

Capítulo IV

Definiciones de Conceptos

Antes de empezar con los cálculos astronómicos primero hay que tener en cuenta una serie de conceptos que nos ayudará a entender mejor en teoría y en la práctica acerca de cómo aplicarlos en los cálculos astronómicos.

4.1 Rumbos, Azimut, Demarcación.

Rumbo Verdadero (Rv): Es el ángulo entre el meridiano del lugar y el eje longitudinal del buque, medido en el sentido de las agujas del reloj de 000° a 360° , referido al Norte verdadero.

Rumbo Magnético (Rmag): Es el ángulo entre el meridiano magnético y el eje longitudinal del buque, medido en el sentido de las agujas del reloj de 000° a 360° .

Rumbo del Compás (Rc): Es el ángulo formado entre la dirección Norte del compás y el eje longitudinal del buque, se cuenta de 000° a 360° en el sentido de las agujas del reloj.

Como ya se había mencionado anteriormente, el ángulo formado entre el meridiano verdadero y el magnético se llama variación magnética. El ángulo formado entre el meridiano magnético y el que pasa por las agujas del compás se llama Desvío.

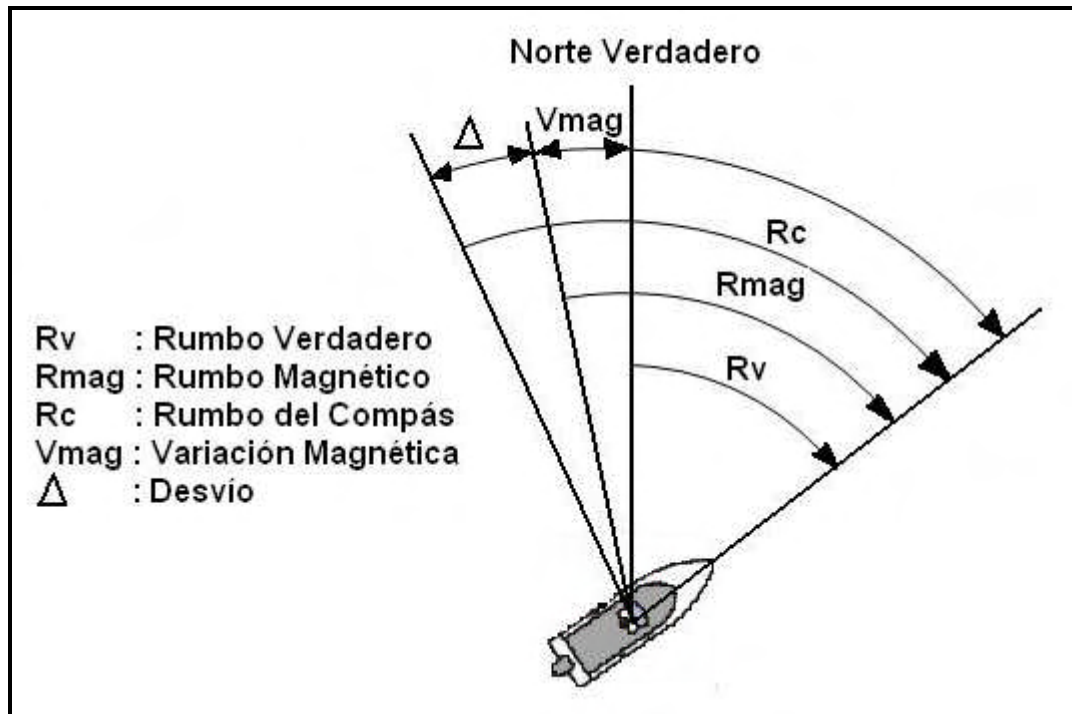


Figura 4.1 Clases de rumbos.

Azimet Verdadero (Az_v): Es el ángulo formado entre el meridiano del lugar y el astro (sol, Luna, estrellas, planetas), medido de 000° a 360° en el sentido de las agujas del reloj, referido al Norte verdadero.

Si se mide desde el Norte Magnético se llama Azimet Magnético (Az_{mag}).

Si se mide desde el Norte del Compás se llama Azimet del Compás (Az_c).

Demarcación Verdadera (D_v): Es el ángulo formado entre el meridiano del lugar y la dirección a un punto u objeto, medido de 000° a 360° en el sentido de las agujas del reloj, referido al Norte verdadero.

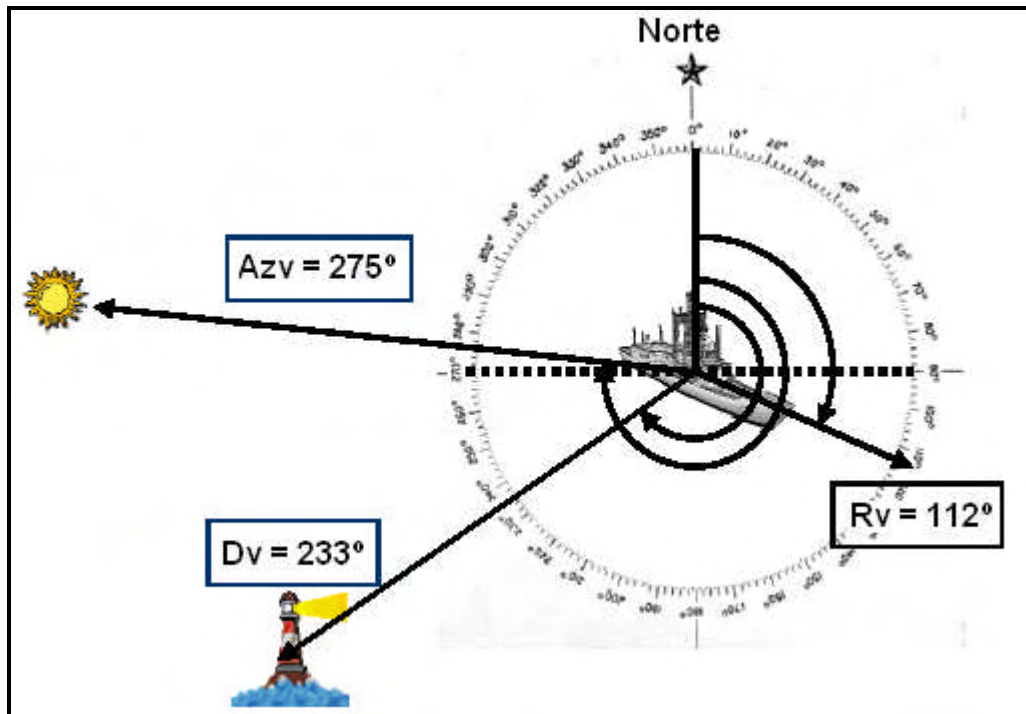


Figura 4.2 Rumbo Verdadero, Azimut Verdadero y Demarcación Verdadera

Cabe destacar que el meridiano no es visible, y de aquí la necesidad de precisarlo para poder referirse a los rumbos y azimut. Los instrumentos que abordo ayudan a lo anterior son los compases ya mencionados anteriormente: compás magnético y girocompás.

Para poder corregir los rumbos tenemos la siguiente ecuación:

$$Rv = Rc + \Delta + Vmag$$

En ella cada elemento: Rumbo, Desvío del compás, variación magnética conservan su signo de acuerdo con lo siguiente: Rumbos de 000° a 360°, son todos positivos.

Δ y Vmag **ESTE** son Positivos
 Δ y Vmag **WESTE** son Negativos

Si en la ecuación del Rumbo Verdadero (Rv), despejamos Rc obtenemos

$$Rc = Rv - \Delta - Vmag$$

Como cada elemento tiene su propio signo, el signo menos por delante de la Variación Magnética y del Desvío, está indicando que debe ser cambiado. Ello nos

permite establecer una regla general para operar con los signos del Δ y **Vmag** y que nos sirve de ayuda memoria para ser empleado en la determinación del **Rv** y **Rc**.

La regla con respecto a los signos es:

Del bueno al malo, **lo** cambia

Del malo al bueno, **no** cambia

En que el verdadero es bueno con respecto al magnético y éste con respecto al compás.

