

“LÍNEA DE POSICIÓN ASTRONÓMICA – PARTE 1” CÍRCULO DE ALTURA

Ref.:

- a.- Pub SHOA N° 3030 Capítulo 13
- b.- Apuntes del autor.

A.- Generalidades

Todas las teorías para la obtención de la situación por medio de los astros en la mar, se basan en la habilidad para resolver el triángulo de posición con los datos necesarios, que permitan al navegante relacionar su altura observada —la cual teóricamente es exacta— con su posición estimada —la cual es solamente aproximada— y así obtener una línea de posición sobre la superficie de la Tierra, para el instante de la observación.

B.- Posición geográfica, polo de iluminación o punto astral de un astro

Es el punto donde corta a la superficie de la Tierra la recta que une el centro de la Tierra con el astro. El punto X en la figura N° 1. Un observador en este lugar verá al astro en su zenit.

1.- Polo de iluminación de un astro y sus coordenadas geográficas

En la figura N° 1 se puede observar que la posición geográfica (L y G) de un astro sobre la superficie del planeta se determina asignando a la latitud el valor de la declinación del astro con su signo.

Su longitud estará determinada por el valor del ángulo horario de Greenwich del astro.

Si el AHGr es menor de 180° la longitud será W y su valor igual al del AHGr.

Si el AHGr es mayor de 180° la longitud será E y su valor será igual a 360° menos el AHGr.

Luego, la posición geográfica de un astro se determina conociendo su declinación y el ángulo horario de Greenwich, en el instante de la observación.

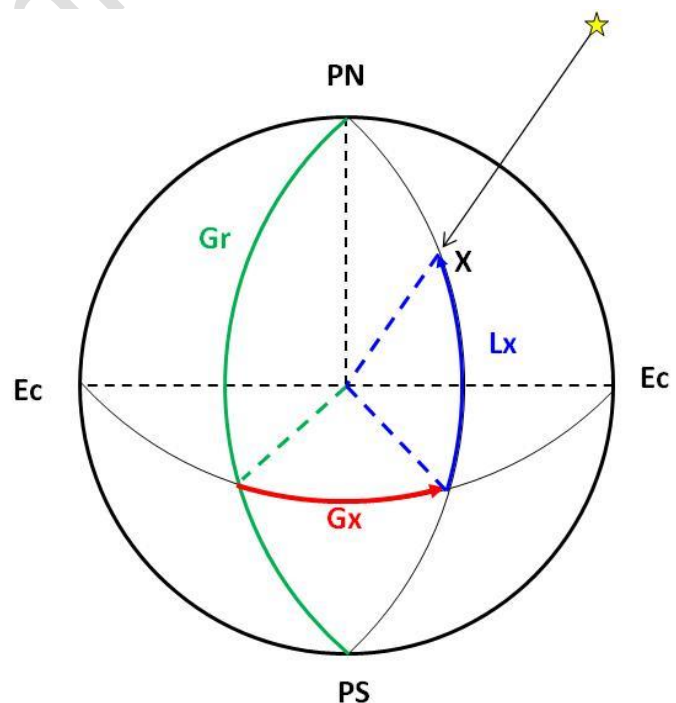


Fig. N° 1 "Polo de iluminación de un astro y sus coordenadas geográfica"

Ambos elementos vienen tabulados en el Almanaque Náutico y bastará la hora del cronómetro del momento de la observación para calcularlos exactamente.

Ejemplo

Determinar la PG de *Altair* el 14 de febrero de 2011, sabiendo que se observó a la Hz = 19:30, Zh = +7h, Le = 20° 51' S, Ge = 167° 48' W, Hcr = 01h 47m 30s y Ea = 00h 43m 10s

Del Almanaque Náutico (A.N.)

