

- 3.- **Alidada o brazo índice (D):** Gira alrededor del pivote que es el centro de curvatura del limbo y cuyo extremo libre se desliza circularmente sobre este. El extremo inferior de la alidada lleva grabado un "índice" para indicar el punto de lectura de los grados.
- 4.- **Tornillo tangencial (E):** Montado en el extremo inferior de la alidada y en forma perpendicular a ella, es donde engranan los dientes del limbo. El observador puede desplazar la alidada por el arco graduado haciendo girar el tornillo tangencial, al que también se le llama "tornillo tangencial sin fin".
- 5.- **El sistema de trinca-destrinca (F):** Accionado por un muelle, mantiene al tornillo tangencial apretado contra el sistema dentado del limbo. El observador puede liberar el tornillo tangencial y desplazar en forma rápida la alidada a lo largo del limbo para efectuar un ajuste mayor.
- 6.- **Tambor micrométrico (G):** Montado en el extremo del tornillo tangencial va graduado en minutos de altura. Una vuelta completa del tambor desplaza a la alidada un grado a lo largo del arco sobre el limbo.
- 7.- **Vernier (H):** Ubicado contiguo al tambor micrométrico y hecho firme en la alidada es usado para las lecturas de fracciones de minuto. El vernier de la figura 13.3 está graduado en diez partes, permitiendo lecturas de $1/10$ de minuto de arco ($0,1'$). Algunos sextantes tienen vernier graduados solamente en cinco partes, permitiendo lecturas de hasta $0,2'$.
- 8.- **Espejo grande, giratorio o espejo índice (I):** Va montado sobre la alidada en un plano perpendicular al del instrumento y cuyo centro coincide exactamente con el pivote de la alidada.
- 9.- **Espejo chico, fijo o espejo del horizonte (J):** Va montado en el cuerpo del sextante de tal manera que su plano sea perpendicular al limbo y paralelo al espejo grande, cuando la alidada indica lectura cero.
- 10.- La mitad del espejo que queda más cerca al cuerpo del sextante, está azogada como un espejo cualquiera y la otra mitad es un cristal transparente.
11. **Modificadores (K):** Son vidrios oscuros de distintas intensidades que están montados en el cuerpo del sextante, delante del espejo índice y del horizonte. Estos se giran actuando sobre la línea de mira, según se requiera reducir la intensidad de luz en el ojo del observador.
12. **Anteojo (L):** Está atornillado en un anillo ajustable, en línea con el espejo horizonte y paralelo al plano del instrumento. Los sextantes modernos están provistos generalmente de un solo anteojo, ya sea el anteojo tipo recto como el de la figura o un anteojo corto en longitud, de forma troncocónica con un ocular grande de gran campo visual.
13. **Manilla (M):** Puede ser de madera o plástico, que sirve para sostenerlo con la mano derecha. En su interior algunas llevan pilas para una pequeña luz en la alidada que facilita las lecturas de noche.

B.- PRINCIPIOS ÓPTICOS DEL SEXTANTE

1.- Teoría del sextante

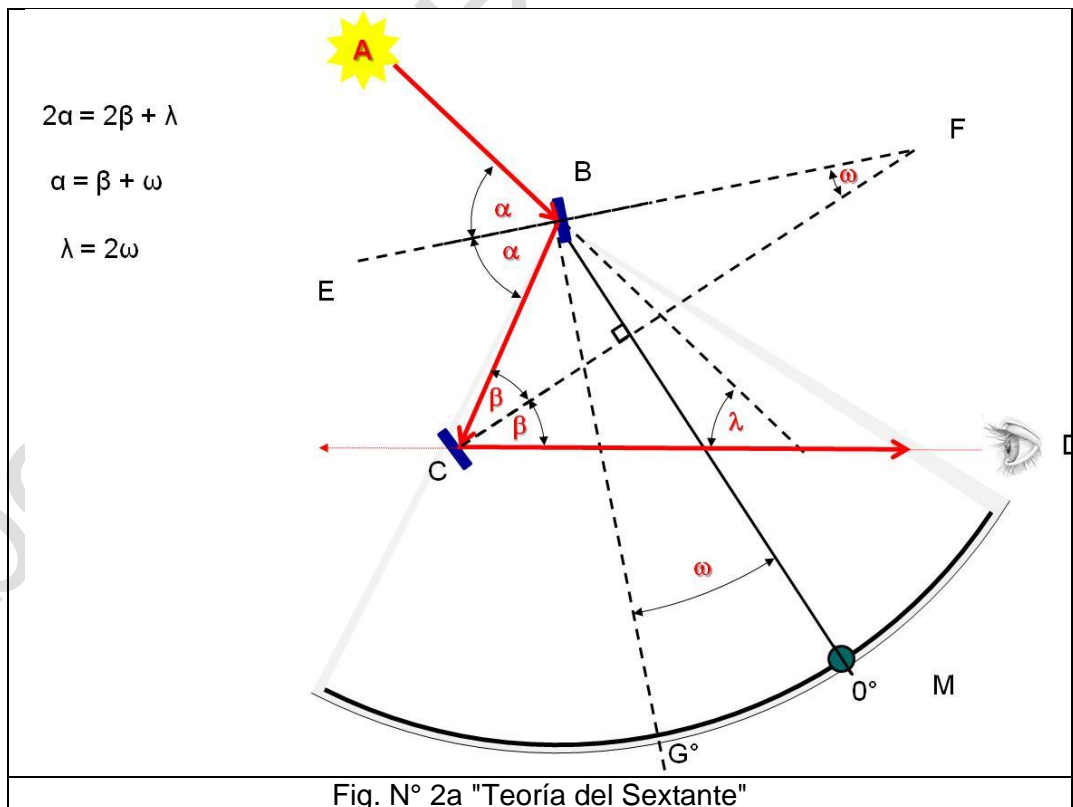
La teoría del sextante está basada en las dos leyes de la reflexión de la luz:

- El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.
- El ángulo incidente y reflejado están en el mismo plano, el cual es normal a la superficie reflectora.

