



TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2018-2019
SITUACIÓN POR TRES Y
CUATRO
RECTAS DE ALTURA

TUTOR: D. Antonio Ceferino Bermejo Díaz.

ALUMNO: Aythami Jonay Pérez Magdalena.

CONVOCATORIA: Marzo 2019.

GRADO: Náutica y transporte marítimo.

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

1. ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Índice	(pág.3)
2. Índice de ilustraciones.	(pág. 6)
3. Resumen.	(pág. 7)
4. Abstract.	(pág. 8)
5. Introducción.	(pág. 9)
6. Objetivo.	(pág. 10)
7. Elementos para realizar el cálculo.	(pág. 11)
• 7.1 Almanaque Náutico	(pág. 11).
- 7.1.1 Datos generales.	(pág. 13)
- 7.1.2 Comienzo.	(pág. 14)
- 7.1.3 Páginas diarias: Sistema Solar.	(pág. 14)
- 7.1.4 Hora UT de paso por el meridiano de Greenwich para cada astro.	(pág. 15).
• 7.2 Sextante.	(pág. 16).
- 7.2.1 Partes del sextante.	(pág. 16).
- 7.2.2 ¿Cómo se interpreta la lectura del sextante?	(pág. 18).
- 7.2.3 Corrección de índice.	(pág. 20)
- 7.2.4 Cálculo de la corrección de índice con el Sol.	(pág. 20).
- 7.2.5 Corrección de índice respecto el horizonte.	(pág. 21).
8. Esfera Celeste.	(pág. 21)
• 8.1 Coordenadas del astro.	(pág. 26).
• 8.2 Triángulo de posición. .	(pág. 27).
• 8.3 Correcciones a las medidas obtenidas en el sextante.	(pág. 27).
• 8.4 Análisis del cálculo.	(pág. 28).
9. Tiempo.	(pág. 28)
• 9.1 Husos horarios (z) y hora legal (Hz).	(pág. 29).
• 9.2 Calcular la hora civil del lugar.	(pág. 30)
10. Cálculo del Crepúsculo.	(pág. 30)
11. Planificar una observación empleando las <i>Sight Reduction Tables</i>	(pág.32).
12. Corrección de alturas.	(pág. 33)
• 12.1. Calcular la altura estimada.	(pág. 36)
13. Calcular Azimut.	(pág. 37).
14. Cálculo del horario.	(pág. 38).
15. Reconocimiento de estrellas.	(pág. 39).
• 15.1 ¿Cómo reconocer una estrella?	(pág. 39).
16. Recta de altura.	(pág. 41).
• 16.1 Procedimientos a llevar a cabo.	(pág. 45).
17. Situación por tres rectas de altura.	(pág. 46).
• 17.1 Representación gráfica.	(pág. 49).

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

18. Situación por cuatro rectas de altura.	(pág. 52).
• 18.1 Ventajas de esta situación.	(pág. 52).
• 18.2 Representación gráfica.	(pág. 54).
19. Conclusión.	(pág. 57).
20. Conclusion.	(pág. 58).
21. Bibliografía.	(pág. 59).

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

2.INDICE DE ILUSTRACIONES.

- Ilustración I: (Portada almanaque náutico español 2019.)[2] (pág. 11).
- Ilustración II: (Representación de una página del almanaque náutico) [4] (pág. 13)
- Ilustración III (simbología estrellas, Sol y Luna) [5]. (pág. 14).
- Ilustración IV (Relación simbología –Planetas y constelaciones) [6]. (pág. 15).
- Ilustración V (sextante) [8] (pág. 16).
- Ilustración VI (partes del sextante y lectura) [8]. (pág. 17).
- Ilustración VII (Sextante Nonius) [8]. (pág.18.).
- Ilustración VIII (lectura sextante $29^{\circ} 11,8'$)[9]. (pág. 19).
- Ilustración IX Corrección de índice por el Horizonte. [10]. (pág. 21).
- Ilustración X (Esfera celeste) [11]. (pág. 22).
- Ilustración XI (Esfera celeste) [13]. (pág. 23).
- Ilustración XII (Esfera celeste-Polo elevado) [14]. (pág. 23).
- Ilustración XIII (Esfera celeste – declinación y horario) [15]. (pág. 24).
- Ilustración XIV (Esfera celeste-declinación y horario) [16]. (pág. 25).
- Ilustración XV (Esfera celeste) [17]. (pág. 25).
- Ilustración XVI (Esfera celeste-coordenadas del astro) [18] (pág. 26).
- Ilustración XVII (Esfera celeste-coordenadas del astro) [19]. (pág. 26).
- Ilustración XVIII (Correcciones Sextante) [21]. (pág. 27)
- Ilustración XIX (husos horarios) [22]. (pág. 29).
- Ilustración XX (Tabla Almanaque) [23]. (pág. 31).
- Ilustración XXI (*SIGHT REDUCTION TABLES*) [24]. (pág. 33).
- Ilustración XXII (Almanaque-corrección de alturas). [25] (pág. 35).
- Ilustración XXIII (Almanaque-SD) [26]. (pág.36).
- Ilustración XXIV (Almanaque-tabla C) [27] (pág. 36).
- Ilustración XXV (Azimut) [28]. (pág.37).
- Ilustración XXVI (Almanaque-estrellas) [29]. (pág. 41).
- Ilustración XXVII (Recta de altura) [30]. (pág. 42).
- Ilustración XXVIII (Recta de altura) [31]. (pág. 42).
- Ilustración XXIX (Recta de altura) [32]. (pág. 43).
- Ilustración XXX (Recta de altura) [33]. (pág. 44).
- Ilustración XXXI (Recta de altura) [34]. (pág. 44).
- Ilustración XXXII (Recta de altura) [35]. (pág. 45).
- Ilustración XXXIII (Representación de una situación de 3 rectas de altura) [36]. (pág. 51).
- Ilustración XXXIV (fig.1) [37] (pág.52).
- Ilustración XXXV (fig2.) [38]. (pág.52).
- Ilustración XXXVI (fig.3) [39]. (pág.54).
- Ilustración XXXVII (Gráfica 4 rectas de altura). [40]. (pág.55).

3. RESUMEN.

En la actualidad, el posicionamiento de los buques siempre viene dado por un elemento muy importante en los puentes de gobierno, el GPS. Dicho instrumento, es capaz de darnos una posición en cualquier momento, es más, nos monitoriza cada movimiento mostrándonos nuestras coordenadas en cualquier punto del planeta.

Debemos tener en cuenta de que el GPS, es un instrumento electrónico que funciona basándose entre la distancia comprendida entre tres puntos, satélites, que a su vez, determina una posición relativa teniendo en cuenta unas circunferencias cuyos radios son la distancia que hay entre un sujeto (receptor) y los satélites. Cabe destacar que tomando más puntos de referencias, en este caso satélites, la posición resultante será más precisa. Dado que este instrumento nace después de la II guerra mundial, nos hace plantearnos como antes de esa fecha, los buques podían situarse y saber con exactitud en qué punto se encontraban. [1]

Años atrás, el sextante, era un instrumento que no podía faltar en ningún puente, ya que este elemento nos ayuda a la hora de tomar una altura instrumental con referencia a un astro y mediante el conocimiento de una serie de temas, de los cuales se tratarán a continuación, determinaremos una serie de datos (azimut, declinación, horario) claves para realizar nuestro cometido. En la actualidad, el sextante todavía prevalece en los buques, aunque es cierto que el GPS hace que pase desapercibido. Cualquier marino deberá tener conocimientos de dicho instrumento, ya que si en algún momento el GPS nos podría fallar, deberíamos saber cómo emplearlo y llevar a cabo los diversos puntos que hay que tener en cuenta para hallar una posición.

En conclusión, estudiaremos los diversos puntos y elementos a tener en cuenta para poder hallar nuestra latitud y longitud sin la ayuda del GPS.

4. ABSTRACT

Nowadays, the positioning of ships is always given by a very important element in the bridges of government, the GPS. This Instrument is able to give us a position at any time, and it monitors every movement showing us our coordinates in any point of the planet.

The GPS is an electronic instrument that works based on the distance between three points, satellites, a relative position is determined taking into account circumferences whose radii are the distance between a subject (receiver) and satellites. It should be noted that taking more points of references, in this case satellites, the resulting position will be more accurate. Since this instrument was born after World War II, makes us wonder how like before that date, the ships could be located and know exactly where they were. [1].

Years ago, the sextant, was an instrument that could not be missing in any bridge, because this element helps us when taking an instrumental height with reference to a star and through the knowledge of a series of subjects, of which will be discussed below, we will determine a series of data (azimuth, declination, schedule) key to perform our task. Currently, the sextant still prevails on ships, although it is true that GPS makes it go unnoticed. Any seafarer must have knowledge of that instrument, since if at any time the GPS could fail us, we should know how to use it and carry out the various points that you have to take into account to find a position.

In conclusion, we will study the various points and elements to take into account to be able to find our latitude and longitude without the help of GPS.

5. INTRODUCCIÓN:

A continuación se tratará punto por punto, empezando por el conocimiento de elementos que necesitaremos para realizar estos cálculos, ya sea: sextante, almanaque náutico... como también el conocimiento y el reconocimiento de astros que se encuentran dentro de nuestra esfera celeste. Se empezará por la familiarización a estos elementos, acto seguido entraremos a conocer todo lo relacionado con la esfera celeste, reconocer varios puntos como por ejemplo: el ecuador, el zenit, el polo elevado, meridiano de Greenwich... acabando con el reconocimiento de un astro que a su vez nos va a dar varios datos muy importantes a la hora de llevar a cabo nuestro cálculo.

Una vez hallados los datos necesarios, empleando los instrumentos anteriores, haremos unos cálculos denominados: Rectas de altura.

Cabe destacar que antes de hablar sobre estas rectas, tenemos que tener claro que es un círculo de altura y que elementos lo componen. Hay que tener claro que una recta de altura no es más que la representación de un pequeño arco trazado en el círculo de altura, aunque también podemos sustituirlo por un arco de loxodrómica, más adelante se tratará este tema más detallado. La representación gráfica de dicho arco en la carta Mercatoriana es una línea recta llamada recta de altura, que a su vez en algún punto de su trazado, va a cortar por un punto, ese punto será nuestra situación del buque.

Todo lo citado anteriormente, no se puede llevar a cabo sin antes tener claro una serie de conceptos y recomendaciones que hay que seguir a la hora de hacer estas rectas de altura. El momento de la observación es muy importante ya que a lo largo del día, estaremos expuestos a diferentes astros, y no siempre tendremos los mismos como referencia, por eso es importante saber reconocer en la esfera, que astros estamos observando o en que momentos del día sería mejor una observación más exacta. Hay una serie de factores que nos ayudarán a la hora de determinar estas observaciones y sobre todo unas circunstancias favorables que tenemos que llevar a cabo.

6. OBJETIVO:

El objetivo de este trabajo no es otro que tratar los conocimientos necesarios para poder llevar a cabo una situación exacta de nuestro buque, tomando como referencia varias observaciones de astros diferentes que indiquen nuestra posición mediante el trazado de rectas de altura. Para ello este trabajo de fin de grado constará de dos partes muy explícitas: una parte teórica (alberga una introducción a todos los conocimientos necesarios para poder realizar el objetivo de este trabajo) y una parte práctica.

La parte práctica no es más que dos ejemplos de situaciones reales. Se explicará cómo realizar paso por paso una situación por la observación de tres astros al mismo tiempo y por último, haremos un ejemplo con mucha más precisión, para ello en vez de trazar una situación por tres astros, lo haremos con la observación de 4 astros.

Sin más rodeos, llevaremos a cabo el estudio de esta técnica para desvincularnos de los equipos tales como el GPS, y experimentar como se hacía antes en las navegaciones, el poder saber situarse en cualquier punto de la carta, sin ayuda electrónica, solamente con los conocimientos de astronomía necesarios y la familiarización a elementos como el Sextante.

7. ELEMENTOS PARA REALIZAR LA OBSERVACIÓN:

En este apartado trataremos los elementos que entran en juego durante nuestra observación tales como el sextante y el almanaque náutico.

7.1 Almanaque Náutico:

El almanaque náutico es una publicación náutica anual que tiene como fin representar a lo largo de sus páginas, información precisa para la navegación. El almanaque cada año es renovado por el del año en vigor en el que estés, es decir, emplearemos el almanaque náutico correspondiente al año en el que nos encontremos.

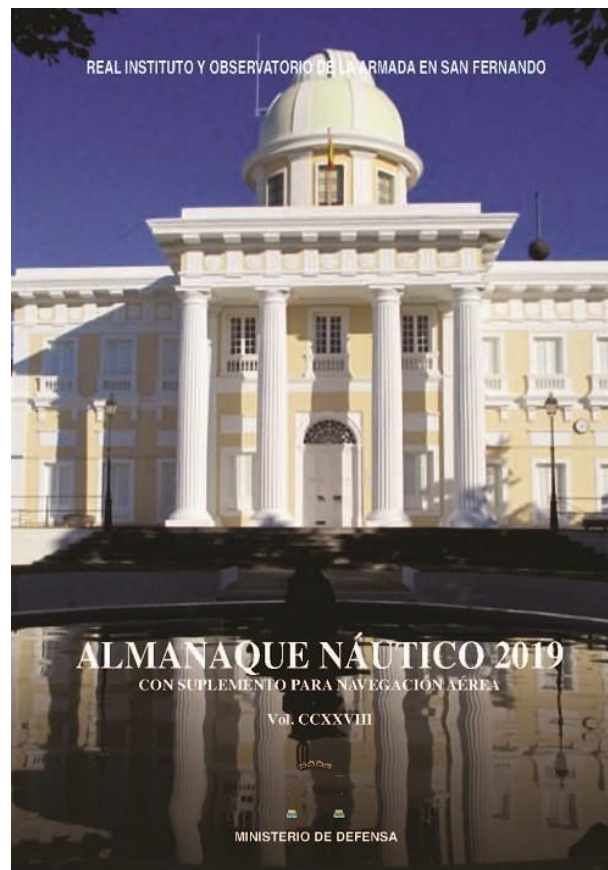


Ilustración I: (Portada almanaque náutico español 2019.)[2]

A medida que vamos observando sus páginas, vemos que contienen numerosas tablas referidas a astros en concretos dado el día del año en que te encuentres, entre otras. Todos esos datos son predicciones sobre la posición de los astros durante los 365 días naturales del año. Es recomendable que el almanaque sea del año en el que estamos

porque la posición de los astros va cambiando continuamente, es decir, los movimientos rotacionales y de traslación que experimenta nuestro planeta, hace que la observación de cualquier astro sea diferente a una tomada anteriormente, ya sea a una hora distinta u otro día en concreto. Antes de comenzar una navegación, debemos de percatarnos de que tenemos a bordo el almanaque ya que nos ayudará a la hora de conocer la posición de cualquier astro de nuestra esfera en algún día y momento específico de dicho año.

A la hora de interpretarlo, hay que tener claro el significado de sus tablas y cada elemento que observamos en él, para ello su organización se compone de dichas tablas que contienen información sobre dos puntos a tener en cuenta muy importante a la hora de determinar una situación: La declinación y el ángulo de horario (meridiano Greenwich). Este último dato hace relación a la posición a la que se encuentra en el momento de la observación el meridiano de Greenwich, este meridiano tan caracterizado, es el culpable de unir los polos y dividir la esfera celeste en dos partes, que a su vez permite establecer los numerosos husos horarios que tenemos a lo largo de La Tierra. También tenemos como referencia este meridiano, a la hora de establecer las latitudes. Otros datos que nos encontramos entre sus tablas pueden ser el semidiámetro de un astro de gran envergadura, el paralaje, la intensidad de brillo, la depresión del horizonte... Todos estos datos se explicarán a medida que avanzamos en los apartados correspondientes.[3]

Cabe destacar que es crucial el momento en el que haremos la observación, ya que durante el día, la predisposición que tenemos hacia los astros, se ve muy reducida debido a la cantidad de luz que tenemos, es decir, por la noche observaremos una cantidad más significativa de astros con relación a la que observaríamos durante el día. En las horas de mayor luz, cuando el Sol se encuentra sobre nosotros, hay una serie de astros y planetas limitados que podríamos observar, tales como: El Sol, La Luna, Venus, Martes, Júpiter y Saturno. Mientras que en las horas de menor luz (noche), podemos observar los mismos astros y planetas nombrados anteriormente exceptuando El Sol y añadiendo tres categorías de estrellas:

- Catalogadas por Hiparcos según su magnitud (intensidad).
- Navegación: 1ª magnitud (20) y 2ª magnitud (casi 60).
- Visibles hasta una magnitud de 6ª: unas 6500.

