

3. MÉTODOS OPTICOS PARA DETERMINAR LA POSICION

AUTOR: ING. JORGE A. LARRALDE, (con modificaciones Ing. D'Onofrio)

3.1. GENERALIDADES.

Se recuerda que dar posición a una embarcación que se encuentra efectuando un levantamiento, significa determinar sus coordenadas planimétricas en un instante dado.

El valor del parámetro físico que se está observando (profundidad del fondo, del subfondo, valor de gravedad, valor de campo magnético, etc.) debe quedar asociado a su posición planimétrica a efectos de su procesamiento posterior.

Por simplicidad, se hará referencia en adelante a los trabajos batimétricos, aunque también estos métodos son utilizados en otros tipos de levantamiento.

Existen varios métodos de posicionamiento que dependen de la forma de observación de los parámetros que permiten la determinación de coordenadas planas de un punto:

- i)-MÉTODOS OPTICOS.
- ii)-MÉTODOS ELECTRÓNICOS.
- iii)-MÉTODOS MECÁNICOS.
- iv)-MÉTODOS COMBINADOS.
- v)-MÉTODOS SATELITALES.

3.2. METODOS OPTICOS.

Son los que utilizan instrumental óptico de medición (teodolitos, sextantes, telémetros) para observar la posición y determinar las coordenadas del punto. En la actualidad ha caído en desuso la utilización de sextantes y telémetros, no obstante se hará una breve reseña de estos métodos. También se contemplará la utilización de estaciones totales.

3.2.1. Teodolitos.

Estando dos teodolitos estacionados, cada uno de ellos en un punto de control de coordenadas conocidas y efectuando la observación angular simultánea a una embarcación que se halla navegando, se obtendrán dos ángulos (uno por teodolito) que permitirán, por medio de un cálculo de intersección directa, determinar las coordenadas planimétricas del punto estación en que se halla esa embarcación en el instante de la observación (ver Fig. 2.1).

Dado que la señal a visar se halla en movimiento y el tiempo de observación es escaso, no es difícil que se cometan errores de observación. Por esta razón se estaciona otro teodolito en un tercer punto de control de coordenadas conocidas que permita medir un tercer ángulo que servirá como verificación.

Por razones de comodidad y a efectos de minimizar errores, cada teodolito hace coincidir su "cero" con la visual al punto en que se halla instalado uno de los otros teodolitos.

Durante la tarea de sondajes, cada media hora, aproximadamente, cada uno de los observadores

procede a verificar el "cero" de su teodolito.