Disposición de cálculo:

Para determinar Rv	Para determinar Rc
Rc = _____	Rv = _____
Δ = _____	Vmag = _____
Rmag = _____	Rmag = _____
Vmag = _____	Δ = _____
Rv = _____	Rc = _____

Ejemplos:

1. Al buque se le ordena navegar al $Rv = 358^\circ$, si la $Vmag$ es $20^\circ W$. ¿Cuál es el Rc a gobernar? Y si el $\Delta = +2$

$$\mathbf{Rv} = 358^\circ$$

$$\mathbf{Vmag} = \underline{+ (-) 20^\circ W} \quad \text{Del bueno al malo, lo cambia}$$

$$\mathbf{Rmag} = 018^\circ$$

$$\Delta = \underline{- (+) 2^\circ} \quad \text{Del bueno al malo, lo cambia}$$

$$\mathbf{Rc} = \mathbf{016^\circ}$$

Respuesta: **El Rumbo del Compás a gobernar es 016° .**

2. El buque gobierna al $R_c = 233^\circ$, si el $\Delta = -2$ y la $V_{mag} = 12^\circ W$. Calcular el R_v .

$$\begin{array}{rcl}
 R_c & = & 233^\circ \\
 \Delta & = & \underline{- 2^\circ W} \quad \text{Del malo al bueno, no cambia} \\
 R_{mag} & = & 231^\circ \\
 V_{mag} & = & \underline{- 12^\circ} \quad \text{Del malo al bueno, no cambia} \\
 R_v & = & 219^\circ
 \end{array}$$

Respuesta: **El Rumbo Verdadero a gobernar es 219°**

4.2 Direcciones del Girocompás.

La única diferencia con las verdaderos es que aquellos se refieren al Norte Verdadero y los del giro al Norte del Girocompás.

No siempre se consigue que el Girocompás marque exactamente el Norte verdadero, pudiendo quedar una diferencia entre su indicación y el meridiano del lugar. Esta diferencia se llama **Error del Girocompás (E_g)** y es constante para cualquier dirección en que se navegue y generalmente no es superior a 1° .

Rumbo del Girocompás (R_g): Es el ángulo entre el norte del Girocompás y el eje longitudinal del buque, de 000° a 360° , medido en el sentido de las agujas de un reloj.

Demarcación del Girocompás (D_g): Es el ángulo formado entre el Norte del Girocompás y la dirección a un punto u objeto, medido de 000° a 360° en el sentido de las agujas del reloj.

Azimut del Girocompás (A_zg): Es el ángulo formado entre el Norte del Girocompás y la dirección a un astro, medido de 000° a 360° en el sentido de las agujas del reloj.

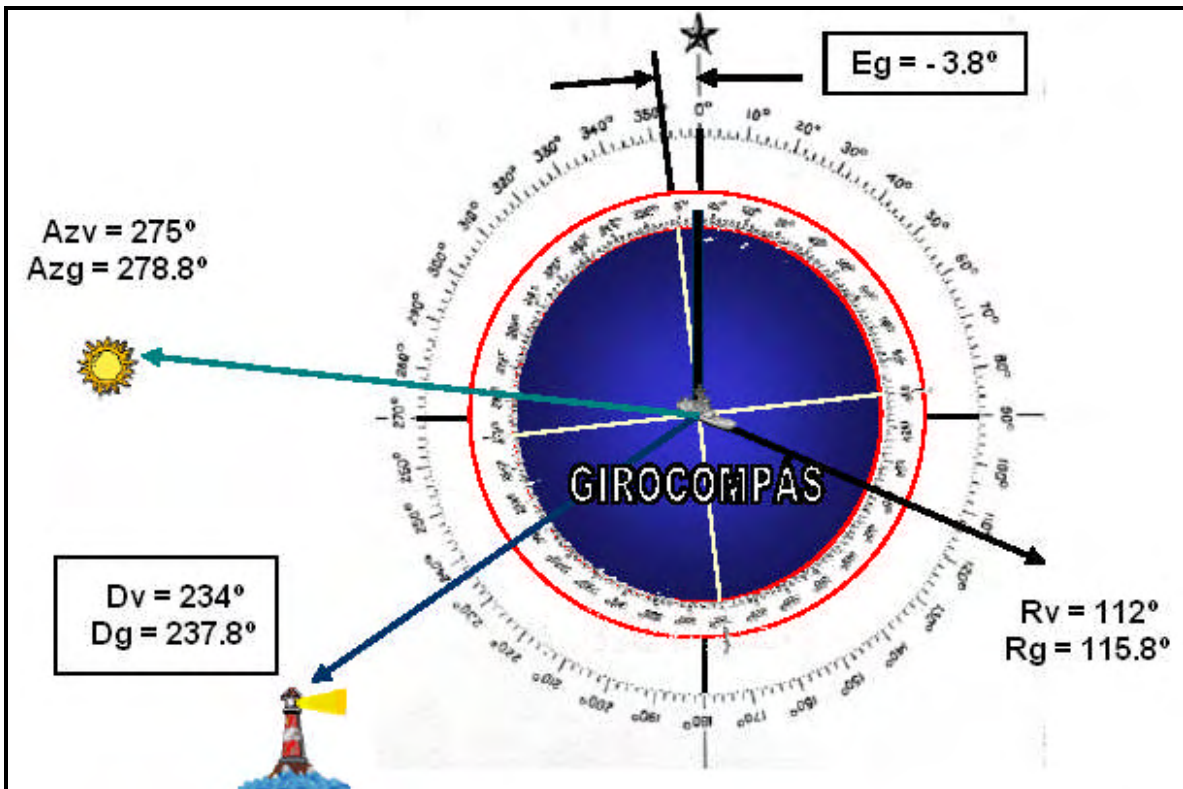


Figura 4.3 Rumbo, Azimut y Demarcación del Girocompás

4.2.1 Error del Girocompás (Eg).

Es el arco de horizonte, entre el Norte Verdadero y el Norte que marca el Girocompás. Tiene signo más o menos (+/-) tal que sumado a la lectura del giro, se obtiene la Rumbo, Demarcación, Azimut verdadero.

Su ecuación es:

$Rv = Rg + \text{Error}$	$Dv = Dg + \text{Error}$	$Azv = Azg + \text{Error}$
--------------------------	--------------------------	----------------------------

Para estas ecuaciones se emplea la regla conocida por los navegantes llamada de Bueno al Malo **lo** cambia y del Malo al Bueno **no** cambia, siendo el **BUENO** el Rv y el **MALO** el Rumbo del girocompás, y lo que cambia es el signo del error del girocompás.

Ejemplo:

3. Calcular el Rv si Rg = 225° y el Eg = +0,5°

$$\begin{array}{rcl}
 \mathbf{Rg} & = & 225^\circ \\
 \mathbf{Eg} & = & \underline{+ 0,5^\circ} \quad \text{Del malo al bueno, no cambia} \\
 \mathbf{Rv} & = & 225,5^\circ
 \end{array}$$

4.3 El tiempo y su medición.

4.3.1 Día Solar Verdadero.

Es el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del sol por el mismo meridiano de un lugar, y se inicia en el instante en que el sol está en su culminación del meridiano inferior del observador y termina al llegar nuevamente a este mismo punto, lapso en el cual su círculo horario se ha desplazado angularmente 360°.

Como la velocidad de traslación de la tierra alrededor del sol no es uniforme (la órbita es elíptica), el día solar verdadero tampoco tiene una duración constante, que no afecta al ciudadano común, pero si al navegante.

4.3.2 Sol medio.

Es un sol imaginario, ficticio, nadie lo ha visto, no alumbra, ni calienta y sin embargo proporciona la unidad de medida para los lapsos o transcurros del tiempo.

Se le supone recorriendo el Ecuador celeste a una velocidad constante y uniforme igual a la velocidad media del sol verdadero durante un año.

El sol medio demora 24 horas medias entre dos pasos consecutivos.