En estas tablas, aparte de los datos ya nombrados, podemos observar apartados como correcciones de alturas observadas, latitud polar, fin de crepúsculo, salida y puesta de la Luna...etc. A continuación veremos una página aleatoria de un almanaque náutico del año 2014.

izquierdo de la página, encontramos una columna repartida en las horas medias de Greenwich (HMG o UT) correspondientes a ese día en horario UTC. En la parte inferior de la página, vemos representadas 5 columnas. Estas columnas muestran los AHG (Ángulo de horario Greenwich) de los distintos planetas y estrellas, en este caso: Aries, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, y la declinación de los planetas nombrados. Cabe destacar que de Aries solo se tiene el ángulo de horario Greenwich ya que carece de declinación y por lo tanto lo consideramos como 0° . Debajo del nombre de los planetas, encontramos su magnitud, que a su vez va en relación a la posición con respecto a nuestro planeta.

7.1.2. Comienzo:

En las primera hojas del almanaque podemos encontrar numerosa información sobre las fases de lunares e información sobre los eclipses del Sol (este tipo de eclipse solo se puede apreciar en algunas zonas en concreto) y Luna (fenómeno visible para todos observador que se encuentre en la esfera, y tengan al astro por encima de su horizonte, estos mapas de observación van incluidos en el almanaque. También podemos observar en su comienzo, datos como por ejemplo: las dimensiones de la Tierra, el Sol y la Luna.

7.1.3. Páginas diarias: Sistema Solar.

SOL	☉
LUNA	☾
ESTRELLAS	*

Ilustración III (simbología estrellas, Sol y Luna) [5].

Cabe mencionar que la representación del limbo inferior y superior para el Sol y la Luna, no es más que una recta tangencial por encima o debajo del símbolo ☉ o ☾ dependiendo a que corresponde (Inferior o superior).

El almanaque representa en sus páginas datos relacionados a los Astros y planetas ya citados anteriormente: Aries, Sol, Luna, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, para cada día del año. Hay una serie de elementos de un carácter sumamente importante a tener en cuenta para establecer una posición del astro, estos elementos vienen dados por el ángulo horario **hG** (con relación al meridiano de Greenwich y la declinación **Dec**. Estos datos vienen dados para cada huso horario UT de 0h a 24h. Cuando nos encontramos en un momento en concreto, que se encuentra entre dos horas, habrá que hacer uso de una interpolación. Dicha operación se puede llevar a cabo con la ayuda de unas tablas.

Por cada décima de minuto podemos observar uno datos llamados:

- **SD**: Semidiámetro del Sol y la Luna.
- **PHE**: Paralaje Horizontal Ecuatorial.

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

Estos dos datos son necesarios para posteriormente, corregir la altura instrumental observada.

7.1.4 Hora UT de paso por el meridiano de Greenwich para cada astro:

- **Luna:** Nos representa el retardo diario por el paso del meridiano.
- **Aries:** Cuando se produce dos pasos de Aries en el mismo día por el meridiano, representamos el primer paso. Esta hora de paso puede emplearse para cambiar de tiempo sidéreo a UT.
- **Planetas:** En este caso sucede similar que con Aries, se representa el primer paso si en la misma fecha ha coincidido dos pasos por el meridiano de Greenwich.

Por último, podemos apreciar algunos datos tales como la edad de la Luna las horas UT de los dos crepúsculos civil y náutico, las magnitudes estelares de los planetas en relación a las latitudes y las salidas y puestas del Sol y la Luna.

Estrellas:

En el almanaque podemos ver representada una lista con un total de 99 estrellas escogidas con la ventaja de ser las más brillantes. Estas estrellas están repartidas en tres grupos: 1ª magnitud, de 2ª magnitud y de 3ª magnitud. Están organizadas de la 1 a la 99 en orden **AS** (Ángulo Sidéreo). Con su número respectivo figura el nombre del astro y a que constelación pertenece y su símbolo.
























Planetas		Constelaciones	
	Sol		Aries, el Cordero
	Luna		Taurus, el Toro
	Mercurio		Gemini, los Gemelos
	Venus		Cancer, el Cangrejo
	Tierra		Leo, el León
	Marte		Virgo, la Virgen
	Júpiter		Libra, la Balanza
	Saturno		Scorpius, el Escorpión
	Urano		Sagittarius, el Centauro
	Neptuno		Capricornius, el Macho Cabrío
	Plutón		Aquarius, el Aguador
			Piscis, los Peces

Ilustración IV (Relación simbología –Planetas y constelaciones) [5].

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

Cabe destacar que entre las páginas 376 y 379 del almanaque náutico español, podemos encontrar la **Dec** y el **AS** de cada estrella mientras que en las páginas comprendidas entre la 380 y 381 vemos la hora de paso por el meridiano de origen para 50 estrellas.

En conclusión, el almanaque náutico es un elemento muy importante e indispensable que tendremos que tener en cuenta a la hora de realizar nuestra situación por tres y cuatro rectas de altura. [6]

7.2 SEXTANTE:



Ilustración V (sextante) [7]

7.2.1. Partes del Sextante

El sextante es el segundo elemento que vamos a necesitar para poder llevar a cabo el objetivo. Es un instrumento portátil que se emplea para obtener la altura de los astros entre otras. Entre los componentes que lo forman podemos ver:

Una estructura metálica que a su vez tiene en la parte inferior un tramo circular de 80° de abertura. Este tramo o arco lo conocemos por el nombre de Limbo.

El limbo tiene una graduación, en forma de grados, de derecha a izquierda, comprendido entre los valores de 0° hasta 150°. Su fabricación ya puede ser de un material plástico o de aluminio, mientras más barato sea sus materiales y su coste en sí, menos preciso será a la hora de tomar valores.

Una liada gira teniendo como referencia el centro del instrumento, recorriendo cada extremo del limbo. A parte de la graduación del limbo, en la parte inferior de la

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

liada, encontramos una rueda que lleva grabado un índice para poder representar una medición más precisa (nonius), fracciones de minuto. La liada va sujeta al limbo o con un tornillo de presión o con un botón de palanca con muelle, esto es debido a que tenga total libertad a la hora de desplazarlo por el limbo, y en el momento que consideremos que estamos en los valores adecuados, soltaremos dicha palanca o botón, logrando que la liada se quede en un punto en concreto del limbo, sin opción a un desplazamiento inadecuado.

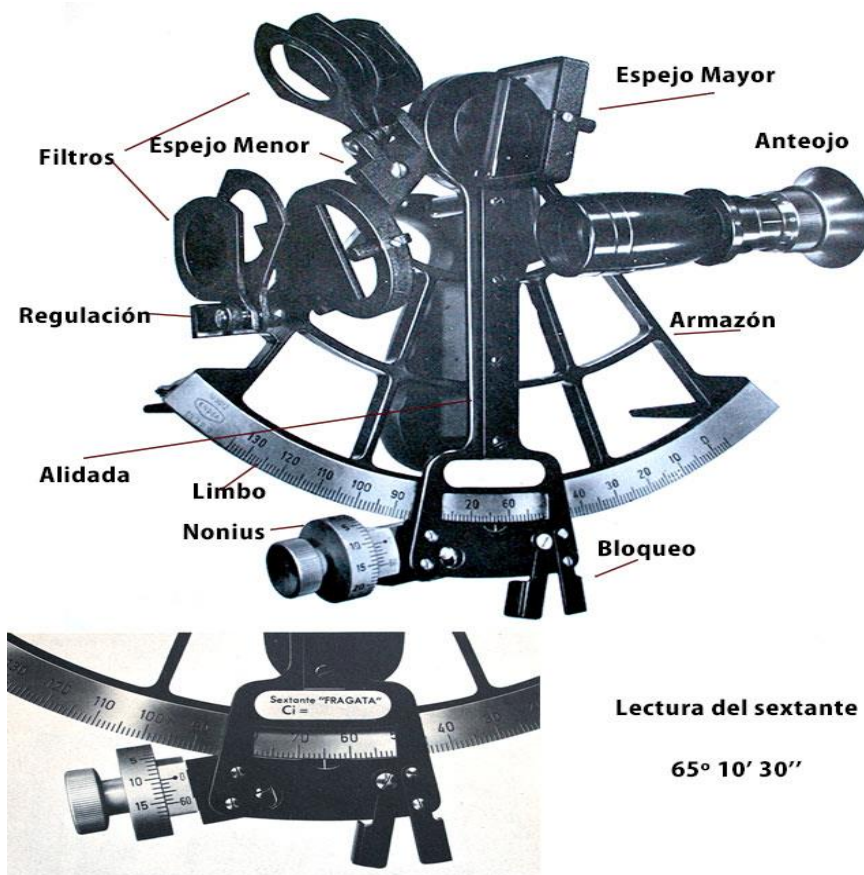


Ilustración VI (partes del sextante y lectura) [8].

El sextante está compuesto por una serie de espejos, en primer lugar: *Espejo menor* o *Espejo Chico* situado en la parte izquierda del instrumento, este espejo se encuentra en el extremo izquierdo del limbo, en la parte superior. Debe de estar enfocado de forma paralela a la liada cuando el índice nos esté dando 0°. La forma de este espejo puede ser rectangular o circular (depende del fabricante). Lo más que caracteriza el espejo chico, es que está compuesto en dos partes: Una mitad que actúa como espejo en sí, y otra mitad, que simplemente es transparente y no refleja nada. Para regular la posición de este espejo y su parte transparente, se ubica en su base dos tornillos reguladores de posición. El segundo espejo que caracteriza al sextante es el *espejo mayor* o *espejo grande*. Este espejo está ubicado en el centro del sextante, en la parte superior, y está ligado a la liada, es

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

decir: si movemos la liada, este espejo se mueve con ella. En su base, se encuentra un tornillo que actúa como regulador de su posición.

En la parte derecha del sextante, sobre el limbo, se encuentra un visor o soporte de anteojo. Este visor se encuentra alineado justo en la mitad de las dos partes del espejo chico. Podemos alejar o acercar este elemento con la ayuda de un tornillo regulador en su base.

Una serie de cristales que actúan como filtros, se encuentran entre el espejo mayor y el espejo chico. Esto es debido según la luminosidad a la que estaremos expuestos, ya que en ocasiones habrá que emplear estos filtros para poder determinar una observación clara.

Por último tenemos la empuñadura, por la cara adyacente del sextante, tenemos una empuñadura para poder sujetar bien el instrumento, esta parte se encuentra en la cara contrario de donde se encuentra la graduación del limbo y los espejos.

Cabe destacar que hay varios tipos de sextante. Tienen la misma función y se emplean de la misma forma, lo que varía es la interpretación del medidor de las fracciones de minuto, pueden ser de tipo nonius o tambor.



Ilustración VII (Sextante Nonius) [9].

7.2.2. ¿Cómo se interpreta la lectura del sextante?

Si bien, anteriormente, se ha hablado de dos tipos de sextante, pues cada uno tiene una forma de lectura distinta:

- Sextante Nonius: En este sextante podemos apreciar una graduación de grados por todo el limbo y una graduación de minutos y segundos en el extremo inferior de la liada. Esta parte donde se encuentra esa división de fracciones de minuto, se llama Nonius. Tenemos dos marcas que nos indican que grados, minutos y segundos tenemos en ese momento. Una se encuentra en la liada, y determina los

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

grados en el limbo. La segunda la encontramos en el nonius, se encarga de darnos una lectura en correlación con los minutos y segundos a los que nos encontremos. Hay que tener claro la lectura de este último, ya que es aquí cuando precisaremos a la hora obtener los valores finales de la lectura.

- Sextante de tambor: En la actualidad, estos sextantes pueden traer incorporados, en vez del nonius, un tambor graduado que a su vez pueden tener una lectura mucho más fácil. En el limbo apreciamos los grados mientras que en el tambor giratorio los minutos y medios minutos

El limbo puede tener una graduación dividida cada 10', cada 15', cada 20'..., todo esto depende del tipo de sextante y su fabricante. La lectura de la liada consiste en interpretar el valor más próximo con el que coincide la marca o índice de la liada con la graduación de grados del limbo, en esta medición obtendremos los grados correspondientes. Acto seguido, una vez que hallamos precisado con el nonius, veremos que valores nos ha representado, para ello, consiste en la graduación de una rueda que va en torno de 0' a 59', tomando el valor inferior enfrentado con el 0 del nonius. Cabe destacar que cada vuelta que hagamos en el tambor, significará 1° más que ayadarimos al resultado de la liada con respecto al limbo.

Cada marca que observamos en el nonius correspondería con la división de 10 entre 2, es decir 0, 0,2, 0,4, 0,6... La lectura se lleva a acabo viendo la marca que quede alineada con otra marca del tambor. Finalmente, multiplicámos el número total de rallas por 2, empezando a contar por la marca del 0. En la siguiente imagen vemos como el valor final de la lectura corresponde 29° 11,8'.

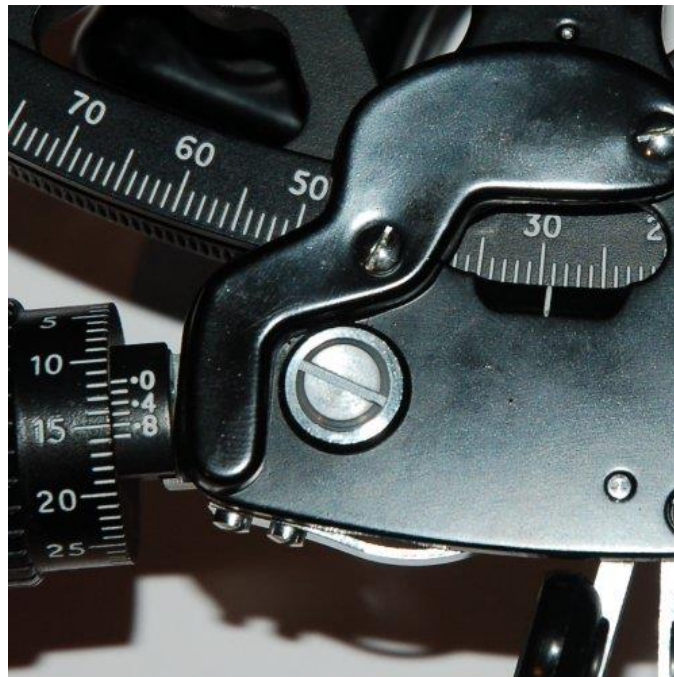


Ilustración VIII (lectura sextante 29° 11,8')[10].

7.2.3. Corrección del Índice:

La condición para que el índice de la liada nos marque 0, es que los dos espejos deberán estar de forma paralela entre si; La resultante del ángulo que nos dará será muy pequeño tanto a la izquierda o derecha del 0, es entonces cuando a cada lectura le aplicaremos una corrección llamada: Corrección de índice (**ci**).

Hay varias formas de hacer este cálculo, pero la forma más clara y sencilla en mediante el Sol, aunque también lo podemos aplicar al horizonte o incluso una estrella. La corrección de índice se realiza siempre al principio de cada observación ya que a la lectura final, le tenemos que aplicar dicha corrección.

7.2.4. Cálculo de la corrección de índice con el Sol:

Lo primero que debemos de hacer es poner la liada a 0° con respecto al limbo. A continuación, pondremos los filtros adecuados para que nos permita observar el Sol sin problemas de visión, lo que haremos es restarle luz para que podamos observar bien. Una vez que estamos observando el Sol mediante el visor, procedemos a mover el tambor del sextante (Minutos) mientras observamos que una imagen del astro queda reflejada en la mitad del espejo chico y en la otra mitad, que simplemente es un cristal, veremos la imagen del propio Sol, es decir, al observar por el visor vemos una misma imagen, que a su vez mientras damos valores de minutos conseguidos moviendo el tambor, tendríamos dos imágenes del Sol. Una vez que tenemos esas dos imágenes del Sol mientras estamos observando, hay que colocarlas una encima de otra de manera tangencial, solo tocándose y evitando que una imagen invada la otra. Una vez que obtenemos el valor en minutos representado en el tambor en el momento exacto que las dos imágenes (Reflejada y Directa) estén tangenciales entre sí, repetimos el proceso al contrario, quedando la imagen reflejada por la directa y viceversa. La semisuma de las dos lecturas es la corrección de índice.

Cabe destacar que las lecturas en el tambor pueden ser tanto negativas como positivas (según la orientación del tambor: derecha del 0 positiva e izquierda del 0 negativa) para ello las restaremos. Una comprobación que tenemos que tener en cuenta para saber si la **ci** resultante es la adecuada, es la diferencia entre las dos lecturas obtenidas dividida por cuatro, debe ser igual o muy similar al SD del Sol en ese día en concreto. Cuando los dos resultados obtenidos en la lectura son de distinto signo, en vez de hacer una resta, tendríamos que sumarlas entre sí.

