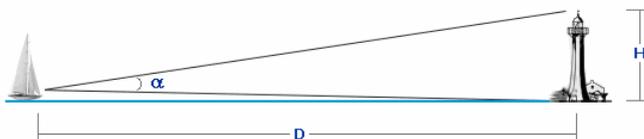


## Introducción a la Navegación Astronómica

El objeto de la navegación astronómica es obtener la posición en la superficie de La Tierra por medio de la observación de los astros; principalmente el Sol, la Luna las estrellas y algunos planetas (Venus, Marte, Saturno y Júpiter).

La técnica se basa en que los astros se mueven regidos por unas leyes físicas muy precisas, por lo que es posible calcular la posición exacta del astro observado en un instante de tiempo dado. Así conociendo las posiciones de dos o más astros en el cielo, y midiendo el ángulo entre estos y el horizonte visible con un sextante, se puede determinar la posición del observador.

Para ilustrar el procedimiento empleado, supongamos que estamos navegando cerca de la costa, el Sol empieza a ponerse y deseamos situarnos antes de que la noche nos envuelva y no podamos distinguir con nitidez el perfil de la costa que permite orientarnos, para ello buscamos la luz de un faro.



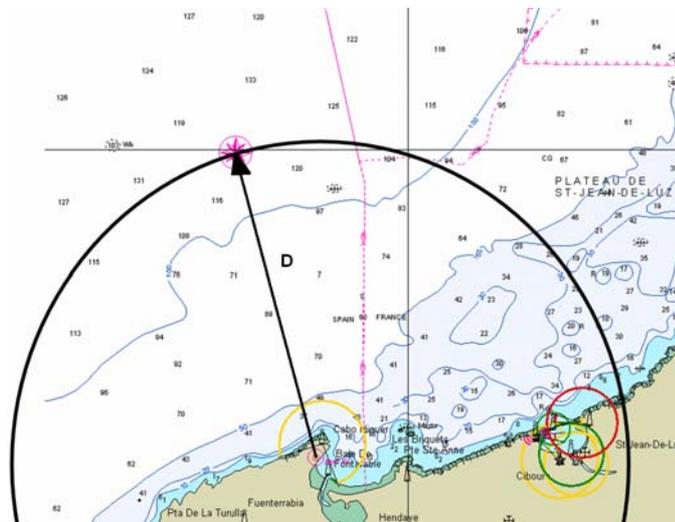
*Distancia a un objeto de la costa.*

Si medimos el ángulo  $\alpha$  con el sextante, mirando la altura del faro  $H$  sobre el nivel del mar en la carta náutica o el libro de faros, la distancia al él es:

$$D = \frac{H}{\tan \alpha}$$

Nuestra posición está en algún lugar de un círculo de radio  $D$ , y centro el faro, que recibe el nombre de **Círculo de Posición, CoP**.

Con una segunda observación, se obtiene otro círculo de posición. El punto de intersección de ambos es la posición buscada. Ocurre que dos círculos se pueden cortar en dos puntos, dando dos posibles situaciones, por lo que la posición estimada u otra tercera observación solventan esta incertidumbre.



*Círculo de posición referente al faro en la carta náutica.*

Usando este concepto básico, si en vez de la luz de un faro se observa un astro, y se mide el ángulo entre éste y el horizonte, se obtiene una línea de posición llamada *círculo de altura*, utilizada en navegación astronómica.