El día solar medio = 24h 03m 56,5 s del día sidéreo (ver página N° 67).

4.3.3 Ecuación del tiempo (Et).

El movimiento aparente del Sol a lo largo del plano de la Eclíptica no es regular.

Esta no uniformidad se debe a los siguientes efectos:

1. La órbita de la Tierra no es circular, sino que es elíptica.
2. El eje de rotación de la Tierra se halla inclinado cerca de 23.5° respecto a un eje perpendicular al plano de la eclíptica.

Es decir, la ecuación del tiempo es la resultante de la excentricidad de la órbita terrestre y la oblicuidad de la eclíptica.

El Tiempo del Sol Medio considera que la órbita terrestre es circular y que no existe esa inclinación. Dado que ese no es el caso surge una diferencia entre el Tiempo del Sol Verdadero y dicho Tiempo del Sol Medio. Esa diferencia es la dada por la Ecuación del Tiempo (Et), o sea:

$Et = \text{Tiempo del Sol Verdadero} - \text{Tiempo del Sol Medio}$

$Et = H_{vl} - H_{ml}$

Esta diferencia varía a lo largo del año y alcanza una mayor diferencia a principios de noviembre, cuando el tiempo del sol medio está a más de 16 minutos por detrás del tiempo del sol verdadero (en concreto a 16 minutos 33 segundos cerca del 3 de noviembre), y a mediados de febrero, cuando el tiempo solar medio va más de 14 minutos por delante del verdadero.

Si el sol medio se mueve con la velocidad media anual del sol verdadero, ambos horarios no coinciden salvo cuatro instantes del año. En ciertas épocas del año el horario del sol verdadero irá + o – adelantado respecto al horario del sol medio y en otros + o – atrasado.

Et (+) el sol verdadero adelantado al medio.

Et (-) el sol verdadero atrasado al medio.

Se emplea para obtener la posición del sol verdadero a partir del sol medio.

La Et la calculan los astrónomos y la tabula en las efemérides astronómicas para las 0H y 12H de todos los días, para otro instante hay que interpolar.

Analema.

Si se toma una fotografía del Sol al mismo tiempo cada día ¿Aparecería éste en la misma posición? La respuesta es no, y la forma trazada por el Sol en el transcurso de un año es llamado Analema, es decir, curva que describe la posición del Sol en el cielo si todos los días del año se lo observa a la misma hora del día y desde el mismo lugar de observación. El analema forma una curva que suele ser, aproximadamente, una forma de ocho (8). El aparente cambio del Sol es causado por el movimiento de la Tierra alrededor del Sol y también de la inclinación terrestre sobre el eje de rotación. El Sol aparecerá en su punto más alto del analema durante el verano y en su punto más bajo durante el invierno.



Figura 4.4 Analema

4.3.4 Eclíptica.

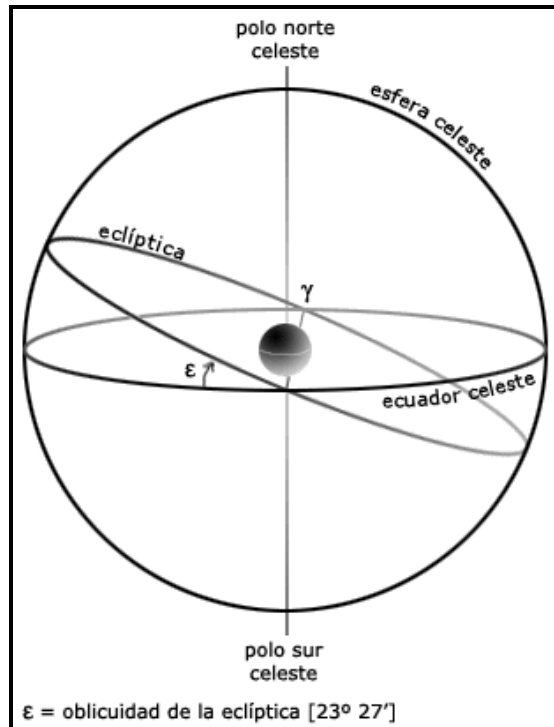


Figura 4.5 Eclíptica

Es el círculo máximo de la trayectoria anual aparente del Sol en la esfera celeste. El plano de esta trayectoria, llamado plano de la eclíptica, forma con el plano del ecuador celeste (proyección del ecuador terrestre en la esfera celeste) un ángulo de $23^{\circ}27'$. Este ángulo se conoce como oblicuidad de la eclíptica.

Los dos puntos en los que la eclíptica corta al ecuador celeste se llaman nodos o equinoccios. El Sol está en el equinoccio de Otoño o punto vernal (Aries) en torno al 21 de Marzo (de Sur a Norte) y en el equinoccio de primavera alrededor del 23 de Septiembre. A mitad de camino entre los equinoccios se producen los solsticios de invierno y verano. El Sol alcanza estos puntos en torno al 21 de Junio y al 22 de Diciembre, respectivamente. Los nombres de los cuatro puntos corresponden a las estaciones que comienzan en el hemisferio Sur por esas fechas.

Es precisamente la falta de perpendicularidad entre el eje de rotación propio de la Tierra y el plano de la eclíptica la responsable de las estaciones.

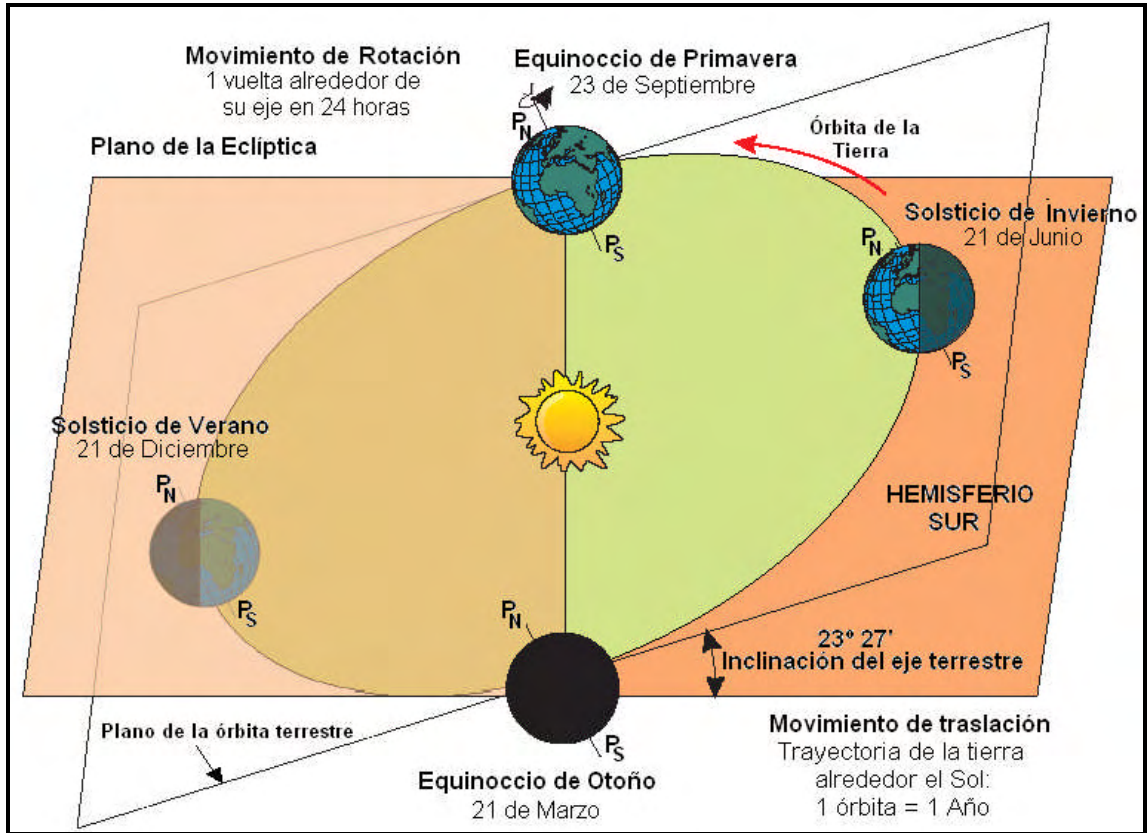


Figura 4.6 Equinoccios, Solsticios, Estaciones en el Hemisferio Sur.

