ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS

SEMINARIO DE GRADUACIÓN:

"Solución completa a partir de la observación de un astro, para el ploteo de una recta de altura, usando el almanaque náutico y las tablas 229"

Previo a la obtención del Título de:

TECNÓLOGO PESQUERO

Ancón – Ecuador
2012

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN PESQUERÍA

Tesina:

PLOTEO DE LA RECTA DE ALTURA: TRAZADO SOBRE LA CARTA NÁUTICA

Presentado por:

HOLGER RAMÍREZ P.
ORLANDO TENEMPAGUAY L.

Bajo la dirección del Licenciado

LUIS ZHINGRI ORTEGA

Ancón – Ecuador

2012

DEDICATORIA

Dedicamos este documento y toda nuestra carrera universitaria a Dios por ser quien ha estado a nuestro lado en todo momento dándonos las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se nos presenten.

Agradecemos a nuestros padres ya que gracias a ellos somos quienes somos hoy en día, fueron los que nos dieron ese cariño y calor humano necesario, son los que han velado por nuestra salud, nuestros estudios, nuestra educación, alimentación entre otros, son a ellos a quienes les debemos todo, horas de consejos, de regaños, de reprimendas de tristezas y de alegrías de las cuales estamos muy seguros que las han hecho con todo el amor del mundo para formarnos como unos seres integrales y de las cuales nos sentimos orgullosos.

También agradecemos a todos los profesores de la unidad académica que han aportado con sus conocimientos durante toda la carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo, requirió de esfuerzo y mucha dedicación de quienes lo realizamos, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citaremos y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos de angustia y desesperación.

Dar gracias a **Dios**, por estar con nosotros en cada paso que damos, por fortalecer nuestros corazones e iluminar nuestras mentes y por haber puesto en el camino a aquellas personas que han sido un soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradecer hoy y siempre a nuestras familias porque a pesar de no estar presentes físicamente, sé que procuran nuestro bienestar, y está claro que si no fuese por el esfuerzo realizado por ellos, el estudio no hubiese sido posible.

De igual manera nuestros más sinceros agradecimientos al Coordinador del Programa de Tecnología en Ciencias Pesqueras y Profesor del seminario de graduación: Lcdo. Luis Zhingri Ortega.

TRIBUNAL DE GRADO

Tnlg. Kleber Herrera Palomeque.
PRESIDENTE

Lcdo. Luis Zhingri Ortega.
VOCAL PRINCIPAL

Ing. Francisco Pacheco Bedoya.
VOCAL SUPLENTE

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este trabajo de grado, nos corresponde exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica Del Litoral.

HOLGER GUSTAVO RAMÍREZ POZO

ORLANDO STALYN TENEMPAGUAY LARA

RESUMEN

La presente tesina “ploteo de la recta de altura: trazado sobre la carta náutica” presenta la descripción de como se particulariza el trazado en resolver al navegante su posición con respecto a los astros en un determinado tiempo. Para ello se presentan cuatro capítulos que acometen la representación del tema. El capítulo uno “Antecedentes de la recta de altura” nos da la descripción del circulo de igual altura y el método de intercepto de igual altura donde interactúan las diferentes referencias de la posición.

En el capítulo dos “Instrumentos para el ploteo de la recta de altura”, describe una hoja de ploteo donde se hace el trazado de la recta de altura sobre la carta náutica, las herramientas, almanaques y tablas de reducción.

Nuestro capítulo tres ” procedimiento y rotulacion de la recta de altura”, está dividido en procedimiento del ploteo de la recta de altura, descrito paso a paso la manera de conseguir una recta de altura y la posición donde puede estar localizado el observador; rotulación de la recta de altura, identificación con simbología, nombres y hora de observación los cuerpos celestes; ploteo de un fijo celeste y un fijo corrido, la manera de avanzar o retrazar rectas de altura para conseguir un fijo celeste.

Por último, en el capitulo cuarto “Ejercicios del ploteo de la recta de altura”, encontramos aplicaciones de trazados de un fijo celeste, fijo celeste corrido sobre la carta náutica.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN v

ÍNDICE DE FIGURAS viii

ÍNDICE DE TABLAS ix

INTRODUCCIÓN 1

UNIDAD I 2

1 ANTECEDENTES DE LA RECTA DE ALTURA 2

1.1 El Triángulo de Posición 2

1.2 Circulo Igual Altura 4

1.3 Método Del Intercepto De Altura 8

1.4 Determinantes de la recta de altura. 14

1.4.1 Posición asumida (PA) 15

1.4.2 Azimut Verdadero (Zn) 15

1.4.3 Diferencia de Altura (a) 15

UNIDAD II 16

2 INSTRUMENTOS PARA EL PLOTEO DE UNA RECTA DE ALTURA 16

2.1 Hoja de ploteo 16

2.1.1 Hoja de Ploteo de Gran Área (LAPS) 16

2.1.2 Hoja de Ploteo de Pequeña Área (SAPS) 16

2.2 Almanaque Náutico 16

2.3 Tablas De Reducción 229 16

2.4 Cronometro y sextante 17

2.5 Reglas Paralelas, Compas, Transportador y Otros Medios 18

2.5.1 Reglas Paralelas 18

2.5.2 Compás 18

2.5.3 Transportadores de Ángulos y Otros Medios 18

UNIDAD III 20

3 PROCEDIMIENTO Y ROTULACIÓN DE LA RECTA DE ALTURA 20

3.1 PROCEDIMIENTO DEL PLOTEO DE LA RECTA DE ALTURA 20

3.1.1 Trazado de la Posición Asumida (PA) 20

3.1.2 Trazado del azimut verdadero (Zn) 20

3.1.3 Medida de la distancia de intercepto (a) 20

3.1.4 Trazado de la recta de altura 20

3.2 ROTULACIÓN DE LA RECTA DE ALTURA 20
3.2.1 Posición asumida o posición geográfica. 20
3.2.2 Rotulación de la PA o PG Avanzadas. 20
3.2.3 La Línea del Azimut. 21
3.2.4 Línea de Posición. 21
3.2.5 Fija por traslado. 21
3.2.6 Fija o Fijo. 21
3.3 PLOTEO DE UN FIJO CELESTE 22
3.3.1 Avance De La Posición Asumida 23
3.4 FIJO CORRIDO 24
3.4.1 Avance de una Recta de Altura. 24
UNIDAD IV 27
4 EJERCICIOS DEL PLOTEO DE LA RECTA DE ALTURA 27
4.1 Ejercicio 1. Ploteo de un fijo celeste. 27
4.2 Ejercicio 2. Ploteo de un fijo celeste corrido. 31
4.3 Ejercicio 3. Trazado de un fijo celeste o recta de altura. 34
4.4 Ejercicio 4. Fijo celeste a partir de tres rectas de altura. 35
4.5 Ejercicio 5. Fijo astronómico por tres estrellas. 37
4.6 Ejercicio 6. Fijo astronómico con cambio de rumbo entre las observaciones. 38
4.7 Ejercicio 7. Fijo astronómico por traslado. 40
CONCLUSIÓN 42
ANEXO 1 43
ANEXO 2 44
ANEXO 3 45
BIBLIOGRAFÍA 46
REFERENCIAS 47

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1 POSICIÓN GEOGRÁFICA (PG) DE UN CUERPO CELESTE. 2
FIGURA 1-2. EL TRIÁNGULO DE NAVEGACIÓN.......... 3
FIGURA 1-3 UN CÍRCULO DE IGUAL ALTURA INSCRITO ALREDEDOR DE UN POLO. 4
FIGURA 1-4 DOS CÍRCULOS CONCÉNTRICOS DE IGUAL ALTURA. 5
FIGURA 1-5 UN TRIÁNGULO DE NAVEGACIÓN. 5
FIGURA 1-6 CÍRCULO DE IGUAL ALTURA PARA H O 60º. 6
FIGURA 1-7 UNA PA QUE NO ESTÁ EN EL CÍRCULO OBSERVADO DE IGUAL ALTURA. 7
FIGURA 1-8 DETERMINACIÓN DE UN FIJO CELESTE USANDO DOS CÍRCULOS DE IGUAL ALTURA. 8
FIGURA 1-9 SEGMENTO DE UN CÍRCULO DE IGUAL ALTURA A LA PG EN LAS CERCANÍAS. 9
FIGURA 1-10 SEGMENTO DE UN CÍRCULO DE IGUAL ALTURA, PG DISTANTE. 9
FIGURA 1-11. EFECTO DE HO MÁS GRANDE QUE, IGUAL A, O MÁS PEQUEÑA QUE HC. 11
FIGURA 1-12 MÉTODO ALTURA – INTERCEPTO, HO MÁS GRANDE QUE HC. 12
FIGURA 1-13 DETERMINANTES DE LA RECTA DE ALTURA. 15
FIGURA 2-1 CRONÓMETRO. 17
FIGURA 2-2 SEXTANTE MARINO. 17
FIGURA 2-3 REGLA PARALELA. 18
FIGURA 2-4 COMPAS DE PUNTAS. 18
FIGURA 2-5 TRANSPORTADOR DE ÁNGULOS. 19
FIGURA 3-1. ROTULACIÓN DE UN FIJO CELESTE. 21
FIGURA 3-2. PLOTEO DE UNA RECTA DE ALTURA DE VENUS. 22
FIGURA 3-3.UN FIJO CELESTE. 23
FIGURA 3-4.AVANCE DE LA PA. 23
FIGURA 3-5. AVANCE DE UNA RECTA DE ALTURA. 24
FIGURA 3-6. UN FIJO POR AVANCE DE UNA RECTA DE ALTURA. 25
FIGURA 3-7. AVANCE DE DOS RECTAS DE ALTURA. 25
FIGURA 3-8. EL CENTRO DEL TRIÁNGULO ES LA POSIBLE SOLUCIÓN. 26
FIGURA 4-1. AVANZANDO P1 Y P2, USANDO EL PLOTEO DE LA DR ANTERIOR. 29
FIGURA 4-2. EL FIJO CELESTE COMPLETO. 30
FIGURA 4-3. ENCONTRANDO UNA POSICIÓN EXTERIOR DEL FIJO USANDO BISECTORES. 31
FIGURA 4-4. PLOTEO COMPLETO DE UN FIJO CELESTE CORRIDO. 34
FIGURA 4-5. TRAZADO DE UN FIJO CELESTE O RECTA DE ALTURA. 35
FIGURA 4-6. FIJO CELESTE A PARTIR DE TRES RECTAS DE ALTURA. 37
FIGURA 4-7. FIJO ASTRONÓMICO POR TRES ESTRELLAS. 38
FIGURA 4-8. FIJO ASTRONÓMICO CON CAMBIO DE RUMBO ENTRE LAS OBSERVACIONES. 39
FIGURA 4-9. FIJO ASTRONÓMICO POR TRASLADO. 41

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. SOLUCIÓN COMPLETA PARA LA LUNA, VENUS, Y CANOPUS. 28

TABLA 2. SOLUCIONES COMPLETAS PARA DOS LÍNEAS DE SOL. 32

TABLA 3. DATOS DEL EJERCICIO. 34

TABLA 4 DATOS DEL EJERCICIO. 35

TABLA 5 CÁLCULO DEL EJERCICIO. 36

TABLA 6. DATOS DEL EJERCICIO. 37

TABLA 7 DATOS DEL EJERCICIO. 39

TABLA 8 DATOS DEL EJERCICIO. 40

TABLA 9. TABLA DE REDUCCIÓN 44

INTRODUCCIÓN

Una recta de altura o línea de posición celeste, puede producirse por observación a un cuerpo celeste, ploteando un circulo sobre la superficie de la tierra con radio igual a la coaltura del cuerpo, centrado en la posición geográfica (P.G.) del mismo a la hora de la observación. Una línea de posición celeste de este tipo, llamada un círculo de igual altura no se considera práctico para los cuerpos de alturas menores de 87° por la inimaginable longitud del radio de la coaltura restante.

El método del intercepto de altura es un procedimiento alterno de ploteo de la línea de posición celeste, elimina las desventajas del circulo de igual altura. En la práctica usual de la navegación celeste, este método utiliza datos del almanaque, el almanaque náutico o almanaque aéreo en unión de una de las dos tablas de reducción de observaciones, para producir una altura computada (Hc) de un cuerpo que se observa desde una posición asumida (PA) del observador. La altura computada (Hc) es después comparada con la altura observada (Ho) para determinar la posición celeste de la recta de altura.

El método de intercepto de altura para resolver el triángulo de navegación y plotear la recta de altura resultante es de gran utilidad para el navegante comprometido en la práctica de la navegación celeste en el mar. Después que se ha escogido la posición asumida, la altura computada y el azimut verdadero determina por el uso del almanaque junto con la varias tablas de reducción de observaciones; la recta de altura se plotea fácilmente sobre una hoja de ploteo, para formar un fijo o un fijo corrido.

UNIDAD I

1 ANTECEDENTES DE LA RECTA DE ALTURA

1.1 El Triángulo de Posición

Para formar este triángulo el observador se imagina estar localizado en el centro de la tierra y la superficie de la tierra se expande hacia fuera (o la esfera celeste se comprime hacia adentro) hasta que la superficie de la tierra y la superficie de la esfera celeste coincidan.

Después que la superficie de la tierra ha sido expandida, la posición del cuerpo celeste que es observada viene hacer la posición geográfica (PG), del cuerpo en la superficie de la tierra. Cada cuerpo celeste tiene una PG localizada en la superficie de la tierra directamente debajo. Ver figura 1-1.

