, verdadero
Rc = Rumbo de la corriente
Rd = Rumbo directo
Rf = Rumbo final (Ortodrómica)
Ri = Rumbo inicial (Ortodrómica)
s = Segundos
SD = Semidiámetro
TN = Tablas Náuticas (de Martínez Jiménez)
TR = Tablas Rápidas AP3270
TU = Tiempo Universal
Vb, Ve = Velocidad del buque, efectiva
Z = Distancia Cenital
Z = Azimut, Huso Horario (para el calculo de horas)
Za, Zv = Azimut de aguja, verdadero

Loxodrómica. Estima: problema directo

Planteamiento

Conocido: Punto de Partida (I,L), R, D

Desconocido: Punto de Llegada

Cuadro de estima

							ΔI		A	
Ra	Δ	Ct	Rv	A°	Rs	D	N	S	E	W
Con corriente					Rc	Ic				

Fórmulas

$$\Delta I = D \cdot \cos R$$

$$A = D \cdot \sin R$$

$$I_m = (I + I') / 2$$

$$\Delta L = A / \cos I_m$$

 ΔI y ΔL en minutos (nunca grados y minutos)

Rumbos cuadrantales. Si circulares: N,W(+); S,E(-)

Casos particulares

$$R = N, S \implies D = \Delta I, A = 0$$

$$R = E, W \implies D = A, \Delta I = 0$$

Estima: resolución con TN 13.1. Problema inverso

Planteamiento

Conocido: Punto de Partida (I,L), Punto de Llegada (I', L')

Desconocido: R, D

$$1^\circ \Delta I = I' - I$$

$$2^\circ I_m = (I + I') / 2$$

$$3^\circ \Delta L = L' - L$$

4° Entrar con I_m como R y ΔL como DSe obtiene A (E/W) en la columna de ΔI 5° Se localiza en el interior de la tabla la *pareja de valores más próximos* a ΔI y A . R es el del encabezamiento o pie, según proceda. D es la del renglón que los contiene.El cuadrante de R viene dado por los sentidos N/S y E/W de ΔI y ΔL

Estima: resolución con TN 13.1. Problema directo

Planteamiento

Conocido: Punto de Partida (l,L), R, D

Desconocido: Punto de Llegada

1° Entrar con **R** y **D**Se obtiene Δl (N/S) y **A** (E/W)

$$l' = l + \Delta l$$

$$l_m = (l + l') / 2$$

2° Entrar con **l_m** como **R** y **A** en columna Δl Se obtiene ΔL en columna Δl

$$L' = L + \Delta L$$

Los sentidos N/S y E/W de Δl y ΔL
vienen dados por el cuadrante de R

Loxodrómica. Estima: problema inverso

Planteamiento

Conocido: Punto de Partida (l,L), Punto de Llegada (l',L')

Desconocido: R, D

l'

$$l = \frac{l + l'}{2}$$

$$\Delta l = (\text{min.})$$

L' =

$$L = \frac{L + L'}{2}$$

$$\Delta L = (\text{min.})$$

$$l_m = (l + l') / 2$$

$$A = \Delta L \cdot \cos l_m$$

$$\text{tg} R = A / \Delta l$$

$$Dd = \Delta l / \cos R$$

 $\Delta l > 5 \Rightarrow$ latitudes aumentadas (la) (TN 21.1)

$$l'a - l_a = \Delta l_a$$

$$\text{tg} R = \Delta L / \Delta l_a$$

$$Dd = \Delta l / \cos R \text{ (no lat. aument.)}$$

Problema con A°

Rumbo obtenido: Rs

$$R_v = R_s - A^\circ$$

$$\text{Ra} = R_v - Ct$$

Problema con corriente

Rumbo obtenido: Re

Re $\Rightarrow$ Desc. Vectores: Rv

$$\text{Ra} = R_v - Ct$$

Problema con A° y corriente

Rumbo obtenido: Re

Re $\Rightarrow$ Desc. Vectores: Rs

$$R_v = R_s - A^\circ$$

$$\text{Ra} = R_v - Ct$$

Rectificación de Estima: Meridiano Móvil (1)

Planteamiento

Estando en una situación **lo, Lo**, a una hora **H₁** y navegando a un rumbo **R** y velocidad **V_b** hasta el PMS se obtiene **H_z** del PMS y **situación** en ese momento

1º Cálculo PMS

HcL = PMS = (AN)
 L/15° (W,E) (+,-) = .
 HcG₂ =

2º Cálculo distancia

HcG₂=
 HcG₁ (-) = .
 t =
 D = V_b · t

3º Traslado por estima posición anterior del barco, a hora del PMS.

		Δl		A	
R	D	N	S	E	W

Δl = D · cos R
 l' = lo + Δl

A = D · sen R
 lm = (l + l') / 2
 ΔL = A / cos lm

4º Situación estimada a HcG₂

l' = lo + Δl L' = Lo + ΔL

Rectificación estima: Error de Rumbo

Aplicación

Se puede usar cuando no es posible calcular Pagel por no tener Z.
 No se obtiene Lo, pero si una **Lrectif** muy ajustada

Error de distancia

Se produce cuando se navega a los rumbos

entre N45°W - S45°W, o
 entre N45°E - S45°E

1º. Obtener latitud observada

lo por cualquier método
 (PMS, Polar, etc.)

2º. Δl = lo - le

3º. R = arc cos (Δl / D)
 D, la navegada desde el anterior punto de estima

4º. Estima con Δl como D

		Δl		A	
R	D	N	S	E	W
R	D				

A = D · sen R lm = (l + l') / 2
 ΔL = A / cos lm
 Lrectif = L' + ΔL

Rectificación estima: Error de Distancia

Aplicación

Se puede usar cuando no es posible calcular Pagel por no tener Z.
No se obtiene Lo, pero si una **Lrectif** muy ajustada

Error de distancia

Se produce cuando se navega a los rumbos

entre N45°W - N45°E, o
entre S45°W - S45°E



1°. Obtener latitud observada

lo por cualquier método
(PMS, Polar, etc.)

$$2°. \Delta l = l_o - l_e$$

3°. Estima con Δl como D

		Δl		A	
R	D	N	S	E	W
<i>R</i>	<i>Δl</i>				

$$A = D \cdot \text{sen } R \quad l_m = (l + l') / 2$$

$$\Delta L = A / \cos l_m$$

$$\text{Lrectif} = L' + \Delta L$$

Rectificación de Estima: Meridiano Móvil (y 2)

Como se ha navegado no hasta una hora concreta, sino hasta la ocurrencia de un fenómeno astronómico (paso del Sol por el Meridiano Superior), hay que hacer la **corrección del meridiano móvil**.

5°. Corrección de la posición

$$\Delta L / 15 = m \rightarrow Dn' = m \cdot Vb$$

		Δl		A	
R	D	N	S	E	W
<i>Re*</i>	<i>Dn'</i>				

* Si se navega hacia el E, se cambian los signos del rumbo
(ej. NW pasaría a SW) pues nos acercamos al Sol

$$\Delta l = D \cdot \cos R$$

$$l'' = l' + \Delta l$$

$$A = D \cdot \text{sen } R \quad l_m = (l + l') / 2$$

$$\Delta L = A / \cos l_m$$

$$L'' = L' + \Delta L$$

6°. Corrección de la hora

$$HcG_2 = h \text{ m}$$

$$\Delta L = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$HcG_3 = h \text{ m}$$

$$Z (W,E) (+,-) = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$Hz = (\text{hora del PMS})$$

Aplicaciones de la Estima

Resolver corrientes analíticamente

Problema inverso de estima (ver ficha NE2)

Ic como Dd

Rc como R

Situarse a partir de demora y distancia

Problema directo de estima (ver ficha NE1)

- Demora verdadera contraria a la obtenida, como R
- ΔI , ΔL : se suman a l y L del punto al que tomamos la demora

Pasar a una distancia d de un punto P

Problema inverso de estima

1º. Calcular Dd y Rd a P

2º. Corregir el rumbo con α

$$\text{sen } \alpha = d / Dd$$

$$\alpha =$$

Derrota Ortodrómica: Constantes

Cálculo de las Constantes de la Ortodrómica (α y β)

Opción A: en función de la situación de un punto y Ri
(opción más sencilla)

1º Cálculo de Ri con fórmula (ver ficha NE 11)

2º. Cálculo de β (βN y βS)

$$X_1 = \cos l =$$

$$X_2 = \text{sen Ri} =$$

$$\cos \beta = X_1 \cdot X_2 =$$

$$\beta =$$

No tener en cuenta signos

3º. Cálculo de α y α'

$$Y_1 = \text{sen l} =$$

$$Y_2 = \text{tg Ri} =$$

$$\text{tg}(L - \alpha) = Y_1 \cdot Y_2 =$$

$$L - \alpha = \text{arc tg}(Y_1 \cdot Y_2) = Y$$

$$\alpha = L - Y \quad \alpha' = 180 - \alpha$$

Signos: (ver ficha NE10)

α (+,-) (W,E)

Precisión α y β : décima minuto

Opción B: en función de la situación de dos puntos

1º. Cálculo de α y α'

$$\text{tg} [\frac{1}{2}(L' + L) - \alpha] = \text{sen}(l' + l) / \text{sen}(l' - l) \quad \text{tg} \frac{1}{2}(L' - L)$$

Tomar siempre $[\frac{1}{2}(L' + L) - \alpha] < 90^\circ$, si + es W, si - es E

2º. Cálculo de β (βN y βS)

$$\text{tg } \beta = \text{tg l} / \text{sen}(L - \alpha) \quad \text{o bien} \quad \text{tg } \beta = \text{tg l}' / \text{sen}(L' - \alpha')$$

Derrota Ortodrómica: Rumbo Inicial

Cálculo con TN

(precisión: grado o medio grado)

Conocido: Situación de salida (I,L) y llegada (I',L')

A = (TN 67.1) Se entra con ΔL como $\wedge P$ y I' como δ B = (TN 67.1) Se entra con ΔL como $\wedge P$ y I' como δ

C = A + B =

Ri = (TN 67.3) Se entra con **I** como **latitud**.
Se obtiene **Ri** (cuadrantal) como **Zv**

Signos:

p' (+ si I y I' de = nombre, - si I y I' de $\neq$ nombre)**p''** (+ si $\Delta L > 90^\circ$, - si $\Delta L < 90^\circ$)**p** = **p' + p''** (suma algebraica):p + $\rightarrow$ **Ri** se cuenta desde el mismo nombre que Ip - $\rightarrow$ **Ri** se cuenta desde distinto nombre que I**Ri** E u W de = nombre que ΔL

Cálculo con fórmula

(precisión: décima de minuto)

 $X_1 = \cos I =$ $Y_1 = \sin I =$ $\sin \Delta L =$ $X_2 = \lg I' =$ $Y_2 = \cos \Delta L =$ $\div (X - Y) =$ $X = X_1 \cdot X_2 =$ $Y = Y_1 \cdot Y_2 =$ $\lg Ri =$ **Ri** = (cuadrantal)**Ri** (+,-) se cuenta desde (N,S); **Ri** (E,W) de = nombre que ΔL .