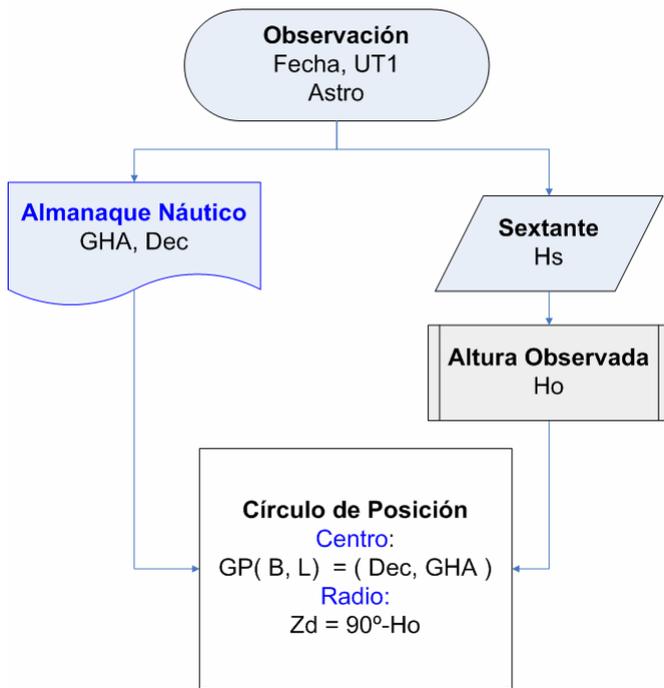
En el caso del faro, la técnica explicada para calcular nuestra posición se encuadra dentro de la *navegación costera*, en donde la posición del faro es conocida y las líneas de posición se trazan en la carta náutica. Utilizando la analogía anterior, en navegación astronómica, la posición del astro también es conocida, pero no es fija como la del faro; se mueve en el firmamento siguiendo las leyes de la mecánica celeste. La proyección del astro sobre la superficie terrestre recibe el nombre de **polo de iluminación del astro**, y es el centro del círculo de altura, su radio es la *distancia cenital*.

*Círculo de posición o de alturas iguales*

- Centro: (Latitud, Longitud) = (Dec, GHA)
- Radio =  $60 (90^\circ - Ho)$  millas náuticas

donde Dec es la *declinación*, GHA es el *ángulo horario en Greenwich* del astro, y  $H_o$  es la *altura observada*, es decir, la altura medida con el sextante corregida de error de índice, depresión del horizonte, refracción, paralaje y semidiámetro.

## Círculo de Altura

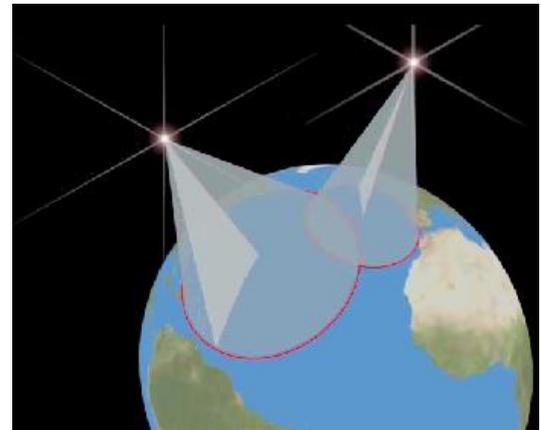


Parámetros del Círculo de Altura.

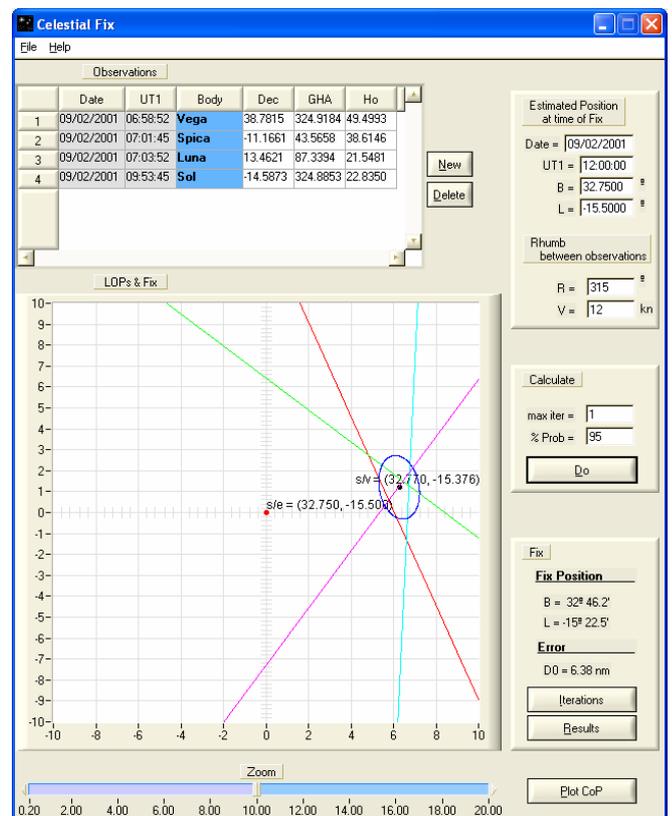
En general el radio del CoP es muy grande, por lo que es impracticable trazarlo en la carta náutica, además si la carta es de proyección mercatoriana, un círculo sobre la esfera terrestre queda deformado en ella.