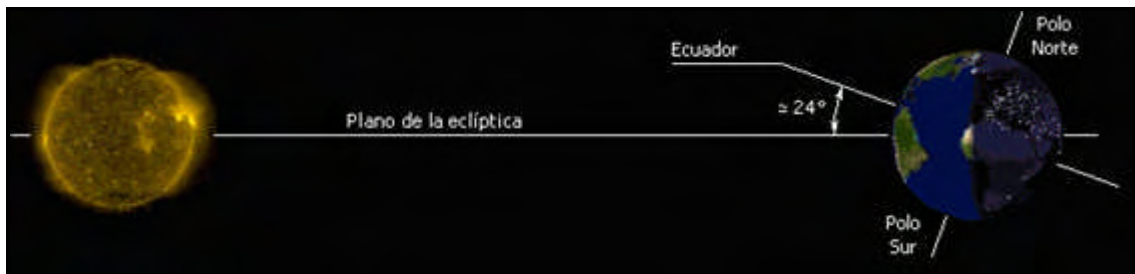


Figura 4.7

4.3.5 Hora Verdadera de un lugar (Hvl).

La Hora verdadera de un lugar es el tiempo verdadero transcurrido desde que el sol verdadero pasa por el meridiano inferior del lugar, hasta el instante considerado.

En un lugar determinado, la Hvl difiere de la Hml, en la ecuación del Tiempo.

$$Hvl = Hml + Et.$$

$$Hvl = Hml - Et.$$

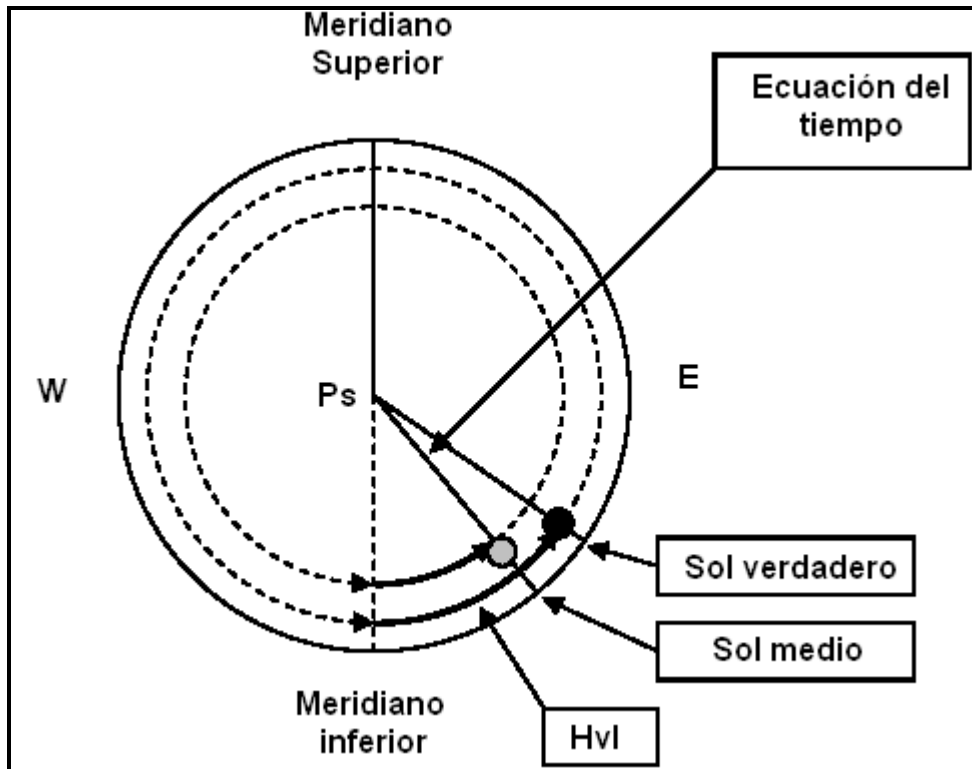


Figura 4.8 Movimiento del Sol medio y sol verdadero

4.3.6 Hora media del Lugar (Hml).

Es el tiempo transcurrido desde que el sol medio pasó por el meridiano celeste Inferior de un lugar, hasta el instante determinado.

4.3.7 Día Sidéreo.

Es el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de una estrella por el mismo meridiano.

Este día es constante en duración ya que equivale al tiempo que emplea la tierra en su rotación (360°) en que medido en nuestros relojes de tiempo medio de 23h 56m 4s. La menor duración del día sidéreo con respecto al sol medio se debe, a la inmensa distancia de las estrellas, comparadas con la distancia al sol, éstas se ven siempre situadas en la misma dirección. Pero como la Tierra tienen un avance diario debido a su movimiento de traslación, obliga al meridiano a un desplazamiento extra para encontrarlo. El día sidéreo es el que más se acerca a las condiciones ideales de constancia exigida para la medición del tiempo.

4.3.8 Hora media de Greenwich (HmGr), (Hora Universal), (UT).

Para tener una hora común a la cual se pueda referirse o tener un meridiano origen al cual poder referir los demás. Dicho meridiano corresponde al que pasa por el observatorio astronómico de Greenwich, entonces la Hora media de Greenwich (HmGr), es el tiempo transcurrido desde que el sol medio pasó por el meridiano inferior de Greenwich hasta el instante considerado.

Es importante la Hora Media de Greenwich, porque todos los datos del Almanaque náutico están relacionados de alguna manera con dicha hora.

Tenemos las siguientes fórmulas:

$$\text{HmGr} = \text{Hml} + \text{Gw.}$$

$$\text{HmGr} = \text{Hml} - \text{Ge.}$$

$$\text{HmGr} = \text{Hzl} + \text{Zh.}$$

$$\text{HmGr} = \text{Hvl} - \text{Et} + \text{Gw.}$$

$$\text{HmGr} = \text{Hvl} - \text{Et} - \text{Ge.}$$

Ejemplo:

4. Si $\text{Hml} = 15\text{h } 38\text{ m}$ y si $\text{G} = 70^\circ 30' \text{ W}$ ¿Cuál es la HmGr?

Hml	=	15 38 00
G (W)	=	70° 30'
G (horas)	=	<u>04 42 00</u>
HmGr	=	20 20 00

4.3.9 Zonas y husos horarios.

Como la hora media de un lugar depende de la posición del Sol medio con respecto al meridiano inferior de ese lugar, cada lugar tendría su hora. ¡Imagínense un país! ¿Cuántas horas habría?

Para ello se dividió la tierra en:

$$\begin{aligned} 23 \text{ zonas horarias de } 15^\circ &= 345^\circ \\ 2 \text{ zonas horarias de } 7.5^\circ &= \frac{15^\circ}{360^\circ} \end{aligned}$$

(A cada lado del meridiano del cambio de fecha, o 180°)

$$Zhl = \frac{G}{15^\circ} \quad (\text{Longitud Weste Zona } +, \text{ Longitud Este Zona } -)$$

4.3.10 Hora Zona del Lugar (Hzi).

Es la hora media del meridiano central del huso al cual pertenece.

4.3.11 Zona del Lugar (Zh).

Es el huso al cual pertenece el lugar y que se distingue, como vimos por un número que lleva antepuesto un signo.

Si es (-) el lugar se encuentra el Este de Greenwich.