Derrota Ortodrómica

Ecuación de la Ortodrómica

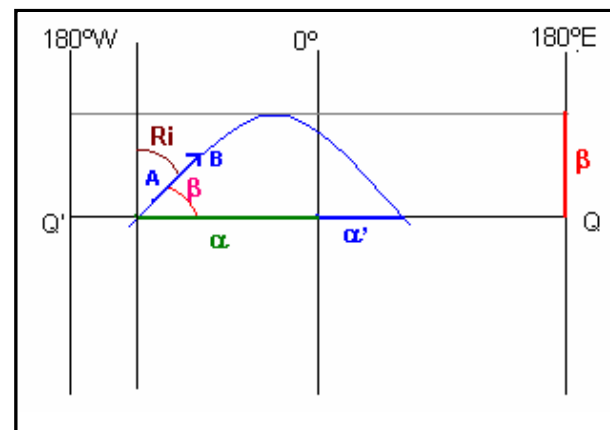
$$\sin(L - \alpha) = \lg I \cotg \beta$$

O

$$\lg I = \lg \beta \sin(L - \alpha)$$

En todas las fórmulas de la Ortodrómica hay que tener en cuenta los siguientes **signos**:

I (N,S) (+,-) L (W,E) (+,-)

1er. cuadrante $\rightarrow$ todas las funciones son +2º cuadrante $\rightarrow$ sen y cosec +, resto -3er. cuadrante $\rightarrow$ tg y cotg +, resto -4º cuadrante $\rightarrow$ cos y sec +, resto -

Derrota Ortodrómica: Distancias

Distancia Ortodrómica entre dos puntos

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \sin l = & Y_1 &= \cos l \\
 X_2 &= \sin l' = & Y_2 &= \cos l' \\
 X &= X_1 \cdot X_2 = & Y_3 &= \cos \Delta L = \\
 & & Y &= Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_3 =
 \end{aligned}$$

$$\cos Do = X + Y$$

$$Do =$$

Do se obtiene en grados y minutos.

Hay que pasarla a minutos (millas)

Signos:

Latitudes y funciones: ver ficha NE10.

Cos Do + → Do < 90° cos Do - → Do > 90°

Diferencia con la distancia Loxodrómica

Loxodrómica: (ver ficha NE2)

$$\operatorname{tg} R = \Delta L / \Delta la$$

la = latitudes aumentadas (TN 21.1)

$$Dd = \Delta l / \cos R$$

$$\text{Diferencia} = Dd - Do$$

Forma de seguir la Derrota Ortodrómica (1)

Opción A: Derrota por puntos

Se siguen *secantes* a la curva ortodrómica

1º Cálculo de las constantes de la Ortodrómica (α y β),
a partir de la situación de salida y llegada (Ver ficha NE12)

2º. Obtención de Puntos de la Ortodrómica

Opción A: fijando L_1
se obtiene la latitud
correspondiente

$$L_1 - \alpha =$$

$$X_1 = \sin (L_1 - \alpha) =$$

$$X_2 = \operatorname{tg} \beta =$$

$$\operatorname{tg} l_1 = X_1 \cdot X_2 =$$

$$l_1 =$$

Es la opción habitual: se
suele fijar L variando su
valor de 5° en 5°.

Opción B: fijando l_1
se obtiene la Longitud
correspondiente

$$Y_1 = \operatorname{tg} l_1 =$$

$$Y_2 = \operatorname{tg} \beta =$$

$$\sin (L_1 - \alpha) = Y_1 \cdot Y_2 =$$

$$L_1 - \alpha = \arcsin (Y_1 \cdot Y_2) = Y$$

$$L_1 = Y + \alpha$$

3º. Una vez obtenido un punto (l_1 , L_1), se navega entre el
anterior y éste por Loxodrómica (Rd y Dd) (Ver ficha NE2)

Derrota Ortodrómica: Vértices (y 2)

Coordenadas de los Vértices de la Ortodrómica (y 2)

En función de la situación de un punto y el Ri

Precisión manejada para **lo, Lo**: décimas de minuto.Para obtener **Ri** con la misma precisión, se debe calcular con fórmula (ver ficha NE 10)

$$X_1 = \cos l$$

$$X_2 = \frac{\sin Ri}{\cos lo} = X_1 \cdot X_2$$

lo =

No importan los signos, ya que existe un lo N y otro S

$$Y_1 = \sin l$$

$$Y_2 = \frac{\sin Ri}{\cos lo} = Y_1 \cdot Y_2$$

L - Lo =**Lo** =

Obtención del nombre de Lo:

L (N,S) (+,-)**Ri**: 1er. y 3er. cuadrante +, 2º y 4º cuadrante -Tomando $L - Lo < 90^\circ$ con su signo:

$$Lo = L - (L - Lo) \quad Lo' = 180^\circ - Lo$$

Para casar las coordenadas, ver dibujo ficha anterior.

Derrota Ortodrómica: Vértices (1)

Coordenadas de los Vértices de la Ortodrómica (1)

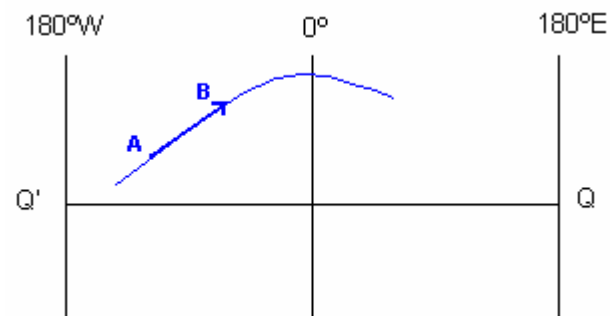
En función de las constantes (α y β)

$$lo = \beta N \quad Lo = \alpha + 90^\circ$$

$$lo' = \beta S \quad Lo' = \alpha - 90^\circ$$

Para casar la longitud y latitud de cada vértice, se usa un dibujo de la Ortodrómica (ver ficha NE10), situando los puntos de salida (A) y llegada (B), y deduciendo la L (E,W) que corresponde al vértice N y al S.

Por ejemplo:



Forma de seguir la Derrota Ortodrómica (y 2)

Opción B: Derrota por Ri

Se siguen *tangentes* a la curva ortodrómica1º. Cálculo de Ri entre l, L y l', L'

$$\begin{array}{lll} X_1 = \cos l = & Y_1 = \sin l = & \sin \Delta L = \\ \frac{X_2}{X_1} = \frac{\cos l'}{\cos l} = & \frac{Y_2}{Y_1} = \frac{\sin \Delta L}{\sin l} = & \frac{\sin \Delta L}{\sin l} = \\ X = X_1 \cdot X_2 = & Y = Y_1 \cdot Y_2 = & \text{tg Ri} = \end{array}$$

Ri = (cuadrantal)

Ri (+,-) se cuenta desde (N,S); Ri (E,W) de = nombre que ΔL .

2º. Se navega a Ri durante 200-300 millas.

$$\begin{array}{ll} X_1 = \sin l = & Y_1 = \cos l = \\ \frac{X_2}{X_1} = \frac{\cos D}{\cos l} = & \frac{Y_2}{Y_1} = \frac{\sin D}{\sin l} = \\ X = X_1 \cdot X_2 = & Y = Y_1 \cdot Y_2 = \end{array}$$

$$\sin l_1 = X \cdot Y \rightarrow l_1 =$$

D en ° y m; $D < 90^\circ$ +, $D > 90^\circ$ -

3º. Se obtiene la situación.

$$\begin{array}{l} W_1 = \text{tg } l_1 = \\ W_2 = \cos D = \\ \sin (L_1 - \alpha) = W_1 \cdot W_2 = \\ L_1 - \alpha = \arcsin (W_1 \cdot W_2) = W \\ \mathbf{L_1} = W + \alpha \end{array}$$

4º. Se calcula un nuevo Ri entre esta situación y la de llegada

5º. Se continúa el mismo procedimiento hasta aproximarse a la situación de llegada, y a partir de entonces se hace **Rd**.

A veces los primeros Ri no son del mismo nombre (N o S) que el rumbo Loxodrómico (Rd). Esto ocurre cuando entre la situación de partida y la de llegada se encuentra un vértice de la Ortodrómica.

Derrota Mixta (y 3)

3º. Cálculo de las distancias

Derrotas Ortodrómicas

$$\begin{array}{ll} \sin l = & \sin l' = \\ \frac{\sin l}{\sin l_n} = & \frac{\sin l'}{\sin l_n} = \\ \cos D_1 = & \cos D_2 = \\ \mathbf{D_1} = & \mathbf{D_2} = \end{array}$$

L (N,S) (+,-)

cos D + se toma $< 90^\circ$ cos D - se toma $> 90^\circ$

Derrota Loxodrómica (entre M y N)

Al hacerse sobre un arco de paralelo, $Dd = A$ (Apartamiento)

$$\Delta L = LM - LN =$$

$$\mathbf{Dd} = A = \Delta L \cos l_n$$

4º. Constantes de la Derrota Mixta

$$\alpha = L_M - 90^\circ \quad \alpha' = L_N - 90^\circ$$

$$\beta = \beta' = l_n$$

Derrota Mixta (2)

1º. Coordenadas de los puntos de tangencia (M y N)

$$\operatorname{tg} l =$$

$$\div \operatorname{tg} l_n =$$

$$\cos \Delta L_1 =$$

$$\Delta L_1 =$$

$$\operatorname{tg} l' =$$

$$\div \operatorname{tg} l_n =$$

$$\cos \Delta L_2 =$$

$$\Delta L_2 =$$

ΔL_1 = dif. Longitud entre A y M ΔL_2 = dif. Longitud entre B y N

No se tienen en cuenta los signos, ya que como M y N se encuentran entre A y B, los ΔL tienen que estar de acuerdo para que LM y LN estén comprendidas entre las longitudes de A y B.