La posición se puede hallar gráfica o analíticamente:

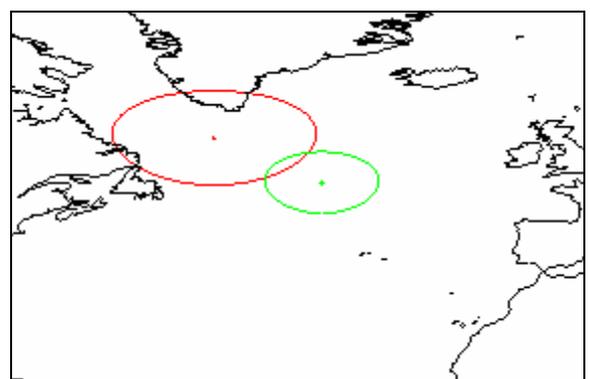
- Utilizando la carta náutica se traza la tangente al CoP desde un punto aproximado a nuestra posición verdadera. Esta nueva línea de posición aproximada recibe el nombre de **Recta de Altura**, la intersección de dos o más RA nos da nuestra posición.
- Existen gran variedad de métodos matemáticos para hallar la posición por intersección de círculos de altura o RA, casi todos ellos utilizan el método de los mínimos cuadrados para hallar la posición más probable. Esto hace innecesario el trazado de las líneas de posición en la carta.



Círculos de posición correspondientes a dos observaciones simultáneas a dos astros distintos.

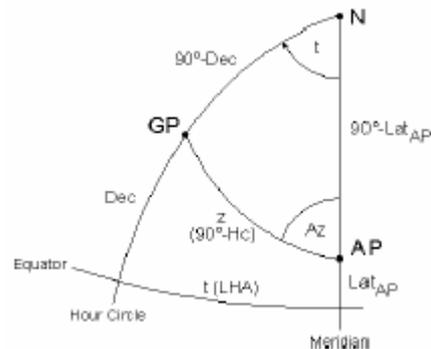


Posición por cuatro rectas de altura, y elipse de confianza.



Círculos de posición sobre la carta mercatoriana.