Tomando como base estas leyes se demuestra el principio óptico del sextante que dice:

“Si un rayo de luz sufre dos reflexiones en el mismo plano, el ángulo que forma la primera y última dirección es igual al doble del ángulo agudo formado por las superficies de los espejos”.

En el sextante, el plano en el cual se producen las dos reflexiones (Figura N° 2a y b), es paralelo al plano del sector circular o plano del limbo.



El rayo que proviene del astro (A) llega a B (espejo grande) y se refleja formando con la normal (BE) un ángulo alfa (α) de incidencia igual al ángulo de reflexión; este rayo llega a la parte azogada del espejo chico (C) y se refleja formando con la normal (CF) un ángulo (β) de incidencia igual al ángulo de reflexión, por lo cual, después de esta reflexión, sigue la dirección (CD). En resumen, ha sufrido dos reflexiones en el mismo plano.

En el triángulo BDC, resulta: $2\alpha = 2\beta + \lambda$ (El ángulo exterior de un triángulo es igual a la suma de los ángulos interiores no adyacentes)

En el triángulo BFC $\alpha = \beta + \omega$ (análogamente a lo anterior)

Multiplicando por 2 y restando de la anterior resulta:

$$\begin{array}{r} 2\alpha = 2\beta + \lambda \\ -2\alpha = -2\beta - 2\omega \\ \hline 0 = \lambda - 2\omega \end{array}$$

Luego $\lambda = 2\omega$ $\omega = \frac{\lambda}{2}$

El espejo chico (C) es paralelo al espejo grande (B), cuando la alidada marca 0° .

En la figura 2a y 2b el punto M representa la lectura 0° de la alidada.

Resulta que el ángulo ω es igual al ángulo MBG (por tener sus lados perpendiculares entre sí) y, por tanto, para conocer el ángulo (λ) basta medir el arco del limbo MG y multiplicarlo por 2.

Para evitar tal multiplicación, el limbo está graduado en el doble del valor del arco que representa. Esta es la razón por la cual en el limbo un arco de amplitud de 30° está impreso como 60° , obteniendo así directamente la altura (λ) al leer en el limbo la graduación correspondiente al extremo (G) de la alidada.

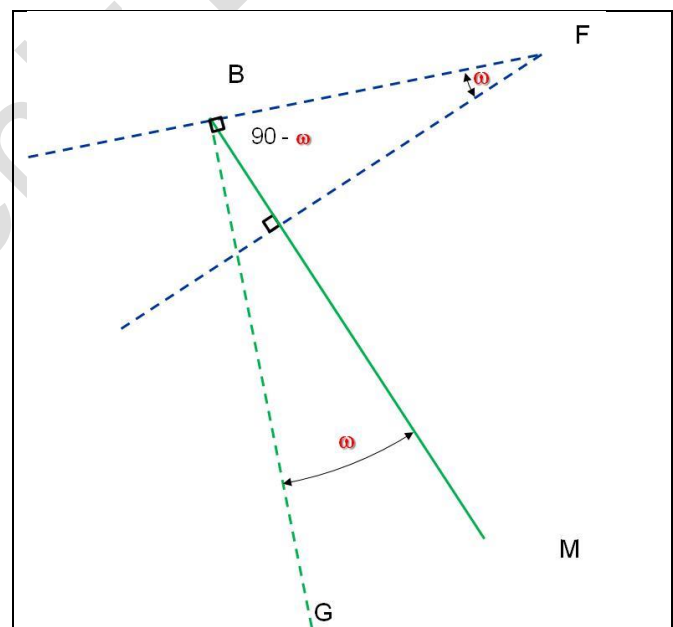


Fig. N° 2b "Teoría del sextante"

2.- Sextante de tambor micrométrico

El tambor de este sextante tiene graduadas 60 divisiones, una vuelta completa del tambor representa 1° , luego cada división del tambor representa $1'$. Fijo al extremo inferior de la alidada hay un vernier que tiene 10 graduaciones que cubren 9 divisiones del tambor. De aquí que cada una de estas divisiones represente $0,1'$ (Figura N° 3).

Lectura:

- Observar primero la posición del índice sobre el limbo, obteniendo la lectura de los grados.
- Para obtener los minutos y fracción los leerá en el tambor con vernier. El índice del tambor es el cero del vernier, luego para saber los minutos, bastará con leer los minutos completos que marca el índice.
- Para obtener las fracciones de minutos, se leerá el vernier, observando la división que esté más en línea con una graduación del tambor.

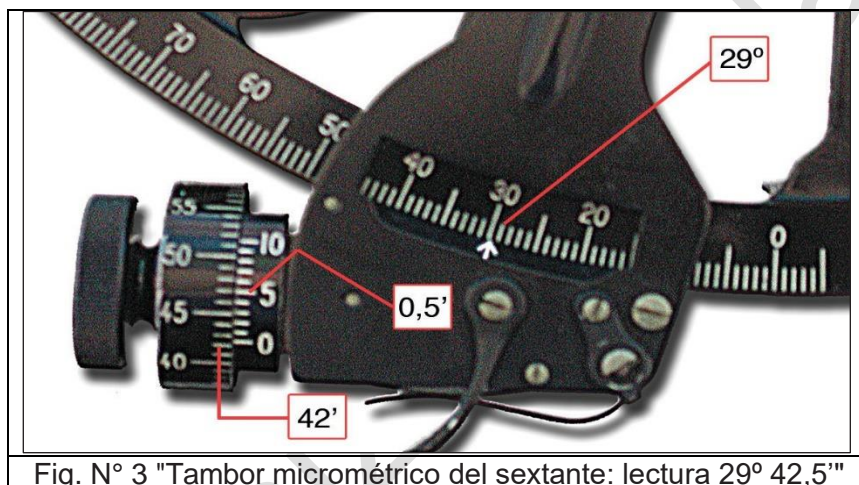


Fig. N° 3 "Tambor micrométrico del sextante: lectura 29° 42,5"

C.- Modo de observar la altura del Sol y de la Luna

1.- Observación del Sol

Antes de observar se ponen delante de los espejos del sextante los cristales de color (modificadores) necesarios para igualar el brillo del Sol y horizonte.