Siendo ΔL total = $L - L'$:

ΔL total > $\Delta L_1 + \Delta L_2 \rightarrow$ Derrota Mixta (Ort. odrómica rebasa l_n)

ΔL total < $\Delta L_1 + \Delta L_2 \rightarrow$ Ortodrómica (No rebasa l_n)

2º. Cálculo de los Rumbos

Ri en 1ª Ortodrómica

$$\cos l_n =$$

$$\div \cos l =$$

$$\operatorname{sen} Ri =$$

$$Ri = L(N,S) (+,-)$$

sen Ri + se cuenta desde el N;

sen Ri - se cuenta desde el S

Ri (E, W) dependiendo de situación de B con respecto de A

Se obtiene $180 - Ri \rightarrow$ hay que cambiar N por S y viceversa

Ri y Rf en 2ª Ortodrómica

(igual fórmula para ambos)

$$\cos l_n =$$

$$\div \cos l' =$$

$$\operatorname{sen} Ri =$$

$$Ri =$$

Rd de Loxodrómica

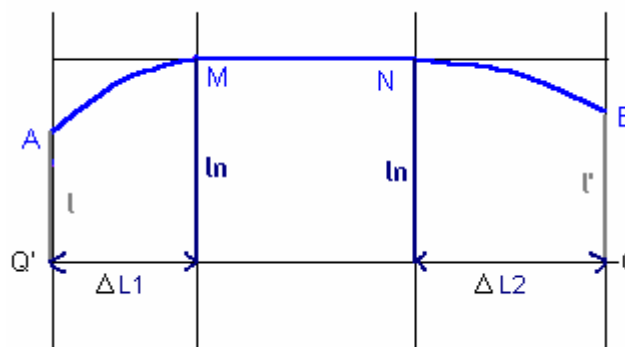
Rd = E u W

(...)

Derrota Mixta (1)

Concepto

Es la navegación más corta que se hace para no pasar de un determinado paralelo o latitud (denominada l_n).



Procedimiento

- 1º. **Derrota Ortodrómica** desde la *Situación de Salida* ($A = l, L$) hasta el *punto tangente al Paralelo* que no se quiere rebasar (M).
- 2º. **Derrota Loxodrómica** por el *Paralelo de latitud máxima* (l_n) hasta N.
- 3º. **Derrota Ortodrómica** entre N (*punto de tangencia del Paralelo con la Derrota Ortodrómica*) y la *Situación de Llegada* ($B = l', L'$).

Consejos y tolerancias

Consejos para tomar alturas

- Al **tangentear** el astro con el horizonte y decir “TOP”, el encargado del reloj leerá primero los segundos.
- **Buena visibilidad** $\Rightarrow$ situarse en el lugar más elevado del barco. El horizonte estará más lejos y no se verá perturbado por el oleaje.
- **Mala visibilidad** $\Rightarrow$ situarse en el lugar más bajo. El horizonte estará más próximo, y será algo más nítido.
- Si hay **mal tiempo** y es difícil tomar observaciones $\Rightarrow$ tomar 5 ó 6 alturas en un período de 3-4 minutos, y sacar el **promedio de HcG y a**.

Errores y tolerancias

- **Diferencia con la HG:**
 - No debe ser superior a 5 segundos” (5” = 1-2 millas de error).
 - *Meridiana Sol y Latitud Polar*: puede llegar hasta 1 minuto.
 - *Luna*: hay que ser muy precisos.
- **Observación con sextante:**
 $15^\circ < ai < 65^\circ$
- **Situación.** Difícil lograr precisión superior a 1 minuto. No merece la pena llegar a décimas de segundo

Comprobación y rectificación del Sextante (y 2)

Rectificaciones **NO** posibles a bordo

Paralelismo de las caras de los espejos.

1. Se lleva la alidada a marcar un ángulo grande y se comprueba si la imagen reflejada del Sol aparece clara y con bordes definidos. Si no es así, uno de los espejos no tiene sus caras paralelas.
2. A continuación, se lleva la alidada cerca del 0:
 - Si el defecto desaparece o se atenúa: está mal el espejo grande, hay que cambiarlo.
 - Si el defecto persiste: está mal el espejo chico, conviene cambiarlo, aunque el error que se produce se incluye en la corrección de índice.

Paralelismo de las caras de los filtros.

Se mira al Sol interponiendo uno o varios filtros. El que no de imagen clara o con bordes definidos hay que suprimirlo en las observaciones.

Comprobación y rectificación del Sextante (1)

Rectificaciones posibles a bordo

Espejo grande perpendicular al plano del limbo.

1º. Se poner la alidada aproximadamente a un tercio del limbo a partir del cero.

2º. Se coloca el sextante horizontal y se mira por el espejo grande la parte reflejada del limbo, la cual debe aparecer a continuación del arco del limbo visto directamente a la derecha del espejo.

Rectificación: si se ve en distinto plano, se moverá el tornillo que tiene el soporte del espejo.

Espejo chico perpendicular al plano del limbo.

Se comprueba viendo si es paralelo al grande. Dos modos de hacerlo:

• Por un astro:

1º. Se pone la alidada a 0 y se mira una estrella o el Sol.

2º. Se mueve la alidada y si la imagen reflejada (R) pasa justo sobre la directa (D), el espejo es perpendicular.

Rectificación: si R pasa a un lado de D sin coincidir con ella, se deja R a la altura de D, y con el tornillo que tiene el soporte del espejo en su centro, se hará coincidir R con D.

• Por el horizonte:

1º. Se lleva la imagen reflejada del Horizonte en prolongación de la directa (índice $\cong 0$).

2º. Si al oscilar el sextante en torno al eje óptico ambas imágenes se separan, el espejo no es paralelo.

Rectificación: se girará el tornillo del soporte hasta conseguir que al oscilar el sextante sigan en prolongación.

Corrección de Índice

Definiciones

Punto Inicial o de Paralelismo. Punto que marca el índice de la alidada en la graduación del limbo, cuando el espejo grande es paralelo al chico.

Error de índice. Separación angular entre el cero de la graduación del limbo y el punto de paralelismo.

Signo de la Corrección de Índice (ci)

Punto de paralelismo a la dcha del 0 $\Rightarrow$ ci positiva

Punto de paralelismo a la izda. del 0 $\Rightarrow$ ci negativa

Determinación de la ci por el Sol

Procedimiento:

1º. Se pone la alidada a cero y se colocan los filtros

2º. Se observa el Sol, viendo dos imágenes del astro (directa y reflejada)

3º. Con el tambor, se lleva a tangente un Sol sobre el otro, y se lee la graduación **le** (será un ángulo muy pequeño)

4º. Se tangentean de nuevo los dos soles, pero de modo que la imagen superior pase ahora abajo, y se toma la lectura **le'**.

$$ci = (le + le')/2 \quad (\text{Cada } le \text{ con su signo})$$

Comprobación:

$$SD (AN) \cong (le - le')/4$$

Observación de alturas meridianas

Modo de observar Alturas Meridianas

1. Se obtiene la *hora de la meridiana*, para estar preparado.
2. Se van tomando *alturas momentos antes de la meridiana*, hasta que se observe que el astro se ha parado (altura no varía), instante en que se habrá observado la altura meridiana.
3. Para confirmarlo, se tomarán alturas cuando el astro empiece a bajar.

Recomendaciones

- Al ser $a \cong 90^\circ$, no se distingue bien la vertical del astro. Conviene calcular previamente Z y observar la altura en esa dirección.
- No es necesario ser preciso con la hora, ya que sólo se debe calcular δ (ver ficha NA5), que varía muy poco (la tolerancia puede llegar hasta 1 minuto).

Observación altura de Estrellas y Planetas (y 2)

Recomendaciones

Momento más adecuado: *crepúsculos (náutico)*, en el intervalo de horas que da el AN.

Observación en noches de Luna: condiciones ideales cuando *Altura Luna* $< 20^\circ$ y *vertical astro corta al arco de horizonte que está iluminado*.

Observación en noches oscuras: es recomendable

- a) *Adaptar la vista* a la oscuridad.
- b) Observar desde un *lugar poco elevado*.
- c) Realizar la observación *sin antejo*.
- d) *Bajar el astro al horizonte*, poniendo previamente la alidada en la altura aproximada.

Modo de observar la altura de la Polar

- 1°. Se pone en la alidada el valor de le , y
- 2°. Se observa en la dirección del **N** verdadero.

Observación altura de Estrellas y Planetas (1)

Estrellas de a v Z conocidos (aprox.)

- 1°. Se pone en la alidada el valor de **a**, y
- 2°. Se mira al horizonte en dirección de **Z**.

Astros de a desconocida

Astro bien visible y no muy alto

- 1°. Se pone el sextante a cero, y
- 2°. Se baja el astro al horizonte.

Astro alto y poco visible: se llevará el horizonte al astro del siguiente modo:

- 1°. Se pone el sextante vertical pero invertido (limbo hacia arriba).
- 2°. Se mira al astro por el cristal del espejo chico (sin anteojo o por fuera de él).
- 3°. Se desplaza la alidada hasta que en la parte azogada del espejo aparezca el horizonte.
- 4°. Se da la vuelta al sextante; mirando al horizonte se verá la imagen del astro en el campo del anteojo (si el astro es poco visible, conviene acercar el anteojo al plano del sector, girando el tornillo del soporte).
- 5°. Se ajusta la altura sextanteando.

Observación altura de la Luna

Modo de observar la Altura de la Luna

Luna llena: se puede observar cualquiera de los dos limbos.

En el resto de las fases sólo se puede observar el limbo iluminado.

Luna próxima al Plenilunio: difícil observar el limbo iluminado, por ser casi circular. Se actuará así:

- **Antes del Plenilunio:** borde circular a Poniente.

Luna al E $\Rightarrow$ se observará limbo superior.

Luna al W $\Rightarrow$ se observará limbo inferior.

- **Después del Plenilunio:** borde circular a Levante.

Luna al E $\Rightarrow$ se observará limbo inferior.

Luna al W $\Rightarrow$ se observará limbo superior.