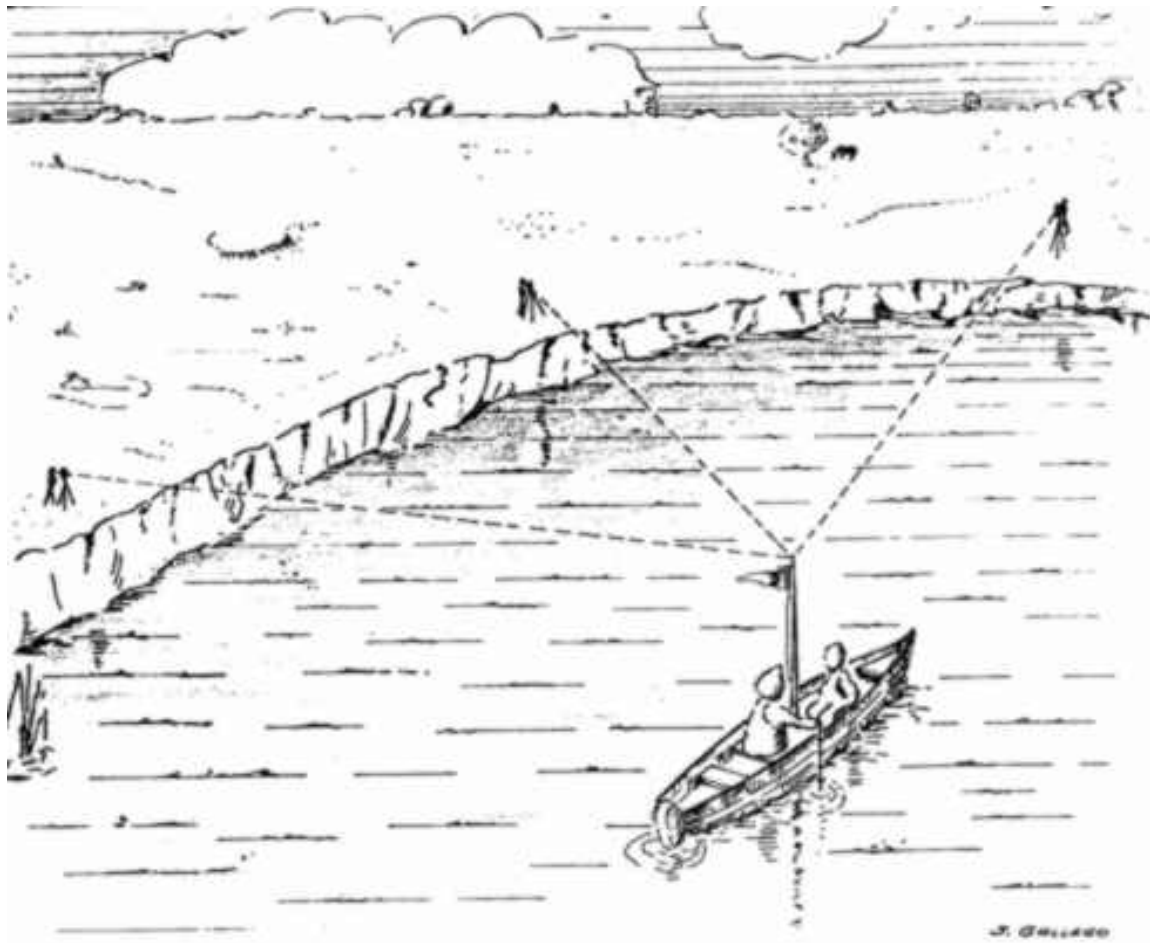


Figura 2.1

Si se ha decidido trabajar durante horas nocturnas, es necesario instalar una señal próxima a cada estación de teodolito (100 o 200 metros), pintándola de blanco o con pinturas reflectantes.

Cada observador registrará en su libreta el ángulo que corresponda a la visual de esa señal, comúnmente llamada "falso cero" y que servirá para verificar el "cero" en horas nocturnas cuando no puede visualizarse la estación de teodolito donde se ha hecho "cero"

La operación de sondajes (o del levantamiento de cualquier otro parámetro) se lleva a cabo de la siguiente manera:

El barco o embarcación (en nuestro caso la sondadora) que efectúa el levantamiento, navega a baja velocidad (aproximadamente 2 m/s) tratando de seguir líneas sensiblemente perpendiculares a la costa. Con una cadencia que podría ser de 30 segundos, y bajo la dirección de un operador "TOP" que sincroniza las observaciones, los teodolitos efectúan su medición angular, finalizada la cual, cada operador registra su lectura y trasmite el ángulo observado a una central que puede estar o no, a bordo de la embarcación sondadora. Cuando la embarcación se encuentra cerca de la costa no es posible utilizar el tornillo de pequeños movimientos acimutales para seguir a la embarcación, debiéndose mover la alidada a mano.

El operador "TOP" normalmente es el operador de la sonda, ubicado en la embarcación de relevamiento y de acuerdo a la cadencia establecida, indica por radio el instante de observación y la

denominación de esa observación (puede ser un número correlativo o una denominación horaria). Simultáneamente, al dar el "TOP" acciona un pulsador en la sonda que produce una marca sobre el registro, en la que anota la denominación correspondiente.