7.2.5. Corrección de índice respecto el horizonte:

Colocamos la aliada con el valor 0 y procedemos a observar por el visor el horizonte, a continuación llevamos la imagen reflejada junto con la imagen directa que observamos, para ello debemos de mover hacia la izquierda o derecha el tambor, que a su vez, en el momento preciso que coincidan las dos imágenes del horizonte, nos quede una lectura en el tambor. Como se ha mencionado anteriormente, esta corrección de índice mediante el horizonte no se debe emplear, la utilizamos como medida de comprobación para observar si ha variado este resultado con respecto a la corrección obtenida por el Sol. Si la resultante es un valor muy distinto al la del Sol, debemos volver a repetir la **ci** del Sol. La única forma en la cual, tenemos de referencia la corrección de índice con respecto al horizonte, cuando no podemos apreciar el Sol en la esfera. [11]

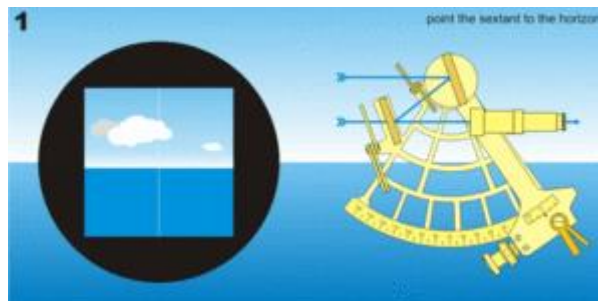


Ilustración IX Corrección de índice por el Horizonte. [12].

8. ESFERA CELESTE

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

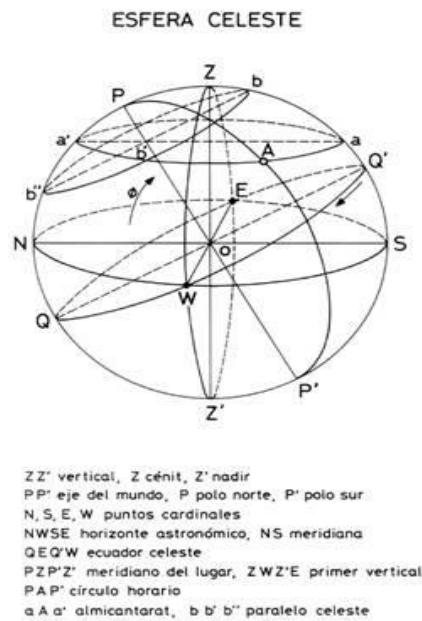


Ilustración X (Esfera celeste) [13].

La representación de los astros viene representada en una esfera celeste o también conocida por bóveda celeste, dividida por el horizonte en dos partes: parte visible y no visible. El observador se encuentra en algún punto de la esfera, en la parte visible, entre los horizontes. Para establecer una posición en concreto de los astros, estos se representan dentro de la esfera. Destacamos que la esfera puede llegar a tener un radio sumamente grande ya que si nos encontramos en cualquier punto de la superficie siempre podemos considerar que nos encontramos en el centro de dicha esfera. No hay que olvidar que la esfera celeste es un fenómeno óptico con un fin tan ocurrente como el de poder calcular la distancias de los astros. La bóveda o esfera celeste tiene varios matices y elementos que debemos de respetar siempre y tener claro dónde van representados, ya que a la hora de llevar a cabo nuestro objetivo, nos ayudará bastante tener dichos conocimientos. [14].

Para ello, se desglosará esta esfera, explicando cada uno de sus elementos que la componen.

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

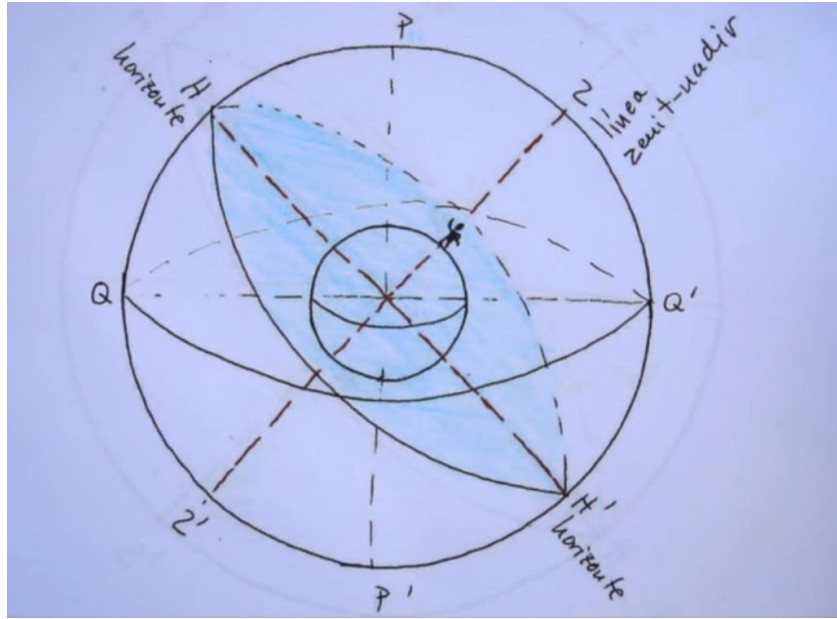


Ilustración XI (Esfera celeste) [15].

El observador se encuentra en algún punto del océano. Solo puede observar media bóveda celeste, comprendida entre los horizontes (**H** y **H'**), a esta mitad de la esfera se le denomina: **ARCO VISIBLE**.

En el punto más vertical con respecto al observador, encontramos el Zenit (**Z**) y en el lado opuesto de la esfera: Nadir (**N**).

El observador se encuentra en el centro, teniendo en frente su horizonte en la bóveda celeste. Su horizonte abarca los puntos cardinales (**N**, **S**, **E** y **W**), en su vertical se encuentra el Zenit, quedando en la parte superior del arco visible de la esfera el **POLO ELEVADO** (uno de los dos polos se encuentra sobre el horizonte).

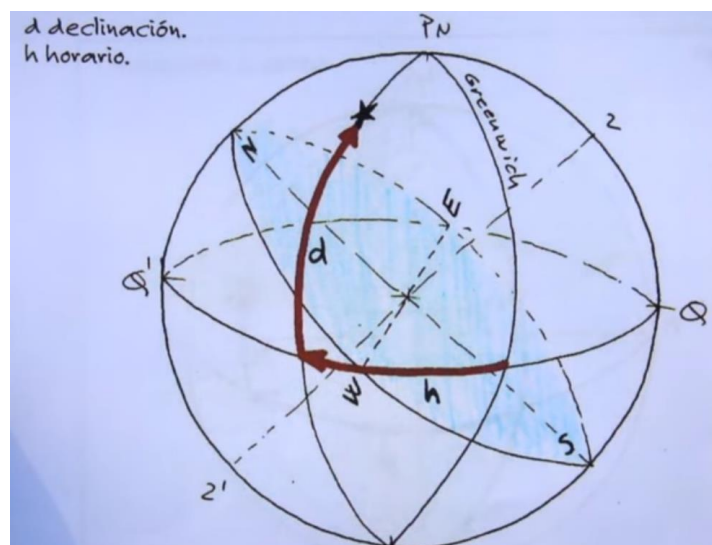


Ilustración XII (Esfera celeste-Polo elevado) [16].

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

- **h = Horario.**
- **d = Declinación.**

Al proyectarse el meridiano de Greenwich sobre la bóveda celeste, existe en cada momento unas coordenadas llamadas **L** (latitud) y **L** (longitud), para ubicar un astro en la esfera celeste. La coordenada derivada al Ecuador es la **d**, puede ser negativa (hemisferio Sur) o positiva (hemisferio Norte).

La coordenada **h**, Longitud, es el valor angular que se mide desde el meridiano de referencia en el sentido horario desde 0° hasta 360 , esto se denomina: Coordenadas Ecuatoriales de los Astros.

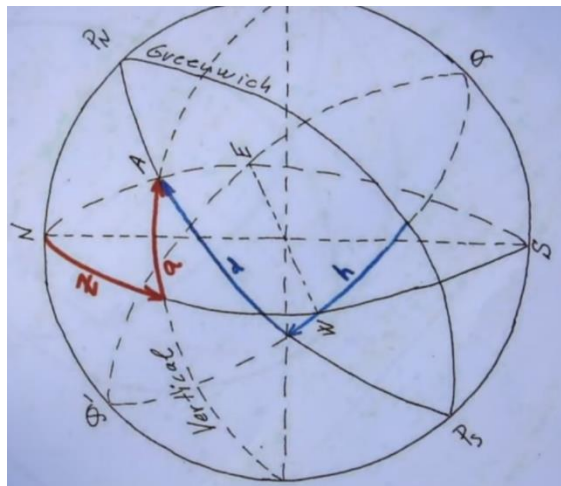


Ilustración XIII (Esfera celeste – declinación y horario) [17].

Si observamos un astro "A", podemos calcular el ángulo que genera desde la proyección del astro hacia nuestro horizonte: altura (**a**) se mide con el sextante.

AZIMUT:

Valor de cálculo derivado entre la demora vertical del astro, desde el Polo elevado. Medida de demora en sentido de las agujas del reloj.

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

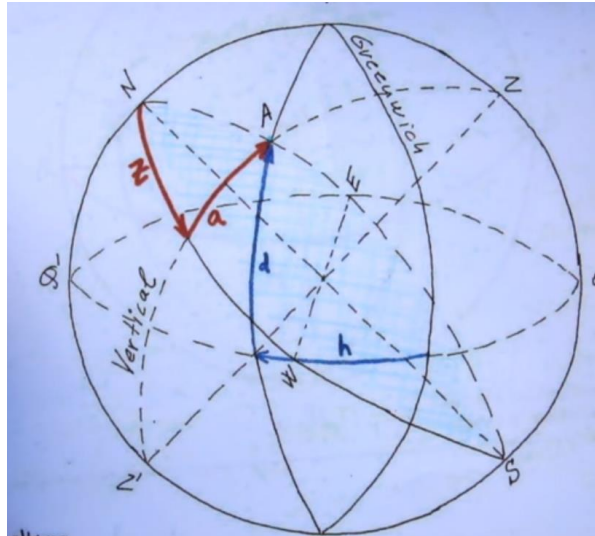


Ilustración XIV (Esfera celeste-declinación y horario) [18].

Teniendo en cuenta que están situados en el eje de nuestra esfera los polos elevados: Podemos volver a localizar las coordenadas ecuatoriales del astro, es decir, la **d** y el **h**, respecto el meridiano de Greenwich. Dichas coordenadas nos las da el almanaque junto con el **UT**.

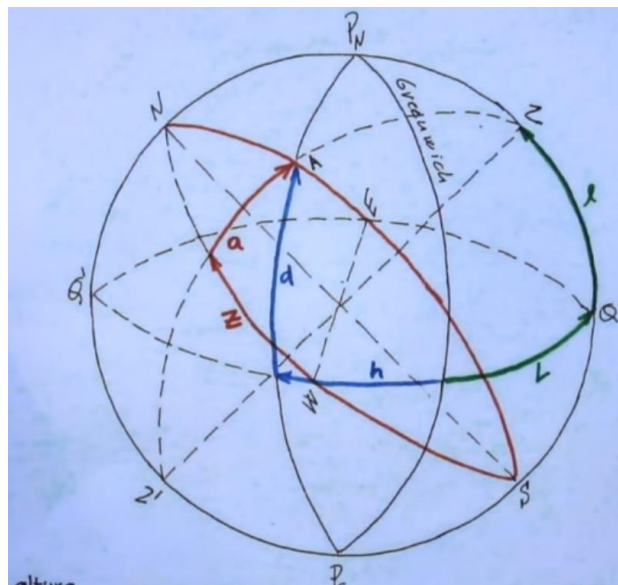


Ilustración XV (Esfera celeste) [19].

- El ángulo formado entre el Zenit y el Horizonte se denomina latitud.
- La proyección de la meridiana del lugar con el horizonte será la Longitud.

8.1. Coordenadas del astro:

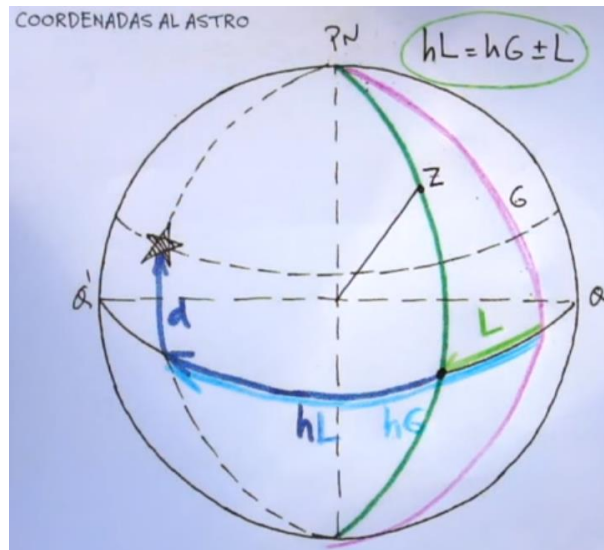


Ilustración XVI (Esfera celeste-coordenadas del astro) [20]

- $hL = hG \pm L$

hL es la diferencia entre el horario referido al Greenwich (hG), este dato viene facilitado en el almanaque, en relación al astro en un momento dado y la longitud estimada (longitud del observador). Esta fórmula nos permite averiguar un dato muy importante para realizar el cálculo.

d : es un ángulo medido sobre el meridiano celeste en relación al ecuador celeste, a un astro cualquiera en un instante en concreto.

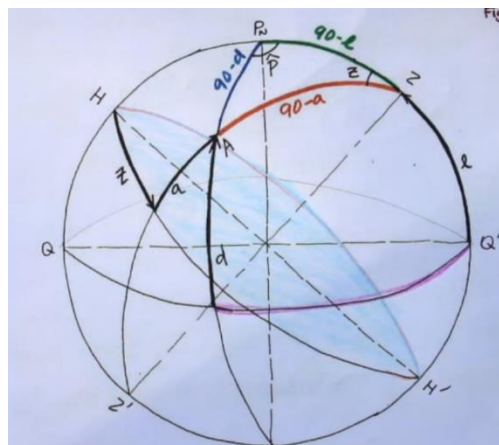


Ilustración XVII (Esfera celeste-coordenadas del astro) [21].

8.2. Triángulo de posición:

El triángulo esférico que se analiza para realizar las ecuaciones que vamos a emplear, está comprendido entre el Zenit, el polo elevado y la posición del astro.

- Lado comprendido entre la posición del astro y el polo elevado: Co-declinación (90-d).
- Lado comprendido entre el polo elevado y el Zenit: Co-latitud (90-l).
- Lado comprendido entre el Zenit y la posición del astro: Distancia zenital (90-a).

Los ángulos esféricos que van a formar parte del cálculo són: h_l (ángulo del polo) y z (azimut). [22]

8.3. Correcciones a las medidas obtenidas en el sextante:

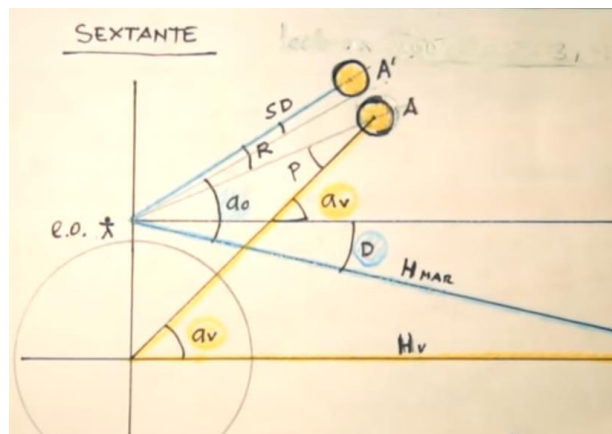


Ilustración XVIII (Correcciones Sextante) [23].

- **ai** (Altura instrumental): Es la lectura que obtenemos en el momento de la observación.
- **Ei** o **ci** (Error de índice o Corrección de índice): Error en minutos, ya pueden ser negativos o positivos, dependiendo de la dirección movimiento del tambor en el sextante, se le suma o resta a la altura instrumental.
- El observador siempre se encuentra por encima del horizonte del mar, es decir, tenemos una altura determinada con respecto al mar a la hora de la observación, esto se denomina **Elevación del observador**.
- **D** (Depresión) : Corrección que obtenemos en el almanaque. Es la diferencia entre el horizonte que apreciamos, con el real. Este dato es el primero que hallaremos.
- **R** (Refracción astronómica): El astro con respecto al observador, se encuentra en una posición, realmente más elevada de la que se encuentra. Esto es consecuencia de la refracción de propagación que se produce en la atmósfera. La refracción se corrige con otro elemento de las tablas. Siempre está negativo.

- **SD** (Semi diámetro): Este dato está situado en el almanaque, debajo del nombre del astro, solo se aplica a los astros que observamos de mayor volumen, que en este caso serán el Sol y la Luna. Se deberá observar el limbo inferior o superior.
- **P** (Paralaje arco P): Es el error que se produce como consecuencia en el momento de la observación, está realizada desde la superficie de la Tierra y no en su centro.