Cálculo de Horas

Fórmulas

$$\begin{aligned} \text{HcG} &= \text{HcL} + \text{L} & \text{HG}^* &= \text{HL}^* + \text{L} \\ \text{HcG} &= \text{Hz} + \text{Z} & \text{HG}^* &= \text{HG}\gamma + \text{AS} \\ \text{HcG} &= \text{Ho} + \text{O} & \text{HL}^* &= \text{HL}\gamma + \text{AS} \end{aligned}$$

Signos

$$\begin{aligned} \text{Z al Oeste} &= + & \text{L al Oeste} &= + \\ \text{Z al Este} &= - & \text{L al Este} &= - \end{aligned}$$

Cálculo del Huso Horario

- 1°. $\text{Z} = \text{L} (+, -) / 15$
- 2°. Se redondean decimales

Cambio de fecha al cruzar meridiano 180°

- Navegando **rumbo E**, se pasa de LE a LW
Se restará un día
- Navegando **rumbo W**, se pasa de LW a LE
Se sumará un día

Cálculo de azimutes (y 2)

Azimut verdadero de la Polar

Cálculo con el AN

Situación: le , Le
 $\text{HcG} =$

$\text{hG}\gamma$ por horas =
 corr por m = _____.
 $\text{hG}\gamma =$
 $-\text{Le (W;E) (+,-)} =$ _____.
 $\text{hly} =$ ° m

AN p. 385, entrando con le y hly

Corrección total a partir del Azimut

1°. Azimut Verdadero (TN)

$$\begin{aligned} \text{A} &= \text{_____} \quad (\text{TN } 67.1) \\ \text{B} &= \text{_____} \quad (\text{TN } 67.2) \\ \text{C} &= \text{A} + \text{B} = \\ \text{Zv} &= \text{_____} \quad (\text{TN } 67.3) \end{aligned}$$

2°. Cálculo Ct

$$\text{Ct} = \text{Zv} - \text{Za}$$

Cálculo de azimutes (1)

Cálculo con TN

$$A = \text{ (TN 67.1)}$$

$$B = \text{ (TN 67.2)}$$

$$C = A + B =$$

$$Z_v = \text{ (TN 67.3)}$$

Cálculo con fórmula y AN

$$\delta = \text{(AN, como Dec)}$$

$$\text{sen } \delta - \cos ae \cos le$$

$$\cos Z_v = \frac{\text{sen } \delta - \cos ae \cos le}{\cos ae \cos le}$$

Cálculo al orto u ocaso verdaderos

Con TN (60.1)

Se entra con l y δ Con Fórmula ($a=0$)

$$\cos Z_v = \text{sen } \delta / \cos l$$

Signo Z : N,S igual que δ / E al orto, W al ocaso

Al orto/ocaso aparentes

Cálculo con TN

TN 60.1 -->

TN 60.2 --> ΔZ

$$Z_v =$$

Entrar con l y δ en ambas tablas

Cálculo al PMS

El Z_v es N o S l y δ mismo signo, y $\delta > l$:

$$Z = \text{latitud (N o S)}$$

Caso contrario:

$$Z \neq \text{latitud}$$

Salida y puesta de Sol y Luna

Orto y ocaso

Orto y ocaso aparentes: instantes en que los astros cortan el horizonte visible o de la mar.

Salida = orto aparente. Puesta = ocaso aparente

Cálculo de la salida y puesta del Sol

$$HcL = h m \text{ (AN, salida y puesta en días alternos)}$$

$$L / 15 (W,E) (+,-) = h m$$

$$HcG =$$

$$Z =$$

$$H_z =$$

Cálculo de la salida y puesta de la Luna

$$HcG = h m \quad R^\circ = \text{(AN)}$$

$$\text{Corr por } R^\circ \text{ y } L =$$

$$HcL = h m$$

$$L / 15 (W,E) (+,-) = h m$$

$$HcG =$$

$$Z =$$

$$H_z =$$

Como la Luna tarda entre dos salidas/puestas más de 24 h ($24 + R^\circ$), en cada lunación hay días en que no hay salida/puesta de la Luna (indicados en el AN con *).

En ambos casos:

Si $LW \Rightarrow$ se utiliza hora del día anteriorSi $LE \Rightarrow$ se utiliza hora del día posterior

Situación por la Meridiana (Sol) (1)

Cálculo de la latitud

AN: Dec

Observaciones: ai, TU

Resultado: lo

1º. Altura Verdadera

Opción A (AN o TN)

corr AN (p.387) o TN (p.0)

ai =

ci =

ao =

A (-) = (corr depresión)

B (+) = (corr SD, R y P)

F (±) = (corr fecha) *

av =

Opción B (TN)

corr TN (TN 51)

ao =

C (+) = (corr depresión)

SD (±) =

av =

*Si altura a limbo superior
del Sol ==> [-(32+F)]

2º. Declinación

Dec Ξ a h. = Dif en 1h =

corr por Dif = (AN, tabla corr)

 $\delta = (N,S)$

3º. Cálculo Latitud

 $90^\circ - av = \mathfrak{Z} =$ $\delta (N,S) (+,-) =$

lo =

Situación por la Meridiana (Sol) (y 4)

Cálculo de la longitud (y 2): con AN y Sextante

1º. Hz paso sol por
meridiano del lugar

HcL = PMS = (AN)

 $L/15 (W,E) (+,-) =$

HcG =

 $Z(+,-) =$

Hz =

2º. Se toma altura Sol a_1 antes
culminar (no más de 30 m antes
de Hz). Se anota hora H13º. Se espera que el Sol, tras su
culminación, alcance un ángulo
igual que a_1 . Se anota hora H2.

4º. Cálculo de L

1er paso

H2 = h m s

H1 = h m s

Dif = m

 $\div 2 =$

Dif/2 = h m s

H1 =

PML =

2º paso

PMG(AN) = h m s

PML = h m s

Dif = m s

3er paso

60m ---- 15°

Dif ----- x

X = Lo = (15 Dif)/60

- Mediodía de nuestro lugar anterior al de
Greenwich $\Rightarrow L(E)$.
- Caso contrario $\Rightarrow L(W)$

Situación por la Meridiana (Sol) (3)

Cálculo de la longitud (1): con AN y TN

AN: PMS

TN: Zv

Sit. Estimada: Le

Resultado: Lo

1º. HcG

Método aproximado *

HcL = PMS = (AN)

 $L/15 (W,E) (+,-) =$

HcG =

 $Z(+,-) =$

Hz =

Método exacto **

360° 00' 0" (Si LE) 0° 00' 0" (Si LW)

 $L = (W,E) (+,-)$

HG = --> AN --> hora inm. Anterior

HG anterior =

Dif. = ° m s

Dif/15 = h m s

h

h m s (+)

HcG =

* Más fácil. Usar para distancias pequeñas.

** Usar para verdadera navegación de altura (Dif. resultado mínima)

3º. Cálculo de la longitud

Con azimuth previo

Pagel (C) = A + B (TN 67.1 y 67.2)

 $\Delta L = C \Delta l$ Signo de ΔL :

- Se pone signo Zv (cuad) $\begin{matrix} N & W \\ S & E \end{matrix}$
- Debajo, los contrarios
- Desde signo de Δl se traza diagonal hacia contrario, y ese es el signo de ΔL

Sin azimuth previo (ver fichas NE7 y NE8)

Usar 'rectificación de estima': corrección rumbo o distancia

2º. Azimut

A = (TN 67.1)

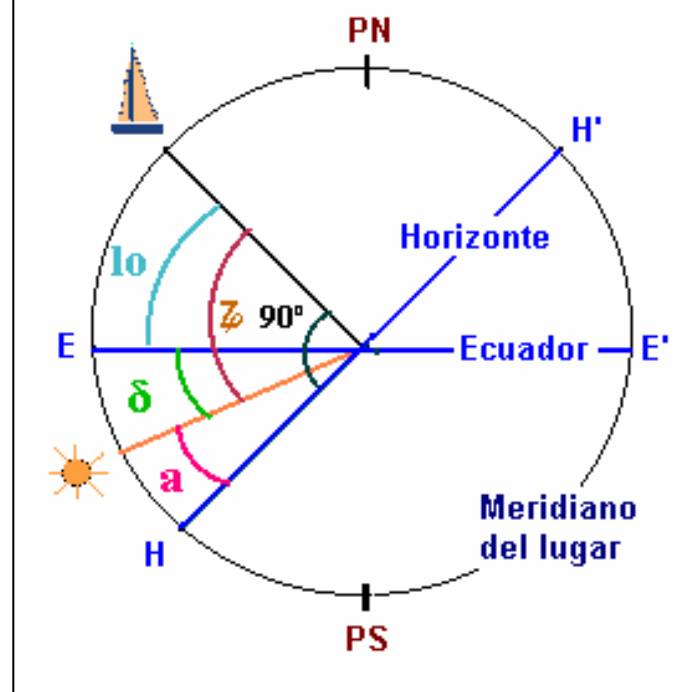
B = (TN 67.2)

C = A + B =

Zv = (TN 67.3)

Situación por la Meridiana (Sol) (2)

Explicación gráfica



Situación por Altura Circunmeridiana (1)

Planteamiento

- Se observa el astro cerca del meridiano
- Se quiere calcular su altura teórica, como si en el momento de la observación tuviera lugar la Meridiana
- Con **am** se obtiene una **lc**, que corresponde a la de corte de la RA con la longitud utilizada en el cálculo

Cálculo del determinante (ver dorso)

AN: HcG, δ TN: am, Zv Sit. estimada: le, LeObservaciones: ai, TU Resultado: Δl , Z

1°. Altura Verdadera

Opción A (AN o TN)

corr AN (p.387) o TN 0

ai =

ci =

ao =

A (-) = (corr depresión)

B (+) = (corr SD, R y P)

F ($\pm$) = (corr fecha) *

av (acm) =

* Si altura a limbo superior del Sol ==> [-(32+F)]

Opción B (TN)

corr TN 51

ao =

C (+) = (corr depresión)

SD ($\pm$) =

av (acm) =

2°. Declinación

 δ Ξ a h. = Dif en 1h =

corr por Dif= (AN, tab corr)

 δ = (N,S)

(…)

Recta de altura al Sol (y 2)

1°. Ángulo en el Polo

HcG a horas = (AN)

Corr m y s = (AN, tablas corr)

HG Ξ =

- L =

HL Ξ = $\Rightarrow$ $\wedge P$ = $\begin{matrix} HL \Xi \leq 180 \Rightarrow HL \Xi = P(W) \\ HL \Xi > 180 \Rightarrow P(E) = 360 - HL \Xi \end{matrix}$

2°. Declinación

Dec Ξ a h. = Dif en 1h =

corr por Dif= (AN, tablas corr)

 δ = (N,S)

3°. Azimut

A = (TN 67.1)

B = (TN 67.2)

C = A + B =

Zv = (TN 67.3)

4°. Altura Verdadera

Opción A (AN o TN)

corr AN (p.387) o TN 0

ai =

ci =

ao =

A (-) = (corr depresión)

B (+) = (corr SD, R y P)

F ($\pm$) = (corr fecha) *

av =

Opción B (TN)

corr TN 51

ao =

C (+) = (corr depresión)

SD ($\pm$) =

av =

* Si altura a limbo superior del Sol ==> [-(32+F)]