Si es (+) el lugar se encuentra el Weste de Greenwich.

$$HmGr = Hzi + Zh$$

Ejemplo:

El 4 de enero de 1984 una Latitud = $39^{\circ} 40' S$ Longitud = $073^{\circ} 42,0' W$ con una Hzl = 23h 51m ¿calcular la HmGr?

$$\begin{aligned} \text{Hzi} &= 23\text{h } 51\text{m (04 Enero)} \\ \text{Zh} &= + 3 \\ \text{HmGr} &= 26\text{h } 51\text{m} \\ \text{HmGr} &= 02\text{h } 51\text{m (05 Enero)} \end{aligned}$$

Todo lugar que se encuentra más al Este tiene más horas porque pasa el sol primero que por el otro. Navegando hacia el Este, o mejor dicho contando longitudes hacia el Este, hay que ir adelantando el reloj una hora cada vez que se cruzan los meridianos, o las zonas horarias o cuando el navegante lo estima conveniente.

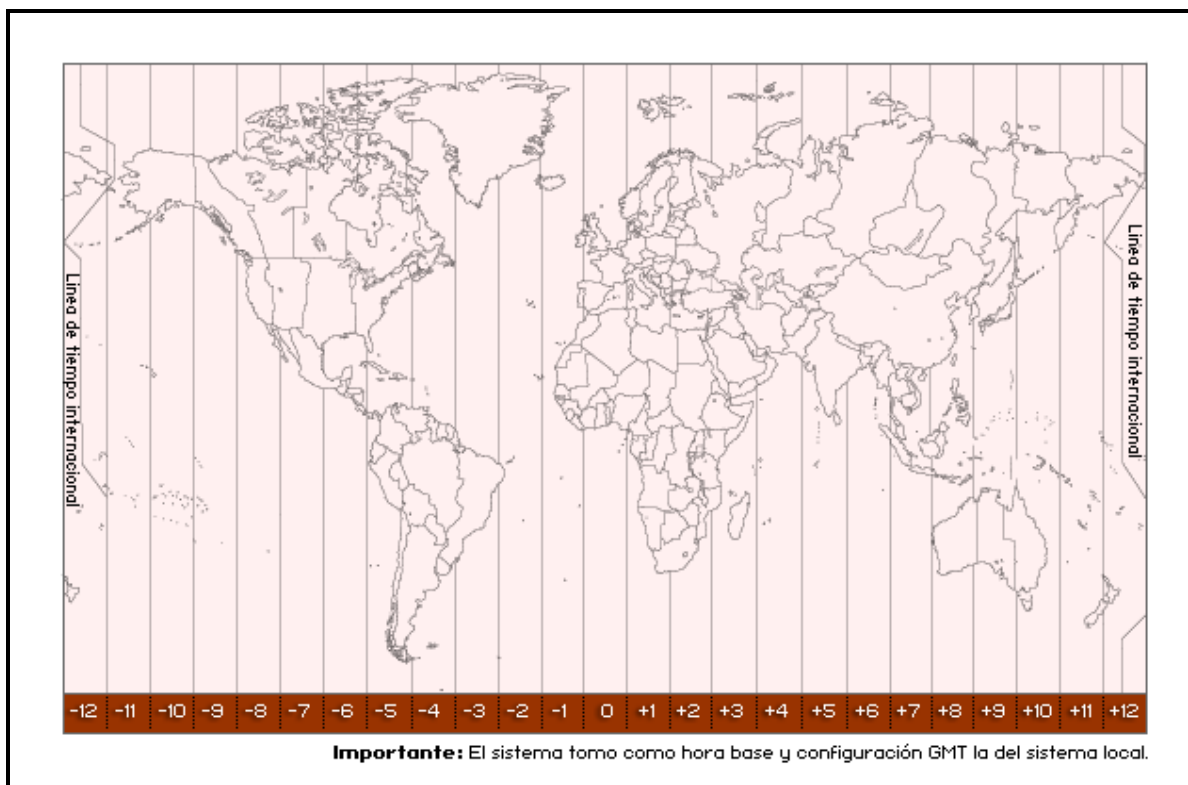


Figura 4.9

Las cifras indicadas en la figura 4.9 indican las horas de diferencia con respecto al Meridiano de Greenwich, aunque, normalmente, los signos (+ y -) se interpretan a la inversa. Éstos van indicados como Zonas Horarias, en que, para llegar al Meridiano cero, es necesario emplear el signo contrario.

En Chile tendremos zona +4 a contar del 2° sábado de Marzo hasta el 2° sábado de Octubre y el resto del tiempo +3.

Si navegando con rumbo Weste y cruzamos el meridiano 180° o “línea Internacional de cambio de fecha”, se suma un día y al Este se resta un día.

Resumen

- El sol nace por el Este y se pone por el Weste, cruzando todos los meridianos en sucesión con su movimiento.
- En dos lugares situados en dos longitudes diferentes, el sol cruza el meridiano más al Este antes que el de más al Weste.
- La hora más al Este está más adelantado que el de más al Weste.
- La hora zona (Hz) se define como la longitud del meridiano central de la zona que se navega.
- Si un buque navega exactamente en el meridiano central de una zona.
 $H_{ml} = H_{zl}$.

4.4 Esfera y coordenadas celestes.

4.4.1 Elementos de la Esfera Celeste.

Los elementos proyectados en la esfera celeste son los siguientes:

- Zenit (Ze)
- Nadir (Na)
- Horizonte celeste (Hc)
 - a. Norte Horizonte (NHc)
 - b. Sur Horizonte (SHc)
- Almicantarat
- Verticales
 - a. Vertical Principal
 - b. Vertical Primario
 - c. Vertical del Astro
- Polos Celeste
 - a. Polo Norte celeste (PNc)
 - b. Polo Sur celeste (PSc)
- Ecuador celeste (Qc)
- Meridiano Celeste del Observador (MCO)
 - a. Superior (MCSO)
 - b. Inferior (MCIO)
- Puntos Cardinales

- **Zenit (Ze):** Si el diámetro de la Tierra que llega a los pies del observador lo prolongamos hasta tocar la esfera celeste (Ec), queda determinado exactamente un punto sobre su cabeza.

- **Nadir (Na):** Es un punto de la esfera celeste ubicado diametralmente opuesto al Ze del observador.

- **Horizonte celeste (Hc):** Es la polar del par de puntos Ze – Na. Es un plano perpendicular a la línea Ze – Na que pasa por el centro de ambas esferas (terrestre y celeste), dando origen a un círculo máximo llamado Hc – Hc'. El hemisferio superior que contiene al Ze, se denomina hemisferio visible.

- **Almicantarats:** Son círculos menores paralelos al horizonte, los cuales deben ser medido en el instante de la observación, corresponde a la Altura Verdadera (Av) de un astro.
- **Polos Celestes:** Son la prolongación del eje terrestre hasta tocar la esfera celeste, formando el Polo Norte Celeste (PNc) y el Polo Sur Celeste (PSc) desde Polo Norte Terrestre (PNt) y Polo Sur Celeste (PSt).
- **Ecuador Celeste (Qc – Qc`):** Es la polar del par de polos celeste.
- **Meridianos Celestes:** Son círculos máximos de la esfera celeste que cortan perpendicularmente al ecuador celeste. Son la prolongación de los meridianos terrestre. Se consideran fijos mientras la esfera celeste se mueve de E a W.
- **Meridiano Celeste del Observador (MCO):** Es el que pasa por los polos celestes, además del Ze y Na. Para facilidad de proyección estos 4 puntos se dibujan en el borde de proyección de la rosa de maniobra. El plano del meridiano celeste divide a la Tierra y a la esfera celeste en dos hemisferios: Oriental y Occidental.

La parte del MCO, comprendido entre los polos y que contiene al Ze, se denomina Meridiano Celeste Superior del Observador (MCSO) y el que contiene al Na es Meridiano Celeste Inferior del Observador (MCIO).

- **Verticales:** Son círculos máximos que pasan por los extremos de la línea Ze – Na y que son perpendiculares al Horizonte celeste.
- **Vertical Primario:** Es aquel que pasa por los extremos de la línea E – W del observador, Ze – E – Na – W – Ze.
- **Vertical del Astro:** Es aquel que pasa por el astro considerado, Ze – Astro – Na – Ze.