En la observación, lo primero que se debe hacer es bajar la imagen reflejada del Sol al horizonte, es decir, que mirando por el anteojo al horizonte veamos también la imagen del Sol. Esto podemos realizarlo de una de las siguientes formas:

- Se pone la alidada en cero, y miramos por el anteojo al Sol, con lo cual veremos dos imágenes del astro, la directa y la reflejada. Movemos la alidada lentamente por el limbo, girando al mismo tiempo el sextante (en su plano vertical) para no perder la imagen reflejada, hasta que el horizonte aparezca en la parte transparente del espejo chico u horizonte. Fijamos la alidada al limbo.
- Miramos por el anteojo al horizonte en su parte más brillante (que corresponderá con el vertical del astro) y movemos la alidada por el limbo hasta que aparezca el Sol en el campo del anteojo; si el sextante no materializa el vertical del astro, no veremos la imagen del astro, pero nos aparecerá un brillo mayor; moviendo el sextante a la derecha o izquierda veremos al Sol y fijamos la alidada al limbo.
- Si conocemos la altura aproximada del Sol, ponemos la alidada en esta altura; al mirar por el anteojo al horizonte en la dirección del astro, nos aparecerá el Sol cerca del horizonte.

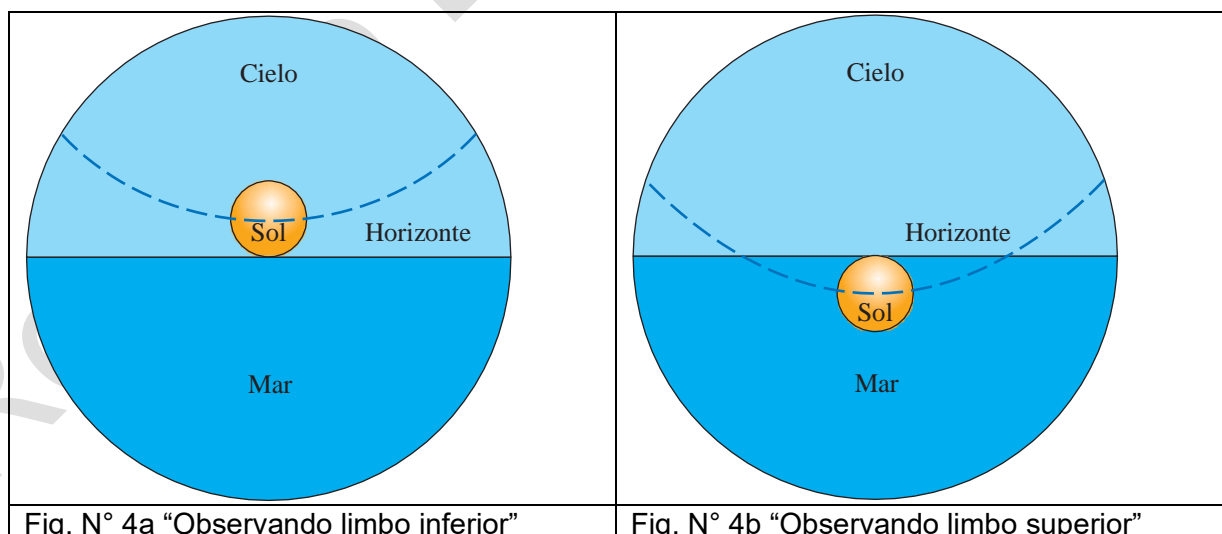
Una vez bajado el Sol al horizonte por cualquiera de los tres procedimientos anteriores, se efectúa la tangencia del Sol oscilando el sextante mediante un giro de la muñeca.

Con ello la imagen del astro describe un arco de circunferencia. El sextante está vertical cuando el Sol se encuentra en la parte inferior del arco. Esta es la posición correcta para efectuar la observación. La imagen reflejada del Sol aparece al centro del espejo chico o del horizonte; una mitad del Sol aparece en la parte azogada, y la otra mitad en la parte transparente. Mueva lentamente la alidada mediante el tambor graduado o el vernier hasta que el Sol parezca tocar ligeramente el horizonte con su limbo inferior. Anote la hora del cronómetro.

Algunos navegantes obtienen observaciones con mayor precisión, dejando que el astro llegue a tocar el horizonte mediante su propio movimiento, luego lo llevan ligeramente bajo el horizonte si el astro va aumentando su altura, o lo llevan ligeramente sobre el horizonte si el astro va disminuyendo su altura. En el instante en que el horizonte tangente al disco del Sol, el navegante registra la hora.

Las tablas de correcciones del almanaque náutico (A_3) de altura proveen las alternativas de medición sobre o abajo del horizonte, denominándolas respecto al limbo superior, cuando la medición es con el Sol sobre el horizonte y la coincidencia se hace con la parte baja del Sol, como el ejemplo de la izquierda de la figura N° 4a y limbo superior en el otro caso figura N° 4b

Es conveniente observar siempre el limbo inferior, porque así el disco solar aparece proyectado sobre el cielo y se aprecia mejor el contacto con el horizonte. Ocasionalmente, cuando el Sol apareciere momentáneamente y parcialmente entre un claro de nubes, con su limbo inferior oculto, entonces se observará el limbo superior, anotando este particular para tenerlo presente en las correcciones a la altura (Figura N° 4).



En las observaciones de Sol hay que tener en cuenta que por la mañana el Sol sube en altura y, por tanto, la imagen del astro se aleja de la mar; en cambio por la tarde sucede lo contrario, el Sol se mete en la mar.

Cuando hay nubes bajas en el horizonte, a veces se presentan en las proximidades del vertical del Sol falsos horizontes, que un observador poco entrenado puede confundir con el horizonte de la mar.

Si el horizonte debajo del Sol estuviera obstruido por mala visibilidad, como cuando hay niebla o se interpongan otros buques, es posible medir la altura suplementaria; o sea, la distancia angular sobre el horizonte opuesto, siempre que la longitud del limbo del sextante sea lo suficientemente grande. Al tangentear para hacer la observación, el arco tendrá su convexidad en dirección opuesta al de las alturas ordinarias.