## Triángulo de posición



$$(B, LHA, Dec) \Rightarrow H$$

$$\sin H = \sin B \sin Dec + \cos B \cos Dec \cos LHA$$

$$(B, LHA, Dec) \Rightarrow Z$$

$$\cotan Z = (\tan Dec \cos B - \sin B \cos LHA) / \sin LHA$$

$$(B, H, Dec) \Rightarrow Z$$

$$\cos Z = (\sin Dec - \sin H \sin B) / (\cos H \cos B)$$

$$(LHA, H, Dec) \Rightarrow Z$$

$$\sin Z = (\cos Dec \sin LHA) / \cos H$$

$$(B, H, Z) \Rightarrow LHA$$

$$\cotan LHA = (\tan H \cos B - \sin B \cos Z) / \sin Z$$

$$(B, H, Z) \Rightarrow Dec$$

$$\sin Dec = \sin B \sin H + \cos B \cos H \cos Z$$

$$(B, H, Dec) \Rightarrow LHA \quad \text{Time Sight}$$

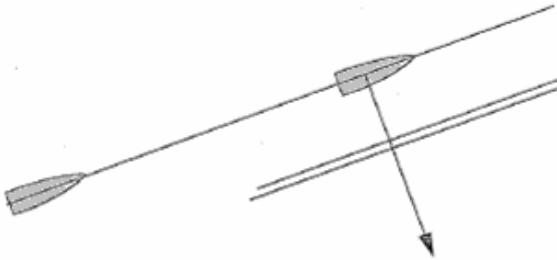
$$\cos LHA = (\sin H - \sin Dec \sin B) / (\cos Dec \cos B)$$

## Utilidad de una recta de altura

Una sola recta de altura, no es suficiente para obtener la situación, pero es muy útil en determinadas ocasiones por la información que proporciona al compararla con la estima.

### Error en el rumbo - Recta de dirección

Observando un astro que esté por el través se obtiene una recta de altura llamada recta de dirección, que proporciona el error en el rumbo.

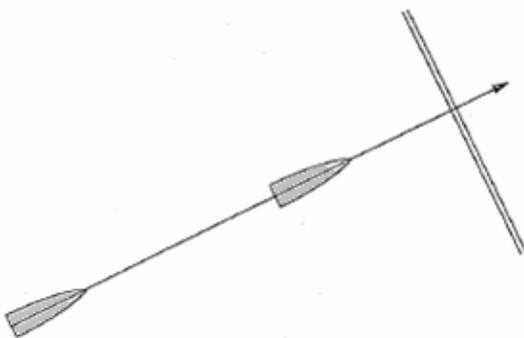


Recta de dirección

Es de utilidad cuando el gobierno del buque se ve afectado por corrientes y/o vientos, o no se conoce la corrección total, de forma que hay una incertidumbre en el rumbo de fondo que sigue el barco.

### Error en la distancia navegada - Recta de velocidad

Observando un astro según la dirección de la derrota, ya sea por proa o por popa, se obtiene una recta de altura llamada recta de velocidad, que nos señala el error en distancia respecto a la posición estimada.

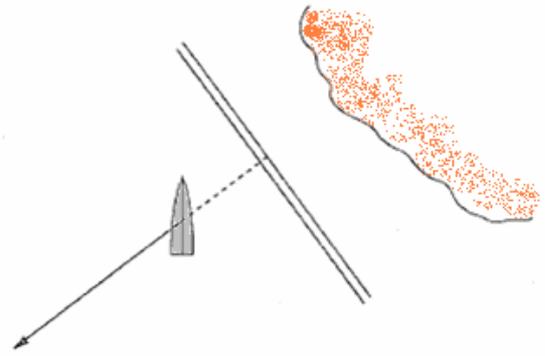


Recta de velocidad

### Distancia a la costa

Observando un astro cuyo azimut sea perpendicular a la dirección de la costa, se

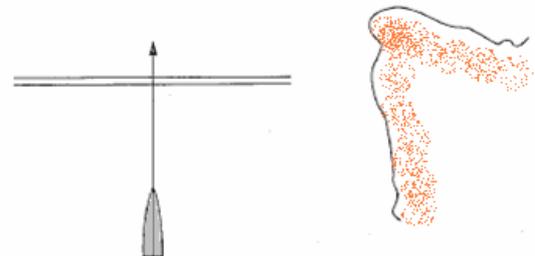
obtiene una recta de altura paralela a la línea de costa, que proporciona la distancia a ésta.