8.4. Análisis del cálculo:

Elementos que intervienen:

- **Observador:** Estar navegando y en un momento dado, establecemos una situación estimada (I y L).
- **Sextante:** Realizamos una o varias observaciones, obteniendo dos datos: a_i y c_i .
- **Cronometro UT:** Necesitamos saber la hora, minutos y segundos con bastante precisión, en el momento de la observación.
- **Almanaque:** Es aquí donde obtendremos los datos necesarios.
- **Cálculos:** con unas determinadas ecuaciones y datos del almanaque, vamos a obtener dos valores muy importantes, para cada observación realizada: a_c (altura calculada) La altura observada desde ese punto a la hora UT correspondiente a la situación de estima, es decir, la altura y la evaluación con la que tendríamos que ver en el momento considerado respecto al horizonte.
- **Azimuth (z):** Rumbo/demora a la que vemos la vertical del astro.

Importante:

La a_i , una vez realizados los cálculos, la pasaremos a convertir en a_v (altura verdadera): $a_i = a_v$.

La diferencia que existe entre la altura verdadera y la altura calculada, será ese dato junto al azimuth, los que necesitaríamos para representar una gráfica (Papel milimetrado). Por cada astro, representamos una recta de altura y una línea de posición donde se encuentra el barco. La intersección entre varias rectas, será la posición. [24]

9. TIEMPO

- Hora civil del lugar (Hcl): Tiempo transcurrido desde el paso del Sol medio por el meridiano inferior del lugar.
- Dos puntos de la tierra situados en dos meridianos de la tierra en un instante dado tienen distinta Hcl
- La diferencia entre ambas horas civiles coincide con la diferencia de Longitud expresada en tiempo
- Tiempo Universal (TU) Es la hora civil del meridiano de Greenwich

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

$$TU = HcL + L$$

- Cuando se esté en un meridiano diferente al de Greenwich y se requiera recurrir al almanaque náutico para obtener algún dato, hay que calcular el TU que corresponde a la HcL de la observación.
- La diferencia entre Tu y HcL es la Longitud del lugar expresada en tiempo.

Si L es Este, signo - , Si L es Oeste, signo+

9.1. Husos horarios (z) y hora legal (Hz).

Se divide la longitud de la tierra por 24 horas, dando lugar 24 sectores de 15 grados de amplitud llamados “Husos horarios” .

Al meridiano de Greenwich se le asigna el huso “0” quedando el sector formado por 7.5 grados al Este y 7.5 grados al Oeste y el meridiano en el centro.

$$TU = Hz + z$$

Hacia el Este se van asignando sucesivamente husos de 15 grados de Longitud designándoseles como $z=+1$, $z=+2$, etc. Hacia el Oeste se hace lo propio , $z=-1$, $z=-2$, etc. Los Marineros situados en un mismo Huso les corresponde la misma Hora Legal. Una persona ubicada en Londres le corresponde el huso 0, y otra persona ubicada al Este a menos de 7.5 grados también le corresponde el mismo huso, por lo que ambos tendrán la misma hora legal.

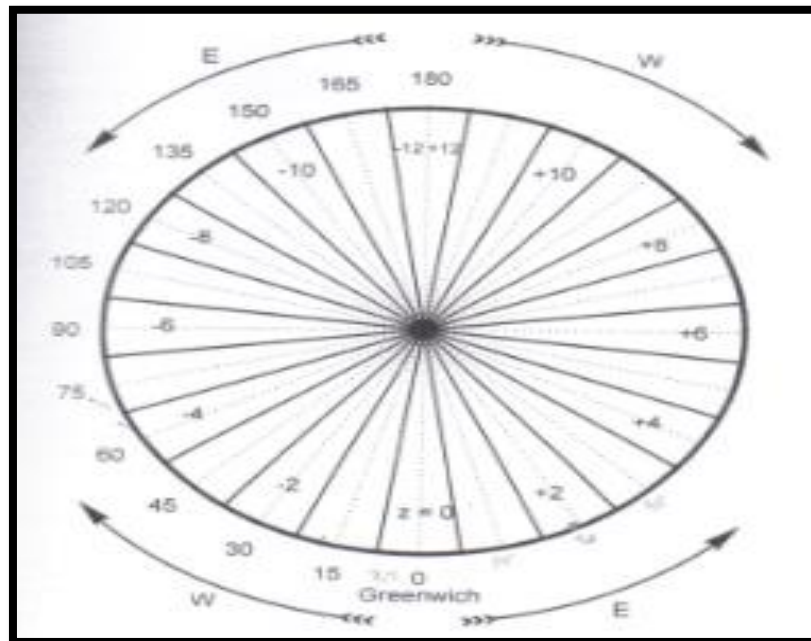


Ilustración XIX (husos horarios) [25].

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

9.2. Calcular la hora civil del lugar.

$$\mathbf{TU = Hz + Z \quad TU = HcL + L}$$

Dato: a $80^{\circ}30' W$ le corresponde el uso +5.

* Hallar la hora civil en un lugar situado en longitud $80^{\circ}30' W$ cuando la hora legal es $Hz=00:15$ el 25 de septiembre:

En primer lugar hallamos el tiempo universal (TU):

$$TU - Hz + Z \rightarrow Hz = TU - Z \rightarrow 00:15 = TU - (+5) \rightarrow \mathbf{TU = 05:15}$$

En segundo lugar hallamos la hora civil del lugar (HcL):

$$HcL = TU - L (\text{dividido por } 15) \rightarrow HcL = 05h:15m - (80^{\circ}30' / 15 = 05h:22m) = -00h:07m \rightarrow 24h:00m - 00h:07m = 23h:53m \rightarrow \mathbf{HcL = 23:53 \text{ del día } 24.}$$

10. CÁLCULO DEL CREPUSCULO:

Para poder observar y tomar alturas de una estrella o un planeta, es necesario poder distinguir al mismo tiempo, el horizonte y naturalmente el astro.

		octubre de 2012				289			
Latitud	Puesta de Sol	Fin del crepúsculo		Salida de Luna		Puesta de Luna			
		Civil	Náutico	Hora	R'	Hora	R'		
60 N	17 17	17 58	18 40	20 04	61	13 18	38		
58	19	58	44	19 60	13 03	39			
56	21	58	41	32 59	12 50	40			
54	23	59	39	43 58	38	42			
52	25	59	38	20 53	57	28	42		
50	17 27	17 59	18 37	21 02	56	12 19	43		
48	17 31	18 00	18 34	21 21	55	12 00	44		
46	17 35	18 01	18 32	21 40	54	11 45	44		
44	17 39	18 02	18 31	21 59	53	11 30	45		
42	17 43	18 03	18 30	22 18	52	11 15	45		
40	17 47	18 04	18 29	22 37	51	11 00	47		
38	17 51	18 05	18 28	22 56	50	10 45	48		
36	17 55	18 06	18 27	23 15	49	10 30	49		
34	17 59	18 07	18 26	23 34	48	10 15	49		
32	18 03	18 08	18 25	23 53	47	10 00	50		
30	18 07	18 09	18 24	24 12	46	9 45	50		
28	18 11	18 10	18 23	24 31	45	9 30	51		
26	18 15	18 11	18 22	24 50	44	9 15	51		
24	18 19	18 12	18 21	25 09	43	9 00	52		
22	18 23	18 13	18 20	25 28	42	8 45	52		
20	18 27	18 14	18 19	25 47	41	8 30	53		
18	18 31	18 15	18 18	26 06	40	8 15	53		
16	18 35	18 16	18 17	26 25	39	8 00	54		
14	18 39	18 17	18 16	26 44	38	7 45	54		
12	18 43	18 18	18 15	27 03	37	7 30	54		
10	18 47	18 19	18 14	27 22	36	7 15	55		
8	18 51	18 20	18 13	27 41	35	7 00	55		
6	18 55	18 21	18 12	28 00	34	6 45	56		
4	18 59	18 22	18 11	28 19	33	6 30	56		
2	19 03	18 23	18 10	28 38	32	6 15	57		
0	19 07	18 24	18 09	28 57	31	6 00	57		
10 S	18 33	19 16	20 11	0 57	44	7 34	57		

Ilustración XX (Tabla Almanaque) [26].

Esto se da solamente durante los crepúsculos.

- Existe un crepúsculo matutino y otro vespertino.

Al restar la hora del crepúsculo a la hora de puesta o salida del Sol, se obtiene la ventana de tiempo durante la cual se podrá hacer la observación. Lo que permitirá de antemano planificar la misma.

Ejemplo:

Supongamos que nos encontramos en el día 06 de Octubre del año 2012. Los datos que sabemos son:

- $le: 28^{\circ}28.5' N$
- $Le: 16^{\circ}14',0 W$
- Hcl: 18:31 (Santa Cruz de Tenerife).

$$Hcl = TU - L$$

Entramos por la tabla correspondiente al día señalado, y buscamos la latitud. Cuando encontremos nuestro valor, estará comprendido entre dos valores de la tabla o no, si está entre dichos valores, habrá que interpolar para llegar a un dato más exacto y sino se encuentra nuestra latitud entre dos valores, nuestros datos resultantes serían los correspondientes a la fila de nuestra latitud.

18:31=TU-(16°14'/15) → TU(fin crepúsculo náutico)=19:35.1 → TU(fin crepúsculo civil)=19:03.

11. PLANIFICAR UNA OBSERVACIÓN EMPLEANDO LAS *SIGHT REDUCTION TABLES*.

- 1- Calcular la hora del crepúsculo en el que se desea observar.
- 2- Con la hora obtenida se calcula el horario de Aries en el lugar.
- 3- Buscar en la Página correspondiente a la latitud estimada al grado próximo.
- 4- Subrayar en dicha página, la línea correspondiente al horario de Aries al grado próximo.
- 5- Se obtendrán los Azimuts y las Alturas aproximadas de las 7 estrellas óptimas observables.

LAT 28°N														
LHA ☉	Hc	Zn	Hc	Zn	Hc	Zn	Hc	Zn	Hc	Zn	Hc	Zn	Hc	Zn
	♦ DENEBO		ALTAIR		♦ Nunki		ANTARES		♦ ARCTURUS		Alkaid		Kochab	
270	53 44	050	57 35	121	34 05	165	31 25	204	38 22	273	38 07	312	37 59	345
271	54 25	050	58 20	122	34 18	166	31 03	205	37 29	273	37 27	312	37 45	345
272	55 06	050	59 05	123	34 31	167	30 41	206	36 36	274	36 48	312	37 31	345
273	55 46	049	59 49	124	34 42	168	30 17	207	35 43	274	36 09	312	37 17	345
274	56 26	049	60 32	126	34 53	169	29 53	207	34 51	275	35 30	312	37 03	344
275	57 06	049	61 14	127	35 02	170	29 29	208	33 58	275	34 51	312	36 49	344
276	57 46	048	61 56	129	35 11	171	29 03	209	33 05	276	34 12	313	36 35	344
277	58 25	048	62 37	130	35 18	172	28 37	210	32 12	276	33 33	313	36 20	344
278	59 04	047	63 17	132	35 25	173	28 10	211	31 20	276	32 54	313	36 05	344
279	59 43	047	63 56	134	35 30	175	27 42	212	30 27	277	32 15	313	35 50	344
280	60 21	046	64 34	135	35 35	176	27 14	213	29 34	277	31 36	313	35 35	344
281	60 59	045	65 11	137	35 38	177	26 45	214	28 42	278	30 57	313	35 20	343
282	61 37	045	65 46	139	35 41	178	26 15	214	27 49	278	30 19	313	35 05	343
283	62 14	044	66 20	141	35 43	179	25 45	215	26 57	278	29 40	313	34 50	343
284	62 50	043	66 53	143	35 43	180	25 14	216	26 05	279	29 01	313	34 35	343
	♦ Alpheratz		Enif		Nunki		♦ ANTARES		ARCTURUS		♦ Alkaid		Kochab	
285	23 31	068	47 21	107	35 42	181	24 43	217	25 12	279	28 23	313	34 19	343
286	24 21	069	48 12	108	35 41	182	24 11	218	24 20	280	27 45	314	34 03	343
287	25 10	069	49 02	108	35 38	183	23 38	218	23 28	280	27 06	314	33 48	343
288	26 00	069	49 53	109	35 35	184	23 05	219	22 36	280	26 28	314	33 32	343
289	26 49	070	50 43	110	35 30	186	22 31	220	21 44	281	25 50	314	33 16	343
290	27 39	070	51 32	111	35 24	187	21 57	221	20 52	281	25 12	314	33 00	342
291	28 29	070	52 22	112	35 18	188	21 22	221	20 00	282	24 34	314	32 44	342
292	29 19	070	53 11	113	35 10	189	20 47	222	19 08	282	23 56	315	32 28	342
293	30 09	071	53 59	114	35 02	190	20 11	223	18 16	282	23 19	315	32 12	342
294	30 59	071	54 48	115	34 52	191	19 35	224	17 24	283	22 41	315	31 56	342
295	31 49	071	55 36	116	34 41	192	18 58	224	16 33	283	22 04	315	31 40	342
296	32 39	072	56 23	117	34 30	193	18 21	225	15 41	284	21 27	315	31 23	342
297	33 29	072	57 11	118	34 17	194	17 43	226	14 50	284	20 50	316	31 07	342
298	34 20	072	57 57	119	34 04	195	17 05	226	13 58	284	20 13	316	30 51	342
299	35 10	073	58 43	120	33 50	196	16 26	227	13 07	285	19 36	316	30 34	342
	Schedar		♦ Alpheratz		FOMALHAUT		♦ Nunki		Rasalhague		♦ VEGA		Kochab	
300	33 47	039	36 01	073	18 24	140	33 34	197	52 56	253	69 43	307	30 18	342
301	34 20	039	36 52	073	18 58	141	33 18	198	52 05	254	69 00	307	30 02	342
302	34 53	039	37 42	073	19 31	141	33 01	199	51 14	254	68 18	306	29 45	342
303	35 26	039	38 33	074	20 04	142	32 43	200	50 23	255	67 34	305	29 29	342
304	35 59	039	39 24	074	20 36	143	32 24	201	49 32	256	66 51	304	29 12	342
305	36 32	038	40 15	074	21 08	144	32 05	202	48 41	257	66 07	303	28 56	342
306	37 05	038	41 06	074	21 39	144	31 44	203	47 49	257	65 22	303	28 40	342
307	37 38	038	41 57	075	22 10	145	31 23	204	46 57	258	64 38	302	28 23	342
308	38 11	038	42 48	075	22 40	146	31 01	205	46 05	259	63 53	302	28 07	342
309	38 43	038	43 39	075	23 09	147	30 38	206	45 13	259	63 08	301	27 50	342
310	39 16	038	44 30	075	23 38	147	30 14	207	44 21	260	62 22	301	27 34	342
311	39 49	038	45 22	076	24 06	148	29 49	208	43 29	261	61 37	301	27 18	342
312	40 22	038	46 13	076	24 34	149	29 24	209	42 37	261	60 51	300	27 01	342
313	40 54	038	47 05	076	25 01	150	28 58	210	41 44	262	60 05	300	26 45	342
314	41 26	038	47 56	076	25 27	151	28 31	211	40 52	262	59 19	300	26 29	342

Ilustración XXI (SIGHT REDUCTION TABLES) [27].

12. CORRECCIÓN DE ALTURAS:

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

El Sol: Al tomar con el sextante la altura del Sol se obtiene la Altura instrumental; esta puede ser del limbo inferior o superior. A esta altura se le aplican las siguientes correcciones:

- 1) Corrección de índice (proviene del sextante).
- 2) Corrección por Depresión.
- 3) Corrección por Semi Diámetro, Paralaje y Refracción.
- 4) Corrección 2x Semi Diámetro (en caso de limbo superior).
- 5) Corrección adicional.

Estas correcciones se obtienen del Almanaque Náutico en la página del día en cuestión y de la página 387 excepto la corrección del índice.