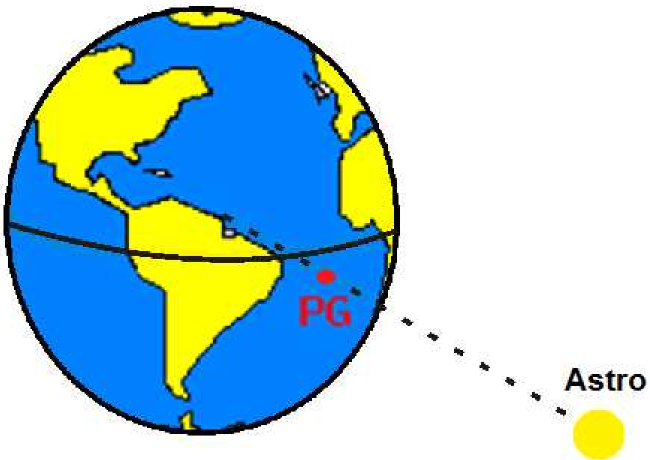


Figura 1-1. Posición geográfica (PG) de un cuerpo celeste.[i]

En cada caso el diámetro del cuerpo se considera comprimido a un punto en la esfera celeste, localizado en el centro de la tierra. La posición geográfica del cuerpo celeste observado forma un vértice del triángulo de navegación.

Puesto que las coordenadas de la posición de un observador sobre la tierra no son conocidas, sino que más bien tienen que ser determinadas, el cenit del observador en el triángulo celeste llega hacer una posición asumida (PA) del observador en el triángulo de navegación.

El vértice restante del triángulo de navegación, el polo celeste se llama el polo elevado, que puede ser Polo norte (Pn) o Polo sur (Ps).

Los tres lados del triángulo de navegación se llaman, la Colatitud, la Coaltura y la distancia polar.

La colatitud es el lado del triángulo de navegación que une la posición asumida del observador y el polo elevado.

La coaltura muchas veces llama la distancia cenital, es el lado del triángulo de navegación que une la posición asumida del observador PA con el polo geográfico PG del cuerpo.

La distancia polar es el lado del triángulo que une el polo elevado y la posición geográfica del cuerpo. Ver figura 1-2.

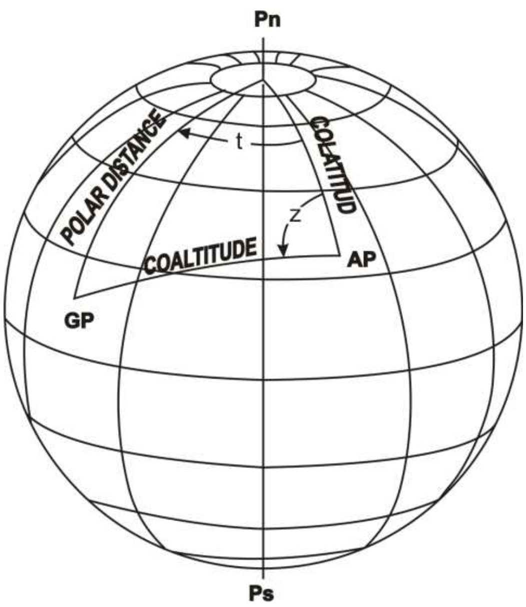


Figura 1-2. El triángulo de navegación.ii

Los ángulos interiores del triángulo de navegación llevan los mismos nombres como los ángulos correspondientes del triángulo celeste, solamente el ángulo meridiano al polo elevado y el ángulo azimutal Z en la posición asumida del observador tienen alguna consecuencia en la solución del triángulo.

1.2 Circulo Igual Altura

Para ilustrar los conceptos básicos necesario para obtener una línea de posición celeste, supóngase, que un poste de acero este elevado perpendicularmente a una superficie plana y un alambre fuera estirado de su tope a la superficie en un ángulo de 60º. Si el chicote del alambre fuera rotado alrededor de la base del poste, seria descrito un círculo como muestra en la figura 1-3.

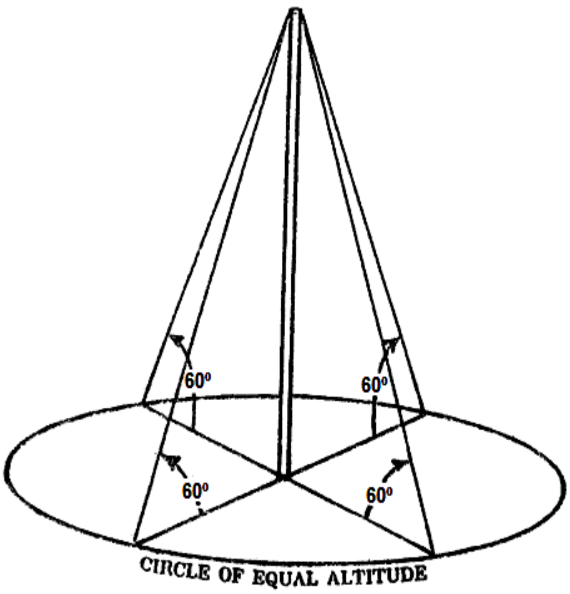


Figura 1-3. Un círculo de igual altura inscrito alrededor de un polo.[iii]

Entonces en cualquier puto de este círculo el ángulo de entre el alambre y la superficie seria la misma, 60º. Tal circulo se llama (círculo de igual altura). En la figura 1-4, muestra dos círculos concéntricos de igual altura en tal superficie esférica, centrados en el lugar de la base PG del poste. En todos los puntos sobre la circunferencia del círculo más pequeño el ángulo formado por el alambre y el plano tangente es 60º, mientras que los ángulos medidos a lo largo del círculo más grade son todos de 30º.

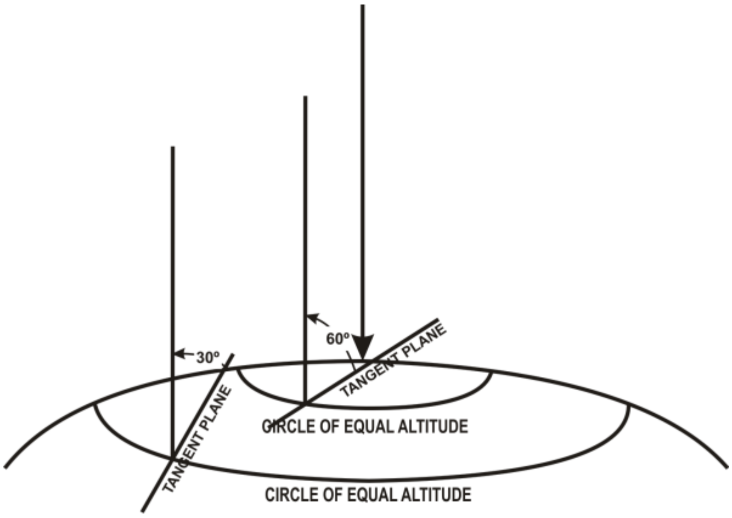


Figura 1-4. Dos círculos concéntricos de igual altura.[iv]

Supóngase que un cuerpo celeste fuera observado y se encuentra que está a una altura de 60º al horizonte celeste del observador, y que su posición geográfica en el momento de su observación fuera determinada Lat. 30º N, longitud 30º W. supóngase que la PA del observador determina por DR fuera de latitud 10º N y longitud 10º W. Asumiendo que un globo de suficiente escala estuviera disponible, un triángulo de navegación similar al de la figura 1-5 se podría construir ploteando las coordenadas.

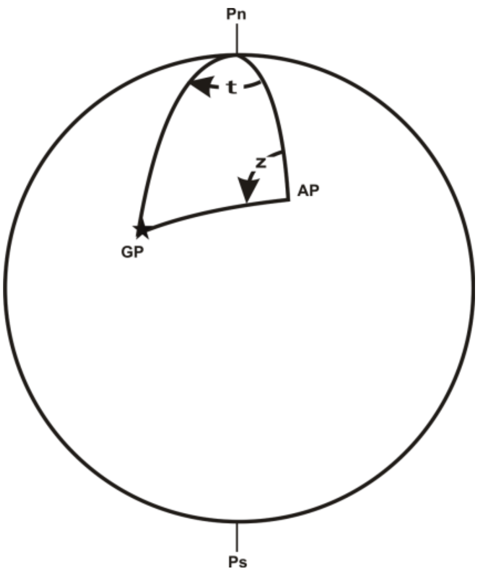


Figura 1-5. Un triángulo de navegación.[v]

Ahora ploteamos un círculo de igual altura cerca de la posición geográfica del cuerpo, desde el cual se puede observar una altura de 60º. Para hacer esto, asumamos por el momento la posición asumida del observador coincida con su posición actual. Si este fuera el caso, el radio del circulo de igual altura tendría la misma longitud que la coaltura del triángulo de navegación del observador; expresado como un ángulo, esto es 90º (el cenit del observador) – 60º (altura del cuerpo), 30º.

Puesto que la coaltura es un segmento de un círculo vertical, que por sí mismo es un gran círculo, asumimos que un grado de un gran círculo que subtiende 60 millas náuticas sobre la superficie de la tierra puede ser utilizado para encontrar la longitud lineal de la coaltura; esto es 30º por 60 millas, o 1800 millas.

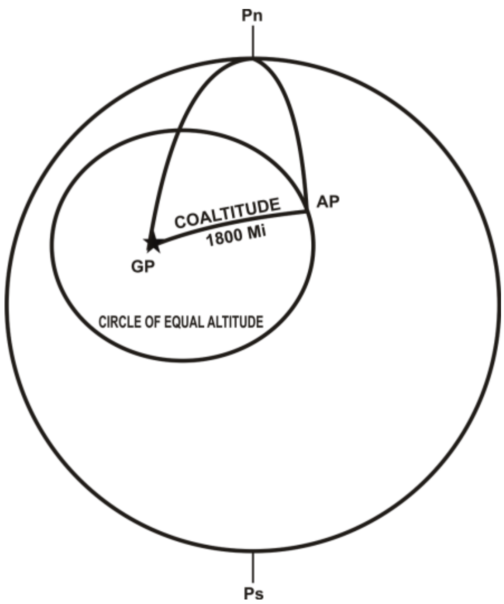


Figura 1-6. Círculo de igual altura para Ho 60º.[vi]

Así el circulo de igual altura para esta observación podría ser formado trazando un arco de radio 1800 millas alrededor de la posición geográfica del el cuerpo. Este círculo mostrado en la figura 1-6, representa un lugar geométrico de todos los puntos, incluyendo la posición actual del observador desde la cual es posible observar una altura de 60º para este cuerpo en el momento de la observación **.**

Supóngase que la posición asumida del observador fue en efecto una distancia pequeña desde su posición actual, como generalmente es en la práctica. En esta situación, la posición asumida, probablemente caerá fuera del círculo, ver figura 1-7, ya sea más cerca o más lejos de la posición geográfica del cuerpo.

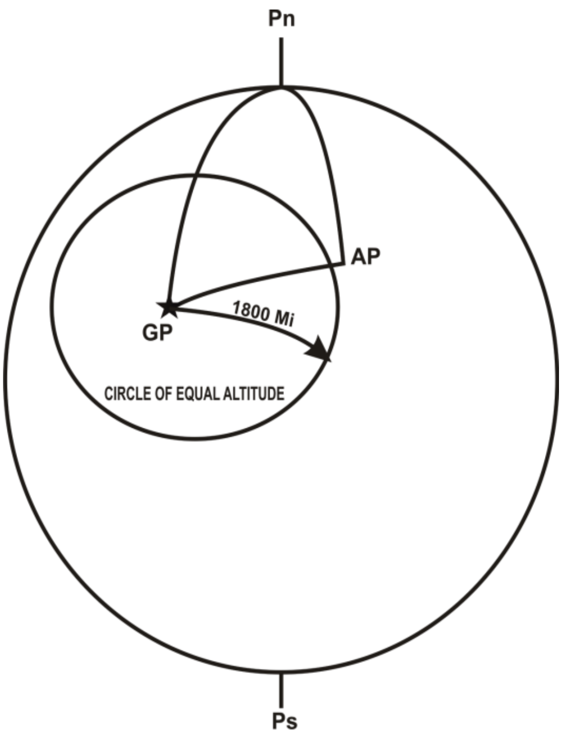


Figura 1-7. Una PA que no está en el círculo observado de igual altura.[vii]

Para encontrar una posición exacta, éste es el fijo celeste, el observador podría ver un segundo cuerpo celeste y plotear un segundo círculo de igual altura alrededor de su posición geográfica. Normalmente los dos círculos interceptarían en dos lugares; la posición del observador debe estar localizada en una de las intersecciones, usualmente la más cerca de la posición asumida del observador, como está descrita en la figura 1-8.

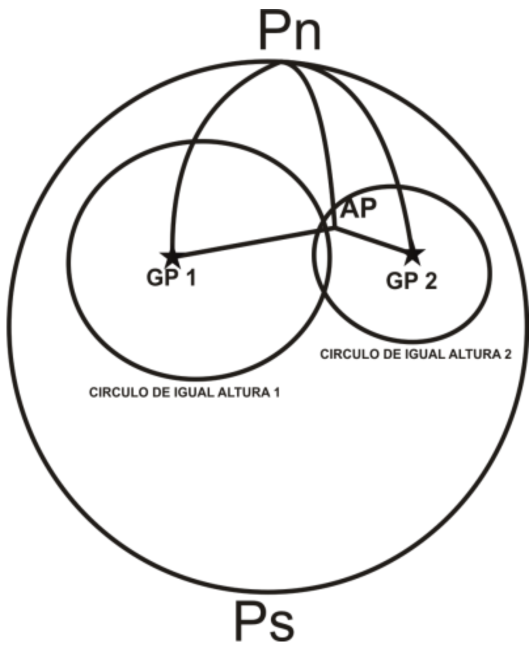


Figura 1-8. Determinación de un fijo celeste usando dos círculos de igual altura.[viii]

Un método alterno de plotear la recta de altura por consiguiente, ha sido descrito donde, solamente una pequeña parte de la coaltura y círculo de igual altura para cada cuerpo es ploteada.