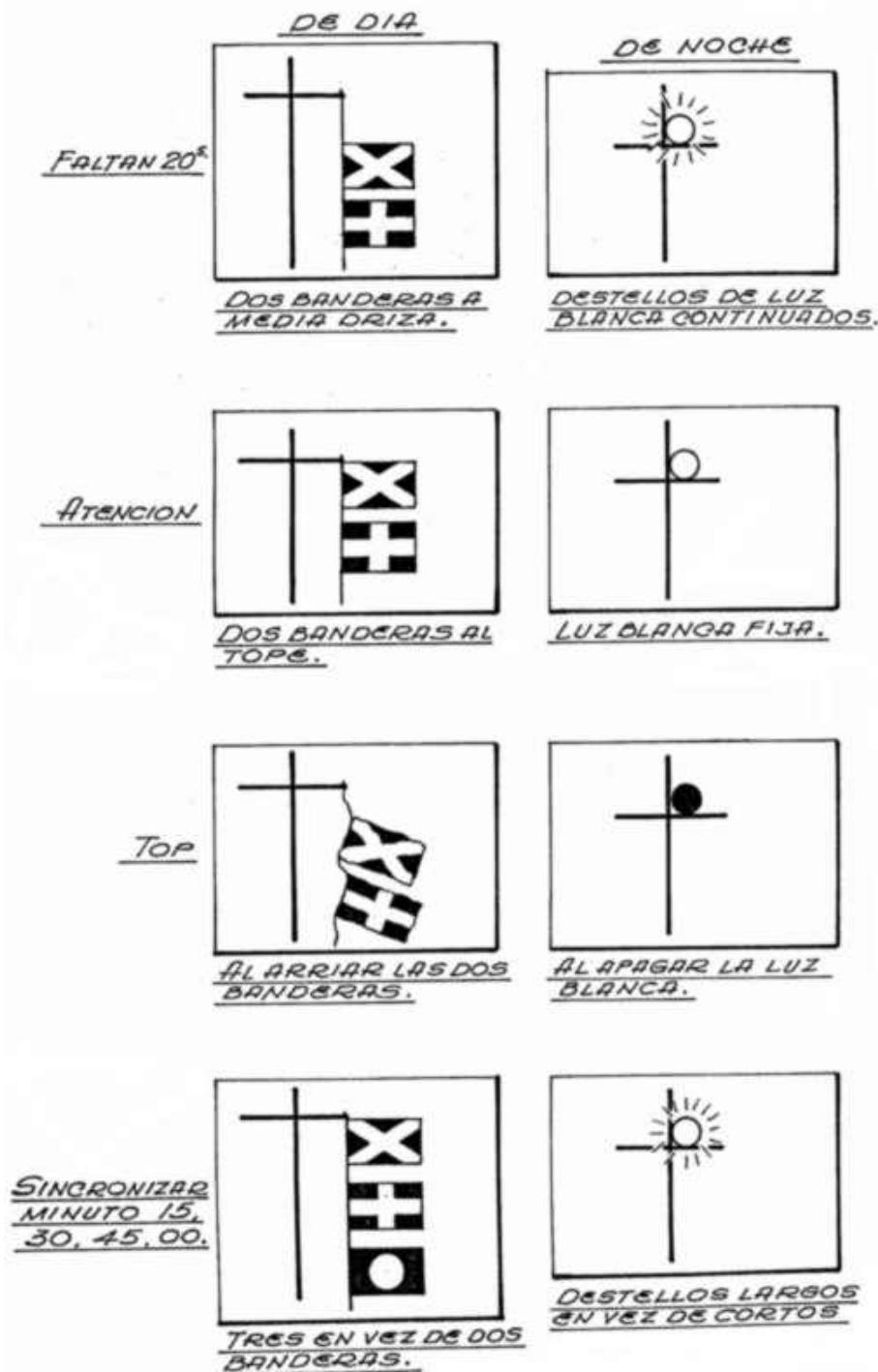


Figura 2.2

En el caso de no contarse con equipos de radio, puede procederse a la sincronización por medio de señales visuales cuyo significado se ha preestablecido (ver Fig.2.2.)

Por ejemplo, si el operador ha dado un "TOP" a 15^H 30^m 30^s; los observadores de teodolito anotarán en sus respectivos registros el ángulo observado a esa hora con la denominación: 153030. En el registro de sonda, habrá una marca también con esa numeración 153030.

Efectuadas las observaciones, cada estación de teodolito, transmite su ángulo a una central donde se procede al cálculo de coordenadas y se compara la posición real de la embarcación con la predicha.

Normalmente la embarcación se encontrará fuera del camino establecido en cuyo caso deben darse las indicaciones correspondientes para que altere su rumbo y entre a la línea prefijada.

El intervalo desde el instante en que se observaron los ángulos (se procesaron, dibujaron, compararon las coordenadas obtenidas) y se transmiten las correcciones necesarias es, en el mejor de los casos del orden del minuto. Lapso en el que el barco o embarcación (si su velocidad de marcha es de 2m/s) ha navegado 120 metros.

Cuando se está operando en una zona de fuerte corriente y donde la costa no ofrece puntos notables que permitan al timonel de la embarcación navegar por un camino determinado, es de presumir que los desvíos que se producen con respecto al esquema planificado, hacen que queden, en ocasiones, grandes áreas sin sondear y otras densamente sondadas.