AHS = 62° 16,1' y **D = 8° 53,8' N**

Solución:

Hz	= 19h 30m (14 feb.)
Zh	= +7h
HmGr	= 02h 30m (15 feb.)
Hcr	= 01h 47m 30s
Ea	= 00h 43m 10s
HmGr	= 02h 30m 40s (15 feb)
AHGr γ	= 159° 41,9'
c	= 7° 41,3'
AHGr γ c	= 167° 23,2'
AHS	= 62° 16,1'
AHGr	= 229° 29,3'
360°	= 359° 60'
G	= 130° 20,7' E

Posición Geográfica *Altair*

L = 8° 53,8' N

G = 130° 20,7' E

2.- Círculo de posición o de igual altura

Cuando la altura observada a un cuerpo celeste es corregida y luego restada de 90°, se obtiene la distancia zenital verdadera: Ze-X en la figura N° 2.

No obstante, Ze puede encontrarse en cualquier punto de la circunferencia que tiene al astro X por centro y por radio la distancia zenital Ze-X. En figura N° 2 arco de color celeste.

Se dice que esto ocurre en el instante de la observación, pues momentos después ya cambia la posición del astro X y, por tanto, la distancia zenital y el radio de la circunferencia.

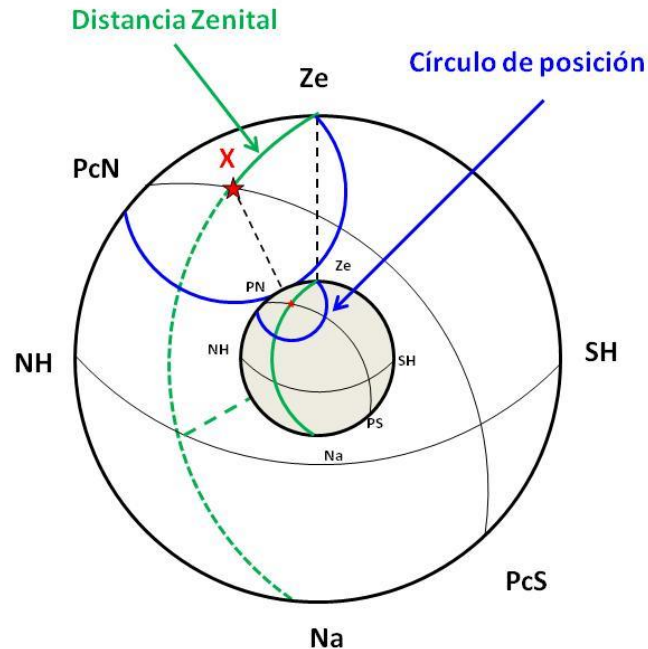


Fig.: N° 2 "Círculo de posición"

Si se proyecta esta circunferencia sobre la esfera terrestre, se obtiene otra circunferencia que contiene al observador Ze y que tiene por centro la posición geográfica del astro y por radio la distancia zenital.

Esta circunferencia es el círculo de posición o círculo de altura que se define como "el lugar geométrico de los puntos de la Tierra desde los que en un mismo instante se observa al astro con igual altura".

Y como ahora se mide sobre la superficie de la Tierra, puede ser expresado en millas náuticas.

3.- Curvas de altura

Los círculos de posición pueden ser representados como tales en las cartas Mercátor, cuando su radio es pequeño; si no es así, sus formas se desfiguran en elipses, parábolas o sinusoides y por ello se les denominan "curvas de altura". Su forma depende de la posición que ocupan con respecto a los polos de la Tierra.

En la figura N° 3, se supone una posición geográfica o polo de iluminación del astro situado en $L = 40^\circ N$ y $G = 60^\circ W$.

En el caso "A", la curva es un círculo cuando su radio es menor de 90 millas y una elipse cuando es mayor, lo que se debe al aumento en latitud de la proyección Mercátor.

En el caso "B", en que el perímetro del círculo pasa por el polo, su representación es la curva central cuyos brazos formarán una parábola, ya que el polo, no tiene proyección en una carta Mercátor.

En el caso "C", al estar el polo dentro del círculo de altura, corta a todos los meridianos, tomando su representación la forma de una senoide simétrica con respecto al meridiano que pasa por la posición geográfica.