1.3 Método del Intercepto de Altura

En esencia el método de intercepto de altura solamente pequeños segmentos del radio y la circunferencia del círculo de igual altura es ploteado sobre una carta o una hoja de ploteo. Para hacer esto, se escoge una posición asumida (PA) en la hora de observación del cuerpo celeste y, el azimut verdadero y la altura computada del cuerpo observado son determinados para esta posición por medio del uso de las tablas de reducción de observaciones. Se dibuja una línea desde la posición asumida del observador hacia la posición geográfica del cuerpo en dirección del azimut verdadero que representa un segmento del radio del círculo de igual altura computada con la altura observada actualmente obtenida. Ver figura 1-9.

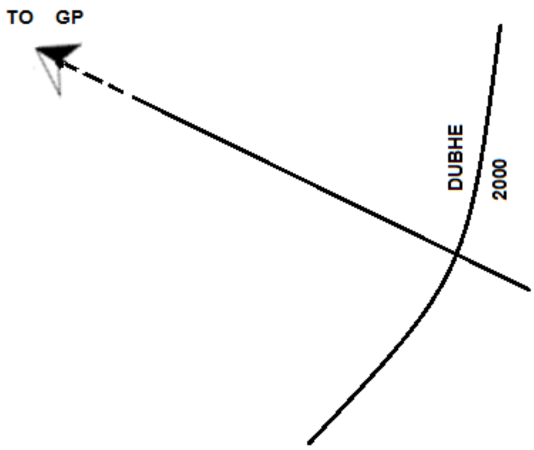


Figura 1-9. Segmento de un círculo de igual altura a la PG en las cercanías.[ix]

Considere por un momento un pequeño segmento del radio y la circunferencia de un círculo de igual altura en una situación en la que la posición geográfica del cuerpo se asume está bastante cerca de la posición asumida de un observador. Puesto que la posición geográfica del cuerpo está cercana, la parte de la circunferencia del círculo de igual altura en la figura 1-9 aparece en forma curva. Si la distancia a la posición geográfica fuera igualmente aumentada, la parte de la circunferencia indicada aparecería mucho menos finalmente acercándose a una línea recta conforme a la distancia de la posición geográficamente aumente, a unos pocos cientos de millas o más.

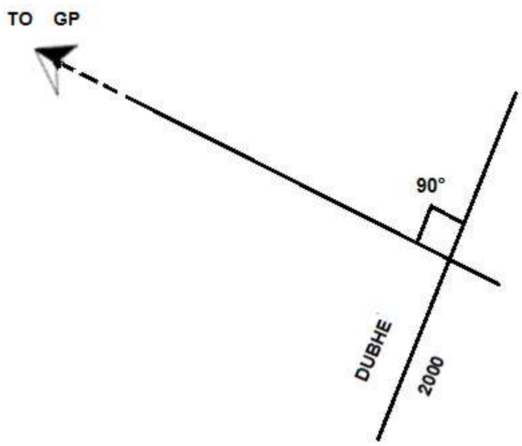


Figura 1-10. Segmento de un círculo de igual altura, PG distante.[x]

Como se puede ver en la representación, la circunferencia del círculo cerca de la línea del radio se ha acercado a una línea recta perpendicular en el punto de intersección. Ver figura 1-10.

Puesto que los radios del círculos de igual altura siempre cae en la dirección de la posición geográfica PG.

La línea de posición se puede dibujar perpendicular a la marcación o azimut verdadero (Zn) de la posición geográfica del cuerpo. El problema básico, resuelto por el método de intercepto de altura, reconstituye el posicionamiento de la recta de altura a lo largo de la línea del azimut verdadero.

Como se mencionó anteriormente la altura de un cuerpo celeste dada, se puede computar por la posición asumida (PA) del observador por medio del almanaque en unión con las tablas de reducción de observaciones; esta altura computada se abrevia Hc, si la altura observada Ho fuera idéntica que la altitud calcula Hc, serían coincidente y los dos pasarían a través de posición asumida del observador. Si la altura observada Ho fuera más grande que la altura computada Hc el radio del círculo de igual altura correspondiente a la altura observada sería más pequeña que el radio del círculo para la altura computada. En este caso el observador debe en realidad estar localizado más lejos. La figura 1-11, indica la razón en la cual se basa las anteriores conclusiones. Se representan tres segmentos de círculo igual altura correspondientes a una altura observada Ho más grande, igual o menor que una altura computada Hc para una posición asumida dada, PA.

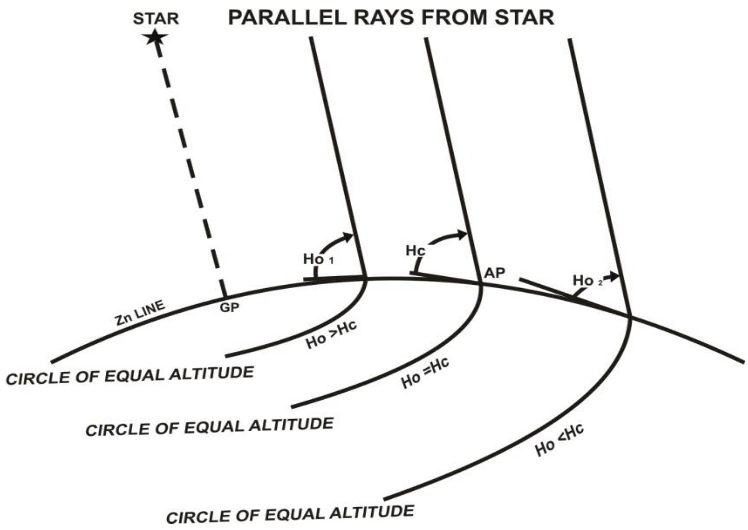


Figura 1-11. Efecto de Ho más grande que, igual a, o más pequeña que Hc. [xi]

Se debe notar que conforme la magnitud de la altura observada aumenta, la distancia desde la posición geográfica del cuerpo disminuye. Esto es razonable, puesto que la longitud de la coaltura (90° - altura) la cual es radio del círculo de igual altura disminuye cuando la altura aumenta.

Para calcular la distancia entre el observador y su posición asumida a lo largo de la línea azimut verdadero, solamente es necesario encontrar la diferencia entre las distancias de la coaltura observada y computada de la posición geográfica del cuerpo. La siguiente expresión algebraica representa la distancia entre las dos coaltura expresada en grados de arcos.

$$90° - \mathrm{Ho} \ - (90° - \mathrm{Hc})$$

En la cual 90° - Ho es la coaltura de la altura observada, y 90° - Hc es la coaltura de la altura computada, sin embargo en la práctica no es necesario computar la coaltura visto que:

$$90° - \mathrm{Ho} \ - (90° - \mathrm{Hc})$$

$$90° - \mathrm{Ho} - 90° + \mathrm{Hc}$$

$$\mathrm{Hc} - \mathrm{Ho}$$

Para encontrar la distancia desde la posición asumida PA a lo largo de la línea azimut verdadero al cual la recta de altura correspondiente con la Ho, debe ser trazada, solamente es necesario encontrar la diferencia entre las alturas computadas y observadas. Por cada minuto de arco de diferencia, el punto de interceptación de la recta de altura con la línea azimut verdadero PA ya sea la posición geográfica del cuerpo si Ho es más grande que Hc, o fuera de la posición geográfica si Ho es menor que Hc. La distancia así determinada entre el punto de intersección y la posición asumida PA se llama distancia de intercepto simbolizada por una letra minúscula *a*. La figura 1-12, indica un ejemplo de computación de una distancia de intercepto en la cual la altura observada Ho es más grande que la altitud computada Hc.

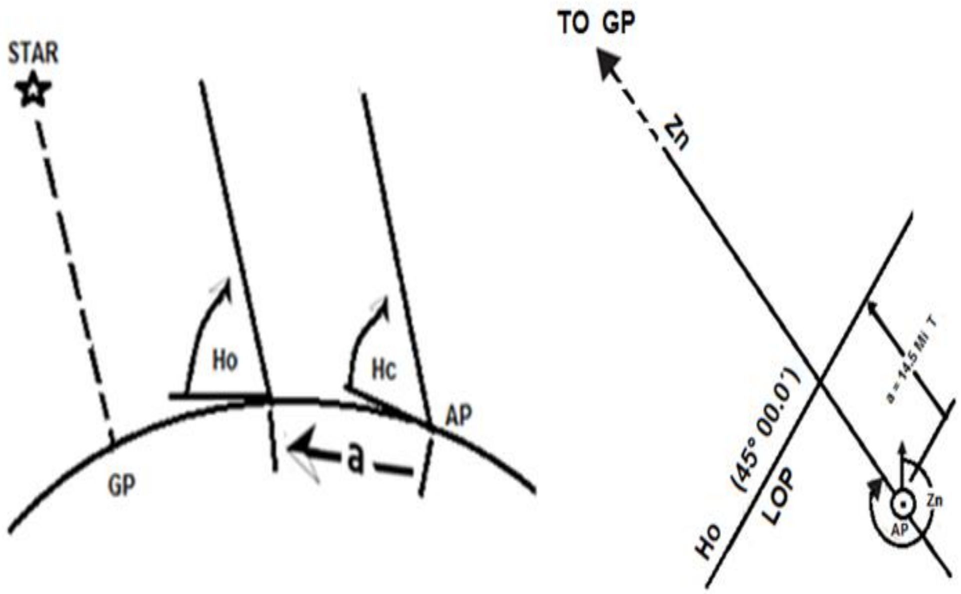


Figura 1-12. Método altura – intercepto, Ho más grande que Hc.[xii]

En este ejemplo una estrella fue observada a 45°00.0'. Para una posición asumida (PA) elegida para la hora de observación se computó una Hc de 44°45.5' al igual que el azimut verdadero desde PA. Para plotear la recta de altura correspondientemente a la altura observada, el punto intercepto debe ser adelantado a lo largo de la línea del azimut verdadero hacia la posición geográfica del cuerpo (puesto Ho es más grande que Hc) por una distancia de intercepto igual a la diferencia de arco entre Ho y Hc expresada en millas. Esta distancia de intercepto se da por medio de la siguiente computación.

$$\begin{array}{lr} Ho & 45°\,00.0´ \\ Hc & 44°\,45.5´ \\ \hline a & 14.5´T \end{array}$$

La distancia de intercepto computada, en este caso de 14.5 millas, está marcada con la letra T para indicar el puesto de intercepto debe moverse hacia la posición geográfica del cuerpo. Si la distancia del intercepto tiene que ser trazada fuera de PG en el caso Ho siendo menor que Hc, la letra *A* se utiliza para indicar este hecho. Por lo tanto, en este ejemplo la recta de altura que corresponde a la altura observada Ho se dibuja perpendicularmente a la línea del azimut verdadero a través de un punto sobre la línea, 14.5 millas hacia la posición geográfica de la estrella. Debido a que la línea de posición resultante representa una parte del círculo de igual altura a lo largo del cual el ángulo Ho podría ser observado, la posición del observador debe caer en alguna parte sobre esta línea de posición.

Para encontrar en el lugar exacto del observador sobre la recta, el procedimiento descrito se puede repetir para un segundo cuerpo observado simultáneamente con el primero. La intercepción de las dos líneas de posición simultaneas definen luego la posición del observador, o sea su fijo celeste a la hora de la observación.

Como una ayuda a la memoria al determinar si la distancia del intercepto (TOWARD O AWAY) la posición geográfica del cuerpo observado, cuando se plotea una línea de posición celeste por el método de intercepto de altura han sido utilizadas dos frases que son:

"Coast Guard Academy" (Computed Greater Away)

(Computada Mayor Away)

"HoMoTo" (Ho more than Hc, Toward)

(Altura observada mayor que la altura computada Toward).

Para alcanzar la exactitud en el ploteo de la recta de altura, y en una extensión menor para facilitar el ploteo por medio del método del intercepto de altura la posición asumida siempre se escoge de tal forma que la distancia del intercepto sea regularmente corta. La razón para esto es que el azimut verdadero de la posición geográfica de un cuerpo observado desde la posición asumida del observador descansa a lo largo de un gran círculo, mientras que la distancia del intercepto trazada en una carta MERCATOR sigue una línea de rumbo. Mientras más grande es la distancia del intercepto más divergida la línea de rumbo que este representa sobre la proyección MERCATOR del gran círculo del azimut verdadero. Si un error se introduce dentro del ploteo de la recta, aumenta el tamaño, en la proporción a la longitud de la distancia de intercepto. Para distancias pequeñas de intercepto de 30 millas o menos, el error es insignificante, pero para distancia de intercepto más grande de 60 millas el efecto del error es considerable.

1.4 Determinantes de la recta de altura.

Es el conjunto de datos para trazar la recta de altura en una carta mercatoriana, la recta de altura guarda similitud a las líneas usadas en navegación costera. La principal diferencia es el ploteo basado en observaciones celestes (astros).

El método de intercepto de altura para resolver el triángulo de navegación y plotear la línea de posición celeste resultante depende de la habilidad del observador. El navegante generalmente usa el almanaque náutico en unión con una de las varias tablas de reducción de observaciones para hacer esta determinación.

Las determinantes de la recta de altura son:

1.4.1 Posición asumida (PA)

Latitud y longitud del observador en la hora de observación del cuerpo celeste, es el punto de referencia para medir el ángulo azimutal y el intercepto de altura.