2.- Observación de la Luna

La altura de la Luna se obtiene de modo análogo a la altura de Sol. El limbo superior de la Luna se observa más a menudo que el del Sol, dadas las diferencias de contrastes que presentan sobre la luminosidad de fondo. Únicamente los días de luna llena se puede observar indistintamente cualquiera de los dos limbos; en otras fases solamente se podrá observar el limbo iluminado.

Es preferible observar la Luna ya sea durante el día o durante el crepúsculo ya que presenta menos luminosidad. De noche, es muy probable que aparezcan falsos horizontes, porque las sombras de las nubes situadas en el vertical de la Luna o próximo a él se proyectan sobre la mar y hacen difícil, a veces imposible, distinguir la línea del horizonte.

3.- Observación de estrellas y planetas

Por su tamaño el Sol y la Luna son relativamente fáciles de ubicar con el sextante; en cambio, las estrellas y los planetas son más difíciles de ubicar debido a lo reducido del campo visual.

Las observaciones se hacen durante los crepúsculos por verse bien tanto el horizonte como las estrellas o planetas se observan antes de la salida del Sol, entre el principio del crepúsculo náutico y principio del civil, y después de la puesta de Sol, entre el fin del crepúsculo civil y final del náutico; horas dadas en el Almanaque Náutico para uso de los navegantes.

Para bajar la estrella o planeta al horizonte se pueden usar uno de los siguientes métodos.

Primer método

Colocar el sextante en cero y dirija la visual a la estrella (azimut) cuya altura se va a medir; la estrella y su imagen estará casi en coincidencia. Mantenga la imagen reflejada en la parte azogada del espejo chico mientras mueve la alidada ligeramente hacia delante y gira el cuerpo del sextante hacia abajo.

Mantenga la imagen reflejada de la estrella en el espejo hasta que el horizonte aparezca en la parte transparente del espejo chico. Cuando esto suceda trinque la alidada y efectúe la observación.

A través de todo el proceso de “bajar la estrella”, mantenga ambos ojos abiertos. Por lo general, es más fácil bajar una estrella sin el antejo colocado, pero muchos navegantes prefieren colocarlo para el ajuste o “tangenteada” final.

Cuando hay poco contraste de luz entre el cielo y la estrella, este método se hace difícil. Si mientras se baja la estrella, esta se le pierde al observador, la única manera de recuperarla es efectuar el procedimiento nuevamente.

Segundo método

Habiendo identificado con anterioridad las estrellas que a observar, se conocen sus alturas y azimutes aproximados. Poner la altura en la alidada del sextante y mirando por el anteojo al horizonte en la dirección del azimut, con una pequeña búsqueda aparecerá la estrella.

Al tomar la altura de una estrella o planeta, llevar su centro a la línea del horizonte. A las estrellas y planetas no se les discrimina limbo superior ni inferior; por lo que se les mide en el centro del punto luminoso.

Una vez bajado el astro al horizonte, tomar su altura oscilando el sextante y llevando la imagen móvil de la estrella o planeta a que toque el horizonte; con ello está materializando el vertical del astro en el instante de tocar el horizonte (Figura N° 5).

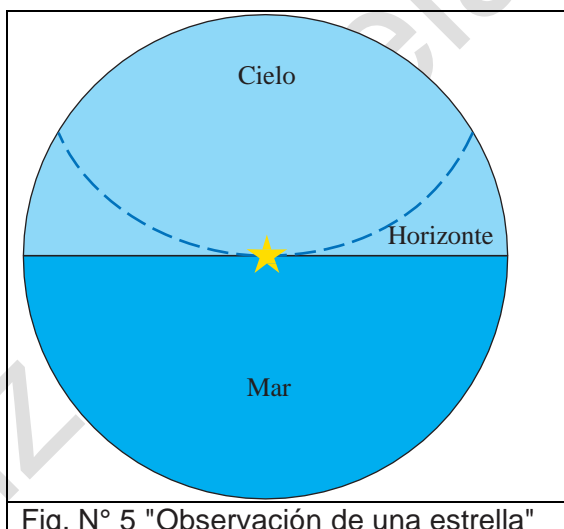


Fig. N° 5 "Observación de una estrella"

D.- Tomar una altura

1.- Antes de efectuar una observación:

- Limpiar los espejos, cristales y anteojos con los paños adecuados, sin hacer presión sobre las partes que se limpian para no alterar la rectificación.
- Graduar el anteojo a la vista del observador. Con el tornillo del soporte del anteojo centrar el campo de este con el espejo chico.
- Elegir el sitio para la observación, que debe estar protegido del viento y alejado de la chimenea para evitar refracciones anormales al atravesar los rayos del astro el aire caliente.
- Si el horizonte es poco visible, conviene observar lo más bajo posible para tener más cerca la línea del horizonte. Si hay balances grandes, conviene observar en un sitio elevado, por ser menos el error de la depresión al variar la altura del observador con los balances y cabeceos.
- Comprobar el error de índice (por el horizonte o por una estrella) y si resulta bastante diferente del valor conocido, obtenerlo de nuevo por el Sol o por una estrella (esta es de menos confianza).
- Con los modificadores igualar el brillo de las imágenes del astro y horizonte.