Si el radio del círculo de altura es muy pequeño, alrededor de las veinte millas, la Posición Geográfica (PG) o polo de iluminación del astro puede ser ploteado en la carta Mercátor y se podría trazar el círculo de altura con exactitud sobre la carta.

Pero lo normal es que el radio esférico del círculo (distancia zenital) sea grande, del orden de los miles de millas, y la posición geográfica del astro rara vez quedará dentro de la carta que el navegante está usando para su estima.

La parte del círculo de posición que le es de interés al navegante debe ser encontrada con métodos que circunscriban el ploteo necesario a las vecindades de la posición estimada del buque.

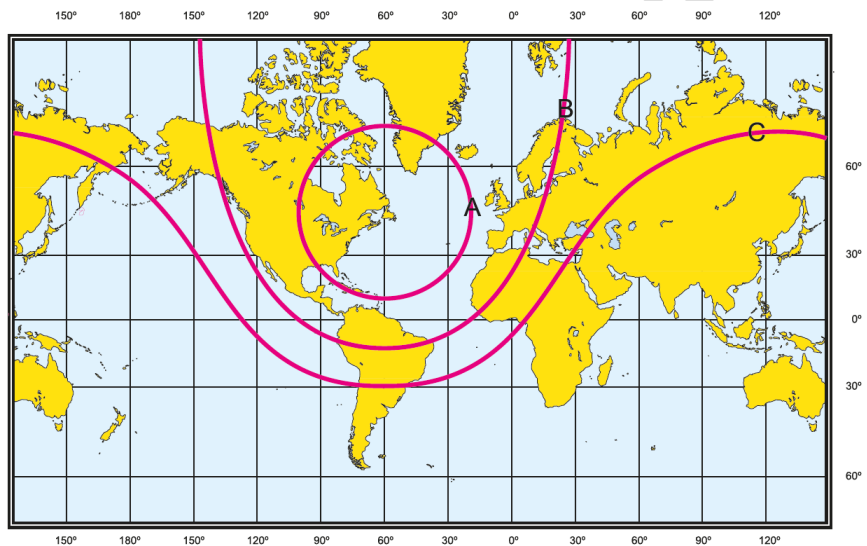


Fig. N° 3 "Curvas de Altura"

4.- Línea de posición astronómica o recta de altura

La línea de posición astronómica o recta de altura, es un pequeño arco de este círculo de posición sobre el cual el navegante determina que se encuentra su situación.

Debido a la pequeñez de este arco, se sustituye por un arco de loxodrómica tangente al círculo de altura.

La loxodrómica forma en la superficie terrestre ángulos iguales con los meridianos, representando en la carta Mercátor una línea recta de fácil trazado. La representación del arco de loxodrómica que sustituye al trozo de curva de altura se llama recta de altura.

Por tanto, la recta de altura en la carta Mercátor es: “la recta que representa al arco de loxodrómica que sustituye sin error apreciable a un pequeño arco del círculo de altura”.

Esta recta de altura es el lugar geométrico de la situación del buque o, como se llama en navegación, una línea de posición.

El error que se comete al sustituir el arco de círculo de altura por un arco de loxodrómica, es tanto menor cuanto mayor sea el radio esférico del círculo de altura ($Dz = 90^\circ - Av$); por esto conviene observar astros cuyas alturas no sean demasiado elevadas.

El círculo de altura (Dz) es perpendicular al vertical del astro observado y, como esta recta de altura, es tangente al círculo de altura también es normal al vertical del astro, el cual está determinado por el azimut en el momento de la observación.