1.4.2 Azimut Verdadero (Zn)

Para nuestro estudio, interesa estudiar el Azimut Náutico, conocido también con el nombre de Azimut verdadero o Marcación y representado por la abreviatura *Zn*. Basadas en reducciones previamente calculadas.

1.4.3 Diferencia de Altura (a)

La observación de una estrella proporciona la altitud sextante (Hs), la cual es corregida para obtener altura observada (Ho). La altura del cuerpo celeste a la posición asumida, llamada altura computada (Hc), y su azimut se determina a través de las tablas de reducción. Ver figura 1- 13.

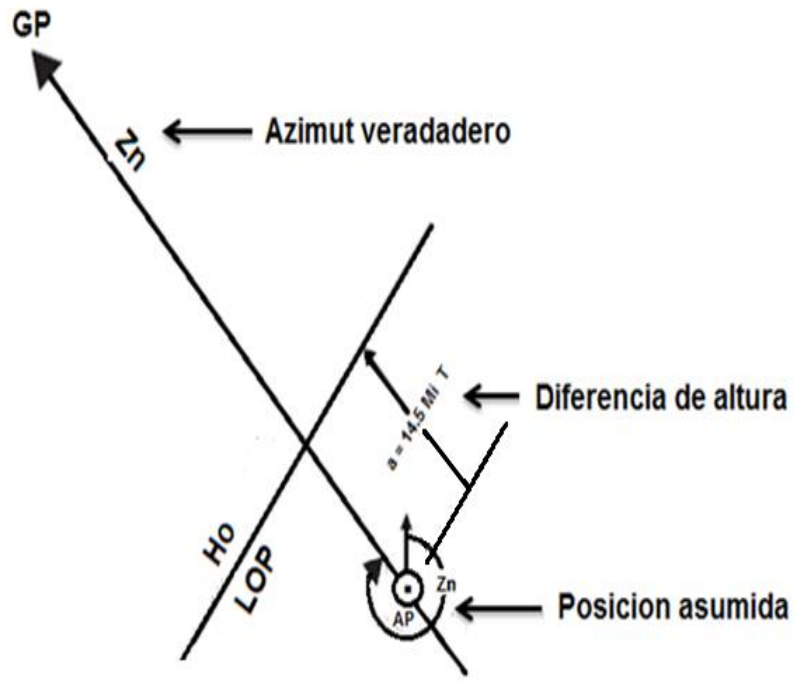


Figura 1-13. Determinantes de la Recta de altura.[xiii]

UNIDAD II

2 INSTRUMENTOS PARA EL PLOTEO DE UNA RECTA DE ALTURA

2.1 Hoja de ploteo

Está basada en la proyección cilíndrica desarrollada. En ella quedan los meridianos como rectas paralelas y a igual distancia unos de otros. Los paralelos también quedan representados por rectas paralelas, pero la distancia entre ellos se va espaciando más conforme se van separando del Ecuador.

2.1.1 Hoja de Ploteo de Gran Área (LAPS)

La agencia cartográfica del centro Hidrográfica de defensa DMAHC tiene disponible una hoja de ploteo de Gran Área, o LAPS, cubriendo algunos grados longitud y latitud.

2.1.2 Hoja de Ploteo de Pequeña Área (SAPS)

Una hoja de ploteo de pequeña área (SAPS) que cubre dos grados de longitud y latitud, es la más usada para el ploteo de rectas de alturas. (**Ver anexo 1)**

2.2 Almanaque Náutico

Almanaque Náutico para uso de los Navegantes. Publicación que edita anualmente el Observatorio de Marina y en la que se reflejan en todo momento, la información necesaria de ciertas coordenadas para la navegación astronómica o de altura.

2.3 Tablas de Reducción 229

Tablas para la resolución de los problemas de Navegación. Son tablas que facilitan la resolución de los triángulos esféricos de posición. Trabajan las fórmulas de formas más o menos originales y hacen más rápido su cálculo. Hoy se ha impuesto por su comodidad la calculadora científica y el ordenador con un software apropiado para la resolución de este tipo de problemas, por lo que las tablas han quedado un tanto obsoletas. **(Ver Anexo 2)**

2.4 Cronometro y sextante

Cronómetros.- Este instrumento que se utilizan en la navegación de altura. El cronómetro marino es en realidad un reloj de suma precisión. Para la navegación astronómica es necesario conocer siempre la Hora civil del meridiano de Greenwich. Con el cronómetro podemos obtenerla fácilmente. Figura 2-1.

Figura 2-1 Cronómetro.[xiv]

El sextante.- Es un instrumento portátil que se utiliza para medir la altura de los astros. La altura de un astro es el ángulo que subtiende la visual del observador al astro y al horizonte de la mar. El sextante también se emplea en navegación costera para medir ángulos horizontales formados por distintos puntos de la costa. Figura 2-2.

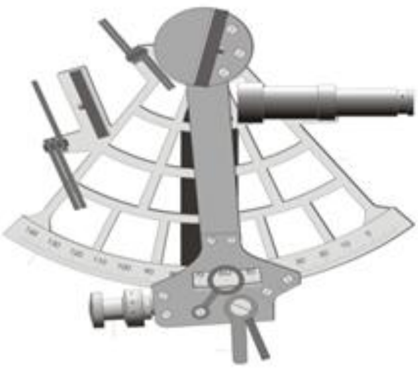


Figura 2-2 Sextante Marino.[xv]

2.5 Reglas Paralelas, Compas, Transportador y Otros Medios

2.5.1 Reglas Paralelas

Las más usadas son las de 60, 45, 30 cm y su fines principales son los de transportar las líneas de rumbos y de Marcaciones (Demoras) que aparecen ploteadas en la carta o se quieren plotear. Hay variados tipos y modelos, pueden ser de madera, plásticos transparentes o de metales. Figura 2-3.

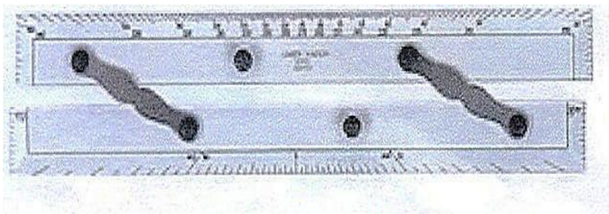


Figura 2-3 Regla paralela.[xvi]

2.5.2 Compás

Sirve para medir distancias en las cartas náuticas. Con las patas unidas no deben hacer una marca mayor de 0.1 mm, la bisagras que une a las patas deben ser capaz de abrirse suavemente. Figura 2-4.

Figura 2-4 Compas de puntas.[xvii]

2.5.3 Transportadores de Ángulos y Otros Medios

Sirven para medir direcciones, trazar rumbos, marcaciones y demoras en la carta náutica. Suelen ser metálicos o plásticos transparente, sus forma pueden ser circular, semicircular, rectangular, cuadrado y triangular, otros medios como Lápiz HB, borrador blanco, sacapuntas, calculadora. Figura 2-5.

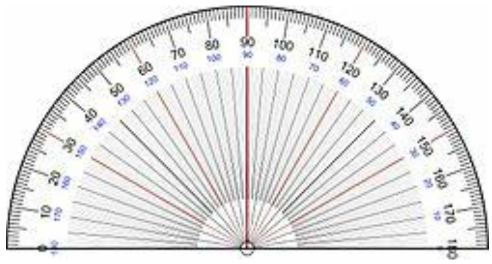


Figura 2-5 Transportador de ángulos.[xviii]

UNIDAD III

3 PROCEDIMIENTO Y ROTULACIÓN DE LA RECTA DE ALTURA

3.1 PROCEDIMIENTO DEL PLOTEO DE LA RECTA DE ALTURA

3.1.1 Trazado de la Posición Asumida (PA)

Plotear la PA al momento de la observación (longitud y latitud asumida).

3.1.2 Trazado del azimut verdadero (Zn)

Desde la posición asumida (PA) hacia el cuerpo celeste o en sentido contrario, dependiendo de si la altura observada (Ho) es mayor o menor que la altura calculada (Hc).

3.1.3 Medida de la distancia de intercepto (a)

En la dirección correcta, a lo largo de la línea de azimut, la diferencia entre la altura observada y la altura calculada en millas y décimas de milla. Este es el valor de la distancia de intercepto.

3.1.4 Trazado de la recta de altura

Dibuje una línea en el extremo, perpendicular a la línea de azimut. Esta línea representa la recta de altura en el momento de la observación.

3.2 ROTULACIÓN DE LA RECTA DE ALTURA

3.2.1 Posición asumida o posición geográfica.

La PA o la PG usadas con una recta de altura siempre se marcan con un punto encerrado en un pequeño círculo y rotulado PA o PG según corresponda.

3.2.2 Rotulación de la PA o PG Avanzadas.

La dirección y distancia que pueden avanzarse una PA o una PG se muestra siempre por medio de líneas continuas cuyo extremo final se marca con un punto encerrado dentro de un círculo, pero que no se rotule. Esta es la PA o PG avanzada desde la cual se traza la recta de altura.

3.2.3 La Línea del Azimut.

La dirección de la recta de la PA usado para trazar la línea, siempre se muestra como una línea de guiones que se extiende desde la PA hasta la recta según indique el valor y la dirección de la diferencia de altura(a).

3.2.4 Línea de Posición.

Una línea de posición, bien sea una línea recta o un arco, siempre se muestra como una línea continua y se rotula con la hora de la observación (hora del buque) encima de la línea y el nombre del astro debajo de la línea. Si la recta ha sido avanzado o retraída, deben escribirse tanto la hora de la observación como la hora del ajuste; ejemplo: "1927-1934" es una línea de posición para las 1927 avanzada hasta 1934. Figura 3-1.

3.2.5 Fija por traslado.

La posición encontrada por medio de trazados se encierra en un círculo y se rotula con la hora y la clase de la posición; ejemplo: 1628 FPT.

3.2.6 Fija o Fijo.

La posición encontrada por medio de un fijo se encierra en un círculo y se rotula con la hora y la clase de posición. (En el **anexo 3**, se encuentra la simbología utilizada).

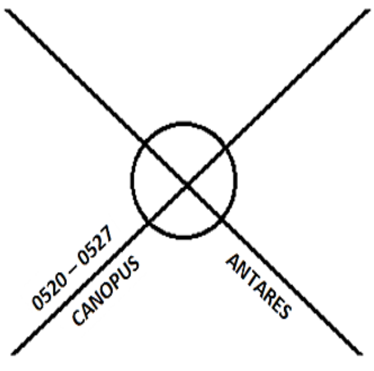


Figura 3-1. Rotulación de un fijo celeste.[xix]

Como un ejemplo del ploteo de la línea de posición celeste, supóngase que para una observación del planeta Venus se ha escogido una posición asumida en L 34° S, longitud 163° 08.4' E, y la distancia del intercepto y el azimut verdadero Zn se han determinado para ser 14.8 millas "TOWARD", y 095.1° T respectivamente. Obsérvese que la línea de posición está marcada con el nombre del cuerpo y la hora de la zona de la observación al minuto más cercano. Figura 3-2.

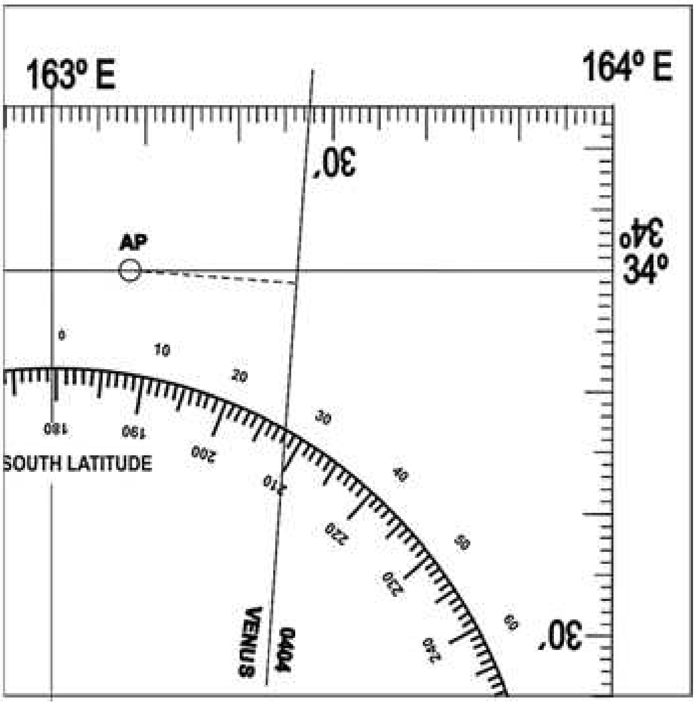


Figura 3-2. Ploteo de una Recta de Altura de Venus. .[xx]

3.3 PLOTEO DE UN FIJO CELESTE

Los fijos celestes son ploteados desde datos obtenidos de observaciones del sextante previamente corregidos.

Un fijo desde observaciones simultáneas es determinado por la intercepción de dos o más líneas de posición celeste desde observaciones tomadas dentro de pocos minutos de la observación anterior, o bien pueden intervenir dos observadores al mismo tiempo, el fijo es rotulado con el círculo y la hora de la observación.

Actualmente, observaciones son raramente tomadas sobre dos o más cuerpos simultáneamente. En lugar, el navegador decide cuales cuerpos celestes observar, entonces toma rondas de observaciones, para cada una con el tiempo exacto. Ocasionalmente, puede pasar hasta media hora entre la primera y la última observación. Resultando líneas de posición, avanzando o retardando la distancia recorrida por el barco entre el tiempo de la observación y el tiempo del fijo deseado. Figura 3-3.