Ejemplo:

El día 2 de noviembre de 2012 se tomó altura instrumental del limbo inferior del sol. $A_{oi}=34^{\circ}22'$ La altura del puente es de 20mts y la corrección de índice es de $-0.2'$. Calcular la altura verdadera.

$$\begin{array}{r} A_{io} = 34^{\circ}22' \\ \downarrow \\ C_i = 0^{\circ}0.2' - \\ \downarrow \\ A_{oo} = 34^{\circ}20' \\ \downarrow \\ C_{xD} = 0^{\circ}8.0' - \\ \downarrow \\ A_{ao} = 34^{\circ}12' \\ \downarrow \\ C_{ad.} = 0^{\circ}0.1' + \\ \downarrow \\ C_{xSM,R,P} = 0^{\circ}14.7' + \\ \downarrow \\ A_{vo} = 34^{\circ}26,8' \end{array}$$

CORRECCIONES PARA OBTENER LA ALTURA VERDADERA DEL SOL (LIMBO INFERIOR), PLANETA O ESTRELLA, 2012 387

TABLA A DEPRESIÓN DE HORIZONTE				TABLA B = SOL (LIMBO INFERIOR) SEMIDIÁMETRO, REFRACCIÓN Y PARALAJE										Correc. adicional (2012)	
Elevación del observador en metros	Corrección	Elevación del observador en metros	Corrección	Altura Obser. ☉	Corrección	Altura Obser. ☉	Corrección	Altura Obser. ☉	Corrección	Altura Obser. ☉	Corrección	Altura Obser. ☉	Corrección		
1.9	-2.5	13.6	-6.6	6 15	+ 8.2	8 45	+10.2	13 23	+12.2	25 59	+14.2			ENE. 1	+0.3
2.0	-2.6	14.0	-6.7	6 21	+ 8.3	8 54	+10.3	13 44	+12.3	27 12	+14.3			ENE. 23	+0.2
2.2	-2.7	14.4	-6.8	6 27	+ 8.4	9 05	+10.4	14 06	+12.4	28 32	+14.4			FEB. 27	+0.1
2.3	-2.8	14.8	-6.9	6 33	+ 8.5	9 15	+10.5	14 29	+12.5	29 59	+14.5			MAR. 22	0.00
2.5	-2.9	15.3	-7.0	6 40	+ 8.6	9 26	+10.6	14 53	+12.6					ABR. 13	0.00
2.7	-3.0	15.7	-7.1	6 46	+ 8.7	9 37	+10.7	15 18	+12.7	33 19	+14.6			MAY. 7	-0.1
2.9	-3.1	16.2	-7.2	6 53	+ 8.8	9 48	+10.8	15 45	+12.8	35 16	+14.7			JUN. 12	-0.2
3.1	-3.2	16.6	-7.3	7 00	+ 8.9	10 00	+10.9	16 13	+12.9	37 25	+14.8			JUL. 12	-0.3
3.3	-3.3	17.1	-7.4	7 06	+ 9.0	10 12	+11.0	16 43	+13.0					AUG. 12	-0.3
3.5	-3.4	17.6	-7.5	7 14	+ 9.1	10 25	+11.1	17 14	+13.1	42 30	+15.0			SEPT. 1	-0.2
3.7	-3.5	18.0	-7.6	7 21	+ 9.2	10 38	+11.2	17 47	+13.2	45 30	+15.2			OCT. 1	-0.1
3.9	-3.6	18.5	-7.7	7 28	+ 9.3	10 52	+11.3	18 23	+13.3	48 53	+15.3			NOV. 9	+0.1
4.2	-3.7	19.0	-7.8	7 36	+ 9.4	11 06	+11.4	19 01	+13.4	52 43	+15.4			NOV. 25	0.00
4.4	-3.8		-7.9	7 44	+ 9.5	11 21	+11.5	19 41	+13.5	57 01	+15.5			DIC. 31	+0.3
4.7	-3.9	20.0	-8.0	7 52	+ 9.6	11 36	+11.6	20 24	+13.6	61 51	+15.6				
4.9	-4.0	20.5	-8.1	8 00	+ 9.7	11 52	+11.7	21 10	+13.7	67 16	+15.7				
5.2	-4.1	21.0	-8.1	8 08	+ 9.8	12 09	+11.8	21 59	+13.8	73 14	+15.8				
5.4	-4.2		-8.3	8 17	+ 9.9	12 26	+11.9	22 53	+13.9	79 42	+15.9				
5.7	-4.3		-8.4	8 26	+10.0	12 44	+12.0	23 50	+14.0	86 30	+16.0				
6.0	-4.4	22.1	-8.4	8 35	+10.1	13 03	+12.1	24 52	+14.1	90 00	+16.0				
6.2	-4.4	22.6	-8.5	8 45	+10.1	13 23	+12.1	25 59	+14.1						
6.5	-4.5	23.1	-8.6												
6.8	-4.6	23.7	-8.7												
7.1	-4.7	24.2	-8.7												
7.4	-4.8	24.8	-8.8												
7.7	-4.9	25.4	-8.9												
8.0	-5.0	25.9	-9.0												
8.4	-5.1	26.5	-9.1												
8.7	-5.2	27.1	-9.2												
9.0	-5.3	27.7	-9.3												
9.4	-5.4	28.3	-9.4												
9.7	-5.5	28.9	-9.5												
10.1	-5.6	29.5	-9.6												
10.4	-5.7	30.1	-9.7												
10.8	-5.8	30.7	-9.8												
11.2	-5.9	31.3	-9.9												
11.6	-6.0	32.0	-10.0												
11.9	-6.1	32.6	-10.1												
12.3	-6.2	33.3	-10.2												
12.7	-6.3	33.9	-10.3												
13.1	-6.4	34.6	-10.4												
13.6	-6.5	35.2	-10.5												
		35.9	-10.6												

TABLA C = PLANETAS Y ESTRELLAS										
REFRACCIÓN					PARALAJE (2012)					
Altura Obser.	Corrección	Altura Obser.	Corrección	Altura Obser.	Corrección	Fechas	Venus Cualquier altura	Marte Alturas observadas		
								< 30°	> 30°, < 60°	> 60°
6 30	-7.8	14 00	-3.8	ENE. 1	+0.1	+0.1	+0.1	0.00		
6 40	-7.6	15 00	-3.6	ENE. 5	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1		
6 50	-7.5	16 00	-3.3	ENE. 15	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1		
7 00	-7.3	17 00	-3.1	FEB. 22	+0.1	+0.2	+0.1	+0.1		
7 15	-7.1	18 00	-3.0	FEB. 3	+0.1	+0.2	+0.2	+0.1		
7 30	-6.9	19 00	-2.8	MAR. 3	+0.2	+0.2	+0.2	+0.1		
7 45	-6.7	20 00	-2.6	MAR. 18	+0.2	+0.2	+0.2	+0.1		
8 00	-6.5	21 00	-2.5	ABR. 19	+0.2	+0.2	+0.1	+0.1		
8 15	-6.3	22 00	-2.4	ABR. 27	+0.3	+0.2	+0.1	+0.1		
8 30	-6.2	24 00	-2.2	MAY. 8	+0.3	+0.1	+0.1	+0.1		
8 45	-6.0	26 00	-2.0	MAY. 10	+0.3	+0.1	+0.1	0.00		
9 00	-5.9	28 00	-1.8	MAY. 30	+0.4	+0.1	+0.1	0.00		
9 20	-5.7	32 00	-1.6	JUN. 12	+0.5	+0.1	+0.1	0.00		
9 40	-5.5	36 00	-1.3	JUN. 23	+0.54	+0.1	+0.1	0.00		
10 00	-5.3	40 00	-1.2	JUL. 2	+0.5	+0.1	+0.1	0.00		
10 30	-5.1	45 00	-1.0	JUL. 23	+0.5	+0.1	+0.1	0.00		
11 00	-4.8	50 00	-0.8	SEP. 7	+0.2	+0.1	+0.1	0.00		
11 30	-4.6	60 00	-0.6	NOV. 6	+0.1	+0.1	+0.1	0.00		
12 00	-4.5	70 00	-0.4	DIC. 31	+0.1	+0.1	0.00	0.00		
12 30	-4.3	80 00	-0.2							
13 00	-4.1	90 00	0.0							

Para el uso de estas tablas, en los valores explícitos tome el valor correspondiente.

Ilustración XXII (Almanaque-corrección de alturas). [28]

En el cuadrado rojo de la parte izquierda de la ilustración, está representado la corrección por depresión, los dos cuadrados rojos de la parte derecha, el superior es la corrección SD, R, P y en la parte inferior tenemos representado la corrección adicional.

En caso de tratarse del limbo **superior del Sol**, se procede de la misma manera, solamente hay que agregarle una corrección más:

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

→ Restar 2 x SD, que se obtiene de la página del día en cuestión.

316		Viernes 2 de noviembre de 2012									
UT	☉ SOL		☾ LUNA				Latitud	Principio del crepúsculo			
	SD: 16'1		SD: 14'7	Edad: 17 ^d 5	PMG: 2 ^h 11 ^m	R ^o : 48 ^o		Náutico	Civil		
	hG ^o	Dec	hG ^o	DF	Dec	DF		h m	h m		
0	184 06.3	-14 48.2	328 23.1	118	+20 52.0	7	60 N	5 50	6 40		
1	199 06.3	49.0	342 53.9	119	52.7	7	58	48	35		
2	214 06.5	49.8	357 24.8		53.4	8	56	46	30		

Ilustración XXIII (Almanaque-SD) [29].

Estrellas y Planetas:

En el caso de los planetas y estrellas se aplica las correcciones siguientes:

- 1) Corrección de índice.
- 2) Corrección por Depresión.
- 3) Corrección por refracción tabla C.
- 4) Corrección por Paralaje tabla C(solamente a Venus y Marte).

TABLA C = PLANETAS Y ESTRELLAS								
REFRACCIÓN				PARALAJE (2012)				
Altura Obsv.	Corrección	Altura Obsv.	Corrección	Fechas	Venus Cualquier altura	Marte Alturas observadas		
'	"	'	"			< 30°	> 30°, < 60°	> 60°
6 30	-7.8	14 00	-3.8	Ene. 1	+0'1	+0'1	+0'1	0'0
6 40	-7.6	15 00	-3.6	Ene. 5	+0'1	+0'1	+0'1	+0'1
6 50	-7.5	16 00	-3.3	Ene. 15	+0'1	+0'2	+0'1	+0'1
7 00	-7.3	17 00	-3.1	Feb. 22	+0'1	+0'2	+0'2	+0'1
7 15	-7.1	18 00	-3.0	Mar. 3	+0'2	+0'2	+0'2	+0'1
7 30	-6.9	19 00	-2.8	Mar. 18	+0'2	+0'2	+0'1	+0'1
7 45	-6.7	20 00	-2.6	Abr. 19	+0'3	+0'2	+0'1	+0'1
8 00	-6.5	21 00	-2.5	Abr. 27	+0'3	+0'1	+0'1	+0'1
8 15	-6.3	22 00	-2.4	May. 8	+0'3	+0'1	+0'1	0'0
8 30	-6.2	24 00	-2.2	May. 10	+0'4	+0'1	+0'1	0'0
8 45	-6.0	26 00	-2.0	May. 30	+0'5	+0'1	+0'1	0'0
9 00	-5.9	28 00	-1.8	Jun. 12	+0'4	+0'1	+0'1	0'0
9 20	-5.7	32 00	-1.6	Jul. 2	+0'3	+0'1	+0'1	0'0
9 40	-5.5	36 00	-1.3	Jul. 23	+0'2	+0'1	+0'1	0'0
10 00	-5.3	40 00	-1.2	Sep. 7	+0'1	+0'1	+0'1	0'0
10 30	-5.1	45 00	-1.0	Nov. 6	+0'1	+0'1	+0'1	0'0
11 00	-4.8	50 00	-0.8	Dic. 31	+0'1	+0'1	0'0	0'0
11 30	-4.6	60 00	-0.6					
12 00	-4.5	70 00	-0.4					
12 30	-4.3	80 00	-0.2					
13 00	-4.1	90 00	0.0					

Ilustración XXIV (Almanaque-tabla C) [30]

12.1. Calcular la altura estimada.

$$ae = \text{sen}^{-1} (\text{send} \cdot \text{sen}l + \text{cosd} \cdot \text{cos}l \cdot \text{cos}P)$$

- Siendo **d** la **declinación**
- Siendo **l** la **latitud** estimada

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

- Siendo **P** el **Ángulo en el Polo**

El primer término, si d y l son de la misma especie será positivo, de lo contrario negativo.

El segundo término, si P es menor que 90° será positivo, de lo contrario negativo.

13. CALCULAR AZIMUT:

$$\text{CoTg } Z = \cos l \left(\frac{\text{Tg } d}{\text{sen } P} - \frac{\text{Tg } l}{\text{Tg } P} \right)$$

$$Z = \text{Tg}^{-1} \left(\frac{1}{\cos l \times (P)} \right)$$

↓

$$P = P' + P''$$

↓

$$P' = \frac{\text{Tg } d}{\text{sen } P}$$

↓

$$P'' = \frac{\text{Tg } l}{\text{Tg } P}$$

- Si d y l son de la misma especie, P' es positivo, Si el Polo es menor que 90°, P'' es negativo. *Nota: P me sirve luego para Pagel.*

$p = p' + p''$

SI **P** ES + SE CONTARÁ EL AZIMUT DESDE EL POLO ELEVADO

SI **P** ES - SE CONTARÁ EL AZIMUT DESDE EL POLO DEPRESO

ESTE SI ES POLO AL E (P_E)
 /
 SERÁ HACIA EL
 \ **OESTE** SI ES POLO AL W (P_W)

Ilustración XXV (Azimut) [31].

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

Con los siguientes datos, resolveremos el ejemplo:

1) $Pe=01:07.8$

2) $d=+28:02.7$

3) $le=14:16 S$

$$ae = \arcsen (-\text{sen}28:02.7 \times \text{sen}14:16 + \cos 28:02.7 \times \cos 14:16 \times \cos 001:07.8)$$

$$ae = 47:40.5$$

$$P' = -\frac{Tg 28:2.7}{\text{sen } 001:7.8} = -27.01$$

$$P'' = -\frac{Tg 14:16}{Tg 001:7.8} = -12.89$$

$$P' + P'' = -39.9$$

$$Z = \arctg \frac{1}{\cos 14:16 (-27.01 + (-12.89))} = -1:28.9$$

Importante: P es negativo y existe un Polo al este, por lo que se contará desde el norte hacia el este → **Z=N1:28.9E.**

14. CÁLCULO DEL HORARIOS:

$$Tg^{-1} \times \frac{1}{Tg a \times \cos l \frac{1}{\text{sen } z} + \text{sen } l \times \frac{1}{Tg z}}$$

- 1) Siendo a la altura
- 2) Siendo l la latitud estimada
- 3) Siendo z el azimut.
- 4) El primer término del denominador será siempre positivo
- 5) El segundo término del denominador será **positivo** cuando **z se cuenta desde distinto nombre que la latitud.**

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

- 6) El segundo término del denominador será **negativo** cuando **z se cuenta desde el mismo nombre que la latitud**.

Obtenido el Polo hay que razonar. Desde el comienzo ya sabemos el Azimut, por lo que sabremos darnos cuenta de si es un Polo al Este o un Polo al Oeste, deducido lo anterior es fácil traducir al horario:

Ejemplo del cálculo del horario:

Datos:

- **Av=40°56.7'**
- **l=14°16 S**
- **Z= N62E**

$$\text{Polo: } Tg^{-1} \frac{1}{Tg a \times \cos l \times \frac{1}{\text{sen } z} + \text{sen } l \times \frac{1}{Tg z}}$$

$$Tg^{-1} \frac{1}{Tg 40^{\circ} 56.7' \times \cos 14^{\circ} 16' \times \frac{1}{\text{sen } 62} + \text{sen } 14^{\circ} 16' \times \frac{1}{Tg 62}} = 42^{\circ} 42.5'$$

Por ser el azimut NE, sé que el horario se comienza a contar por el otro lado, pasando por el W, pasando también el S hasta llegar a los:

$$360 - 42^{\circ} 42.5' = 317^{\circ} 17.5'$$

15. RECONOCIMIENTO DE ESTRELLAS:

Para las estrellas, una vez obtenido el horario del astro en el lugar (hl*), restando el horario de Aries en el lugar (hlY), sacado del Almanaque Náutico, obtendremos el Ángulo Sidéreo. Con él buscaremos en las páginas 376-379, relacionando el AS obtenido con el de algún astro.

$$hl^* = hlY + AS \rightarrow AS = hl^* - hlY$$

↑

$$hlY = hGY + L$$

15.1. ¿Cómo reconocer una Estrella?