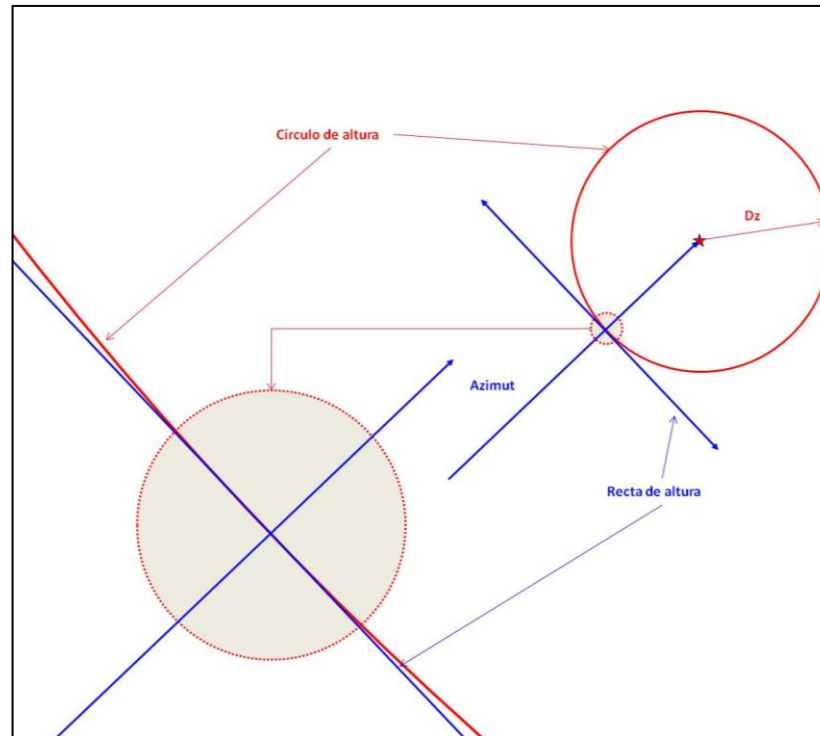


Fig. N° 4 "Círculo de altura, recta de altura y azimut al astro".

5.- Método del Intercepto o de “Marcq de Saint-Hilaire”

El sistema que transformó la navegación astronómica llegó con la introducción de la determinación de la Línea de Posición por el método de las Diferencias de Alturas, ideado por el comandante Adolphe- Laurent-Anatole Marcq de Blonde de Saint-Hilaire, de la Marina Francesa, en 1875.

Este método ha sido el más usado en navegación astronómica hasta nuestros días, simplificándose su resolución a través de los años, al reducirse el tiempo empleado en ello, debido a la aparición de tablas de alturas y calculadoras especiales y científicas.

En este método, el navegante elige un punto cualquiera en las cercanías de la situación en la que cree estar; siendo, su punto estimado el más conveniente.