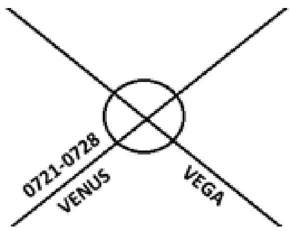


Figura 3-3.Un Fijo Celeste.[xxi]

3.3.1 Avance de la Posición Asumida

Varios métodos pueden ser usados para avanzar una línea de posición. El más frecuente método consiste en avanzar la posición asumida en dirección y la distancia del recorrido del barco, ver en la figura 3-4, se encuentra dibujada la nueva recta de altura.

La figura, ilustra una situación donde la posición asumida fue avanzada paralelamente a la línea del curso y la distancia recorrida, y una nueva recta de altura fue ploteada desde esta nueva posición.

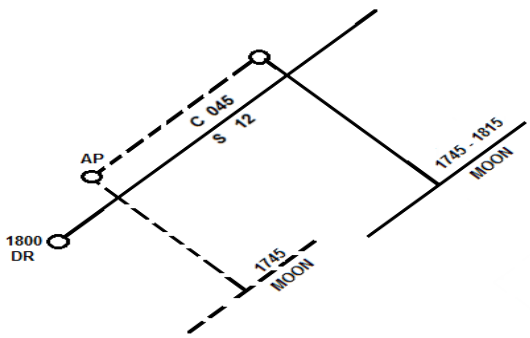


Figura 3-4.Avance de la PA. [xxii]

3.4 FIJO CORRIDO

El procedimiento para plotear un fijo corrido que involucra una línea de posición celeste en el mar es virtualmente idéntico al procedimiento usado en navegación costera. Una recta de altura puede ser corrida por cualquier intervalo razonable de tiempo para ser cortada por otra recta subsiguiente derivada de cualquier fuente, o cruzada con una recta de altura posterior para determinar un fijo corrido.

3.4.1 Avance de una Recta de Altura.

Ver en la figura 3-5, se aprecia como a las 1800 la línea de posición celeste fue obtenida por observación de Venus, fue avanzada a las 1815. Note que la línea de las 1800, fue ploteada como una línea discontinua, entonces fue dibujada una línea sólida después de este avance. También note que la línea de avance lleva ambos tiempos, el de observación y el después de la observación. Es equivalente a decir" Esta línea de posición es de las 1815, basado en la observación de las 1800"

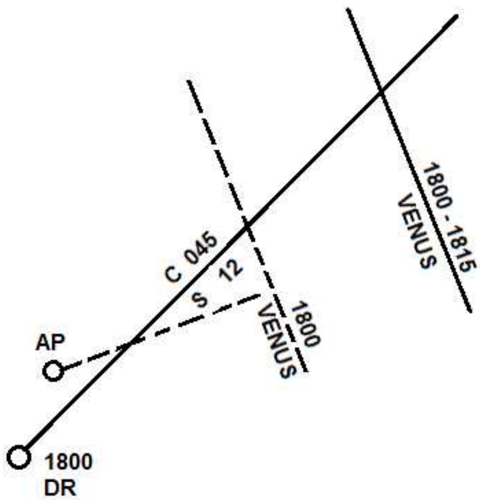


Figura 3-5. Avance de una recta de altura. [xxiii]

En la figura 3-6, muestra como otra línea de posición, obtenida por observación de Sirius a las 1815, fue interceptada con la línea de avanzada para obtener el fijo.

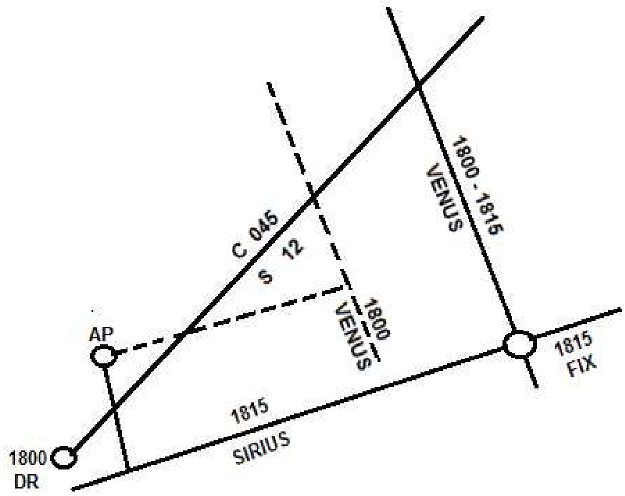


Figura 3-6. Un fijo por avance de una recta de altura. [xxiv]

La manera de avanzar rectas de altura de avistamiento de la Luna, Venus y Sirius (previamente ilustrada), para obtener un fijo 1815, es visto en la figura 3-7.

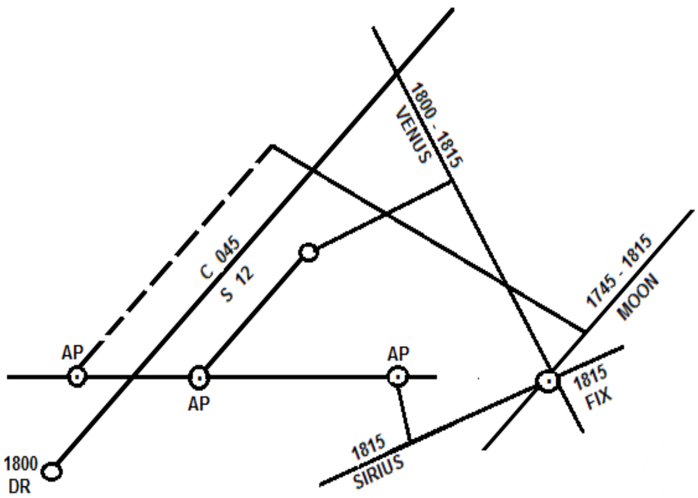


Figura 3-7. Avance de dos rectas de altura. [xxv]

Tres rectas de altura por observaciones como estas obtenidas en pilotaje, no siempre interceptan exactamente. A menudo un triángulo es formado. Si uno o más rectas de altura son avanzados el triángulo es probablemente más grande. El centro del triángulo es asumido ser un fijo. Figura3-8.

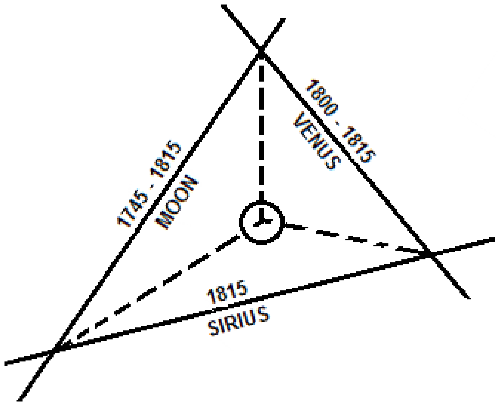


Figura 3-8. El centro del triángulo es la posible solución. [xxvi]

UNIDAD IV

4 EJERCICIOS DEL PLOTEO DE LA RECTA DE ALTURA

4.1 Ejercicio 1. Ploteo de un fijo celeste.

Como ejemplo del ploteo de un fijo celeste, consideramos tres observaciones usadas como ejemplo. Las soluciones completas para cada uno de estos cuerpos, la estrella Canopus, el planeta Venus y la Luna se encuentran en un solo formato de reducción de observación como aparecería en la práctica. Ver tabla 1.

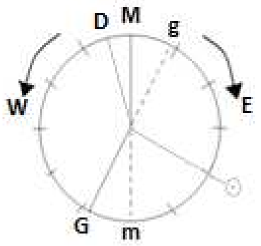
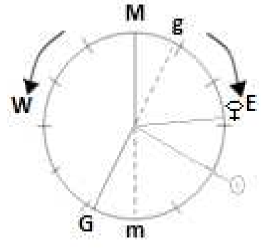
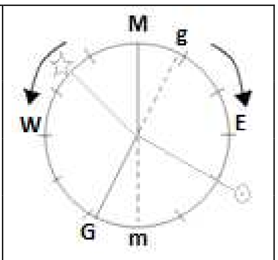
Ya que las observaciones de la Luna y Venus se hicieron primero, a las 0359 y 0404 respectivamente (redondeados al minuto más cercano), su posición asumida serán avanzadas a la hora de la observación de Canopus, 0412. Para propósitos del ploteo del fijo celeste, las horas observadas son siempre aproximadas al minuto más cercano, de esta forma no hay pérdida en la precisión resultante. La posición asumida para la Luna, debido a que este fue el primer cuerpo observado, se designa PA1; esta debe ser avanzada 13 minutos desde las 0359 hasta las 0412.

La posición asumida para Venus, PA2 ; debe ser avanzada 8 minutos desde las 0404 a las 0412 mientras que la posición asumida para Canopus PA3; no necesita ser avanzada en absoluto.

El método más conveniente de avanzar PA_1 y PA_2 es usar el método de la DR construido antes para encontrar las posiciones DR del buque en los varios momentos de la observación, para su uso durante el proceso de reducción de la observación. Se asumirá que cada ploteo ha sido construido en una SAPS- 35 apropiadamente rotulada orientada para latitudes sur.

Lo primero para el ploteo del fijo celeste en la SAPS-35 es plotear las posiciones iniciales de todas las PA basadas en latitud y longitud asumida anotadas en el formato de reducción de observaciones.

Tabla 1. Solución completa para la luna, Venus, y Canopus.

Sight Reduction using H.O. 229 Cus: 230 Spd: 25							
Body		**LUNA(UL)**		**VENUS**		**CANOPUS**	
IC		+ .3	–	+ .3	–	+.3	–
Dip (Ht 44)			-6.4		-6.4		-6.4
Sum		-6.1		-6.1		-6.1	
Hs		28-09.6		16-47.4		50-46.3	
Ha		28-03.5		16-41.3		50-40.2	
Alt. Corr		59.7			-3.2		-.8
Add'l.				+.5			
H.P. (55.4)		2.2	-30				
Corr. to ha		31.9		-2.7		-.8	
Ho (Obs Alt)		28-35.4		16-38.0		50-39.4	
Date		16 DEC 70		16 DEC 70		16 DEC 70	
DR Lat		34-15.5 S		34-17.0 S		34-19.0 S	
DR Long		163-11.7E		163-09.1 E		163-05.7 E	
Obs. Time		03-58-21		04-03-36		04-11-33	
WE (S+, F-)			36 (S)		36 S		36 S
ZT		03-58-57		04-04-12		04-12-09	
ZD (W+, E-)		-11		-11		-11	
GMT		16-58-57		17-04-12		17-12-09	
Date (GMT)		15 DEC 70		15 DEC 70		15 DEC 70	
Tab GHA	V	205-10.3	10.9	116-48.5	1.1	338-56.1	
GHA incr'mt.		14-04.0		1- 03.0		3-02.7	
SHA or v Corr.		10.6		0.1		264-09.8	
GHA		219-24.9		117-51.6		606-08.6	
± 360 if needed						246-08.6	
aλ (-W, +E)		163-35.1 E		163-08.4 E		162-51.4 E	
LHA		23		281		49	
Tab Dec	d	N 23-21.1	-8.3	S 13-16.1	0.1		
d Corr (+ or -)		-8.1		0.0			
True Dec		N 23- 13.0		S 13-16.1		S 52-40.6	
a Lat (N or S)		33 S	Same Cont.	34 S	Same Cont.	34 S	Same Cont.
Dec Inc	(±)d	13.0	-55.8	16.1	31.8	40.6	-8.7
Hc (Tab. Alt.)		28-55.7		16-15.3		50-51.1	
Tens	DS Diff.	-10.8		8.0		0	
Units	DS Corr.	-1.3	+	.5	+	-5.9	+
Tot. Corr. (+ or -)		-12.1		8.5		-5.9	
Hc (Comp. Alt.)		28-44.6		16-23.8		50-45.2	
Ho (Obs. Alt.)		28-35.4		16-38.6		50-39.4	
a (Intercept)		9.2	A T	14.8	A T	5.8	A T
Z		S 155.8 W		S 084.8 E		S 46.3 W	
Zn (ºT)		335.8º T		095.2º T		226.3º T	

A continuación la distancia y dirección entre las posiciones 0359 y 0412 se extraen y se usan para avanzar PA_1. Simultáneamente, las posiciones 0404 y 0412 se usan como una referencia para avanzar PA_2. La PAs avanzada se muestra en la Figura 4-1.