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

Datos:

*Día 8/12/2012, TU=00:59.4

* A=38°27.7'

*l=28°28.12NL=16°15'W

*Z=148°4.2'

$$Polo = Tg^{-1} \frac{1}{Tg a \times \cos l \times \frac{1}{\sin z} + \sin l \times \frac{1}{Tg z}}$$

↓

$$Polo = Tg^{-1} \frac{1}{Tg 38^{\circ} 27.7' \times \cos 28^{\circ} 28.12' \times \frac{1}{\sin 148^{\circ} 4.2'} - \sin 28^{\circ} 28.12' \times \frac{1}{Tg 148^{\circ} 4.2'}}$$

$$= 25^{\circ} 37.2'$$

- Al ser Z=148°4.2', nos damos cuenta de que es un Polo al Este, Por lo que:
360-25°37.2'=hl*=334°22.8'.

$$hlY = hGY - L$$

$$hGYp = 77^{\circ} 9.3$$

$$Cxm,s = 14^{\circ} 53.5'$$

$$hGY = 92^{\circ} 2.8'$$

$$hlY = 92^{\circ} 2.8' - (+16^{\circ} 15')$$

$$hlY = 75^{\circ} 47.8'$$

$$hl^* = hlY + AS$$

$$hl^* - hlY = AS$$

$$334^{\circ} 22.4' - 75^{\circ} 47.8' = AS$$

$$AS = 258^{\circ} 34.6'$$

En la siguiente página del almanaque, se puede decirse que se trata de Sirius:

ESTRELLAS, 2012		A.S.*													
Nº	NOMBRE	Mag	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1-	α And. <i>Alpheratz</i>	2.1	387	44.7	44.7	44.8	44.7	44.5	44.3	44.0	43.8	43.7	43.6	43.7	43.8
6-	β Cen. <i>Diphda</i>	2.0	348	56.9	57.0	57.1	57.0	56.9	56.7	56.4	56.2	56.1	56.0	56.1	56.1
9-	α Eri. <i>Achernar</i>	0.5	335	27.4	27.7	27.9	27.9	27.8	27.6	27.3	26.9	26.6	26.5	26.6	26.7
12-	α Ari. <i>Hamal</i>	2.0	328	1.8	1.9	2.0	2.0	2.0	1.8	1.5	1.3	1.1	0.9	0.9	0.9
19-	α Tau. <i>Aldebaran</i>	0.9	290	50.2	50.3	50.5	50.6	50.6	50.5	50.4	50.1	49.9	49.7	49.5	49.4
20-	β Ori. <i>Rigel</i>	0.1	281	12.7	12.8	12.9	13.0	13.1	13.1	12.9	12.7	12.5	12.3	12.1	12.0
21-	α Aur. <i>Capella</i>	0.1	280	35.5	35.6	35.8	35.9	36.0	36.0	35.8	35.5	35.2	34.9	34.6	34.5
28-	α Ori. <i>Betelgeuse</i>	+0.9	271	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3
31-	α Car. <i>Canopus</i>	-0.7	263	56.0	56.2	56.4	56.7	56.9	57.0	57.0	56.8	56.5	56.2	55.9	55.7
32-	γ Gem. <i>Alhena</i>	1.9	260	23.2	23.3	23.4	23.5	23.6	23.6	23.5	23.4	23.1	22.9	22.7	22.5
33-	α CMa. <i>Sirius</i>	-1.5	258	34.2	34.3	34.4	34.5	34.7	34.7	34.6	34.5	34.3	34.1	33.8	33.7
38-	α CMi. <i>Procyon</i>	0.4	244	60.4	60.4	60.5	60.6	60.7	60.8	60.7	60.6	60.4	60.2	60.0	59.8
39-	β Gem. <i>Pollux</i>	1.1	243	28.5	28.5	28.6	28.7	28.9	28.9	28.7	28.6	28.3	28.1	27.8	
40-	ζ Puppis	2.3	238	59.2	59.2	59.4	59.5	59.7	59.8	59.8	59.8	59.6	59.4	59.1	58.8
49-	α Hya. <i>Alphard</i>	2.0	217	56.8	56.7	56.7	56.8	56.9	57.0	57.0	56.9	56.7	56.5	56.2	
50-	α Leo. <i>Regulus</i>	1.4	207	44.3	44.2	44.1	44.2	44.3	44.4	44.4	44.4	44.2	44.0	43.8	
54-	α UMa. <i>Dubhe</i>	1.8	193	52.4	52.1	52.0	52.1	52.4	52.7	52.9	53.0	53.0	52.8	52.5	52.1
55-	β Leo. <i>Denebola</i>	2.1	182	34.5	34.3	34.2	34.2	34.3	34.4	34.4	34.5	34.5	34.4	34.3	34.0
57-	α Crn. <i>Acrux</i>	1.3	173	10.3	9.9	9.7	9.6	9.7	9.9	10.2	10.4	10.6	10.5	10.2	9.8
60-	β Crn. <i>Mintaka</i>	1.3	167	53.0	52.6	52.4	52.3	52.4	52.6	52.8	53.0	53.1	53.1	52.9	52.5
65-	α Vir. <i>Spica</i>	1.0	158	32.3	32.0	31.9	31.8	31.8	31.8	31.9	32.0	32.1	32.1	32.0	31.8
68-	θ Cen. <i>Menkent</i>	2.1	148	8.8	8.5	8.3	8.2	8.1	8.1	8.2	8.3	8.5	8.5	8.4	8.2
69-	α Boo. <i>Arcturus</i>	0.0	145	56.7	56.4	56.3	56.1	56.1	56.1	56.2	56.3	56.4	56.5	56.4	56.3
70-	α Cen. <i>Rigel Kent</i>	0.0	139	53.4	52.9	52.6	52.3	52.2	52.3	52.5	52.7	53.0	53.1	53.0	52.7
74-	α CrB. <i>Alphecca</i>	2.2	126	12.0	11.8	11.6	11.4	11.3	11.3	11.3	11.5	11.6	11.7	11.7	11.6
76-	α Sco. <i>Antares</i>	+1.4	112	27.7	27.5	27.2	27.0	26.8	26.8	26.8	26.8	27.0	27.1	27.1	27.0
77-	α Tau. <i>Arris</i>	1.9	107	30.9	30.3	29.8	29.2	28.8	28.6	28.7	28.9	29.3	29.7	29.9	29.7
81-	λ Sco. <i>Shaula</i>	1.6	96	23.6	23.4	23.1	22.8	22.6	22.4	22.4	22.4	22.6	22.8	22.8	22.8
82-	α Ophi. <i>Rasalhague</i>	2.1	96	7.7	7.5	7.3	7.0	6.9	6.7	6.7	6.8	6.9	7.1	7.1	7.1
86-	α Lyr. <i>Vega</i>	0.0	80	40.0	39.9	39.7	39.4	39.2	39.0	39.0	39.0	39.2	39.4	39.5	39.6
87-	α Sgr. <i>Nunki</i>	2.0	75	59.9	59.7	59.5	59.2	59.0	58.8	58.7	58.7	58.8	59.0	59.1	59.1
88-	α Aql. <i>Altair</i>	0.8	62	9.5	9.4	9.3	9.0	8.8	8.6	8.5	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9
90-	α Pav. <i>Prasick</i>	1.9	63	21.4	21.2	21.0	20.6	20.2	19.9	19.6	19.5	19.6	19.9	20.1	20.3
91-	α Cyg. <i>Deneb</i>	1.3	49	32.6	32.6	32.4	32.2	31.9	31.6	31.4	31.4	31.5	31.7	31.9	32.0
95-	α Gru. <i>Al Na'ir</i>	1.7	27	45.3	45.3	45.2	45.0	44.7	44.4	44.1	44.0	43.9	44.0	44.2	44.4
97-	α Psa. <i>Fomalhaut</i>	1.2	15	25.3	25.3	25.3	25.1	24.9	24.7	24.4	24.2	24.2	24.2	24.3	24.4

* Estrella de magnitud variable. Se presenta el valor promedio.

Ilustración XXVI (Almanaque-estrellas) [32].

16. RECTA DE ALTURA:

Para que desde tres posiciones diferentes se pueda tomar la misma altura de un astro, es necesario que esas tres posiciones disten lo mismo con respecto al pie del astro en el horizonte. La única figura geométrica plana en la que todos sus puntos distan lo mismo con respecto a un punto es un círculo.

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

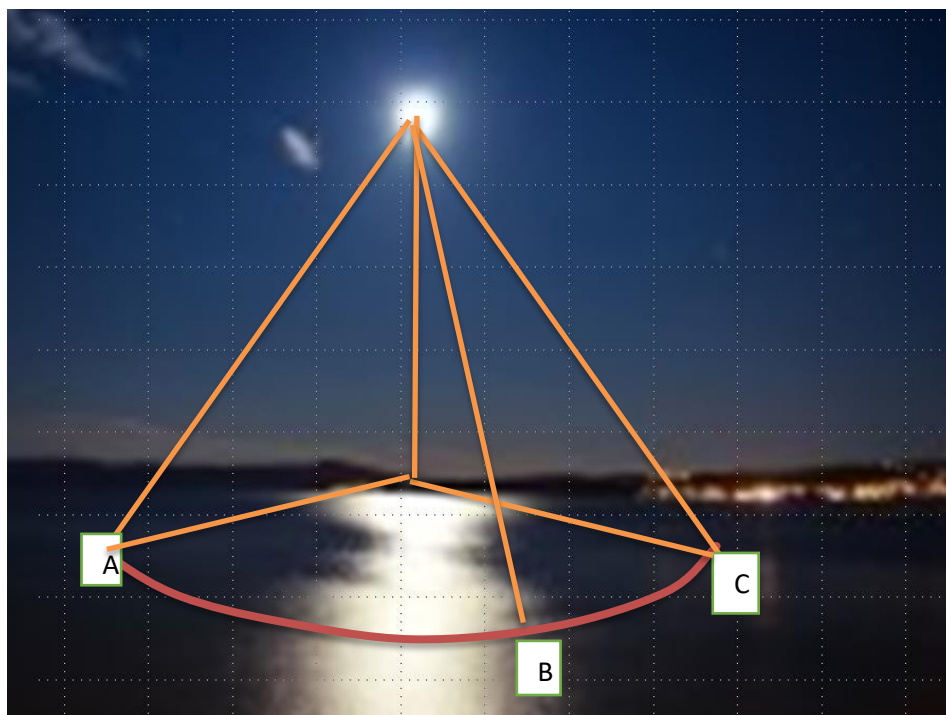


Ilustración XXVII (Recta de altura) [33].

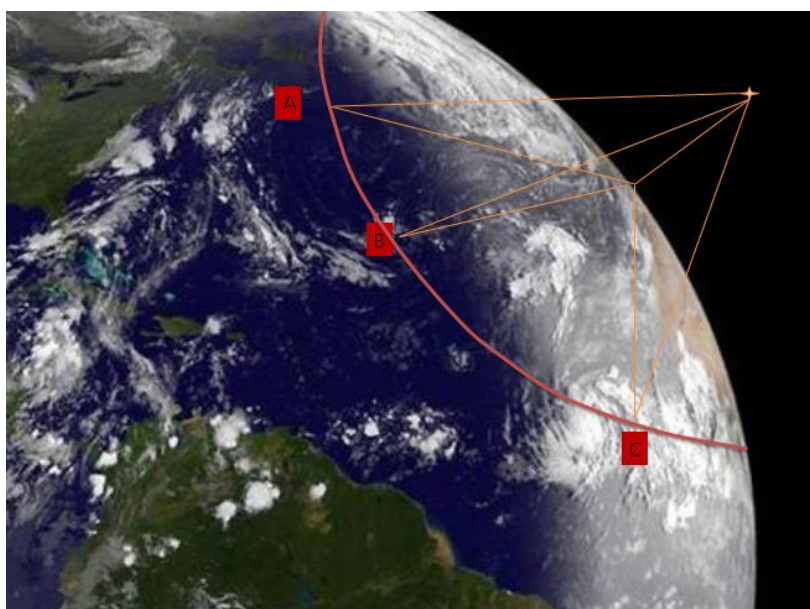


Ilustración XXVIII (Recta de altura) [34].

En esta imagen, tres barcos situados en diferentes puntos del Atlántico Norte, observan la misma altura de una estrella. El observador sabe que se encuentra en algún sitio de este círculo, por lo que para situarse se lo llevará a la carta. Como se ve, el círculo

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

abarca casi todo el Atlántico. Con una estima moderadamente bien hecha, el observador sabrá aproximadamente donde se encuentra, por lo que solo le hará falta llevar a la carta un pequeño segmento de este círculo. Un segmento infinitesimalmente pequeño de un círculo se representa como una recta. Este es el concepto de recta de altura



Ilustración XXIX (Recta de altura) [35].

- Se toman dos alturas de dos astros.
- Se trazan las rectas de altura (los círculos).
- Con tres alturas bien tomadas, la certeza de la situación es óptima.
- En su intersección se lee la posición del observador.

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

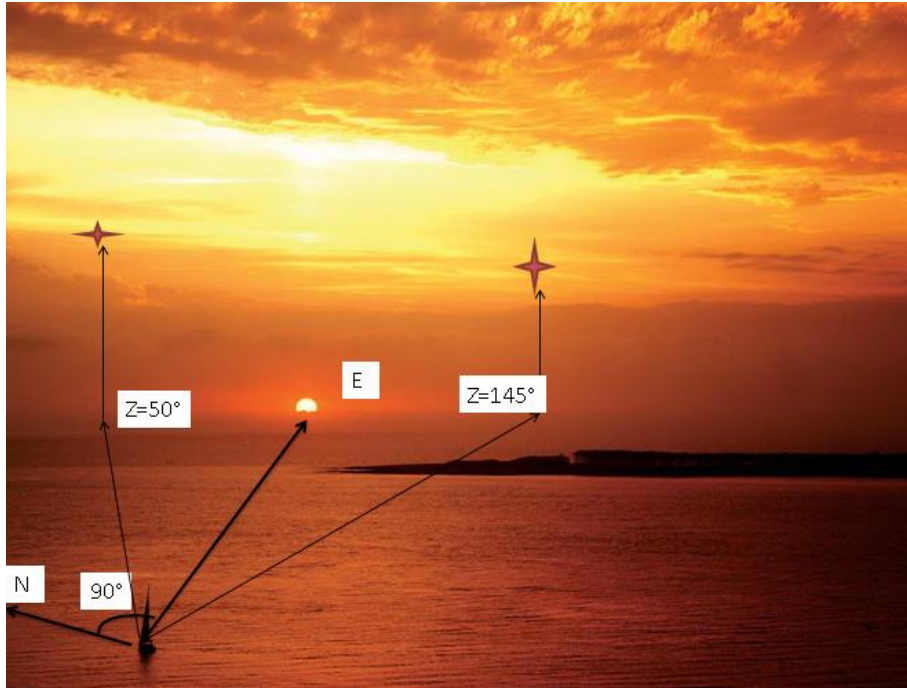


Ilustración XXX (Recta de altura) [36].

Al mismo tiempo hay que tomar nota de sus Azimuts, que también son necesarios para luego poder situarse en la carta. En este amanecer en Punta del Este, imaginar que el Sol sale hoy exactamente por el Este. Se puede trazar su azimut Z , aunque el crepúsculo haya acabado, imaginar que aún es posible distinguir dos planetas (Venus y Júpiter) y se procede a tomar sus alturas para luego poder trazar sus rectas de altura y en su intersección ubicarse.



Ilustración XXXI (Recta de altura) [37].

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

- Se trazan los Azimut.
- Se miden las alturas y se trazan las rectas de altura. AÚN CÍRCULOS.
- Se llevan los Círculos a su expresión infinitesimal, es decir a rectas, que serán PERPENDICULARES al Azimut.
- La intersección es la situación.



Ilustración XXXII (Recta de altura) [38].

Una vez tomados el azimut y altura del astro, se observa la diferencia de altura y se la anota sobre la dirección del azimut el Punto Aproximado. Ahora se supone que el barco está en algún lugar de la nueva recta de altura. En principio, se supone por estima, que se está a esta distancia del pie del astro. Por lo que la posición estará en algún sitio de esta recta de altura. Repitiendo este procedimiento con el mismo astro al cabo de un intervalo de tiempo o tomado lectura de otro astro, se puede, al intersectar las rectas de altura obtener la posición definitiva.

16.1. Procedimiento a llevar a cabo:

Partiendo de una situación estimada se ha visto cómo es posible, sabiendo la latitud estimada, la declinación y el ángulo en el Polo, obtener una altura estimada:

$$ae = \text{sen-1} (\text{send} \cdot \text{senl} + \text{cosd} \cdot \text{cosl} \cdot \text{cosP})$$

De la observación directa, haciendo las correcciones pertinentes se obtiene la altura verdadera siendo la diferencia de altura:

$$\Delta a = av - ae$$

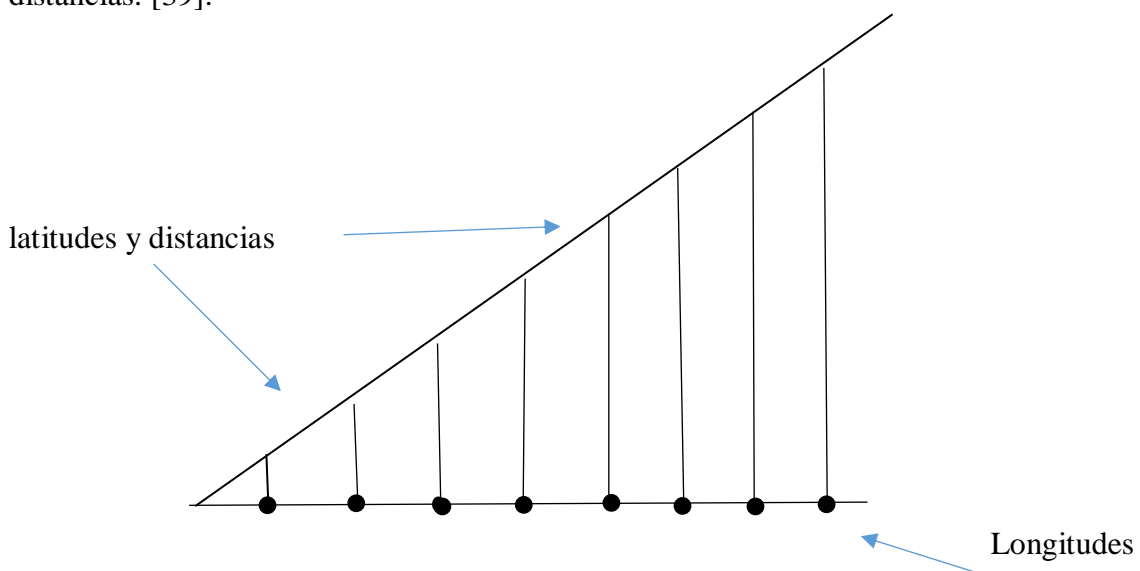
- Teniendo la certeza de que el compás da lecturas verdaderas, el Azimut de un astro leído con él, será inequívoco.