5°. Cálculo Altura Estimada y Δa $\text{sen } ae = \text{sen } l \text{ sen } \delta + \cos l \cos \delta \cos P$ *ae = (TN 72) $\Rightarrow$ Δa = av - ae

* Suma positiva, para que el astro esté sobre el horizonte

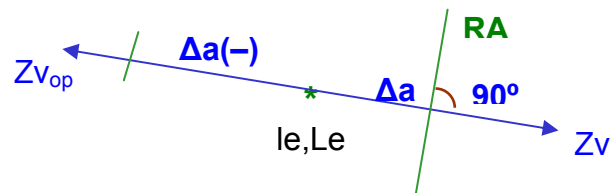
Recta de altura al Sol (1)

Cálculo del Determinante

AN: HcG, Dec TN: Zv Sit. Estimada: le, Le

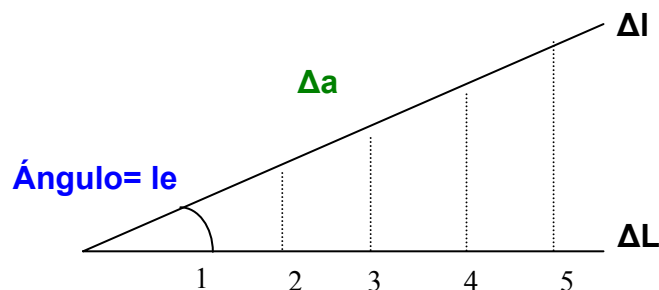
Observaciones: ai, TU Resultado: Zv, Δa

Trazado de la Recta de Altura



Unidades de Δa

Truco para tomar las unidades de Δa en un papel en blanco



Situación por Altura Cincunmeridiana (y 2)

3°. Ángulo en el Polo

HcG a horas = (AN)

Corr m y s = (AN, tablas corr)

HG E =

- L =

HL E = ⇒ ^P =

 $HLE \leq 180^\circ$ $\Rightarrow P(W) = HLE$ $HLE > 180^\circ$ $\Rightarrow P(E) = 360^\circ - HLE$

Rango de uso de TN65:

 δ y $a \leq 80^\circ$ P en función de δ : $\delta = 0^\circ \Rightarrow ^P = 7^\circ 35'$ $\delta = 80^\circ \Rightarrow ^P = 49^\circ 28'$

4°. Azimut (TN 65)

a) Entrar con valor más próximo de δ en línea superior/inferior, y con P en columna PZSe obtiene c' (columna C) y R (lados)b) Entrar con valor más próximo de av en línea superior/inferior, y con R (lados)Se obtiene Z (columna PZ) y c'' (columna C)

Nombre de Z

 $l < \delta$ y de = nombre $\Rightarrow Z =$ nombre que l $l > \delta$ y de = nombre $\Rightarrow Z \neq$ nombre que l l y δ de $\neq$ nombre $\Rightarrow Z \neq$ nombre que l Z E/W acorde con P

5°. Altura meridiana

acm=

 $l > \delta$ y de igual nombre $c'(\pm) =$ $\Rightarrow c'(-)$ $c''(+)=$ Resto de casos: $c'(+)$

am=

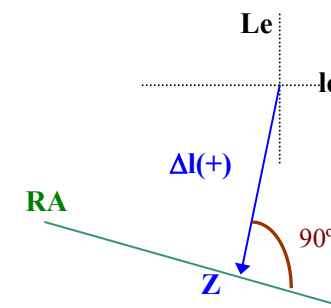
6°. Latitud calculada (lc) y Δl

 $z = 90^\circ - am =$ l y δ (N,S) (+, -) $lc = \delta - z =$

Obs. cara al

 $\Delta l = lc - le$ (N,S) $\Rightarrow z$ (+, -)

Trazado Recta de Altura



Situación 2 Rectas de Altura no simultáneas (1)

Procedimiento

1°. Primera recta de altura (Ver fichas 11, 25, 29, 33)

2°. Se traslada recta de altura por R y D

Ver cuadro adjunto

3°. Se calcula segunda recta de altura

4°. La situación final está en el corte de la primera recta trasladada y la segunda recta

Traslado recta por R y D

1°. Cálculo Rv y D

$$D = (HcG2 - HcG1) Vb$$

2°. Declinación

 $\delta \Xi a h. = \text{Dif en } 1h =$
 corr por Dif= (AN, tab corr)

$$\delta = (N, S)$$

3°. Cálculo ae y Δa

$$\text{sen } le \text{ sen } \delta =$$

$$\text{cos } le \text{ cos } \delta \text{ cos } P (+) =$$

$$\text{sen } ae = *$$

$$ae = (TN 72) \Rightarrow \Delta a = av - ae$$

* Suma positiva, para que el astro esté sobre el horizonte

3°. Tabla de estima

		Δl		A	
R	D	N	S	E	W
Rv	D				
ZvI	ΔaI				

Zv ± según
signo de Δa

$$\Delta l = D \cdot \cos R$$

$$le' = le + \Delta l$$

$$A = D \cdot \text{sen } R \quad lm = (l + l') / 2$$

$$\Delta L = A / \cos lm$$

$$Le = Le + \Delta L$$

Situación 2 Rectas de Altura simultáneas (y 2)

Consejos y tolerancias

Momentos más adecuados:

- *Crepúsculos* (crepúsculo náutico).
- *De noche*: cuando la Luna ilumina bien un arco de horizonte (altura Luna < 20°) y el vertical de los dos astros corta el horizonte dentro de ese arco.
- *De día*: se observan Sol, Luna, Venus y Júpiter.

Tiempo entre observaciones:

- El menor posible, para que el error en la estima no sea grande.
- Lo mejor es hacerlas en la proximidad de la Meridiana, para que Z varíe rápidamente (30° entre observaciones).
Ej.:
- Cuando Z es pequeño (pero >30°), y en la Meridiana.
- En la Meridiana, y cuando Z > 30°

Ángulo de intersección entre las dos rectas:

- Ángulo ideal: 90°
- Ángulo mínimo: 40°

Diferencia entre azimutes:

- Diferencia mínima: 30°

Situación 2 Rectas de Altura simultáneas (1)

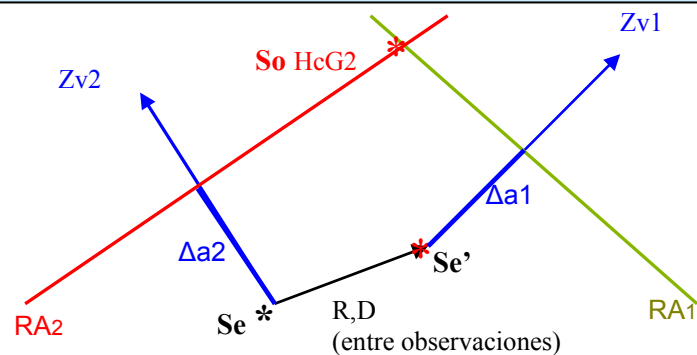
Procedimiento

1º. Observación de las alturas: La observación entre dos o más astros en una embarcación de baja velocidad es inferior a veinte minutos.

2º. Determinante de las RA Ver fichas NA11(Sol), 23 (Luna), 29 (Estrellas) y 33 (Planetas)

3º. Dibujo de las rectas (ver cuadro adjunto). No es necesario trasladar la recta de la primera observación.

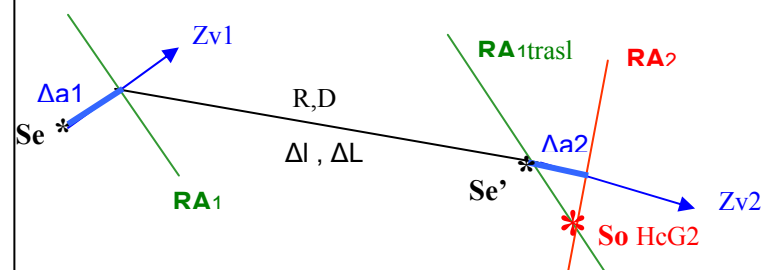
Trazado de las Rectas de Altura



Ejemplo de trazado trabajando los dos determinantes con la misma situación de estima (cuando se trabaja con lg o con tablas que sirven para cualquier situación)

Situación 2 Rectas de Altura no simultáneas (y 2)

Trazado de las Rectas de Altura



Consejos y tolerancias

Ángulo de intersección entre las dos rectas:

- Ángulo ideal: 90°
- Ángulo mínimo: 40°

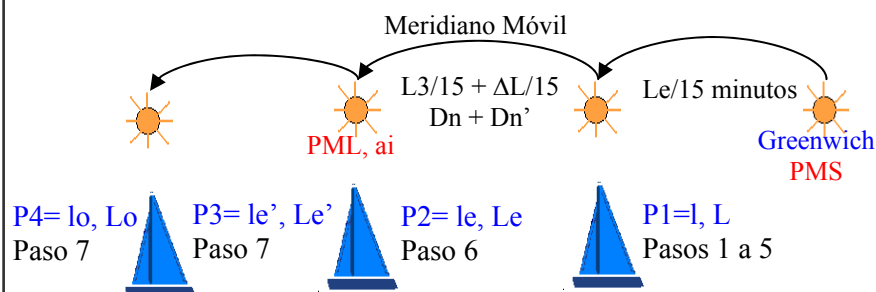
Diferencia entre azimutes:

- Diferencia mínima: 30°

Altura al Sol por la mañana y situación trasladada a mediodía verdadero (1)

Planteamiento

- Situación por determinante mañana.
- Rumbo loxodrómico a P (l', L'). Con corriente.
- Se navega hasta PMS. Situación al mediodía



- Cuando Ξ está en G, yo estoy en P1.
- Calculo PMS en P1, pero para entonces ya no estoy en ese meridiano (cuando Ξ llega a P1 yo ya he navegado hasta P2)

1º. Recta altura mañana

(Ver ficha NA11)

AN: HcG, Dec TN: Zv

Sit. Estimada: Le, le

Observaciones: ai, TU

Resultado: Zv, Δa

2º. PMS Sol. Intervalo navegado

PMS (AN) = h m

L/15 (W,E) (+,-)=

HG₂ =

In = HcG₂ - HcG₁

(...)

Cálculo de la latitud por la Polar

Situación con el Almanaque Náutico

HG_γ a horas =

corr por m y s =

HG_γ =

- L =

HL_γ =

ai =

ci =

ao =

A (-) = (corr por depresión) (AN p. 387, TN 0)

B (+) = (corr por SD, R y P)

F (±) = (corr por fecha) *

av =

* Si altura a limbo superior del Sol ==> [-(32+F)]

av=

C1 (±) = (AN tabla I p. 382, entrar con HL_γ)

C2 (+) = (AN tabla II, con HL_γ y av)

C3 (±) = (AN tabla III, con HL_γ y fecha)

lo =

Método sencillo cálculo latitud

La altura de la Polar

nos da la latitud (aprox.)