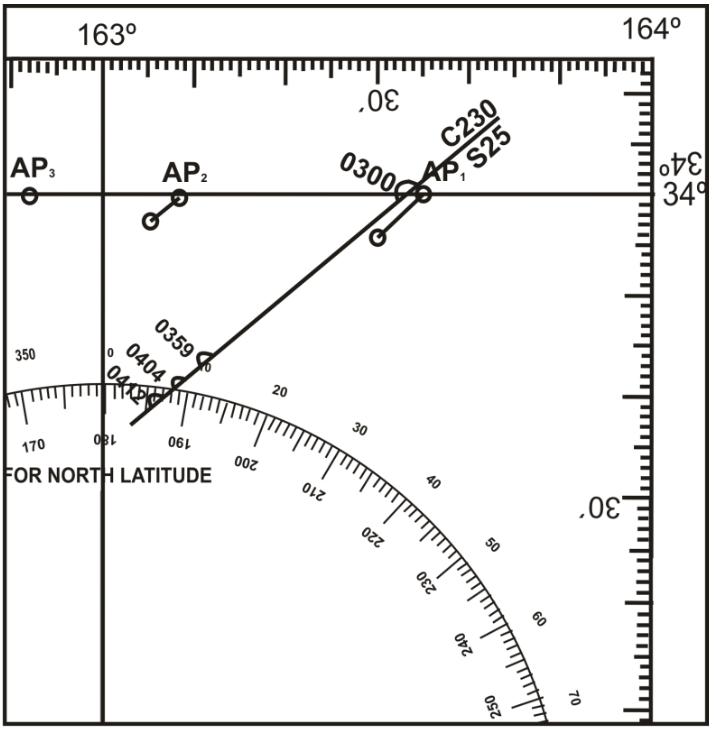


Figura 4-1. Avanzando P1 Y P2, usando el ploteo de la DR anterior.[xxvii]

Luego de que las PAs apropiadas han sido avanzadas, las rectas de altura asociadas son entonces ploteadas en la forma normal trazando las distancias de intercepto a lo largo de los azimuts verdaderos ya sea hacia o fuera de las PAs conforme se requiera. Cada recta de altura es rotulada con el nombre (Toward o Away) del cuerpo sobre el cual ésta se basa, y se dibuja un círculo de un octavo de pulgada de diámetro sobre la intersección de las tres rectas de altura para identificar el fijo. Ahora todas las rectas de altura pueden ser consideradas simultaneas, solamente el símbolo del fijo es rotulado con la hora del fijo. Para completar el ploteo, se origina una nueva línea DR de rumbo y velocidad a partir del fijo y se rotula apropiadamente con el rumbo y velocidad ordenados. El ploteo completo se muestra en la Figura 4-2.

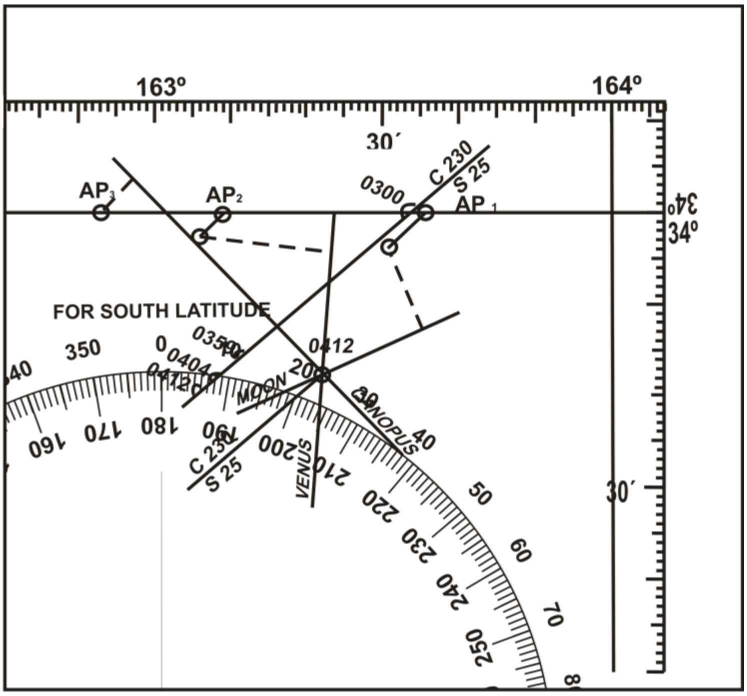


Figura 4-2. El fijo celeste completo.[xxviii]

Luego de que el navegante se ha hecho experto en las técnicas de navegación celeste, él a menudo ploteará solamente una posición DR correspondiente al momento de una de las observaciones de toda una serie de observaciones y él usará esta posición DR para determinar la posición asumida para todas las reducciones como una base para avanzar o retirar las PAs apropiadas. En su lugar el navegante simplemente se refiere a la libreta del Contramaestre para obtener el rumbo y la velocidad del buque ordenado durante el período de la observación, y él usa éstos como una base para ajustar las PAs apropiadas.

Si resulta un triángulo en lugar de un punto fijo cuando se plotean tres rectas de altura, o si se forma un polígono por cuatro o más rectas de altura, la posición del fijo puede asumirse que descansa aproximadamente en el centro del triángulo o polígono; si las rectas de altura han sido obtenidas de cuerpo celestes bien distribuidos en Azimut. Por otro lado, si por alguna razón tal triángulo o polígono está formada por rectas obtenidas de cuerpos, todos dentro de 180º de azimut, como podría ocurrir cuando las observaciones son hechas bajo ciclos nublados o cubiertos, la posición del fijo puede descansar fuera del área encerradas por las rectas de altura.

La posición más probable para el fijo descansa en la intersección de los tres bisectores más bien que dentro del triángulo formado por las rectas de altura en sí. Figura 4-3.

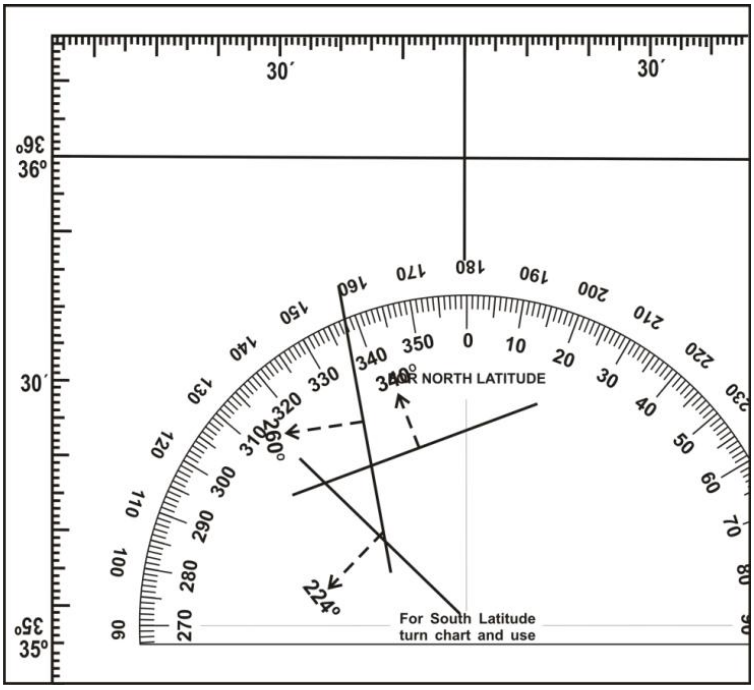
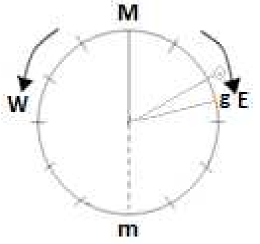
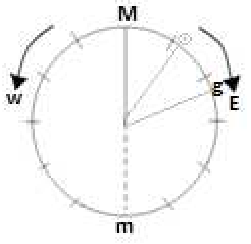


Figura 4-3. Encontrando una posición exterior del fijo usando bisectores.[xxix]

4.2 Ejercicio 2. Ploteo de un fijo celeste corrido.

Como ejemplo de un fijo celeste producido de dos rectas de altura, consideremos las dos soluciones de observaciones del sol. La observación 0812 hora de zona, fue presentada como un ejemplo anterior y la observación de las 1100 ZT se obtuvo más tarde en la mañana del mismo día. Tabla 2.

Tabla 2. Soluciones completas para dos líneas de sol.

Sight Reduction using H.O. 229 Cus: 140 Spd: 20					
Body		**SOL(LL)**		**SOL (LL)**	
IC		+	-.3	+	-.3
Dip (Ht 44´)			-6.4		-6.4
Sum		-6.7		-6.7	
Hs		10-12.4		35-13.1	
Ha		10-05.7		35-06.4	
Alt. Corr		+11.1		+14.9	
Add'l.					
H.P. ( )					
Corr. to ha		+11.1		+14.9	
Ho (ObsAlt)		10-16.8		35-21.3	
Date		16 DEC 70		16 DEC 70	
DR Lat		31-08.1N		30-25.0 N	
DR Long		64-48.0W		64-35.8 W	
Obs. Time		08-12-06		11-00-00	
WE (S+, F-)		0		0	
ZT		08-12-06		11-00-00	
ZD (W+, E-)		+4		+ 4	
GMT		12-12-06		15-00-00	
Date (GMT)		16 DEC 70		16 DEC 70	
Tab GHA	V	1-07.0		46-06.1	
GHA incr'mt.		3-01.5			
SHA or v Corr.					
GHA		4-08.5		46-06.1	
± 360 if needed		364-08.5		406-06.1	
aλ (-W, +E)		65-08.5W		64-06.1	
LHA		299		342	
Tab Dec	d	S23-18.9	0.1	S 23-19.2	0.1
d Corr (+ or -)		0.0		0.0	
True Dec		S23-18.9		S 23-19.2	
a Lat (N or S)		31N Same Cont		30 N Same Cont	
Dec Inc	(±)d	18.9	-38.9	19.2	-56.8
Hc (Tab. Alt.)		10-26.7		34-15.0	
Tens	DS Diff.	-9.5		-16.0	
Units	DS Corr.	-2.7	+	-2.2	
Tot. Corr. (+ or -)		-12.2		-18.2	
Hc (Comp. Alt.)		10-14.5		34-56.8	
Ho (Obs. Alt.)		10-16.8		35-21.3	
a (Intercept)		2.3	A T	34.5	A T
Z		N 125.2 E		N 160 E	
Zn (^{o}T)		125.2º T		160º T	

El ploteo de la primera línea de sol, y una PE basada en ésta. La DR se continuó desde las 0812 DR hasta el momento de la segunda recta de altura, 1100. Después de que se ploteo la línea del sol 1100, en la SAP-31; note el cambio de rumbo y velocidad a las 0900.

Para plotear el fijo celeste corrido, la línea del sol de las 0812 es corrida al momento de la línea de sol de las 1100 con referencia DR. Para claridad en este ejemplo, se ha dibujado una línea quebrada entre las posiciones DR 0812 y 1100, mostrando la distancia y la dirección a través de la cual se ha avanzado la línea de las 0812.

La línea corrida es así rotulada, y la posición del fijo corrido es simbolizada por un círculo de un octavo de pulgada colocado sobre la intersección de las dos líneas de sol. Después de que el símbolo es rotulado con el tiempo, se origina una nueva línea de rumbo y velocidad a partir de la posición del fijo corrido y se rotula.

Como una alternativa para continuar el ploteo DR desde la posición 0812 DR, el navegante puede haber escogido para originar un nuevo ploteo DR desde las 0812 PE, especialmente si a pasado algún tiempo desde el último fijo bueno.

En este caso, la línea de sol de las 0812 es corrida al momento de la línea de sol subsiguiente de las 1100 por referencia a la distancia navegada entre la PE de las 0812 y el DR de las 1100.

El fijo corrido resultante se muestra ploteando; la posición del fijo así obtenido es idéntica a aquella producida por el método convencional descrita arriba. El trazado completo aparece en la figura 4-4.

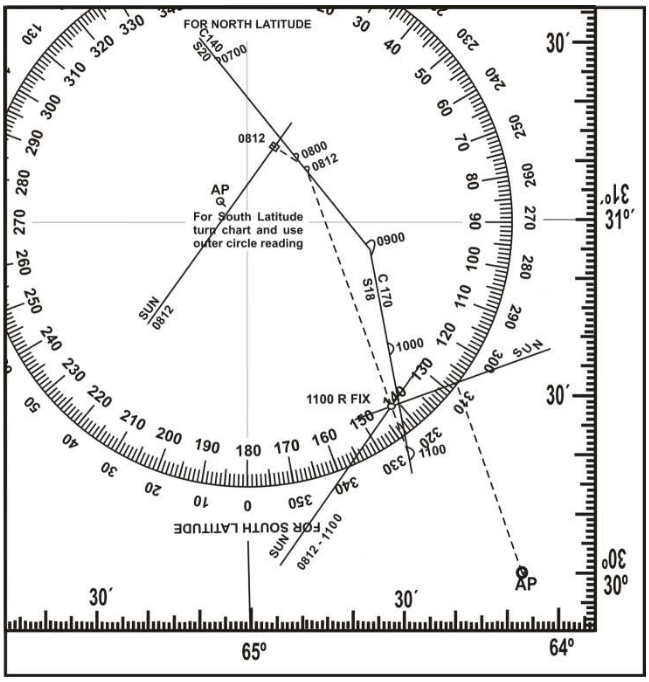


Figura 4-4. Ploteo completo de un fijo celeste corrido.[xxx]

4.3 Ejercicio 3. Trazado de un fijo celeste o recta de altura.

A la 0623 un navegante obtiene la Ho de la estrella Procyon igual a 12° 37.4´. usando una posición asumida Lat 35° 00.0´ S y Lon 76° 27.1´ W, obtiene Hc igual a 12° 17.4´ y Zn 329. 2°. Se requiere trazar la recta de altura de las 0623.

Solución: Primero determinar *a* comparándola Hc y la Ho y rotúlela "T" o "A" según corresponda. Trace la posición asumida usando la latitud y longitud dadas. Desde la PA trace una línea de guiones hacia la PG o en dirección contraria, según indique el Zn y la característica de *a*. Mida la extensión de *a* lo largo de esta línea y por su extremo trace una perpendicular. Esta perpendicular es la recta de altura de las 0623 y debe rotularse como se muestra en la figura 4-5.

Tabla 3. Datos Del Ejercicio.

Ho 12° 37,4´	a 20,0 T	La 35° 00,0´ S
Hc 12° 17,4´	Zn 329,2°	Lon 76° 27,1´ W

$$\begin{array}{ll} Ho & 12°\,37.4' \\ \underline{Hc} & \underline{12°\,17.4'} \\ a & 20.0'\,T \end{array}$$

Zn 329,2°

Lat 35° 00,0´ S.