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

- Se traza sobre la carta la situación de estima
- Se traza el azimut a partir de ella.
- Se calculan la altura verdadera y la estimada y se obtiene la diferencia de altura.
- Se traza desde la situación de estima en el sentido del azimut el valor de Δa si este éste es positivo, de lo contrario en el sentido opuesto.
- De esa forma se obtiene el Punto Aproximado o Determinante.
- Sobre él y perpendicular a la dirección del Azimut se traza la recta de altura
- Se repite el procedimiento para los astros que se hayan medido y la intersección de las rectas de altura da la situación verdadera.

Representación gráfica:

En primer lugar, se traza una recta horizontal y sobre ella se elige la escala adecuada que será representada por el valor de cada intervalo. Acto seguido, se dibuja la recta donde luego se medirá la latitud y las distancias determinada por el ángulo de la latitud estimada. Por último, desde los intervalos en la recta de longitud se proyectan los puntos, en su intersección con la otra recta se formaran los segmentos que representan latitudes y distancias. [39].



17. SITUACIÓN POR TRES RECTAS DE ALTURA:

El 7 de Octubre de 1967 (am) en $le = 62^{\circ} 25,0' N$ y $Le = 11^{\circ} 05,0' W$.

- Hcro = 08 03 17.

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

- Ai^* Aldebaran = $41^\circ 39,5'$.
- $Ra = 308^\circ$.
- $Vmaq = 12'$.
- $\Delta = 2^\circ,0 +$.
- $dm = 16^\circ NW$

Hcro = 08 09 20,5 ----- ai * Pollux = $52^\circ 24,0'$

Hcro = 08 15 23,5 ----- ai + Dubhe = $58^\circ 13,8'$

- EA a 00h TU (7) = 09h 41m 52s.
- $mt_o = 6^5 -$.
- $ci = 2,0 +$.
- $lo = 12 mts.$
- $le = 62^\circ 25,0' N$.
- $Le = 11^\circ 05,0' W$.

ALDEBARAN	POLLUX
Hcro = 08 03 17	08 09 20,5
EA = 09 41 52	09 41 52,0
TUp = 17 45 09	
TUp = 05 45 09	05 51 12,5
ppm = 1,5-	1,5-
TU = 05 45 07,5	05 51 11,0
hyGp = 90 09,5	90 09,5
... = 11 18,8	12 49,9
hyG = 101 28,3	102 59,4
L = 11 05,0 + (-)	11 05,0
hyL = 90 23,3	91 54,4
AS = 291 28,9	244 09,9
h*L = 21 52,2	336 04,3
Pw = 21 52,2	Pe = 23 55,7
d* = 16 26,9 +	d* = 28 06,4
le = 62 25,0 N	le = 62 25,0 N

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

$ae = 41 \ 32,0$
 $ai = 41 \ 39,5$
 $ci = 2,0 +$
 $ao = 41 \ 41,5$
 $c \times o = 6,2 -$
 $aa^* = 41 \ 35,3$
 $c \times R = 1,2 -$
 $av = 41 \ 34,1$
 $ae = 41 \ 32,0$
 $\Delta a = 2,1 +$
 $P' = 0,79 +$
 $P'' = 4,77 -$
 $P = 3,98 -$
 $Z = S \ 28,5 \ W$

$ae = 52 \ 24,0$
 $52 \ 24,0$
 $2,0 +$
 $52 \ 26,0$
 $6,2 -$
 $52 \ 19,8$
 $0,8 -$
 $52 \ 19,0$
 $52 \ 16,0$
 $\Delta a = 3,0 +$
 $P' = 1,32 +$
 $P'' = 4,31 -$
 $P = 2,99 -$
 $Z = S \ 35 \ E$

DUBHE

$H_{cro} = 08 \ 15 \ 23,5$
 $EA = 09 \ 41 \ 52,0$
 $TU_p =$
 $TU_p = 05 \ 57 \ 15,5$
 $P_{pm}: 1,5 -$
 $TU = 05 \ 57 \ 14,0$
 $h\gamma_{Gp} = 90 \ 09,5$
 $\dots = 14 \ 20,7$
 $h\gamma_G = 104 \ 30,4$
 $L = 11 \ 05,0$
 $h\gamma_L = 93 \ 25,4$
 $AS = 194 \ 34,1$
 $h^*L = 287 \ 59,9$
 $PE = 72 \ 00,5$

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

$$d^* = 61 \quad 55,5$$

$$le = 62 \quad 25,0 \text{ W}$$

$$\underline{ae = 58 \quad 08,5}$$

$$ai = 58 \quad 13,8$$

$$ci = 2,0 +$$

$$ao = 58 \quad 15,8$$

$$c \times o = 6,2 -$$

$$aa^* = 58 \quad 09,6$$

$$c \times R = 0,6-$$

$$av = 58 \quad 09,0$$

$$ae = 58 \quad 08,5$$

$$\Delta a = 0,5 +$$

$$P' = 1,97 +$$

$$P'' = 0,63 -$$

$$P = 1,34 +$$

$$\underline{Z = N \quad 58 \quad E}$$

Distancias navegadas:

$$\text{Entre Aldebaran y Pollux} = 6^{\circ} \times 16 = 1,2'$$

$$\text{Entre Pollux y Dubhe} = 6^{\circ} \times 16 = 1,2'$$

17.1. Representación Gráfica:

- En Primer lugar, dibujamos una recta horizontal (Longitud) la cual la dividiremos según el número de estrellas.
- Hacemos centro en el punto 0 y representamos una recta (latitud) dándole la inclinación permanente al azimut de la primera estrella observada.
- Trazamos unas paralelas en todos los puntos de la recta horizontal cortando la recta de la latitud. Una vez hecho este paso ya tendríamos nuestra escala de valores.

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

- Marcamos en nuestra carta o papel milimetrado, un punto aleatorio que será nuestra situación estimada.
- Acto seguido, representamos los azimut de los tres astros haciendo centro en nuestra situación estimada.
- Una vez representado los tres azimut, con la ayuda de un compás, iremos a la recta de la latitud de nuestra escala y cogeremos las medidas halladas en la diferencia de altura de cada estrella (Δa). hacemos centro en nuestra situación estimada y cortamos el azimut de la estrella correspondiente a esa diferencia de altura, hacemos una perpendicular y la prolongamos lo suficiente. Este paso se realiza con cada astro.
- Al prolongar esas perpendiculares, vemos como se nos representa un triángulo de posición. Hacemos centro, con el compás, en cada uno de los vértices de dicho triángulo y con la medida que queramos, hacemos una serie de bisectrices cortándose una con otra en relación a cada vértice.
- Una vez que ya tenemos representado, esos tres puntos de cortes de las bisectrices, unimos ese punto con el vértice opuesto del triángulo.
- Cuando unimos esos tres cortes con los vértices, nos va a dar un punto en concreto, es nuestra situación.
- Prolongamos la l y L de nuestra situación estimada. Haciendo centro en la situación final, vemos la distancia que tenemos con respecto a la latitud y Longitud de nuestra situación inicial estimada. Para saber que distancia tenemos, hacemos centro en nuestra escala, en la recta de la latitud, y vemos que valor nos da cortando la recta. Si nuestra situación final se encuentra por debajo de la situación estimada, esas dos distancias que hemos hallado con respecto a la prolongación de la l y L de la situación inicial, serán negativas, en cambio sí se encuentran por encima, serán positivas.
- Por último:

$$l_e = 62^\circ 25' \text{ N.}$$

$$\Delta l = -2,5 \text{ (distancia hallada en el punto anterior).}$$

$$l_o = 62^\circ 22,5' \text{ N}$$

$$L_e = 011^\circ 0,5' \text{ W}$$

$$\Delta L = -4,2 \text{ (distancia hallada en el punto anterior)}$$

$$L_o = 010^\circ 56,3' \text{ W}$$

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

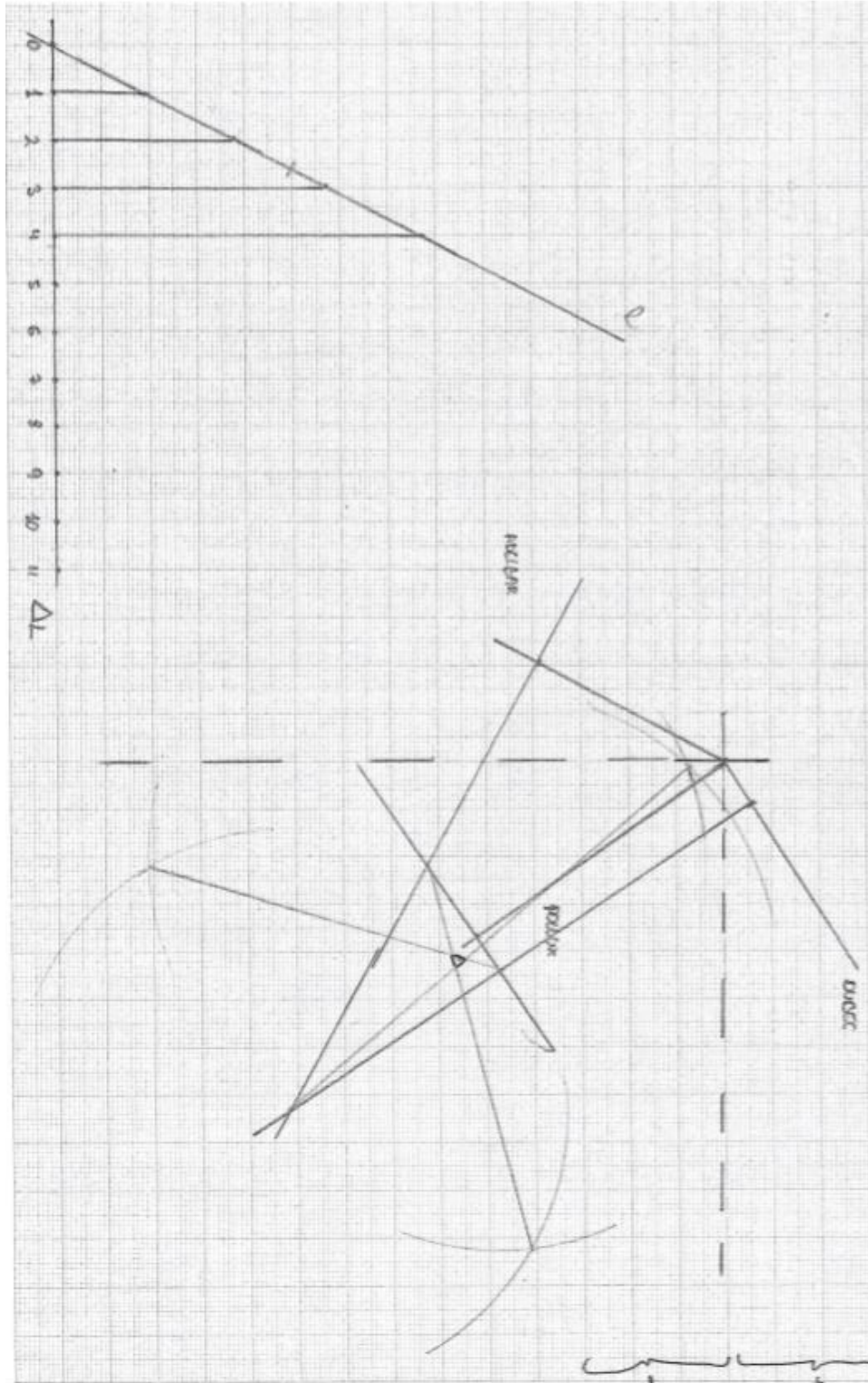


Ilustración XXXIII (Representación de una situación de 3 rectas de altura) [40].

18. SITUACIÓN POR CUATRO RECTAS DE ALTURA.

- **18.1. Ventajas de esta situación:**

Si hemos observado tres astros simultáneamente o casi y hallado la situación del buque trabajando con bisectrices, el punto obtenido no nos permitirá conocer si se ha cometido un error en el cálculo o en el gráfico, particularmente en el caso de que dicha situación caiga cerca de la estima, lo cual hará que tengamos más confianza en la misma.

Si obtenemos cuatro rectas de altura simultáneas o casi, cuyo azimutes difieran en 90° , el punto donde se cortan las bisectrices óptimas recibe a su vez el nombre de punto óptimo, por ser este último la situación de más confianza que se puede conseguir con observaciones astronómicas. Esta situación o punto óptimo queda perfectamente determinado por ser perpendiculares entre sí las bisectrices óptimas, siendo además mínimo el error en la situación debido a los errores accidentales por la misma razón, al igual que ocurre con la situación por dos rectas de altura. Por otra parte, el error en la bisectriz óptima es igual a la semidiferencia algebraica de los errores accidentales, es decir, el mínimo error que se puede cometer en las bisectrices para unos determinados valores de dichos errores accidentales.

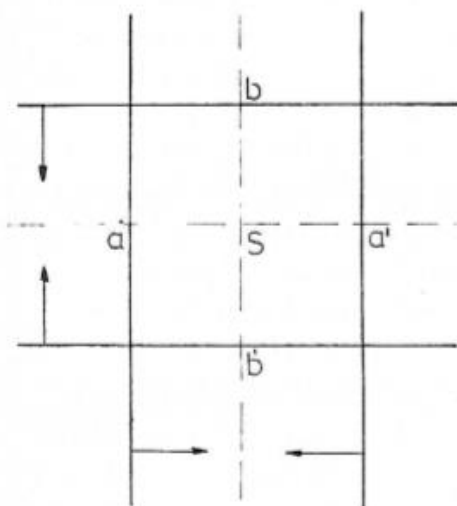


Ilustración XXXIV (fig.1) [41]

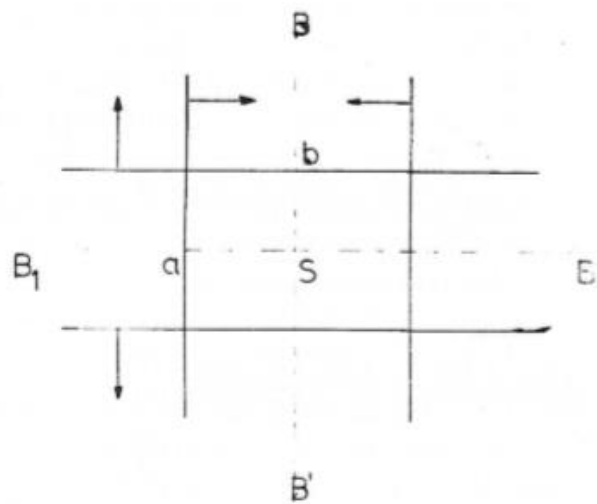


Ilustración XXXV (fig.2.) [42].

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

Con dicho punto óptimo se puede hallar el error sistemático y accidental medio, permitiéndonos controlar los posibles errores en el cálculo o en la gráfica. En efecto, si no existieran errores accidentales las distancias S_a y S_b (o bien S_a' y S_b') desde la situación a una u otra de cada par de rectas de altura fig. 1 que son los errores sistemáticos, serán iguales y del mismo signo. En el caso de la fig. 1 se aprecia que estos errores han originado que las rectas de altura se alejaran de los astros respectivos, o sea, la situación se encuentra hacia el astro para las cuatro rectas (o hacia las direcciones de los azimutes que es lo mismo). Si dichos errores originarán que las rectas de altura se acerquen a los astros respectivos, las cuatro direcciones de los azimutes estarían dibujadas en sentido contrario. En el primer caso les daremos a las mencionadas distancias el signo menos y en el segundo el signo más.

En la fig. 2 podemos apreciar que las distancias S_s y S_b no son iguales y que para un par de rectas de altura la situación está hacia el astro y para el otro par en la parte opuesta. Cualquiera de estas dos circunstancias nos indica que, al no ser iguales o ser de distinto signo las distancias S_a y S_b , existen errores accidentales. Para el punto óptimo o en circunstancias parecidas, se puede considerar que la semisuma algebraica de las mencionadas distancias es igual al error sistemático y la diferencia algebraica al error accidental medio, teniendo en cuenta los signos que hemos establecido anteriormente. Después de haber obtenido una serie de situaciones con bisectrices óptimas o en condiciones parecidas, el observador puede tener una idea de su error accidental medio (que para un buen observador provisto de un buen sextante ha de ser inferior a una milla), con lo cual podrá darse cuenta cuando existan errores anormales den la situación.