Modelo práctico de situación por el Sol

Procedimiento

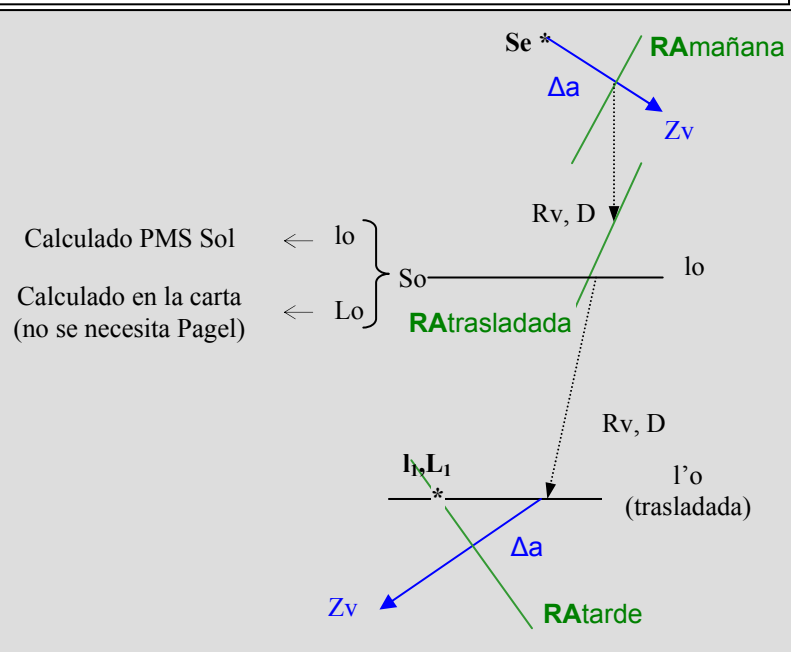
1º. Recta altura por la mañana (Ver ficha NA11)

AN: HcG, Dec TN: Zv Sit. Estimada: le, Le
Observaciones: ai, TU Resultado: Zv, Δa

2º. PMS Sol (Ver ficha NA5)

AN: Dec
Observaciones: ai, TU Resultado: lo

3º. Recta altura por la tarde (Ver ficha NA11)



Altura al Sol por la mañana y situación trasladada a mediodía verdadero (y 2)

3º. Estima (p. inverso)

$$\Delta l \text{ (min)} = l' - l$$

$$\Delta L \text{ (min)} = L' - L$$

$$lm = (l + l') / 2$$

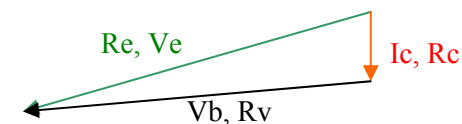
$$A = \Delta L \cdot \cos lm$$

$$tgR = A / \Delta l$$

$$Dd = \Delta l / \cos R$$

4º. Resolución gráfica de la corriente

Resultado: Rv, Ve, Dn = In Ve



5º. Traslado del determinante

		Δl		A	
R	D	N	S	E	W
Re	Dn				
Zv	Δa				

- Re cuadrantal
- Si Δa negativo, se cambia Zv de signo (ej.: S80E → N80W)
- Δa en valor absoluto (+)

$$\Delta l = D \cdot \cos R$$

$$le' = le + \Delta l$$

$$A = D \cdot \sin R \quad lm = (l + l') / 2$$

$$\Delta L = A / \cos lm$$

$$Le = Le + \Delta L$$

6º. Corrección de estima

$$\Delta L / 15 = m \quad Dn' = m \cdot Ve$$

		Δl		A	
R	D	N	S	E	W
Re	Dn'				

Resultado: Δl => le' ΔL => Le'

7º. Latitud Meridiana

(Ver ficha NA5 a NA8)

AN: PMS, Dec

Observaciones: ai, TU

Situación inicial: le', Le'

Resultado: lo, Lo

Situación por la Meridiana (Luna) (1)

Datos

AN: PMS, Dec TN: Zv Sit. estimada: le, Le
 Observaciones: ai, TU Resultado: lo, Lo

1°. HcG

Método aproximado *

PMG = (AN) R°=
 c por R°y L = (AN 386)
 HcL =
 $L/15^\circ (W,E)(+,-) = h, m$
 PML =
 Z (±) =
 Hz =

* Más fácil. Usar para distancias pequeñas.
 ** Usar para verdadera navegación de altura (Dif. de resultado mínima)

Método exacto **

360° 00'0 (Si LE) 0° 00'0 (Si LW)
 $L = (W,E) (+,-)$
 $HG = ^\circ m \Rightarrow AN: Dif = HcG =$
 $HG \text{ Inm. anterior} =$
 diferencia =
 corr por Dif. = (AN, tablas corr.)
 Dif. final = ° m $\Rightarrow$ ir a tablas corr.
 AN, buscar el valor en col. Luna, y mirar a qué intervalo l corresponde
 $I = m \text{ s}$
 $HcG =$
 PML =

2°. Altura Verdadera

ai =
 ci =
 ao =
 $A (-) = (\text{corr. depres.}) (AN.387, TN 0)$
 aa =
 $C(\pm) = (\text{corr. R,P,SD}) (AN 388, TN54)^*$
 aa corr =
 ppp=(+) (AN 388, TN p. 75)
 ppa (-)=
 av =

* Entrar con aa y Phe (página del AN fecha observación, HcG más próxima)

Recta de Altura Luna (y 2)

4° Altura Verdadera

ai =
 ci =
 ao =
 $A (-) = (\text{corr. depres.}) (AN.387, TN 0)$
 aa =
 $C(\pm) = (\text{corr. R,P,SD}) (AN 388, TN 54)^*$
 aa corr =
 ppp=(+) (AN 388, TN p.75)
 ppa (-)=
 av =

* Entrar con aa y Phe (página del AN fecha observación, HcG más próxima)

5° Calculo Altura Estimada y Δa

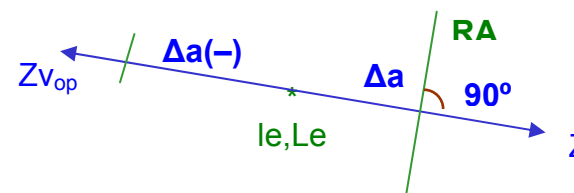
$$\text{sen } ae = \text{sen } l \text{ sen } \delta + \cos l \cos \delta \cos P^*$$

$$ae = (TN 72, \text{resuelve el seno})$$

$$\Delta a = av - ae$$

* Suma positiva, para que el astro esté sobre el horizonte

Trazado de la Recta de Altura



Recta de Altura Luna (1)

Cálculo del Determinante

AN: HcG, Dec TN: Zv Sit. Inicial: le, Le
 Observaciones: ai, TU Resultado: Zv, Δa

1°. Ángulo en el Polo

HcG por horas = (AN) Dif =
 corr m y s = (AN, tablas corr)
 corr por Dif. = (AN, tablas corr)

HcG =
 - L =
 HL =

^P =

HL ≤ 180 ==> HL = P(W)

HL > 180 ==> P(E) = 360 - HL

2°. Declinación

Dec a horas = (AN) Dif =
 corr por Dif = (AN tablas corr)
 δ = (N,S)

3°. Azimut

A = (TN 67.1)
 B = (TN 67.2)
 C = A + B =
 Zv = (TN 67.3)

(...)

Situación por la Meridiana (Luna) (y 2)

3°. Declinación

Dec. a horas = (AN) Dif =
 corr por Dif. = (AN tablas corr)
 δ =

4°. Latitud

90° - av = ℑ =
 δ (N,S) (+,-) =
 lo =

5°. Azimut

A = (TN 67.1)
 B = (TN 67.2)
 C = A + B =
 Zv = (TN 67.3)

6°. Cálculo de la longitud

Con azimut previo

Pagel (C) = A + B (TN 67.1 y 67.2)

ΔL = C Δl

Signo de ΔL:

- Pongo signo Zv (cuad) 
- Debajo, los contrarios
- Desde el signo de Δl se traza diagonal hacia contrario, y ese es el signo de ΔL

Sin azimut previo

Usar 'rectificación de estima': corrección de rumbo o de distancia (ver fichas NE7 y NE8)

Reconocimiento de Astros (1)

Con AN, TN y calculadora

AN: HL γ TN: Z v Observaciones: ai, leResultado: δ , AS $\Rightarrow$ Se busca astro en AN

2°. Altura Verdadera

ai =

ci = _____

ao =

A(-) = (corr. depresión) (AN p. 387)

C(-) = (corr. R y P) (AN p. 388, TN 54)

av =

1°. Azimut

A = (TN 67.1)

B = (TN 67.2)

C = A + B =

Z v = (TN 67.3)

3°. Declinación

sen l sen av =

+ cos av cos Z v = *sen δ =* Z v circular

4°. Ángulo en el Polo

(sen av - sen l sen δ) = $\div$ cos l cos δ =cos $\wedge$ P =-Signo de $\wedge$ P: coincide con "apellido" del Z cuadrantal del astro

5°. Horario Lugar de Aries

HG γ a horas = (AN, página día)

Corr por m y s =

HG γ =

- L =

HL γ =

6°. Ángulo Sidéreo

HL* = $\wedge$ P $_W$ o (360° - $\wedge$ P $_E$) AS = HL* - HL γ 7°. Buscar *estrella* en AN
(pág. 376-379)- Se busca estrella que tenga AS y δ hallados.

- Si no coincide ninguna, se buscan planetas

8°. Buscar *planeta* en AN
(pág. del día)

HcG* = HL* + L

- Entrar con HcG*, δ y día

Situación por la Meridiana (Estrellas) (y 2)

3°. Declinación

 δ = (AN p. 377)

(valor para el día 15 de cada mes.