- Hacer la coincidencia, durante la observación, en el centro del retículo.
- Para materializar el vertical del astro al hacer la coincidencia, oscilar el sextante alrededor del centro óptico del anteojo debiendo el arco que describe el astro ser tangente al horizonte.
- Si la altura es próxima a 90° (caso de alturas circunzenitales), no se distingue bien el vertical del astro; entonces se debe calcular con anterioridad el azimut para observar la altura en esa dirección.
- Si no tiene una calculadora de navegación o un computador que le entregue directamente la identificación de los astros, mediante el identificador de estrellas prepare un plan de observación con unos ocho astros con la predicción de sus alturas y azimutes.
- Elija los azimutes de los astros que le ofrezcan una separación de azimut que le brinden un buen corte y sus alturas fluctúen entre 30° y 70° . No observar astros con alturas inferiores a 30° por ser grandes los errores debidos a la refracción astronómica, ni mayores de 70° para hacer bien la observación y, además, para que el radio del círculo de altura sea grande y la situación astronómica más exacta.
- Las estrellas más brillantes obsérvelas primero al atardecer y al final al amanecer.
- Si el sextante trae más de un anteojo, se debe usar el anteojo largo para observar el Sol. Si no se usa anteojo se tendrá un campo visual más amplio.
- El anteojo se adapta mediante el tornillo de soporte hacia dentro o hacia fuera con respecto al cuerpo del sextante. Al moverse hacia dentro, el observador verá más de la mitad del espejo y la estrella o planeta será más fácil observarla cuando el cielo está relativamente brillante. Próximo al límite de oscuridad del crepúsculo, es conveniente llevar hacia afuera el anteojo; así se obtiene a través de la parte transparente del espejo chico una visión más amplia, permitiendo discernir en mejor forma el horizonte.
- Si se mantienen ambos ojos abiertos durante la observación, el cansancio será menor. Con la práctica las observaciones serán cada vez más rápidas, lo que reducirá el error por la fatiga del ojo.
- Cuando se tome una altura, tener un ayudante para que registre la hora del comparador y anote la altura; dar una voz preventiva de “listo” cuando la medición esté casi tangente y un “top” en el momento de tomarla. Si el ayudante requiere del uso de una linterna para ver el comparador, debe tener cuidado de no interferir en la visión nocturna del observador.
- Las observaciones de astros tomadas en los crepúsculos de la mañana y de la tarde son más precisas que las efectuadas en otras horas.

2.- Desarrollar destreza en la observación

Un sextante marino de buena calidad puede medir ángulos con un error instrumental que no exceda 0,1'. Con esta exactitud en las alturas se pueden obtener líneas de posición con un error alrededor de un cable. Pero hay muchas otras fuentes de error fuera del error instrumental en la medición de las alturas con sextantes. Una de las principales fuentes es el observador.

El navegante requiere de un tiempo considerable de práctica para llegar a tener la habilidad necesaria para obtener una buena observación. Pero la práctica no es suficiente y se requiere perfeccionar la técnica a través de la carrera como navegante. Se pueden obtener buenas observaciones de experimentados navegantes, pero cada uno ha desarrollado su propia técnica, y el método que es exitoso para un observador, puede no serlo para otro. Un experimentado navegante no es necesariamente un buen observador.

El navegante tiene la tendencia natural de juzgar la precisión de sus observaciones por el tamaño de la figura que forman los cortes de sus rectas de altura. Aunque esto se cree un indicativo, no lo es realmente, porque no revela los errores propios del observador y puede no reflejar errores constantes. También puede existir una sumatoria de errores, algunos de los cuales no están sujetos al control del navegante.

Compare a menudo la bondad de las rectas de altura obtenidas con una posición obtenida por GPS u otro sistema electrónico.

3.- Las fuentes más comunes de origen de los errores son:

- No se osciló el sextante con la muñeca adecuadamente.
- El “tangenteo” no ha sido con precisión.
- Pudo haberse tomado un falso horizonte.
- Presencia de refracción anormal.
- La altura del ojo fue considerada en forma errónea.
- Error al tomar la hora.
- Determinación incorrecta del error de índice.
- El sextante puede estar desajustado.
- Error en el cálculo de la recta de altura.

Generalmente, es posible corregir los errores en la técnica de observación, pero ocasionalmente persistirá un error personal. Este error podría variar en función del astro observado, grado de cansancio del observador y otros factores. Por esta razón, aplicar un error personal debe hacerse con mucha precaución.

Para obtener una mejor precisión reduciendo los errores accidentales, tome una serie de alturas, a un mismo astro, en un pequeño intervalo. Ploteé en un eje de coordenadas las alturas versus hora, y una los puntos así encontrados.

Ejemplo:

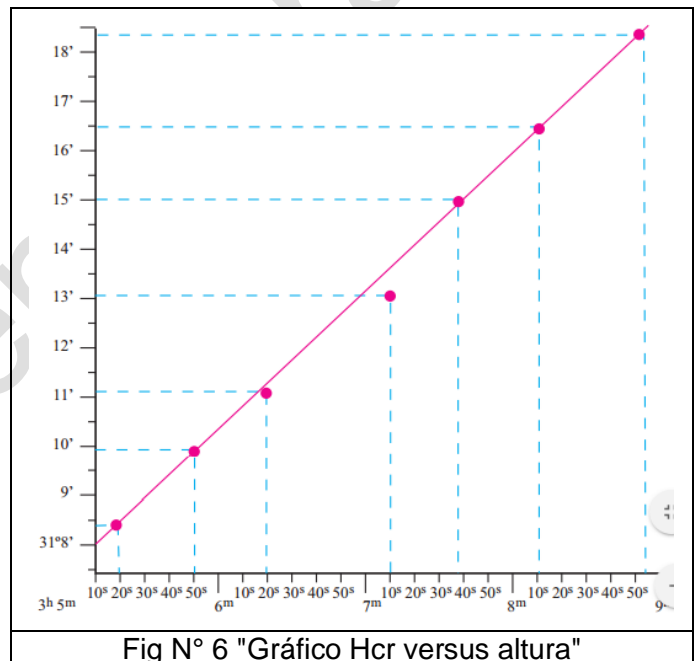
Se ha observado la siguiente serie de altura a un mismo astro. Comprobar si están bien observadas:

Hora cronómetro	Altura
3h 5min 20s	31° 8,4'
3h 5min 52s	31° 9,9'
3h 6min 20s	31° 11,1'
3h 7min 10s	31° 13,1'
3h 7min 36s	31° 15,0'
3h 8min 10s	31° 16,5'
3h 8min 54s	31° 18,4'

Según el gráfico de la figura N° 6, la altura observada en 4º lugar, que corresponde a la Hcr = 3h 7m 10s, está mal observada porque da fuera de la línea de movimiento del astro y se debe eliminar de la serie.

A menos que el astro esté próximo al meridiano del lugar, esta curva debiera ser una línea recta.

Se hacen observaciones a intervalos iguales. Este procedimiento se basa en asumir que a menos que el astro se encuentre próximo al meridiano del lugar, su variación en altura será igual para intervalos de tiempos iguales.



Rechazar cualquier altura que no le parezca confiable para calcular los valores medios (Figura 6).