Con cuatro rectas de altura cuyas diferencias de azimutes no sean inferiores a 45° , se puede conseguir una situación bien determinada y que además nos permita verificar que no se ha cometido errores en el cálculo o en la gráfica, admitiéndose como límite inferior que dicha diferencia de azimutes sea de 30° , con lo cual entre cada par de rectas esta diferencia sería de 60° .

En este caso, que se refiere exclusivamente a cuatro observaciones simultáneas, que puedan considerarse como tales o en las cuales los intervalos de traslado sean pequeños, dichas observaciones deberán ser realizadas por la misma persona y con el mismo sextante, para evitar errores accidentales.

Cuando estén dibujadas las rectas de altura y tengamos representadas las direcciones de los azimutes, trazaremos las bisectrices entre las rectas cuyas diferencias de azimutes es la más cerca de 180° . Teniendo en cuenta esto último, se procedería de la misma forma hallando las direcciones de las dos bisectrices. En la fig. 3 está representada la forma de trazar dichas bisectrices.

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

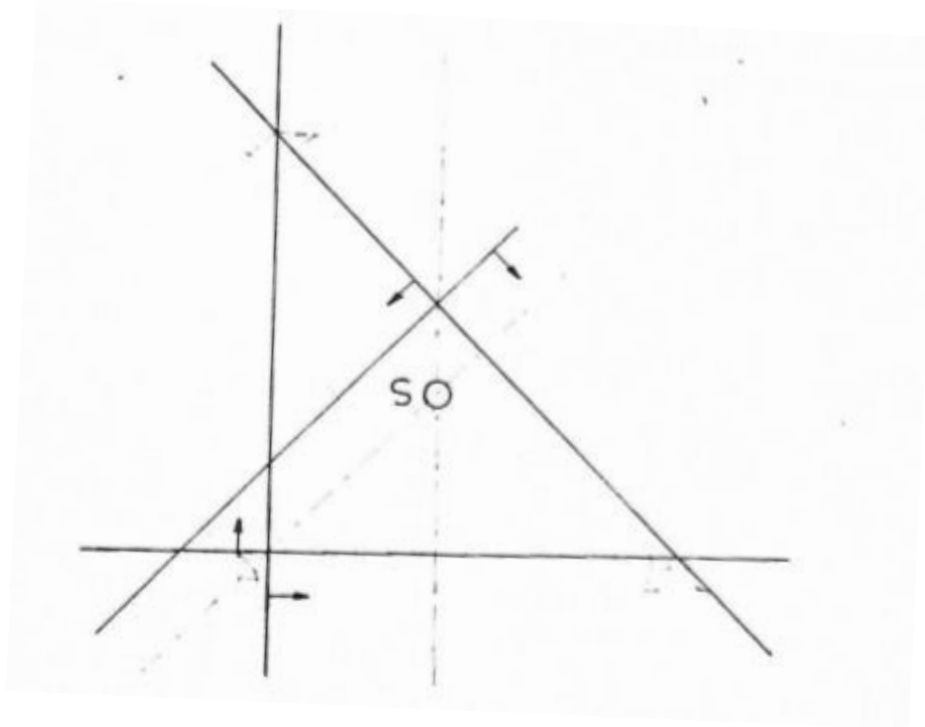


Ilustración XXXVI (fig.3) [43].

Después de todo lo expuesto, son evidentes las ventajas de hallar la situación con cuatro rectas de altura simultáneas, particularmente cuando las diferencias de azimutes son de 90° , es decir, al obtenerse el punto óptimo.

- Ejemplo:

El día 10 de Agosto de 1970, hallándose en situación estimada $l = 14^\circ 00,0' S$ y $L = 08^\circ 00,0' W$, se observaron simultáneamente las estrellas Altair, Shaula, Rigil Kent y Spica, obteniéndose los resultados siguientes:

Altair	Shaula	Rigil K.	Spica
$\Delta a = 5' -$	$\Delta a = 6' +$	$\Delta a = 3' +$	$\Delta a = 4' +$
$Ze = 072^\circ$	$Ze = 142^\circ$	$Ze = 193^\circ$	$Ze = 270^\circ$

Se pide:

- 1) Hallar la situación por bisectrices.
- 2) Determinar el error sistemático y el error accidental.

18.2. Representación gráfica:

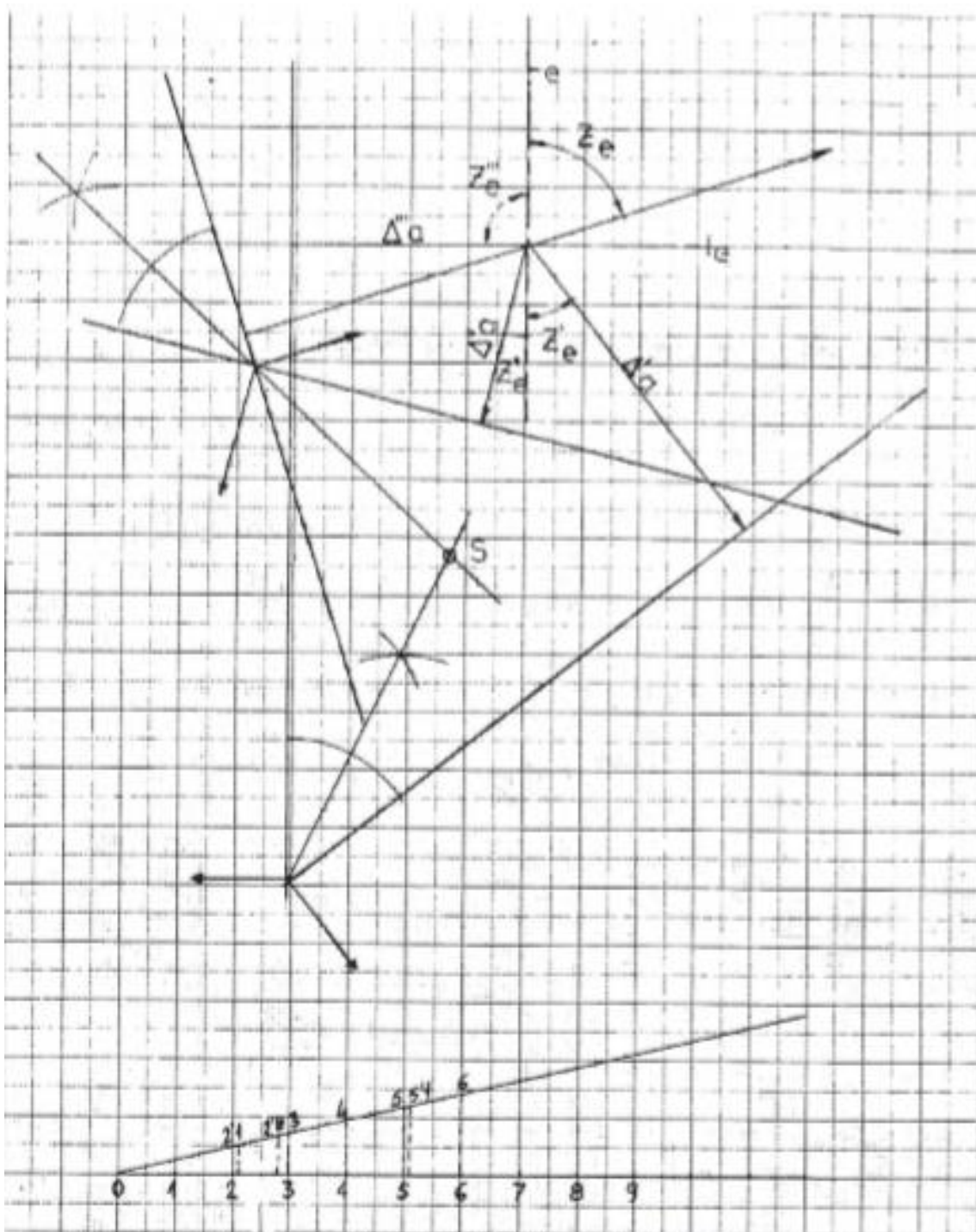


Ilustración XXXVII (Gráfica 4 rectas de altura). [44].

- Situación por bisectrices:

$$l_e = 14^{\circ} 00,0' \text{ S}$$

$$L_e = 08^{\circ} 00,0 \text{ W}$$

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

$$l = 5,1 \text{ S}$$

$$L = 1,4 \text{ W}$$

$$l = 14^\circ 05,1 \text{ S}$$

$$L = 08^\circ 01,4 \text{ W}$$

- Error sistemático = $\frac{2,8-2,1}{2} = 0,35 +$

- Error accidental medio = $2,8 - (-2,1) = 4,9 +$

[45].

19. CONCLUSIÓN

- 1- En primer lugar, se ha tratado los elementos necesarios para poder realizar una adecuada observación. Para ello, hemos aplicado los conocimientos necesarios para poder emplear un almanaque náutico: saber los números de datos que nos proporciona y como hallar los que necesitaremos a la hora de hacer nuestro cálculo. No solo hemos visto elementos como el citado anteriormente, también se ha tratado el sextante, explicando cada una de sus partes, como obtendríamos una buena lectura y como aplicaremos la corrección de índice respecto a las dos alternativas que se exponen. Se puede concluir que debemos tener unos conocimientos previos en el momento de emplear estos dos elementos citados; puesto que, es fundamental a la hora de llegar a nuestro cometido.
- 2- En segundo lugar, este trabajo se ha seguido desarrollando, adentrándose en los conocimientos necesarios y claves de la esfera celeste. En este apartado se expone lo relacionado con la bóveda celeste y que elementos tenemos que tener claro y situar, a la hora de comprender el siguiente tema. Para ello se cita el triángulo de posición, fundamental en el momento de la situación, y un breve análisis del cálculo a seguir, entre otros.
- 3- En tercer lugar, se trata una serie de elementos importantes para saber en qué momento del día debemos realizar la observación. Estos son los husos horarios y la hora legal, destacando las fórmulas para poder hallar la hora civil del lugar y el crepúsculo. Acto seguido, se ha explicado cómo hacer una corrección de altura, que posteriormente, la hemos necesitado en el cálculo, y es clave a la hora de representar la gráfica, al igual que el azimut, donde se expone como hallarlo basándose en una fórmula y como interpretar sus rumbos. A la hora de poder reconocer una estrella, se ha sacado en conclusión que es necesario obtener el ángulo sidéreo, como paso previo a emplear la tabla correspondiente a las estrellas en el almanaque, y saber de cual se trata.
- 4- Hemos estudiado los datos necesarios para representar las situaciones por tres y cuatro rectas de altura. Hemos visto los dos casos, y que ventajas hay de emplear uno de otro. Se ha expuesto los errores típicos que podemos llegar a cometer y como corregirlos. Finalmente, la situación por cuatro rectas de altura ha demostrado que es más efectiva, al darnos una posición final ya que al emplear un astro más, nos da un corte de bisectrices distinto al anterior, donde el punto óptimo tiene un error mínimo en la situación; hecho que no ocurre con la situación de tres rectas de altura donde el error es más significativo. Por este motivo, la situación de cuatro rectas de altura es más eficaz que la situación anterior.

20. CONCLUSION:

- 1- In the first place, the necessary elements have been treated to be able to make an adequate observation. For this, we have applied the necessary knowledge to be able to use a nautical almanac: to know the numbers of data that it provides us and how to find the ones that we will need when making our calculation. We have not only seen elements such as the one mentioned above, the sextant has also been treated, explaining each of its parts, how we would get a good reading and how we will apply the index correction with respect to the two alternatives that are exposed. It can be concluded that we must have previous knowledge at the time of using these two elements; since, it is fundamental at the time of arriving at our assignment.
- 2- Second, this work has continued to unfold, entering into the necessary knowledge and keys of the celestial sphere. In this section we expose what is related to the celestial vault and what elements we have to have clear and situate, when it comes to understanding the next topic. To do this, we cite the position triangle, which is fundamental at the time of the situation, and a brief analysis of the calculation to be followed, among others.
- 3- Third, it is a series of important elements to know at what time of the day we should make the observation. These are the time zones and the legal time, highlighting the formulas to be able to find the civil time of the place and the twilight. Then, we explained how to make a height correction, which later, we have needed in the calculation, and is key when it comes to representing the graph, like the azimuth, where it is exposed how to find it based on a formula and how to interpret its bearings. When it is time to recognize a star, it has been concluded that it is necessary to obtain the sidereal angle, as a previous step to use the table corresponding to the stars in the calendar, and know which one it is.
- 4- We have studied the necessary data to represent the situations by three and four lines of height. We have seen both cases, and what advantages there are of employing one another. It has exposed the typical errors that we can get to commit and how to correct them. Finally, the situation by four lines of height has shown that it is more effective, by giving us a final position since using a star more, gives us a cut of bisectors different from the previous one, where the optimal point has a minimum error in the situation; fact that it does not happen with the situation of three lines of height where the error is more significant. For this reason, the situation of four straight lines is more effective than the previous situation.

21. BIBLIOGRAFÍA

- [1] <https://tecnologia-informatica.com/que-es-gps-como-funciona-aplicaciones/>, (Consultado Enero, 2019).
- [2] <https://publicaciones.defensa.gob.es/almanaque-nautico-2018-20021.html>, (Imagen extraída en Febrero, 2019).
- [3] <https://www.lagaceta.com.ar/nota/295812/informacion-general/meridiano-greenwich-referencia-usada-para-calculas-diferencias-horarias.html>, (Consultado Febrero, 2019).
- [4] <https://foro.latabernadelpuerto.com/showthread.php?t=133773> (Imagen extraída en Febrero, 2019).
- [5] <http://misistemasolar.com/planetas-y-sus-simbolos/> (Consultado en Febrero, 2019).
- [6] Real Instituto y Observatorio de La Armada en San Fernando, Almanaque Náutico 2018 con suplemento para la navegación aérea, Vol. CCXXVII. Ministerio de Defensa. (pp.10- 16.)
- [7] <http://www.gisiberica.com/Sextantes/Sextante-TAMAYA-MS833-SX051.html> (Imagen extraída en Febrero, 2019).
- [8] <http://www.masmar.net/esl/Apuntes-N%C3%A1uticos/Astronom%C3%ADa-N%C3%A1utica/El-Sextante> (Imagen extraída, Febrero, 2019).
- [9] <https://www.darrera.com/wp/es/producto/026-sexante-mark-15/> (Imagen extraída, Febrero, 2019).
- [10] <http://singladurasnauticas.yolasite.com/sextante.php> (Imagen extraída, Febrero, 2019).
- [11] Información consultada desde la página 16 hasta la página 21. Manual de navegación, 6ª edición, C. de N. Martínez Jiménez, Exprofesor de Navegación de la E.N.M. (pp.16-21)
- [12] https://www.google.es/search?q=vision+de+un+sextante&hl=es&gl=es&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi7m-eW7ODgAhWQtp4KHTF5AsAQ_AUIDigB#imgrc=r84dbi0EdMrqbM: (Imagen extraída, Febrero, 2019).
- [13] http://www.publicacions.ub.edu/liberweb/astrologia_esferica/material/version_html/Tomo_1/1_1.htm (Imagen extraída, Febrero, 2019).
- [14] <http://astrogea.org/coordenada/ficha1.htm> (Imagen extraída, Febrero, 2019).

Situación por tres y cuatro rectas de altura.

[15-21] <https://www.youtube.com/watch?v=0Is17HCFsCU> (Imágenes extraídas, Febrero, 2019).

[22] <https://www.youtube.com/watch?v=0Is17HCFsCU> (Información consultada desde la página 22 hasta la página 27).

[23] https://www.youtube.com/watch?v=N3_tPh54gw&t=1356s (Imágenes extraídas, Febrero, 2019).

[24] https://www.youtube.com/watch?v=N3_tPh54gw&t=1356s Información consultada desde la página 27 hasta la página 28.

[25 -38] Imágenes extraídas (PowerPoint Navegación Astronómica). Información proporcionada por el profesor de la EPSI de la ULL, D. Antonio Ceferino Bermejo Díaz.

[39] (PowerPoint Navegación Astronómica) Proporcionada por el profesor de la EPSI de la ULL, D. Antonio Ceferino Bermejo Díaz. (pp. 28-46)

[40] Gráfica realizada por el autor.

[41-44] Imágenes extraídas, Girona Ballester, R: Apuntes Navegación Astronómica. Escuela Oficial de Náutica S.C. de Tenerife.

[45] Girona Ballester, R: Apuntes Navegación Astronómica. Escuela Oficial de Náutica S.C. de Tenerife. (pp.52-56)

https://www.youtube.com/watch?v=N3_tPh54gw&t=1356s