Interpolar mentalmente)

4°. Latitud

90° - av = ζ = δ (N,S) (+,-) =

lo =

5°. Azimut

A = (TN 67.1)

B = (TN 67.2)

C = A + B =

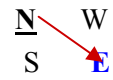
Z v = (TN 67.3)

6°. Cálculo de la longitud

Con azimut previo

Pagel (C) = A + B (TN 67.1 y 67.2)

 Δ L = C Δ lSigno de Δ L:

- Se pone signo Z v (cuad) 
- Debajo, los contrarios
- Desde el signo de Δ l se traza diagonal hacia contrario, y ese es el signo de Δ L

Sin azimut previo

Usar 'rectificación de estima': corrección de rumbo o de distancia (ver fichas NE7 y NE8)

Situación por la Meridiana (Estrellas) (1)

Datos

AN: PMS, Dec TN: Zv Sit. estimada: le, Le

Observaciones: ai, TU Resultado: lo, Lo

1°. HcG

Método aproximado *

PMS = (AN p. 380)

c por días(-) = (p.381)

 2^a c (-) = (p. 381)

HcL =

 $L/15 (W,E)(+,-) = h, m$

PML =

Z (±)

Hz =

Método exacto **

360° 00'0 (Si LE) 0° 00'0 (Si LW)

L = (W,E) (+,-)

HG =

- AS =

HGγ ⇒ AN ⇒ hora inm. anterior

HGγ anterior =

Dif. = ° m s

corr m y s (AN) →

h
h m s (+)
PML =

* Más fácil. Usar para distancias pequeñas.

** Usar para verdadera navegación de altura. (Dif. Resultado mínima)

2°. Altura Verdadera

ai =

ci =

ao =

A (-) = (corr depresión) (AN.387, TN 0)

C (-) = (corr R y P) (AN 388, TN54)

av =

(...)

Reconocimiento de Astros (y 2)

Con TN64

Situación inicial: le, Le TN: Zv

Observaciones: ai, TU

1°. Azimut

A = (TN 67.1)

B = (TN 67.2)

C = A + B =

Zv = (TN 67.3)

2°. Obtener δ , $\wedge P$ (TN)

Entrada / Cálculo

Se obtiene

1. Con **Z** (arriba), **a** (lados) **V, X**2. $Z \leq 90^\circ$ desde Polo elevado $S = X \sim 1$
 $Z > 90^\circ$ desde Polo elevado
 $Z < 90^\circ$ desde Polo depreso } $S = X + 1$
3. Con **S** (abajo) y **V** (lados) δ , $\wedge P$

- $Z \leq 90^\circ$ desde Polo elevado y $\phi > X$
Entonces $\wedge P > 90^\circ = 180^\circ - \wedge P$ tabulado
- $Z > 90^\circ$ desde Polo elevado } y $S > 90^\circ$
- $Z < 90^\circ$ desde Polo depreso }
Entonces δ distinto nombre que 1
- Todos los demás casos
 $\wedge P < 90^\circ$, δ igual nombre que 1

- ϕ y **X**, siempre positivos -Signo ~ : del mayor se resta el menor
 - Entrar con valores tabulados más próximos de **Z**, **a**, **S** y **V**
 (interpolan sólo en casos de duda)

3°. Buscar *estrella* en AN
(pág. 376-379)

- Se busca estrella que tenga **AS** y δ hallados.
- Si no coincide ninguna, se buscan planetas

4°. Buscar *planeta* en AN
(pág. del día)

HcG* = HL* + L

- Entrar con **HcG***, δ y día

Recta de Altura Estrellas (1)

Cálculo del Determinante

AN: HcG, Dec TN: Zv Sit. Estimada: le, Le
Observaciones: ai, TU Resultado: Zv, Δa

1°. Ángulo en el Polo

HGγ por horas = (AN)

corr m y s = (AN, tablas corr)

HGγ =

- L (W,E) (+,-) =

HLγ =

+ AS =

HL* =

$\wedge P = \begin{matrix} HL^* \leq 180 \implies HL^* = P(W) \\ HL^* > 180 \implies P(E) = 360 - HL^* \end{matrix}$

2°. Declinación

δ = (AN p. 377)

(valor para el día 15 de cada mes.
Interpolar mentalmente)

3°. Azimut

A = (TN 67.1)

B = (TN 67.2)

C = A + B =

Zv = (TN 67.3)

(...)

Situación por la Meridiana (Planetas) (y 2)

3°. Declinación

Dec. a horas = (AN) Dif. =

corr por Dif. = (AN tablas corr)

δ =

4°. Latitud

90° - av = ζ =

δ (N,S) (+,-) =

lo =

5°. Azimut

A = (TN 67.1)

B = (TN 67.2)

C = A + B =

Zv = (TN 67.3)

6°. Cálculo de la longitud

Con azimut previo

PageL (C) = A + B (TN 67.1 y 67.2)

ΔL = C Δl

Signo de ΔL:

- Se pone signo Zv (cuad) 

- Debajo, los contrarios

- Desde el signo de Δl se traza diagonal hacia contrario, y ese es el signo de ΔL

Sin azimut previo

Usar 'rectificación de estima': corrección de rumbo o de distancia (ver fichas NE7 v NE8)

Situación por la Meridiana (Planetas) (1)

Datos

AN: PMS, Dec TN: Zv Situación inicial: le, Le
 Observaciones: ai, TU Resultado: lo, Lo

1°. HcG

Método aproximado *

PMG = (AN)
 $(R^\circ = \text{dif entre días})$
 $c \text{ por } R^\circ \text{ y } L = (\text{AN p. 386})$
 $HcL =$
 $L/15 / W, E(+, -) = h, m$
 $PML =$
 $Z(\pm) =$
 $H_z =$

* Más fácil. Usar para distancias pequeñas.
 ** Usar para verdadera navegación de altura. (Dif. resultado mínima)

Método exacto **

$360^\circ 00' 0''$ (Si LE) $0^\circ 00' 0''$ (Si LW)
 $L = (W, E) (+, -)$
 $HG = ^\circ m \implies \text{AN: Dif} = HcG =$
 $HG \text{ Inm. anterior} =$
 $\text{diferencia} =$
 $\text{corr por Dif.} = (\text{AN, tablas corr})$
 $\text{Dif. final} = ^\circ m \implies \text{en tablas corr.}$
 $\text{AN, se busca el valor en col. Planetas}$
 $\text{y se mira a que intervalo } I \text{ corresponde}$
 $I = m s$
 $HcG =$
 $PML =$

2°. Altura Verdadera

$ai =$
 $ci =$
 $ao =$
 $A(-) = (\text{corr. depresión}) (\text{AN.387, TN 0})$
 $C(-) = (\text{corr. R y P}) (\text{AN 388, TN0})$
 $F(\pm) = (\text{corr. fecha}) \text{ Venus y Marte}$
 $av =$

(...)

Recta de Altura Estrellas (y 2)

4°. Altura Verdadera

$ai =$
 $ci =$
 $ao =$
 $A(-) = (\text{corr. depresión}) (\text{AN p. 387})$
 $C(-) = (\text{corr. R y P}) (\text{AN p. 388, TN 54})$
 $av =$

5° Calculo Altura Estimada y Δa

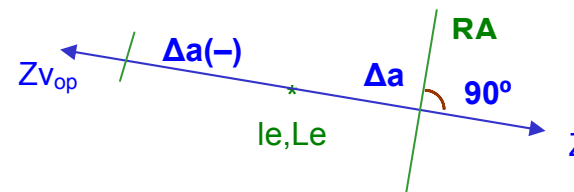
$$\text{sen } ae = \text{sen } l \text{ sen } \delta + \cos l \cos \delta \cos P^*$$

$$ae = (\text{TN72, resuelve el seno})$$

$$\Delta a = av - ae$$

* Suma positiva, para que el astro esté sobre el horizonte

Trazado de la Recta de Altura



Recta de Altura Planetas (1)

Cálculo del Determinante

AN: HcG, Dec TN: Zv Sit. Estimada: le, Le

Observaciones: ai, TU Resultado: Zv, Δa

1°. Ángulo en el Polo

HcG por horas = (AN) Dif=

corr m y s = (AN, tablas corr)

corr por Dif. = (AN, tablas corr)

HcG =

- L =

HL =

$\wedge P = \begin{matrix} HI \leq 180 \implies HI = P(W) \\ HI > 180 \implies P(E) = 360 - HI \end{matrix}$

2°. Declinación

Dec a horas (AN) Dif=

corr por Dif = (AN tablas corr)

δ = (N,S)

3°. Azimut

A = (TN 67.1)

B = (TN 67.2)

C = A + B =

Zv = (TN 67.3)

(...)

Situación con Tablas Rápidas AP3270 y AN (y 2)

Selección y uso de las Tablas

1°. Se seleccionan páginas que coincidan con valor obtenido le (6 págs. máximo)

2°. Se seleccionan páginas

"Declination same Name as Latitude", o

"Declination Contrary Name to Latitude"

3°. Se selecciona página que contenga el valor obtenido de Dec

Uso de las Tablas. Obtención de Zv y Δa

1°- *Entrando con δ y LHA* (HL*), *Se obtiene HC, d, Z*

2°- Se aplica a Z la operación aritmética indicada en parte superior/inferior izquierda de la tabla **Zv**=

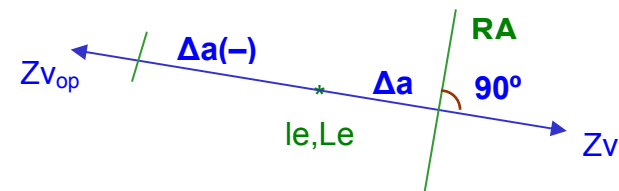
3°- Se va a **tabla TE5** (*Correction to Tabulated Altitude for Minutes of Declination*)

Entrando con d y minutos de δ, Se obtiene Co

4°- $ac = Hc + Co$

5°- $\Delta a = av - ac$

Trazado de la Recta de Altura



Situación con Tablas Rápidas AP3270 y AN (1)

Determinante del Sol y Estrellas

AN: HcG, Dec

Sit. Estimada: l_e, L_e Observaciones: a_i, T_U Resultado: $Z_v, \Delta a$

SOL

1º. Horario del Lugar

HcG a horas = (AN)

corr m y s = (AN, tablas corr)

HG =

 $-L =$ $HL_e =$ $\Rightarrow$ Grado exacto
próximoSi $HL > 360^\circ$, restarle 360°

2º. Declinación

Dec Ξ a h. = Dif en 1h =

corr por Dif = (AN, tablas corr)

 $\delta = (N, S)$

3º. Altura Verdadera

corr AN (p.387)

 $a_i =$ $c_i =$ $a_o =$

A (-) = (corr depresión)

B (+) = (corr SD, R y P)

F ($\pm$) = (corr fecha) * $av =$ * Si altura a limbo superior
del Sol $\Rightarrow [-(32+F)]$

ESTRELLAS

1º. Horario del Lugar

HG γ por horas = (AN)

corr m y s = (AN, tablas corr)

HG $\gamma =$ $-L =$ HL $\gamma =$

+ AS =

 $HL^* =$ $\Rightarrow$ Grado exacto
próximoSi $HL > 360^\circ$, restarle 360°

2º. Declinación

 $\delta =$ (AN p. 377)(valor para el día 15 de cada
mes. Interpolar mentalmente)

3º. Altura Verdadera

corr AN (p. 387, 388)

 $a_i =$ $c_i =$ $a_o =$

A (-) = (corr. depresión)

C (-) = (corr. R y P)

 $av =$

(...)