E.- CUIDADOS DEL SEXTANTE

El sextante es un instrumento normalmente firme pero muy delicado. No obstante falta de cuidado o negligencia en su uso o transporte, puede causarle un daño irreparable. Se debe alejar de la humedad, vibraciones y temperaturas excesivas. Mantenerlo siempre en su caja de transporte. Tomarlo solamente desde su manilla o desde el cuerpo.

El mayor enemigo del sextante es la humedad. Limpie los espejos y el arco del limbo después de cada uso, con alcohol y papel para lentes.

Los cristales ópticos no transmiten toda la luz que reciben porque su superficie refleja una pequeña cantidad de la luz que incide en su superficie. Esta pérdida de luz reduce la luminosidad del objeto observado. El observar un objeto a través de varios cristales afecta la luminosidad recibida y hace la imagen confusa. Los reflejos producen brillos que atenúan el objeto observado.

Para minimizar estos efectos, los cristales ópticos son tratados con una finísima capa antirreflejos. Por lo tanto, al limpiar los cristales se ha de aplicar solamente una suave presión sobre ellos.

Soplar el polvo de los lentes antes de limpiarlos de manera que las partículas de polvo no los rayen.

Cada cierto tiempo, limpiar y lubricar el tornillo de tangencia y los dientes en la parte lateral del limbo. Usar el aceite provisto para el instrumento o bien un aceite delgado para instrumentos delicados.

Cuando se deba guardar el sextante por un largo período, efectuar una buena limpieza, lubríquelo y proteja el limbo con una fina capa de vaselina. Si los espejos requieren ser biselados, lleve el instrumento a un taller especializado.

F.- ERRORES DEL SEXTANTE NO AJUSTABLE

Estos son:

- Error óptico.
- Error de graduación.
- Error de excentricidad

1.- Error óptico

Se produce cuando la cara de los espejos y los modificadores no están paralelos, condición esencial para que puedan cumplir las leyes ópticas como espejos planos.

Para conocer si cumplen esta condición, lleve la alidada a marcar un ángulo grande de 100° a 120° y compruebe si la imagen reflejada del Sol aparece clara y con bordes definidos; si vemos dobles imágenes, uno de los dos espejos no tiene sus caras paralelas. Entonces lleve la alidada a las proximidades del 0° , si el defecto desaparece o se atenúa, está mal el espejo grande y hay que cambiarlo, pero si el defecto persiste, es el espejo chico el que no tiene sus caras paralelas.

Igual procedimiento puede ser usado con los modificadores, si mira al Sol interponiendo uno a uno todos los cristales de color, el que no de una imagen clara y con bordes bien definidos hay que suprimirlo para no usarlo en las observaciones, o determinar su error.

El error puede ser determinado en los modificadores del espejo grande o índice al comparar un ángulo medido con los modificadores interpuestos y luego sin ellos. De esta manera se puede determinar el error de cada uno de los modificadores. Si se usa una combinación de ellos, determinarles el error previamente.

Si una observación requiere de una combinación de modificadores, use el modificador único que se instala en la mira del antejo. El cual no introduce error, porque el rayo directo y el reflejado viajan juntos cuando llegan al modificador y, por lo tanto, son afectados igualmente por cualquier falta de paralelismo en sus dos caras.

2.- Error de graduación

Se presenta en el arco del limbo, en el tambor micrométrico y en el vernier de los sextantes que no han sido acuciosamente grabados o incorrectamente calibrados.

Normalmente el navegante no puede determinar si el arco del sextante no ha sido grabado apropiadamente, pero apoyándonos en el principio del vernier es posible determinar la presencia de errores en la graduación en el tambor micrométrico y en el vernier. Lo anterior dará un índice de la calidad de fabricación del instrumento.

La primera y la última graduación de cualquier vernier deben de estar perfectamente alineadas con una graduación menos en el tambor micrométrico

3.- Error de excentricidad

Este error se debe a que el eje de giro de la alidada no coincide con el centro de curvatura del arco del limbo.

Para calcular este error se miden ángulos conocidos, habiendo eliminado previamente todos los errores ajustables. Para este procedimiento mida con precisión mediante un teodolito ángulos horizontales. Efectuar varias mediciones con el teodolito y con el sextante, obteniendo un valor medio, con el objeto de minimizar los errores. Si para la determinación del error de índice usó un cristal modificador, para determinar el error de excentricidad debe usar el mismo modificador.

G.- Errores ajustables del sextante

El navegante debe medir y eliminar los errores ajustables en el siguiente orden:

1.- Error de perpendicularidad

El espejo índice debe ser perpendicular al cuerpo del instrumento. Para verificar si se cumple esta condición ponga la alidada en unos 35° . Con el sextante horizontal observe la imagen directa y reflejada del arco del sextante, como se ve en la figura N° 9.

Si las dos vistas no son continuas y en línea recta, el espejo índice no está perpendicular al cuerpo del sextante. Si la imagen reflejada está sobre la directa, el espejo está inclinado hacia delante. Si la imagen reflejada está bajo la directa, el espejo está inclinado hacia atrás. Haga los ajustes haciendo uso del o los tornillos que se encuentran detrás del espejo índice.

2.- Error de lado

Es el producido por el espejo chico o de horizonte al no estar perpendicular al cuerpo del sextante.

Para verificar si se cumple esta condición, coloque la alidada en cero y dirija la visual al Sol o una estrella. Luego gire el tornillo de tangencia hacia delante y hacia atrás de tal manera que la imagen reflejada pase alternativamente sobre y bajo la imagen directa. Si al cambiar de una posición a la otra la imagen reflejada pasa congruentemente sobre la imagen directa, no existe error de lado. Si pasa por uno de los lados, existe error de lado (Figura N° 8).

Que la lectura del sextante sea cero cuando coincidan las imágenes directa y reflejada es irrelevante para esta demostración.

Otro método es el observar una línea vertical como el mástil de otro buque (o se puede tomar el sextante de lado y usar la línea del horizonte). Si la parte directa y la reflejada no forman una línea continua, el espejo horizonte no está perpendicular al cuerpo del sextante.