Lon 76° 27,1´ W.

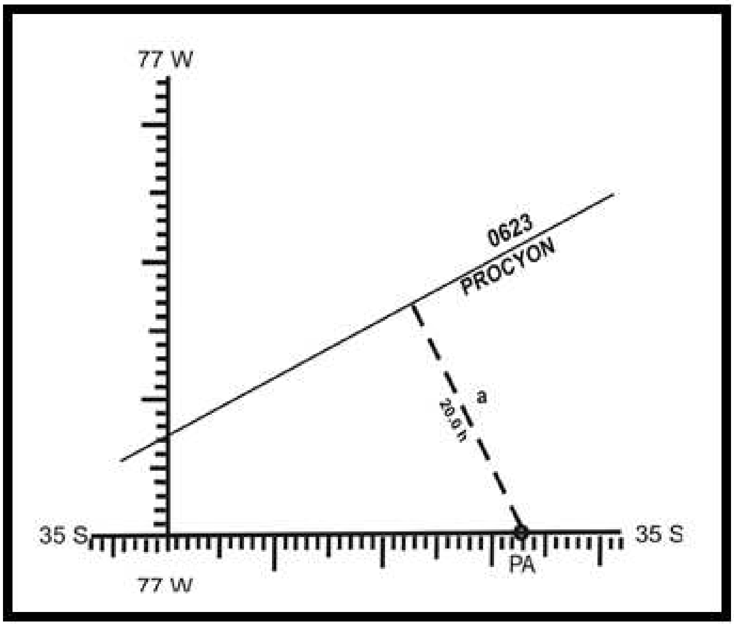


Figura 4-5. Trazado de un fijo celeste o recta de altura.[xxxi]

4.4 Ejercicio 4. Fijo celeste a partir de tres rectas de altura.

A las 0635 la posición del barco es Lat 36N, Lon 36W .Dado los siguientes datos trace las rectas de altura, entre las 0600 y 0700 el rumbo es 000° y la velocidad del barco es 20 Nudos, en la mañana usted observa claramente las estrellas y a través de computar datos se obtiene la siguiente información:

Tabla 4 Datos del ejercicio.

Hora	Cuerpo	Lat	Lon	Avance*	Zn	a
0610	Vega	36N	120-36W	8.3	025	6.0T
0620	Peacock	36N	119-55W	5.0	100	24.0A
0635	Canopus	36N	120-20W	Base	330	10.3T

El cálculo del avance es necesario porque las estrellas no han sido observadas simultáneamente, para fijar nuestra posición usaremos un tiempo común (el método preferible es escoger, la hora de la última observación). En este caso Canopus es la estrella base. El avance es calculado de la siguiente forma:

Tabla 5 Cálculo Del Ejercicio.

Cuerpo	Tiempo	Velocidad	Distancia de avance
Vega	0635-0610=25 min	20 nudos	8.3 millas
Peacock	0635-0620=15 min	20 nudos	5.0 millas

Se requiere plotear el fijo de las 0635

Solución:

a) Rotule la hoja con el meridiano central 120W
b) Trace la recta de altura de las 0635
c) Trace la posición asumida de Vega, Peacock, Canopus, usando la posición asumida y rotule.
d) Avance la PA de Vega en dirección 000° una distancia de 8.3 millas.

   Avance la PA de Peacock en dirección 000° una distancia de 5.0 millas

   Borre las antiguas posiciones asumidas de Vega y Peacock, si desea.

e) Trace los azimut, intercepto y rectas de altura. Rotule las rectas y el fijo.

En la figura 4-6 se encuentra trazado completo.

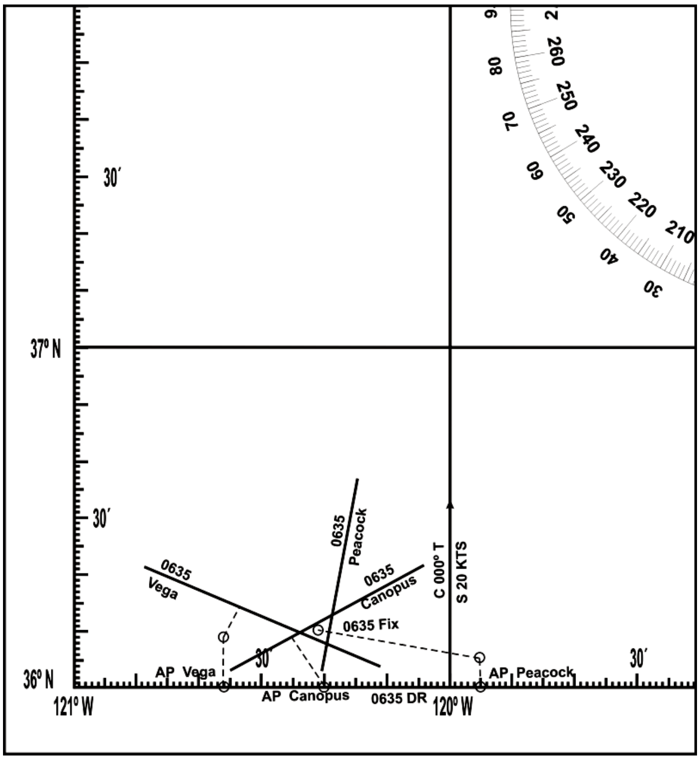


Figura 4-6. Fijo celeste a partir de tres rectas de altura.[xxxii]

4.5 Ejercicio 5. Fijo astronómico por tres estrellas.

A las 0515 la PE de un buque que navega al Rv 176º, velocidad 14,5 nudos, es Lat 35º 09´,2 S y Lon 119º13´,7 E. El navegante observa las estrellas Antares, Acrux y Régulus con los siguientes resultados.

Tabla 6. Datos del Ejercicio.

Astro	ANTARES	ACRUX	REGULUS
Hora	0515	0519	0525
Δa	20,3 T	18,1 T	7,0 A
Zn	093º,6	189º,5	311º,0
Lat	35º00´,0 S	35º00´,0 S	35º00´.0 S
Lon	118º 56,0 E	119º17,9E	119º 27´.9 E

Solución: Desde la PA avanzada así obtenida, trace la recta de altura de las 0515-0525 y rotule como se muestra. Nótese que la línea que una la PA original con la avanzada es de trazo continuo y que la PA avanzada no se rotula. Luego, trace la PA de Acrux y aváncela en la dirección del rumbo y por la distancia navegada entre las 0519 y las 0525 (1,4 millas en la dirección 176º). Trace y rotule la recta de la altura de Acrux de las 0519-0525 desde la PA avanzada. Finalmente, trace la PA para la observación de Régulus y desde ella trace la correspondiente recta de altura. La intersección de estas tres líneas de posición (o el centro del pequeño triángulo que se forme) es el fijo para las 0525. Figura 4-7.

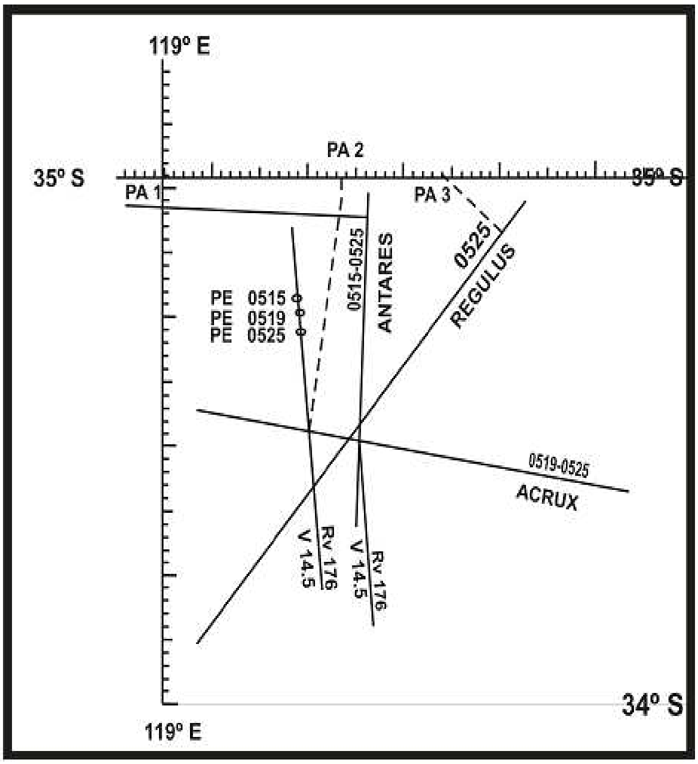


Figura 4-7. Fijo astronómico por tres estrellas.[xxxiii]

4.6 Ejercicio 6. Fijo astronómico con cambio de rumbo entre las observaciones.

A las 0500 la PE de un buque que navega al Rv 250º velocidad 20 nudos, es Lat 35º11´,0 N y Long 78º17´,0 W. A las 0535 cambia al rumbo al 190º. Durante el crepúsculo matutino el navegante observó los astros, con los siguientes resultados:

Tabla 7 Datos del Ejercicio.

Astros	DENEB	VENUS
Hora	0525	0550
Δa	8,1 T	5,3 T
Zn	058º,5	123º,9
Lat	35º00´,0 N	35º00´,0 N
Lon	78º09´,0 W	78º27´,5 W

Se requiere: Trazar la posición fija para las 0550.

Solución: Trace la PE de las 0500 y la derrota estimada hasta las 0550, indicando la PE para el momento de cada observación. Trace la PA para la primera observación (Deneb) y aváncela en la dirección del rumbo y por la distancia navegada entre las PE de las 0525 y las 0550 (7,3 millas en la dirección 212º,5 como muestra la línea de trazo interrumpida marcada "resultante"). Figura 4-8.

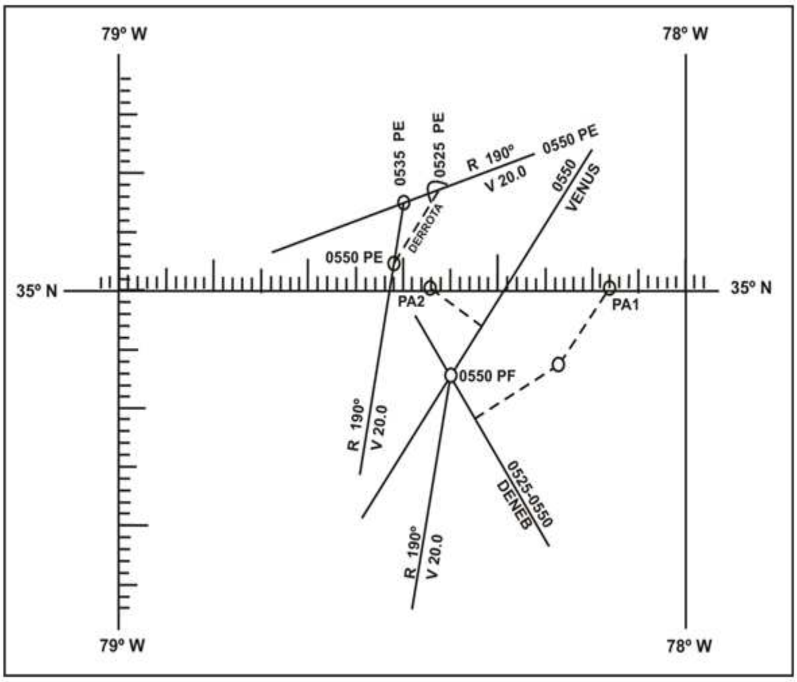


Figura 4-8. Fijo astronómico con cambio de rumbo entre las observaciones.[xxxiv]

Desde la PA así obtenida, trace la LOP 0525-0550, rotulándola como se muestra. Trace la PA para la observación de Venus y desde ella trace la LOP para las 0550. La intersección de las dos rectas de altura será la fijada para las 0550.

4.7 Ejercicio 7. Fijo astronómico por traslado.

A las 0930 la PE de un buque que navega al Rv 064º velocidad 18 nudos, es Lat 33º 06´,4N y Lon 146º 24´,5W. El navegante toma dos observaciones del sol durante la mañana, con los siguientes resultados.

Tabla 8 Datos del Ejercicio.

Astros	Sol	Sol
Hora	0942	1200
Δa	6,2 A	27,9 A
Zn	134º,2	182º,5
Lat	33º00´,0 N	33º00´,0 N
Lon	146º 24´,9 W	145º38´,0 W

Se requiere: Trazar el fijo por traslado de las 1200.

Solución: Trace la PE para las 0930 y la derrota estimada hasta las 1200, indicando las PE para las 0942 y 1200. Trace la PA y la correspondiente línea de posición para las 0942 hasta las PE para las 1200 (41,4 millas al rumbo 064º) y rotúlelas como se muestra. Trace la posición asumida y la línea de posición para la observación del sol a las 1200, rotulándola como se muestra. La intercesión de las líneas de posición de las 0942 - 1200 y 1200 será la fija por traslado.

Cuando ocurra un cambio de rumbo o velocidad entre los momentos en que se tomaron las observaciones para obtener la fija por traslado, se usará el mismo procedimiento empleado en la navegación costera para avanzar la primera marcación al obtener fijas por traslado de marcación. Figura 4-9.