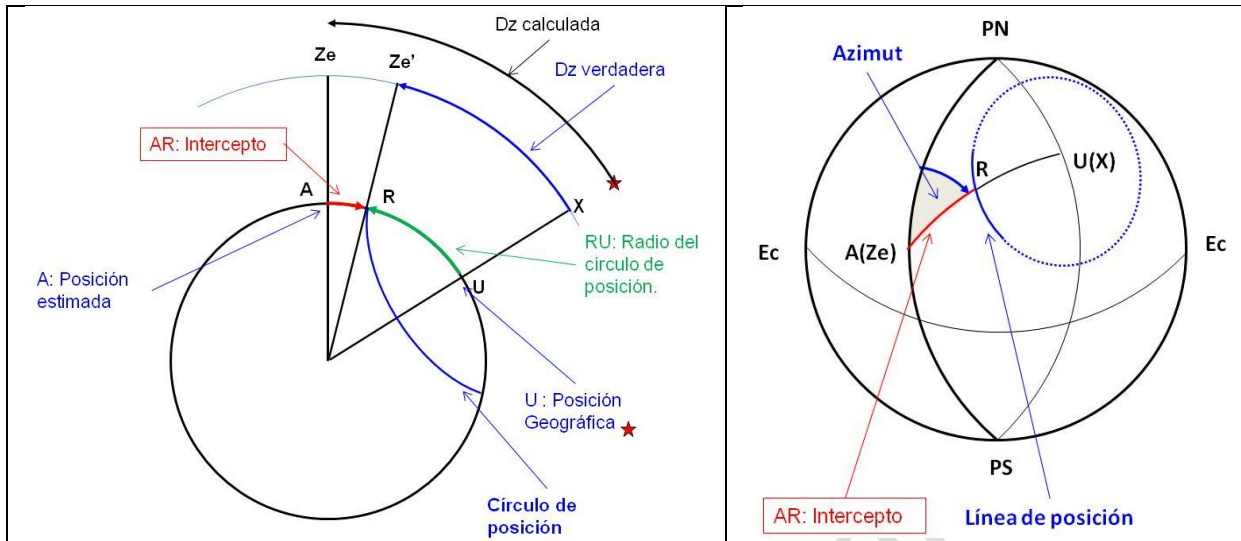


Fig.: N° 5

Fig.: N° 6

En la figura 5 se explica el método del intercepto:

- Punto A es la posición estimada del observador y Ze su zenit.
- Punto U es la posición geográfica del astro X.
- El arco AU es el círculo máximo que pasa por los puntos A y U.
- El radio del círculo de posición (distancia zenital) determinado por la observación de la altura del astro X es RU y esta distancia, normalmente, no será igual a AU.
- El valor de la diferencia AR se llama Intercepto.

En la figura 6, se muestran

- Las posiciones de A, R y U de la figura anterior en relación con el polo P.
- La distancia AU corresponde a la magnitud angular AX en el triángulo en la esfera celeste, es simplemente la distancia zenital calculada, determinada al resolver el triángulo esférico PAU o el ángulo en el zenit PnZe X.
- La distancia UR es la distancia zenital verdadera.
- Punto R es determinada por el azimut del astro, el cual es el ángulo PAU o el ángulo en el zenit PnZe X.

Si por ejemplo, la distancia zenital calculada es de 50° , el navegante sabe que su posición estimada o la que haya elegido para el cálculo, está a 3.000 millas de la posición geográfica del astro.

Si al mismo tiempo, mediante la observación de la altura del astro, determina que su distancia zenital verdadera es de $49^\circ 55'$, el navegante sabrá que su posición está 5 millas más cercana a la posición geográfica del astro, que la posición estimada que usó para sus cálculos.

Además, la posición del observador debe encontrarse en la circunferencia del círculo de posición.

Si ahora se traza una línea de demarcación desde el punto estimado y de una magnitud equivalente a 5 millas en dirección al astro (su azimut), se obtendrá el punto determinante R de la figura N° 6 y la línea de demarcación coincidirá con el radio del círculo de posición en un tramo razonable.

El punto R se encuentra a la distancia correcta de la PG del astro, pero no es necesariamente la posición de la nave. Esta se encuentra en algún tramo de la circunferencia del círculo de posición, en las proximidades del punto R.

Se sabe que la tangente en un punto de la circunferencia es perpendicular al radio; luego, si se traza por el punto R del círculo de posición una tangente, esta recta será perpendicular al azimut, que es el radio del círculo de posición.

La tangente se confunde con el círculo de posición en una cierta extensión y en un punto de esta recta estará la nave; de aquí su nombre de Recta o Línea de Posición, la cual es perpendicular al azimut en el punto R.

6.- El concepto del Intercepto

La característica principal del método del Intercepto radica en comparar la distancia verdadera que hay entre el buque y la PG del astro, con la distancia calculada desde una posición arbitraria a la misma PG del astro.

La primera distancia es la Distancia Zenital Verdadera (Dzc) y la segunda distancia es la Distancia Zenital Calculada (Dzc). La diferencia entre ambas distancias zenitales es el Intercepto.

Si la Dzv es mayor que la Dzc, la posición real del buque está más alejada de la posición geográfica del astro, que lo que está la posición adoptada para el cálculo y el Intercepto se trazará alejándose del PG del astro.

Si la Dzv es menor que la Dzc, la posición real del buque está más próxima a la posición geográfica del astro y el Intercepto se trazará acercándose hacia el PG del astro.