Un tercer método requiere tomar el sextante verticalmente, como si fuera a observar la altura de un astro. Lleve la imagen reflejada del horizonte a coincidir con la imagen directa hasta que sea una línea perfectamente continua a lo largo del espejo chico. Ahora incline el sextante a la derecha o a la izquierda. Si el horizonte permanece continuo, el espejo horizonte está perpendicular al cuerpo del sextante, pero si la parte reflejada aparece sobre o bajo la directa, el espejo no está perpendicular (Figuras N° 8).

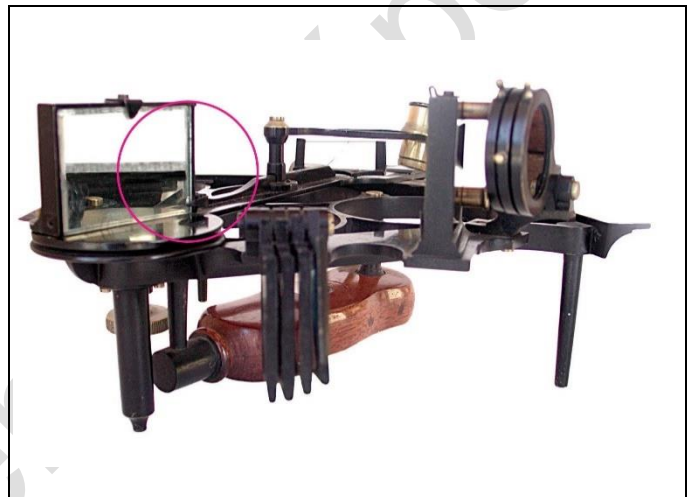


Fig. N° 7 Prueba de la perpendicularidad del espejo índice. Aquí el espejo no es perpendicular

3.- Error de colimación

Existe este error cuando la línea de observación o colimación del anteojo no es paralela al plano del limbo.

Las alturas así medidas serán mayores que sus valores reales.

El eje de colimación está constituido por una línea trazada por el centro óptico del lente objetivo y el punto medio de los retículos.

Para determinar el paralelismo del lente, colóquelo en su collar y observe dos estrellas que estén separadas 90° o más, llevando la imagen reflejada de una a coincidir con la vista directa de la otra, cerca, ya sea del borde derecho o izquierdo del campo visual del ocular (borde superior o inferior si el sextante está horizontal).

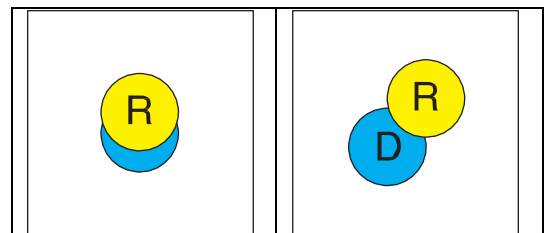


Fig. N° 8 "A la izquierda no existe error de lado. A la derecha, sí existe error de lado"

Luego inclinar el sextante para que las estrellas queden en el borde opuesto. Si las estrellas se mantienen en coincidencia, el telescopio es paralelo al limbo; pero si se separan, no lo es. Se corrige ajustando los tornillos del collar que soportan al anteojo, soltando uno y apretando el otro.

Otro método es poniendo el sextante horizontalmente sobre una mesa con el anteojo colocado, mírese por el plano del limbo hacia un tablero colocado a unos 6 a 7 metros de distancia, marcando con una línea esta visual.

Sobre esta márquese otra, separada una magnitud igual a la distancia que se encuentra el eje del anteojo sobre el plano del limbo. Enseguida mírese por el anteojo; si el centro de los retículos coincide con esta última línea, el eje óptico o de colimación es paralelo al plano del instrumento; en caso contrario se ajustará en la misma forma anterior.