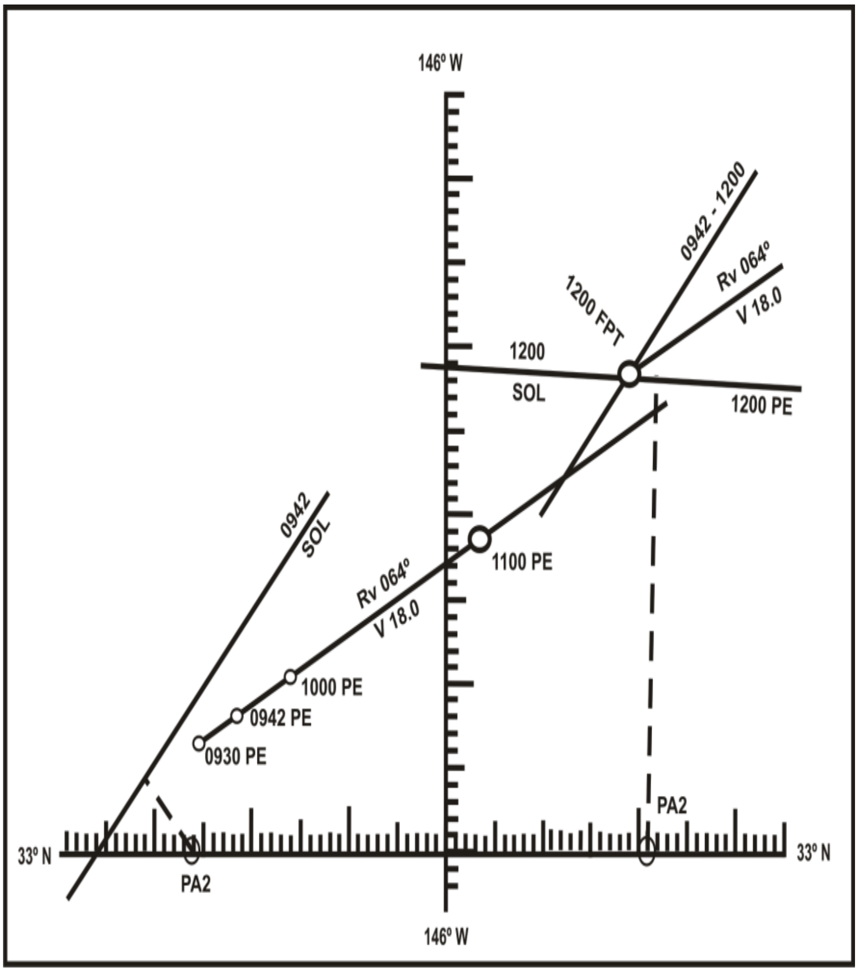


Figura 4-9. Fijo astronómico por traslado.[xxxv]

CONCLUSIÓN

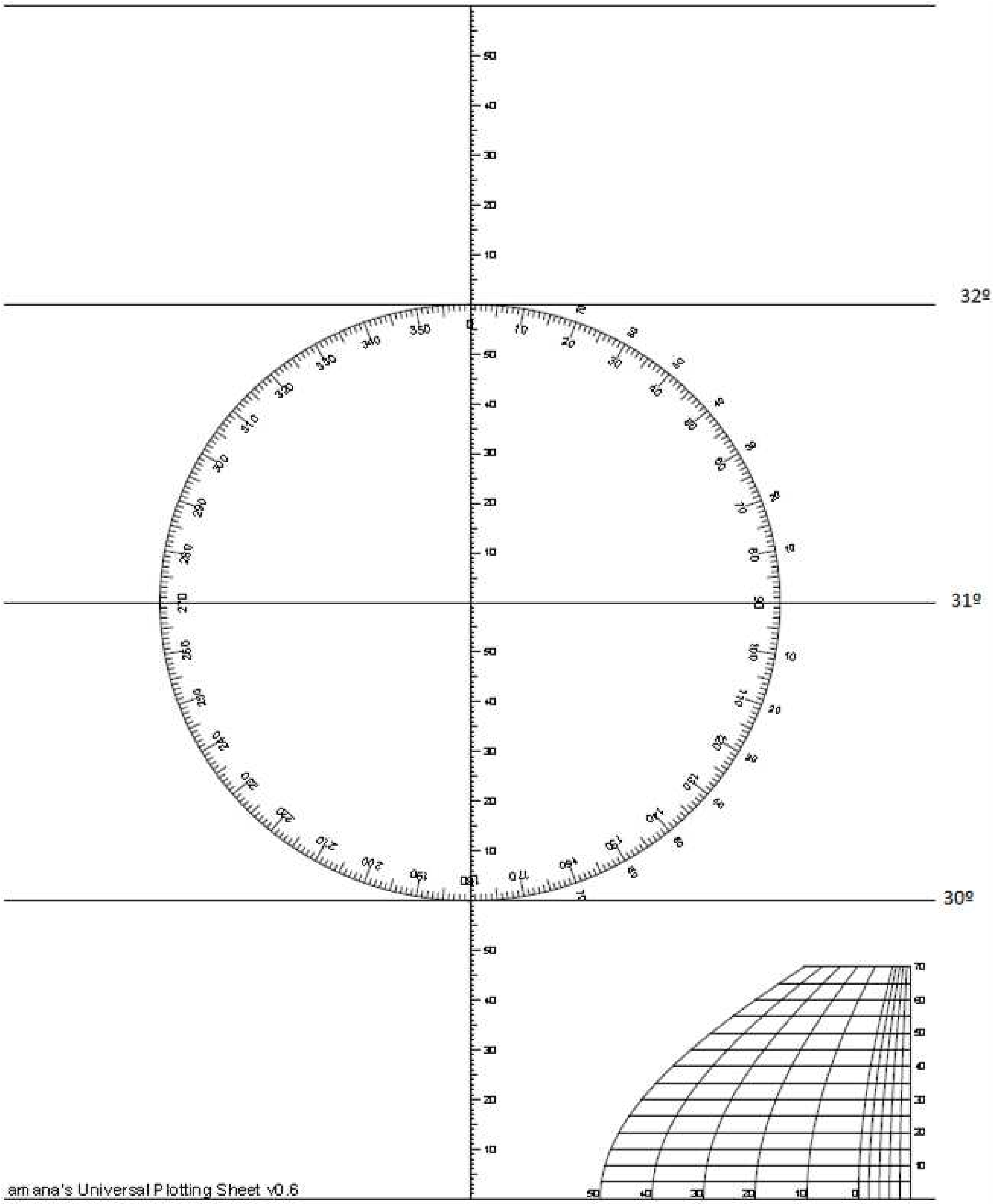
La obtención de una recta de altura es medir la altura del astro sobre el horizonte. Normalmente el navegante resuelve después el triángulo de navegación que contiene su posición asumida (PA). La diferencia entre la altura calculada y la altura observada es el intercepto de altura (a).

El intercepto se mide de PA en la dirección determinada por el azimut Zn; Zn es la dirección de la PG del astro desde la PA. El intercepto se medirá desde la PA hacia la PG del astro si Ho es mayor que Hc; se medirá a lo largo de la reciproca o dirección contraria si la Hc es mayor, una línea trazada perpendicular al fin del intercepto (a) es la recta de altura.

Se obtiene una fija cuando se cruzan dos o más líneas de posición, ajustada a una misma hora. Cuando las observaciones son tomadas en menos de una hora, el ajuste se hace avanzando la PA de las observaciones más tempranas por la distancia recorrida por el buque hasta el momento de la observación final; trazando luego las rectas de altura desde la PA avanzadas. A la posición resultante se le denomina "fija". Si las observaciones son obtenidas en un periodo de tiempo mayor, la primera recta de altura se traza cuando se obtiene y luego es avanzada hasta el momento de la última observación, tal como se hace en la navegación costera. La intercepción de la primera con la segunda recta proporcionará una fija por traslado.

ANEXO 1

Hoja de Ploteo de Pequeña Área (SAPS)



ANEXO 2

Tablas De Reducción 229

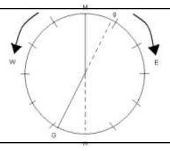
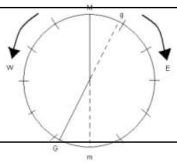
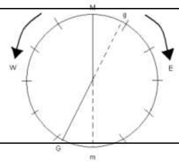
Sight Reduction using H.O. 229 Cus: Spd:							
Body							
IC		+	−	+	−	+	−
Dip (Ht)							
Sum							
Hs							
Ha							
Alt. Corr							
Add'l.							
H.P. ( )							
Corr. to ha							
Ho (ObsAlt)							
Date							
DR Lat							
DR Long							
Obs. Time							
WE (S+, F-)							
ZT							
ZD (W+, E-)							
GMT							
Date (GMT)							
Tab GHA	V						
GHA incr'mt.							
SHA or v Corr.							
GHA							
± 360 if needed							
aλ (-W, +E)							
LHA							
Tab Dec	d						
d Corr (+ or -)							
True Dec							
a Lat (N or S)			Same Cont.		Same Cont.		Same Cont.
Dec Inc	(±)d						
Hc (Tab. Alt.)							
Tens	DS Diff.						
Units	DS Corr.						
Tot. Corr. (+ or -)							
Hc (Comp. Alt.)							
Ho (Obs. Alt.)							
a (Intercept)			A T		A T		A T
Z							
Zn (ºT)							

Tabla 9. Tabla De Reducción[xxxvi]

ANEXO 3

Simbología Utilizada

FIJO CELESTE  0000 FIX

FIJO CORRIDO CELESTE  0000 FIX

POSICIÓN ASUMIDA  0000 PA

PASIÓN ESTIMADA  0000 PE

D.R.  0000 DR

BIBLIOGRAFÍA

[1]Web Site,

http://www.seasources.net/Celestial%20Navigation/LINES%20OF%20POSITION.htm

http://www.qmss.com/article/celestial.html

http://www.tpub.com/content/administration/14220/css/14220_272.htm

http://es.calameo.com/read/000034428625667eb8e5d

http://oceannavigation.blogspot.com/2009/01/how-to-advance-or-retard-line-of.html

http://www.stexboat.com/nav/celnav.pdf

http://www.markbreach.co.uk/data/sample%20pages%20of%20Celestial%20Navigation.pdf

http://fer3.com/arc/img/105150.pages%20from%20afpam11-216.pdf

[2] Wordpress,

http://www.fondear.com/

http://es.scribd.com/doc/20279835/ENSENANZA-DE-ASTRONOMIA-APLICADA-A-LA-NAVEGACION

[3] Google

http://www.tecepe.com.br/nav/celnavbasics-espanol.htm

http://sites.google.com/site/aulavirtual38/proyeccion_Mercator.jpg

http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_navegaci%C3%B3n_astron%C3%B3mica

REFERENCIAS

[i] http://www.tecepe.com.br/nav/celnavbasics-espanol.htm

[ii] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág. 20.

[iii] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág. 23.

[iv] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág. 24.

[v] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág. 25.

[vi] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág. 26.

[vii] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág. 27.

[viii] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág. 28.

[ix] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág. 31.

[x] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág. 32.

[xi] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág. 32.

[xii] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág.35.

[xiii] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág. 35.

[xiv] http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_navegaci%C3%B3n_astron%C3%B3mica

[xv] http://4.bp.blogspot.com/-Cz6MMEKNlps/T13M9bVfvCI/AAAAAAAAAHQ/93ZOXcrkKbE/s1600/Sextante_marino.png

[xvi] http://www.nauticexpo.es/fabricante-barco/regla-paralela-19049.html

[xvii] http://www.faber-castell.com.co/29556/Productos/Linea-Trazo/Compases/default_news.aspx

[xviii] http://es.wikipedia.org/wiki/Transportador

[xix] CANADIAN POWER AND SAIL SQUADRONS. 2005. Course Plotting and Labelling Standards. Canada. Canadian Power Sail Squadrons, 2008. Pag. 20.

[xx] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág. 40.

[xxi] CANADIAN POWER AND SAIL SQUADRONS. 2005. Course Plotting and Labelling Standards. Canada. Canadian Power Sail Squadrons, 2008. Pag. 20.

[xxii] . STATED COAST GUARD. 1984. Celestial Navigation. Estados Unidos. Reserve Training Center, 1988. Pág. 4-6.

[xxiii] STATED COAST GUARD. 1984. Celestial Navigation. Estados Unidos. Reserve Training Center, 1988. Pág. 4-6.

[xxiv] STATED COAST GUARD. 1984. Celestial Navigation. Estados Unidos. Reserve Training Center, 1988. Pág. 4-6.

[xxv] STATED COAST GUARD. 1984. Celestial Navigation. Estados Unidos. Reserve Training Center, 1988. Pág. 4-7.

[xxvi] STATED COAST GUARD. 1984. Celestial Navigation. Estados Unidos. Reserve Training Center, 1988. Pág. 4-7.

[xxvii] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág. 169.

[xxviii] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág. 170.

[xxix] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág. 171.

[xxx] C. DE CORBETA RICHARD HOBBS. 1974. Navegación 2: Celeste y Electrónica. Estados Unidos. The United States Naval Institute Annapolis, 1974. pág. 177.

[xxxi] BASE NAVAL DE SALINAS. Navegación Celeste: Tomo II. s/n, 1999. Pág. 198.

[xxxii]. http://www.stexboat.com/nav/celnav.pdf

[xxxiii] BASE NAVAL DE SALINAS. Navegación Celeste: Tomo II. s/n, 1999. Pág. 198.

[xxxiv] BASE NAVAL DE SALINAS. Navegación Celeste: Tomo II. s/n, 1999. Pág. 200.

[xxxv] BASE NAVAL DE SALINAS. Navegación Celeste: Tomo II. s/n, 1999. Pág. 202.

[xxxvi] C. DE NAVIO. MOREU CURBERA, C. DE N. MARTÍNEZ JIMENEZ . 1968. *Astronomía y Navegación.* España : s.n., 1968. pág. 463. Vols. Tomo I, 2da. Edición.