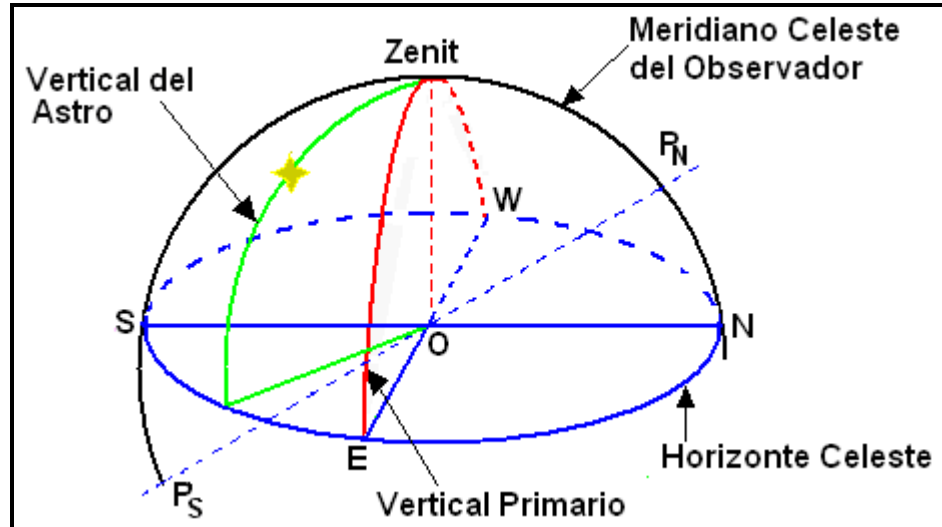


Figura 4.10

- **Vertical Principal:** Es aquel que pasa por los puntos NHc y SHc, queda dividido en 2 partes iguales por la línea Ze – Na. Una contiene al PNc y el otro al PSc.

Vertical Principal = Ze – NHc – Na – SHc – Ze

Contiene al PNc: Ze – NHc – Na

Contiene al PSc: Ze – SHc – Na

El vertical principal coincide con MCO en la rosa de maniobra.

MCO = PNc – Ze – PSc – Na – PNc

MCSO = PNc – Ze – PSc

MCIO = PNc – Na – PSc

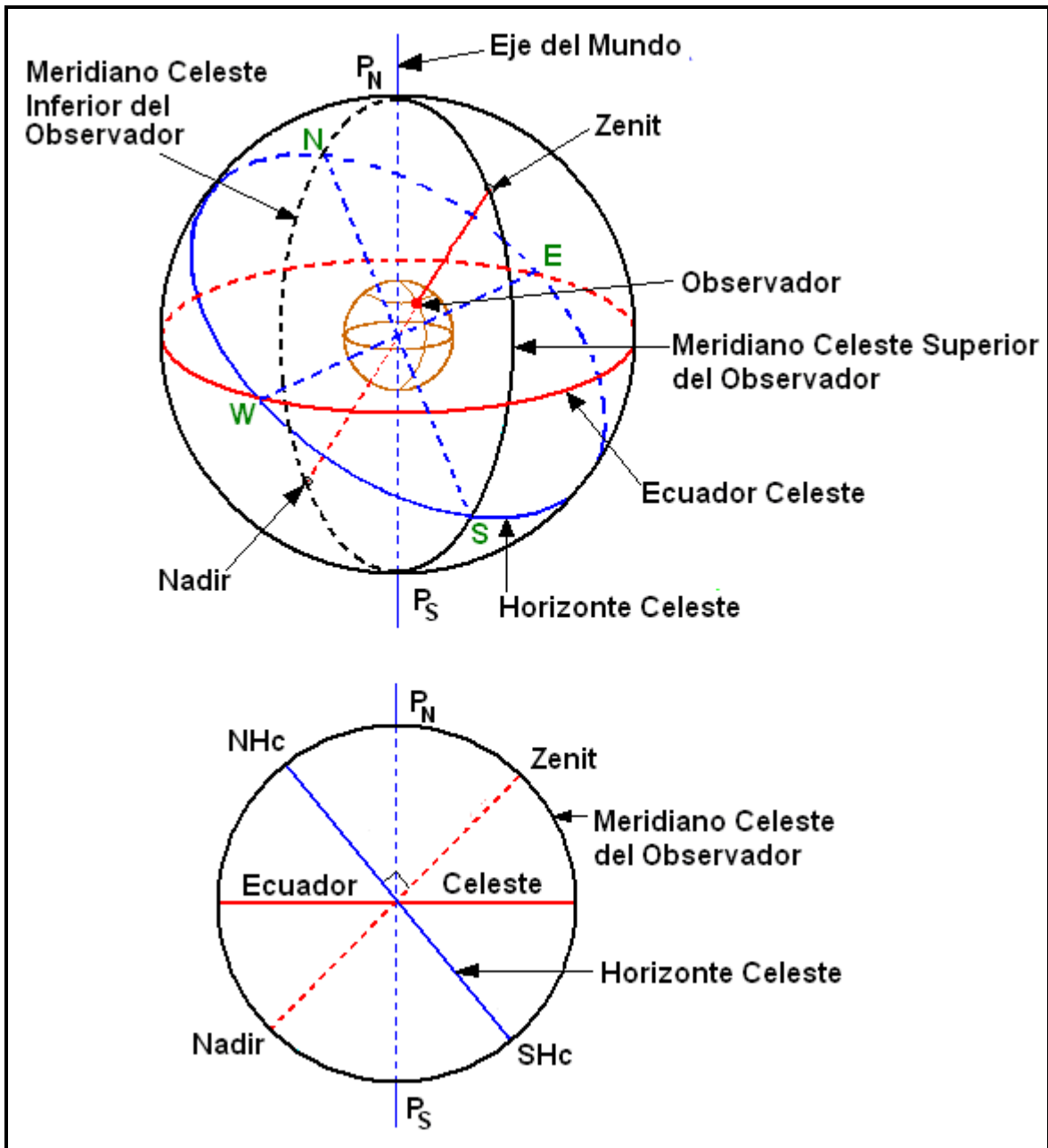


Figura 4.11

4.4.2 Sistemas de Coordenadas Horizontales.

Son aquellas que fija la posición de los astros con respecto a un lugar determinado de la Tierra (observador). Usa como referencia al Hc, Ze, Na y verticales.

Entre estas coordenadas tenemos a:

- **Altura verdadera (A_v):** Es el ángulo formado en el centro de la Tierra, medido en el vertical del astro, entre el Hc y el astro. Se mide de 0° a 90° desde el horizonte celeste al astro.

- **Azimet verdadero (Azv):** Es el ángulo formado en el Ze entre el vertical principal que contiene al PNC, NHc y el vertical del astro. Se mide en el horizonte celeste hasta el pie del vertical del astro, en sentido horario de 0° a 360° .
- **Distancia Zenital (Dz):** Es el arco de vertical del astro, comprendido entre el Ze y el astro. Es el complemento de la Av.
 - a. Cuando el astro esta en el Ze, $Dz = 0^\circ$.
 - b. Cuando el astro esta en el Hc, $Dz = 90^\circ$.

La Dz tiene signo de la espalda del observador (Norte o Sur)

Ejemplos:

1. Si:

Latitud del observador	: 20° S	
Declinación del astro	: 50° S	entonces la Dz = 50° N
Altura verdadera	: 40°	

2. Si

Latitud del observador	: 40° S	
Declinación del astro	: 20° N	entonces la Dz = 55° S
Altura verdadera	: 35°	

- **Ángulo del Zenit (z):** Es el ángulo formado en el Ze entre la mitad del vertical principal y el astro. Se mide en el Hc desde el NHc o SHc (según el correspondiente polo elevado), al Weste o Este hasta el pie del vertical del astro de 0° a 180° .

Conociendo el z podemos convertirlo en Azv.

Ejemplo:

Supongamos $z = 20^\circ$

S	z	E	$Azv = 160^\circ$
S	z	W	$Azv = 200^\circ$
N	z	E	$Azv = 020^\circ$
N	z	W	$Azv = 340^\circ$

- **Amplitud (Amp):** Es el arco de horizonte celeste comprendido entre el vertical primario y el vertical del astro cuando está cruzando el plano del horizonte celeste al salir o al ponerse. Se cuenta a partir del punto cardinal Este o Oeste de 0° a 90° hacia el Norte o Sur, así por ejemplo, la Amplitud E 15° N indica que el astro está naciendo 15° al Norte del punto E del horizonte.