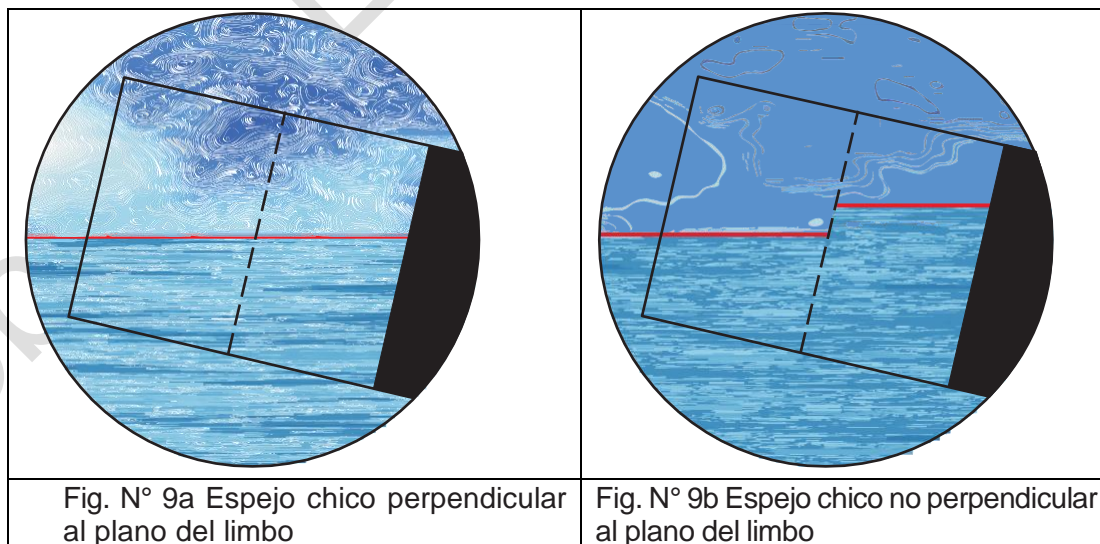
4.- Error de índice

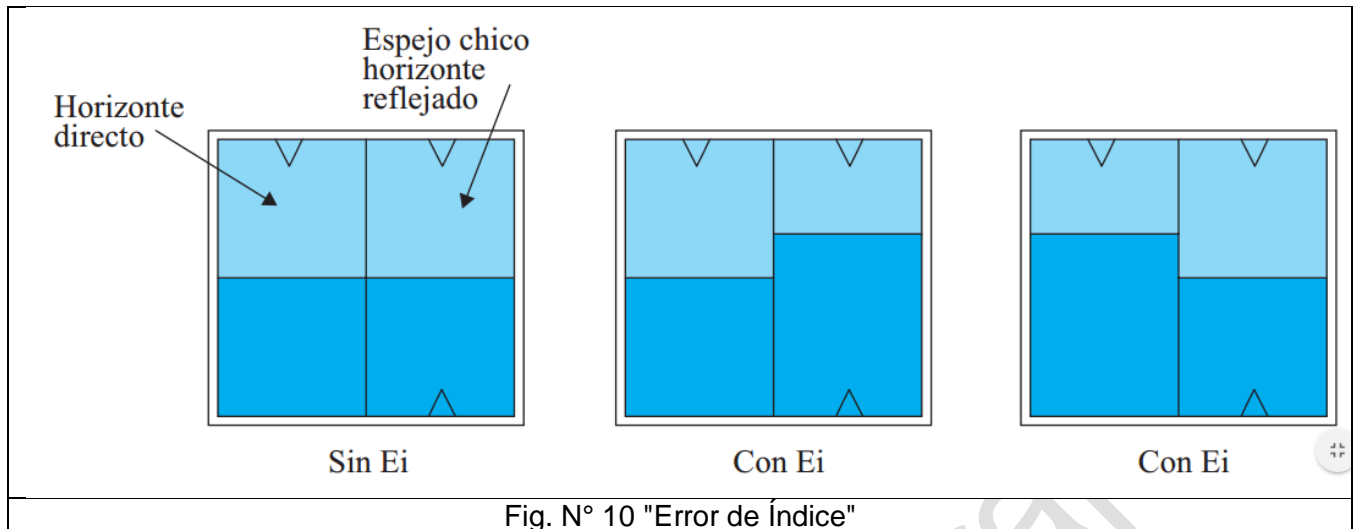
El error de índice es el error residual después que el navegante ha eliminado el error de perpendicularidad, el error de lado y el error de colimación.

Determinación del error de índice con el horizonte

Los espejos grande y chico al no estar paralelos cuando la alidada está exactamente en cero, es la causal mayor del error de índice.

Para comprobar el paralelismo de los espejos, coloque la alidada en cero y dirija la visual al horizonte. Ajuste la lectura del sextante de tal modo que ambas imágenes del horizonte lleguen a formar una línea recta





La lectura del sextante cuando el horizonte está en una línea recta es el error de índice.

Si el error de índice es positivo (lectura a la izquierda del 0°) réstese su valor a cada lectura del sextante. Si el error de índice es negativo (lectura a la derecha del 0°) súmese su valor a cada lectura del sextante (como toda corrección).

La corrección de índice es la distancia angular entre el cero de la graduación del sextante y la marca del índice de la alidada cuando el espejo grande y el chico están paralelos (punto de paralelismo).

Cuando el punto de paralelismo queda a la derecha del cero la corrección es positiva y a la izquierda es negativa.

La corrección de índice se aplica con su signo a las lecturas tomadas con el sextante tanto de alturas como de ángulos horizontales. Se denomina en forma abreviada por Ei

Determinación de la corrección del error de índice por el Sol

- Poner la alidada en cero, colocar sobre el anteojo el ocular oscuro, o bien, cristales de color delante de los espejos y observar el Sol por el anteojo; se verán dos imágenes de este astro (una directa y una reflejada). Con el tornillo de ajuste o con el tambor llevamos a tangente un Sol sobre el otro, leyendo lo que marca la graduación, que será un ángulo muy pequeño.
- Volvemos a mirar al Sol y llevamos a tangente de nuevo los dos soles, pero haciendo que la imagen que estaba arriba pase ahora abajo, tomando la lectura.
- La semisuma de las dos lecturas es la corrección del error de índice (Ei).

$$Ei = \frac{\text{Lectura 1} + \text{Lectura 2}}{2}$$

- La operación es lo mismo que si se hubiera hecho coincidir las dos imágenes del Sol en lugar de tangente las dos veces, pero el coincidir los dos discos solares (directo y reflejado) es muy difícil y se comete errores.

- Como la corrección de índice suele ser pequeña, lo normal es que una lectura quede a la derecha del 0 (positiva) y la otra a la izquierda (negativa) y entonces restamos.
- Para hacer bien la tangencia conviene que los dos soles se vean con poco brillo y sobre todo con igual luminosidad, lo que se consigue mejor con el ocular oscuro superpuesto al anteojo que poniendo cristales de color (modificadores) delante de los espejos.
- Para comprobar si la observación fue correcta, se obtiene la diferencia algebraica de las dos lecturas y se divide por cuatro, el resultado tiene que ser igual o muy próximo al semidiámetro del Sol de ese día dado en el Almanaque Náutico para uso de los navegantes.

$$SD = \frac{\text{lectura 1} - \text{lectura 2}}{4}$$

Como las dos lecturas, generalmente, son de distinto signo, en lugar de restar habrá que sumar.

Ejemplo:

Un día en que el Almanaque Náutico indica que el semidiámetro del Sol es 16,3' se calcula la corrección de índice de un sextante de tambor obteniendo las siguientes lecturas:

Lectura a la derecha : en el limbo 0° y en el tambor 23,2'
Lectura a la izquierda : en el limbo 0° y en el tambor 28,2'

Cálculo del Ei:

$$\begin{array}{rcl} \text{Lectura derecha} & = & 0^{\circ} 36,8' + \\ \text{Lectura izquierda} & = & 0^{\circ} 28,2' - (+) \\ 2 \text{ c / Ei} & = & 0^{\circ} 08,6' + \\ \hline \text{c / Ei} & = & 0^{\circ} 04,3' + \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Comprobación:} & & \\ \text{Lectura derecha} & = & 0^{\circ} 36,8' + \\ \text{Lectura izquierda} & = & 0^{\circ} 28,2' - (+) \\ 4 \text{ SD} & = & 1^{\circ} 05,0' \\ \text{SD} & = & 16,2' \end{array}$$

Luego el Ei es bueno.