Distancia a la costa por una recta de altura

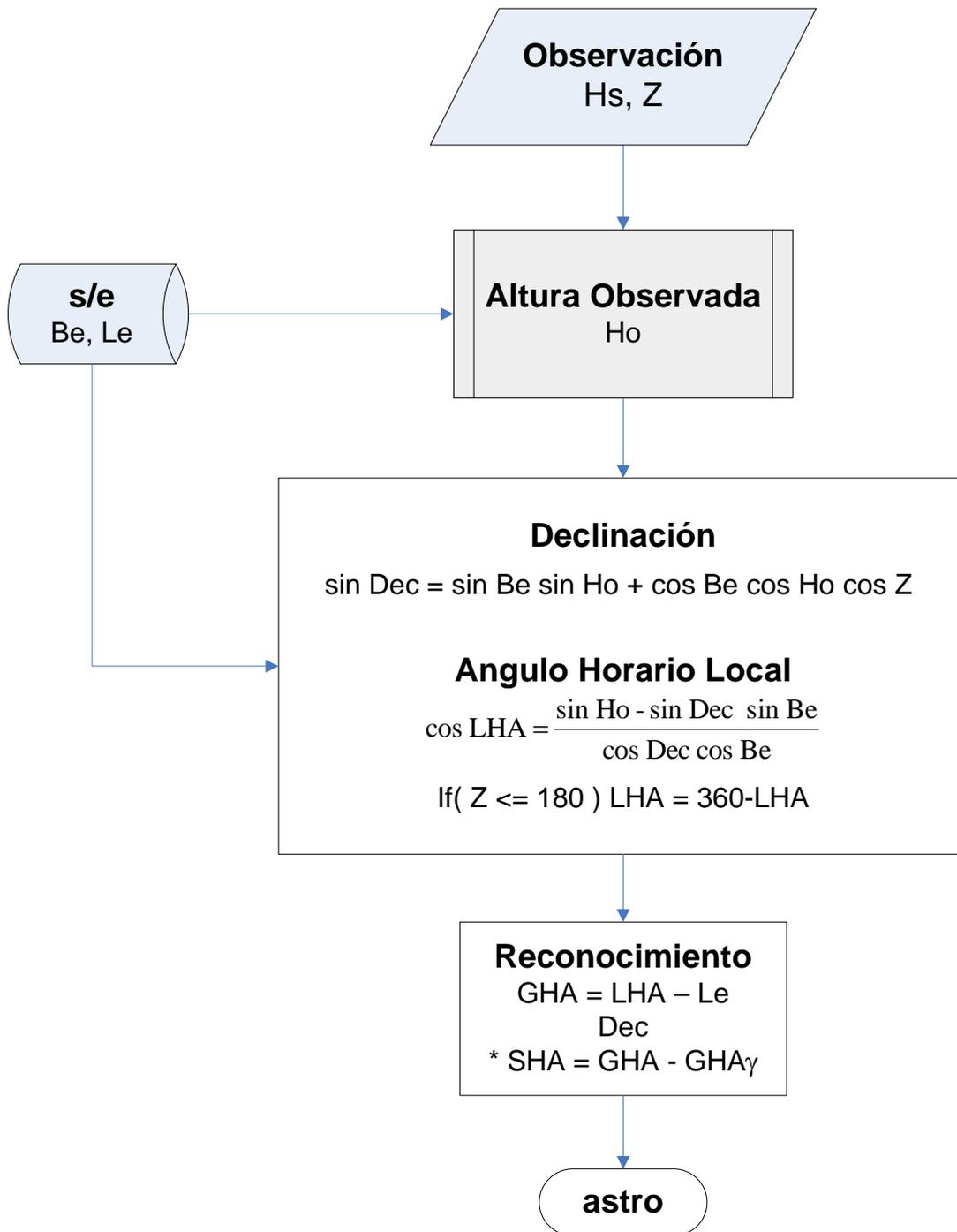
### Recta de recalada

Cuando se navega siguiendo la costa, observando un astro que se encuentre en la dirección de esta, se obtiene una recta de altura perpendicular a la costa que nos indica la distancia que falta para cambiar el rumbo.



Recalada y recta de altura

# Reconocimiento de astros



# Determinante Marcq Saint-Hilaire de la recta de altura