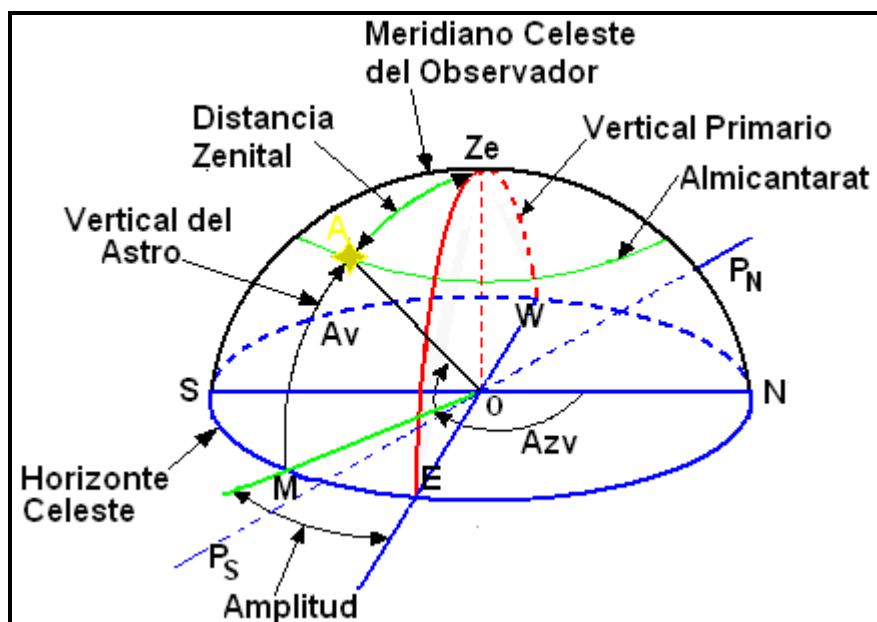


Figura 4.12

- **Diferentes tipos de Horizonte:**
 - a. **Horizonte Racional:** Es el horizonte analizado hasta el momento (H_c), en que se razona para los cálculos. Su plano es la polar del par de polos $Ze - Na$, se deduce que pasa por el centro de Esfera celeste (Ec) y la Esfera Terrestre (Et).

- b. Horizonte visible o de la Mar: Varía de acuerdo a la altura de la posición del observador, la cual incide en la Altura instrumental (A_i) tomada con el sextante.
- c. Horizonte Sensible: Es la intersección en la E_c de un plano que es tangente al de la Tierra en un punto de observación. Ejemplo “en los pies del observador”.

4.4.3 Sistemas de Coordenadas Ecuatoriales o Equinocciales y su Sistema Horario.

Este sistema de coordenadas fija la posición de los astros sin considerar al observador. Usa como referencia a: Q_c , PN_c , PSc y MCO .

- **Círculo Horario del astro:** Es un círculo máximo de la Esfera Celeste que pasa por los polos y por un astro, No debe confundirse un meridiano celeste con un círculo horario. El primero se mantiene fijo sobre un punto de la Tierra y el otro acompaña al astro en su movimiento alrededor de la Tierra.
- **Declinación (dec):** Es el arco de círculo horario comprendido entre el ecuador celeste y el astro. Mide 0° cuando está en el ecuador celeste y 90° cuando está en los polos. Tiene signo Norte cuando el astro está en el hemisferio Norte y signo Sur en el hemisferio Sur.

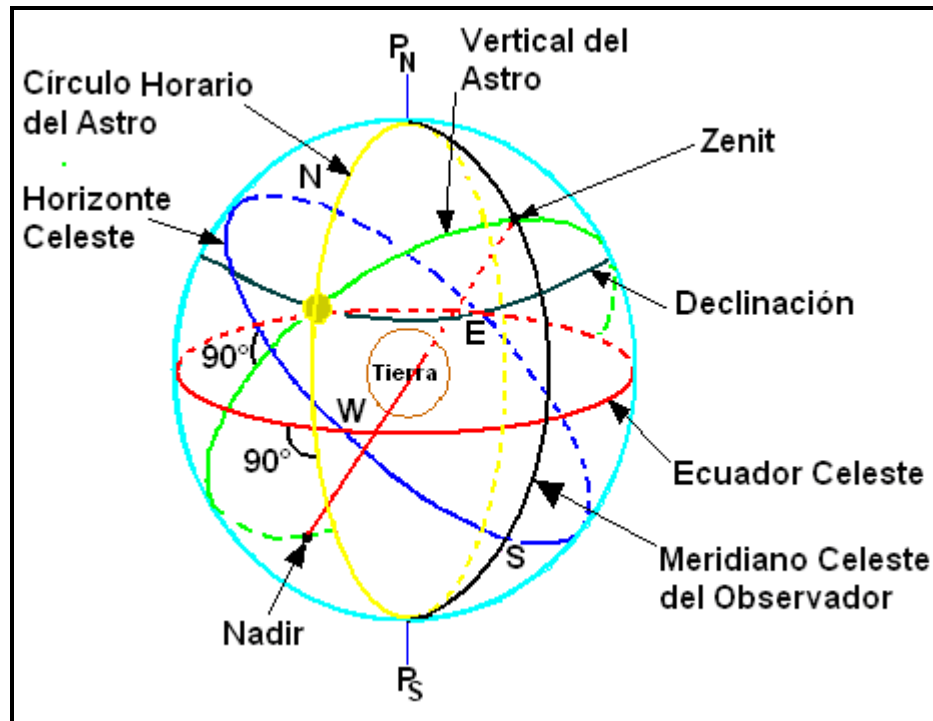


Figura 4.13

- **Ángulo Horario local (AHL):** Es el ángulo formado en el polo celeste y medido en el ecuador celeste por el meridiano celeste superior del observador (MCSO) y el círculo horario del astro. Se mide desde el pie del MCSO hacia al pie del círculo horario del astro en sentido contrario a la rotación de la tierra desde 0° a 360° ó de 00 horas a 24 horas.
- **Ángulo al Polo (p):** Es el ángulo formado en el polo por el MCSO y el círculo horario del astro. Se mide desde el pie del MCSO hasta el pie del círculo horario del astro de 0° a 180° hacia el E o hacia el W.
- **Distancia Polar (Δ o D_p):** Es el arco de círculo horario comprendido entre el polo elevado del observador y el astro. Medido de 0° a 180° . Para un observador es importante determinar la Δ de acuerdo a su polo elevado, ejemplo: Valdivia latitud aproximada 40° S entonces polo elevado es el Polo Sur.

Si la declinación del astro es del mismo signo del polo elevado entonces:

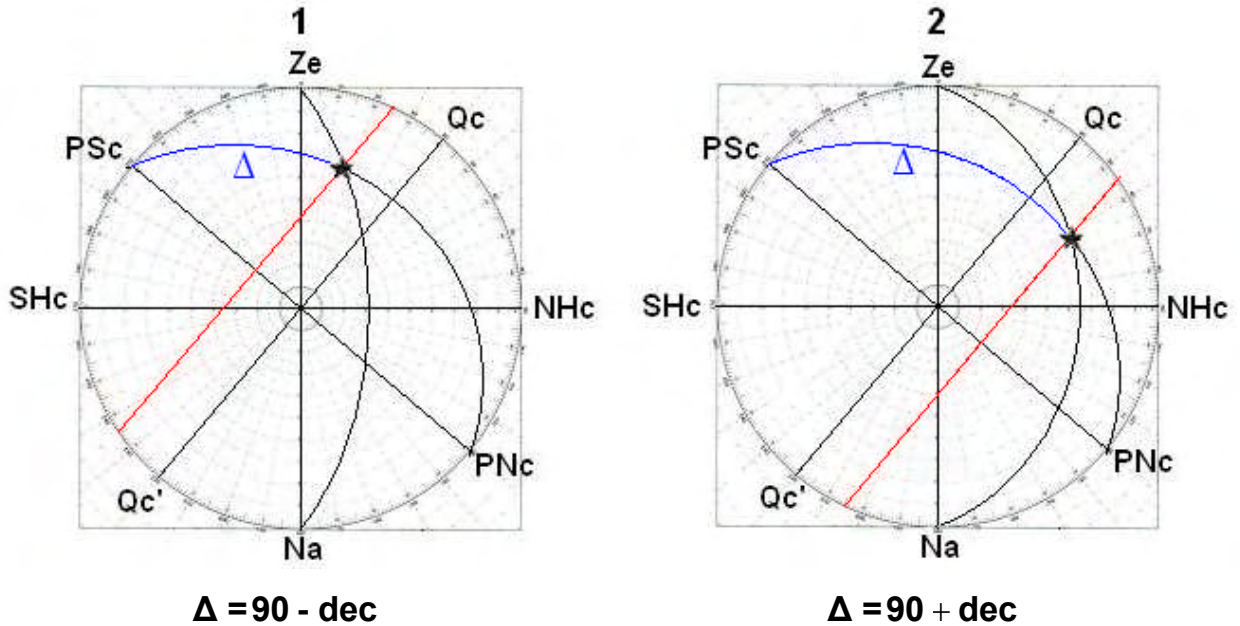
$$\Delta = 90 - \text{dec}$$

Si la declinación del astro es de diferente signo al polo elevado entonces:

$$\Delta = 90 + \text{dec}$$

La Distancia Polar lleva el signo contrario al polo elevado del observador.

Ejemplos: Si Latitud del observador es 40°S y la Declinación del astro para el caso 1 = 15° S y caso 2 = 15° N ¿calcular las distancia polares para ambos casos?



Caso 1 $\Delta = 90 - \text{dec} = 75^\circ \text{ N}$

Caso 2 $\Delta = 90 + \text{dec} = 105^\circ \text{ N}$

- **Colatitud (Col):** Es el arco de MCSO comprendido entre el Ze y el Polo Elevado.

$$\text{Col} = 90 - \text{Lat}$$

4.4.4 Sistemas de Coordenadas Uranográficas.

Son coordenadas independiente del observador, tal como las coordenadas ecuatoriales y equinocciales, pero teniendo como referencia al punta vernal o punto de Aries. Entre estas coordenadas están:

- **Ascensión Recta (AR):** Es un arco de ecuador celeste entre el punto vernal y el círculo horario del astro. Se mide del punto vernal hacia el astro en el sentido de rotación de las Tierra de 0 a 24 horas.
- **Declinación (Dec)**

- **Ángulo Horario Sidéreo (AHS):** Tiene la misma definición que Ascensión Recta, pero se cuenta de 0° a 360° en sentido contrario a la rotación de la tierra, la cual se ubicada en el almanaque náutico para cada estrella y también para 4 planetas visibles (Marte, Júpiter, Saturno y Venus). Se deduce que AHS y AR son complementarios de 0 a 24 horas o de 0° a 360° .

4.4.5 Triángulo de Posición y sus elementos.

La intersección, sobre la esfera celeste, del meridiano celeste superior del observador, el círculo horario del astro y el círculo vertical del astro define un triángulo esférico cuyos vértices son el polo celeste elevado, el Zenit y el astro. Este es el triángulo de posición. Más precisamente, el triángulo de posición es su proyección sobre la superficie de la Tierra, con el polo terrestre, el observador y la proyección del astro como vértices. Sin embargo, ambos triángulos esféricos tienen las mismas magnitudes angulares, por lo que llamaremos triángulo de posición a cualquiera de los dos indistintamente.

Por lo tanto al observar un astro y tomar su ángulo con respecto al horizonte con el sextante y su azimut con la alidada obtenemos los elementos necesarios para el triángulo de posición.

- a. Vértices: Zenit (Ze) – Astro – Polo Elevado.
- b. Lados: Distancia Polar (Δ ó Dp) – Distancia Zenital (Dz) – Colatitud (Col).
- c. Ángulos: Ángulo al Polo (p) – Ángulo del Zenit (z) – Ángulo del Astro (a).

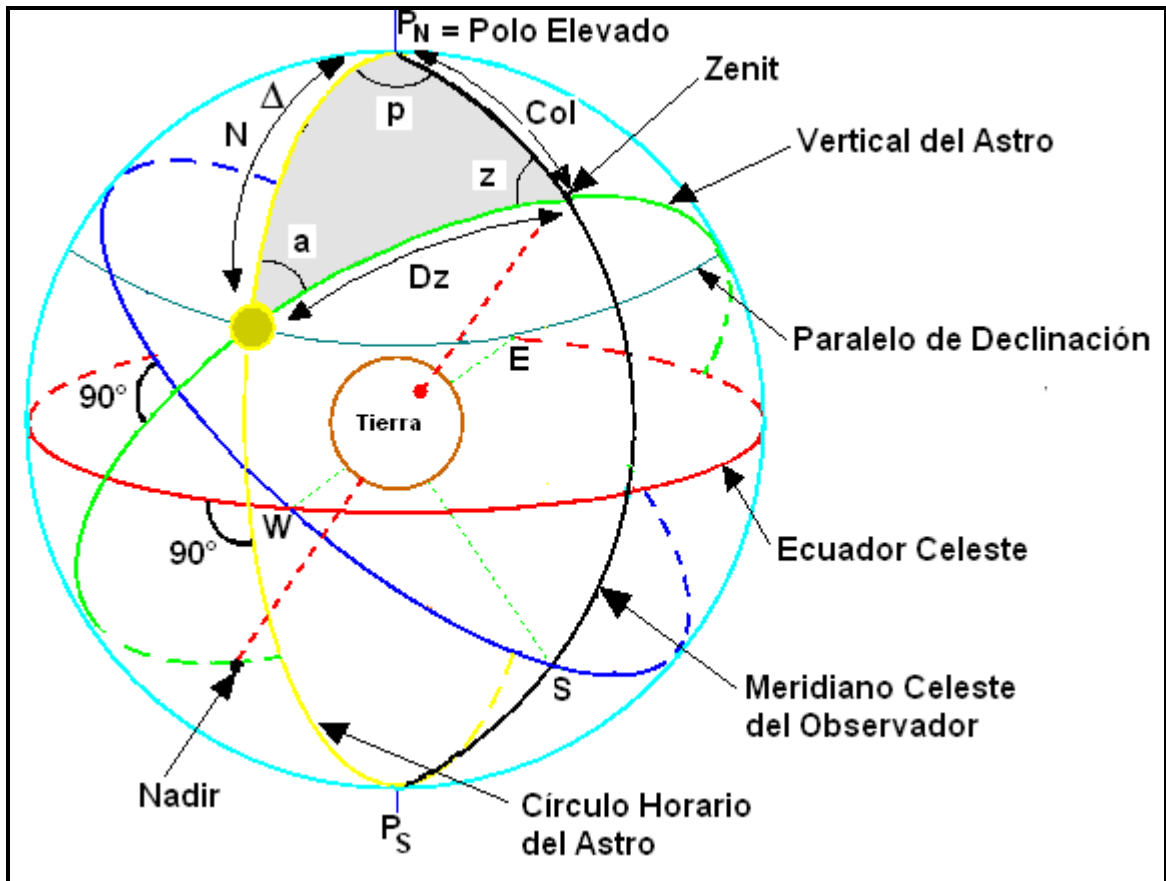


Figura 4.14 Triángulo de Posición y sus elementos.

4.4.6 Transformación de coordenadas.

Teniendo las coordenadas horizontales de un astro, se puede obtener las coordenadas ecuatoriales o equinocciales de su sistema horario, y viceversa.

Cabe destacar que para algunos cálculos el Zenit y el Polo Elevado serán colocados en el borde de la rosa, es decir, que el Meridiano Celeste del Observador coincidirá con el vertical principal.