Recta de Altura Planetas (y 2)

4º. Altura Verdadera

 $a_i =$ $c_i =$ $a_o =$

A (-) = (corr. depresión) (AN.387, TN 0)

C (-) = (corr. R y P) (AN p. 388, TN 54)

F ($\pm$) = (corr. fecha) Venus y Marte $av =$ 5º Cálculo Altura Estimada y Δa

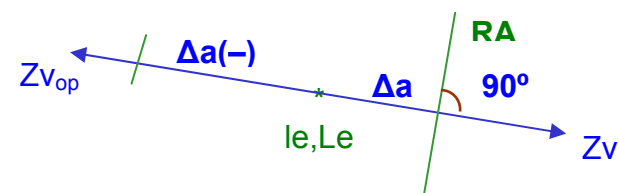
$$\text{sen } ae = \text{sen } l \text{ sen } \delta + \cos l \cos \delta \cos P^*$$

 $ae =$ (TN 72, resuelve el seno)

$$\Delta a = av - ae$$

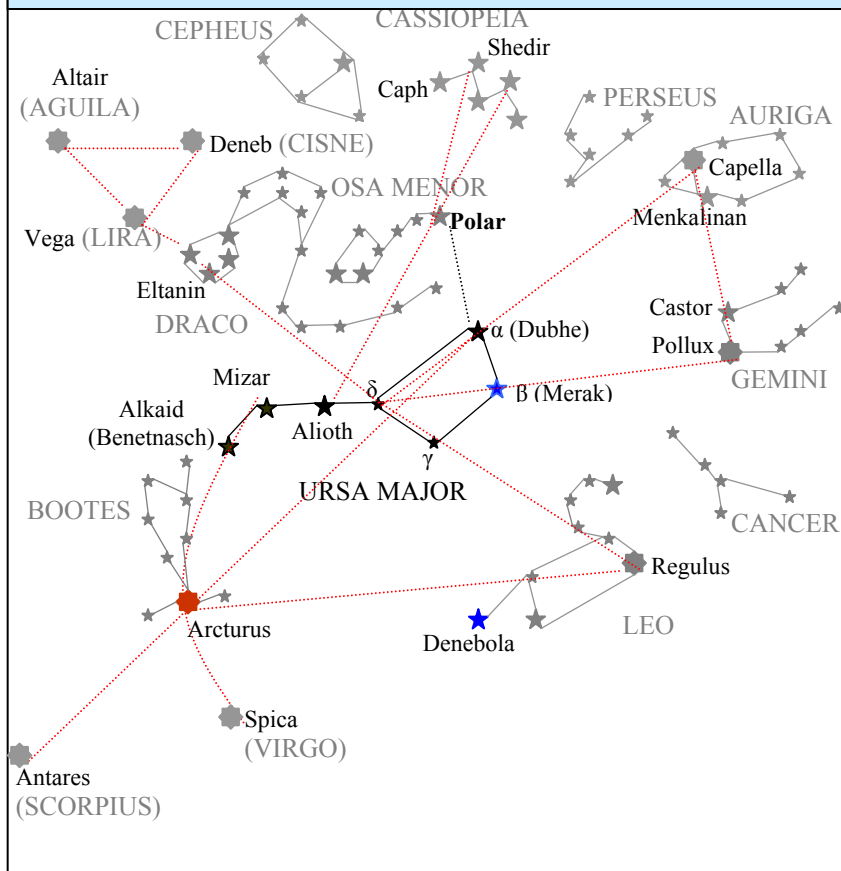
* Suma positiva, para que el astro esté sobre el horizonte

Trazado de la Recta de Altura



Reconocimiento de estrellas por enfilaciones (1)

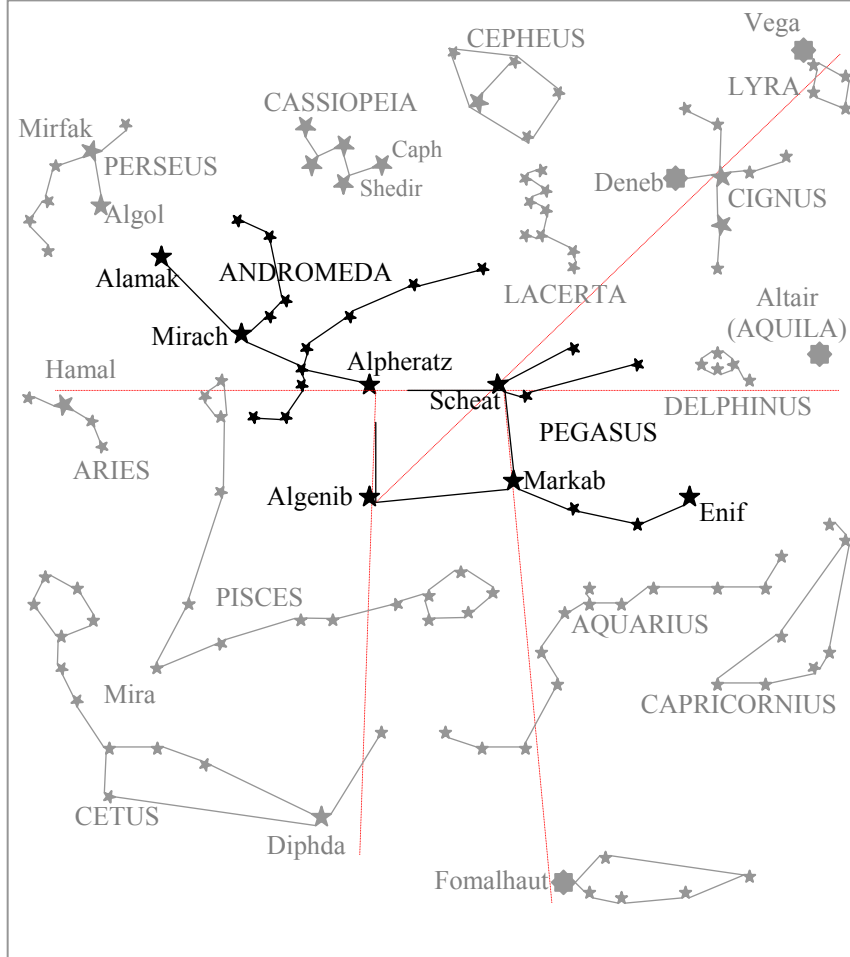
Enfilaciones de Osa Mayor



La Osa Mayor es conocida por los anglosajones como *Bigg Dipper* (el Gran Cucharón), y por los chinos como *Pe-teon* (cazo para medir granos)

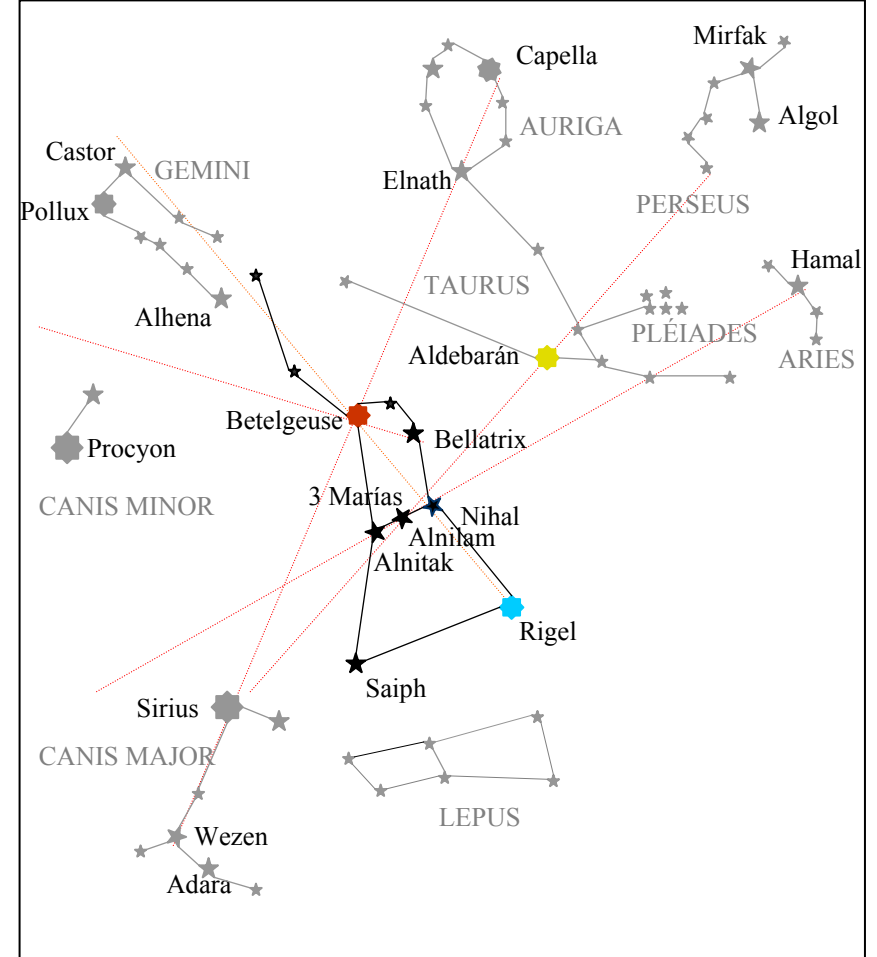
Reconocimiento de estrellas por enfilaciones (y 3)

Enfilaciones de Pegaso y Andrómeda



Reconocimiento de estrellas por enfilaciones (2)

Enfilaciones de Orión



- Amich, Julián. 1998. *Diccionario Marítimo*. Barcelona: Ed. Juventud. 5ª edición.
- de la Poza, Andrés. 2002. *Navegación de Altura. Métodos abreviados y apuntes prácticos*. Edición propia.
- Martínez Jiménez, Enrique. 1977. *Tablas de Navegación*. ISBN: 84-400-2882-2.
- Moreu Curbera, José María. 1977. *Problemas de Navegación*. ISBN 84-400-3741-4.
- Moreu Curbera y Martínez Jiménez. 1968. *Astronomía y Navegación. Tomo 1. Primer Curso de Náutica*. 3ª edición. ISBN 84-85645-01-4
- Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando. *Almanaque Náutico*. Cádiz: Servicio Publicaciones Armada. Edición anual. ISBN 84-7469-061-7.