7.- Uso de las alturas en vez de las distancias zenitales

Se ha demostrado que el Intercepto es la diferencia entre la distancia zenital verdadera y la calculada. Si fuera expedito el obtener las distancias zenitales, sería la mejor manera de obtener el Intercepto.

Al efectuar una observación astronómica con sextante, lo que se obtiene es la altura del astro, y mediante una operación aritmética posterior se llega a la distancia zenital.

Pero comparar las distancias zenitales es lo mismo que hacerlo con las correspondientes alturas, puesto que la distancia zenital es el complemento de la altura.

Luego, para determinar el Intercepto es conveniente hacer uso de la altura en vez de la distancia zenital.

$$\text{Intercepto} = Av - Ac$$

De la figura N° 7 y de la ecuación anterior podemos deducir:

- Si la Av es mayor que la Ac, el Intercepto es positivo y se traza desde el punto estimado hacia el astro.
- Si la Av es menor que la Ac, el Intercepto es negativo y debe trazarse en sentido opuesto al astro.

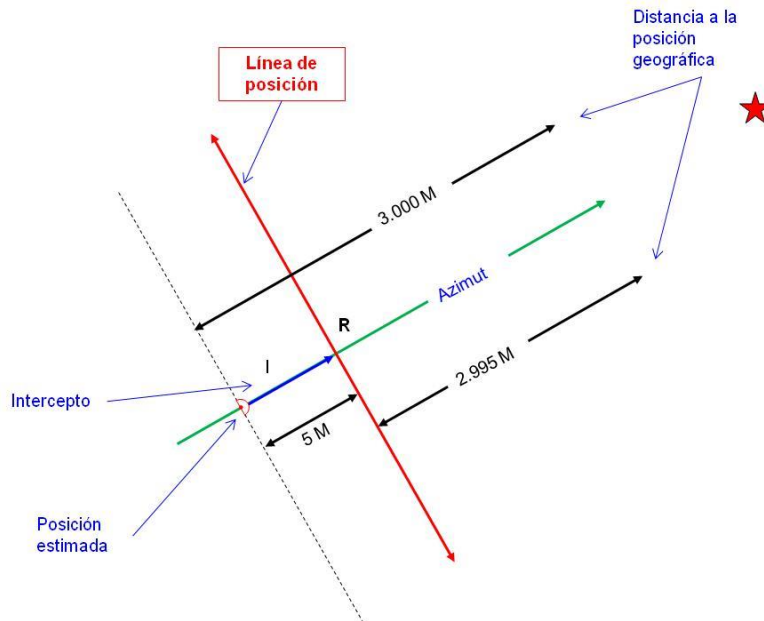


Fig. N° 7

Mediante este método es posible encontrar el lugar geométrico que permitirá determinar con facilidad la posición del buque.

Resumen de los pasos:

- a.- Observar el astro en un instante determinada. Calcular la Altura verdadera (A_v) y posteriormente su Dz_v . ($Dz = 90^\circ - A_v$)
- b.- Resolver el triángulo esférico, determinando la Altura calculada (A_c) y Azimut al astro (A_z), considerando:
 - 1) Mismo instante de la observación.
 - 2) Latitud y longitud estimada.
 - 3) P y D calculados desde el Almanaque Náutico.
- c.- Calcular Dz_c ($Dz_c = 90^\circ - A_{vc}$).
- d.- Determinar el Intercepto: $I = Dz_c - Dz_v$.
- e.- Para una mayor simplicidad, Intercepto = $A_v - A_c^1$.
- f.- Desde el punto estimado trazar el Azimut calculado.
- g.- Medir el intercepto desde el punto estimado en la dirección de al azimut si es positivo (+) y contrario a él si es negativo (-).
- h.- Trazar la recta de altura, que corresponde al círculo de altura, lugar geométrico donde se encuentra el observador.
- i.- Repetir el procedimiento con otro astro.
- j.- La intersección de dos o más rectas dará la posición astronómica.

¹ $(90^\circ - A_c - (90^\circ - A_v)) = (90^\circ - A_c - 90^\circ + A_v) = A_v - A_c$