El "llenar" áreas en blanco ("agujeros") es a veces una ardua tarea que requiere una gran cantidad de tiempo. En estos casos y a efectos de asegurar una densidad homogénea, es conveniente sondear siguiendo corridas predichas controladas y uno de los métodos consiste en que uno de los teodolitos opere como director. El teodolito director fija su instrumento en un valor angular predicho y por intermedio de un transeceptor, dará las indicaciones a la embarcación para que navegue de manera tal que su imagen se mantenga dentro del campo óptico (inmóvil) de su anteojo, lo mas próximo posible al retículo.

Los otros dos teodolitos continúan la operación efectuando la observación de ángulos, de acuerdo a la cadencia prevista y siempre bajo la dirección del operador "TOP".

Las posiciones de comienzo y final de cada corrida (que corresponden también a ángulos predichos) serán determinadas e indicadas también por radio, por uno de los otros teodolitos.

Este modo de operar permite asegurar una buena densidad en la obtención de profundidades aunque las corridas no sean rigurosamente perpendiculares a las isobatas.

El mantener en operación tres estaciones de teodolito , un gabinete de dibujo, control y cálculo, obliga, en trabajos de gran aliento, a disponer de un buen soporte logístico (equipos de radio, personal técnico de relevo, personal de servicio, automotores etc.).

A continuación se desarrollará en forma resumida el cálculo del error en una intersección directa (figura 3.0). Cuando se realizan las mediciones de los ángulos α y β se cometen errores, que hacen que las posiciones de los lados l_a y l_b queden entre las líneas de puntos que acotan a los errores de medición. Luego el vértice P, intersección de las visuales provenientes de A y B, tendrá que ser interior al cuadrilátero que forman las posiciones extremas (líneas de puntos) al cortarse. Pero dado que la probabilidad de cometerse simultáneamente los errores máximos en las visuales desde A y B es mínima, se reduce la zona de ubicación del punto P a una curva de error.

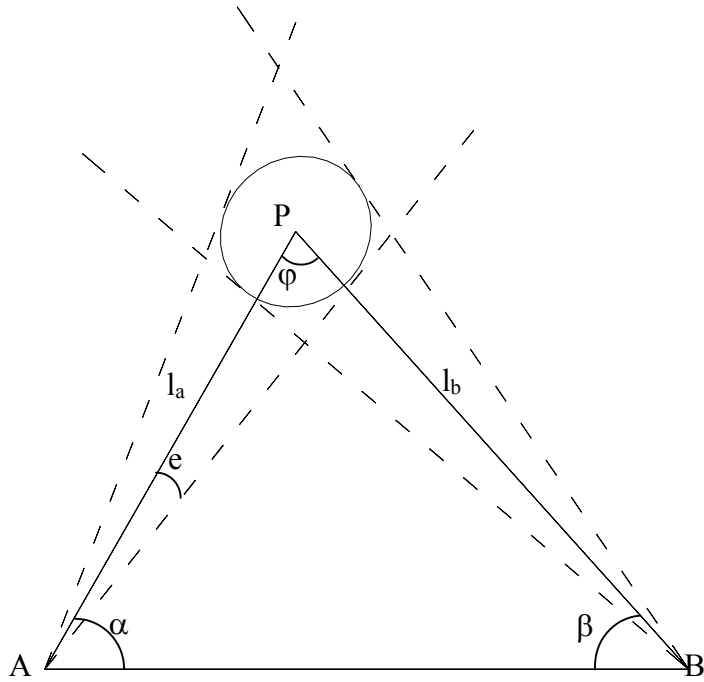


Figura 3.0

Dada la longitud de los lados AP y BP y la pequeñez del ángulo e , el cuadrilátero circunscripto se puede considerar como un paralelogramo y la curva de tolerancia como la elipse inscrita (Figura 3.0).

En la Figura 3.01 e_a y e_b son los errores correspondientes a la medición realizada con el teodolito estacionado en el punto A y en el B respectivamente. El vector t_a es el error máximo que se puede cometer en la determinación del punto P cuando no se comete error en el ángulo medido desde B. Por otra parte el vector t_b es el error máximo que se puede cometer en la determinación del punto P cuando no se comete error en el ángulo medido desde A. El vector resultante de t_a y t_b se lo denota con t_t .

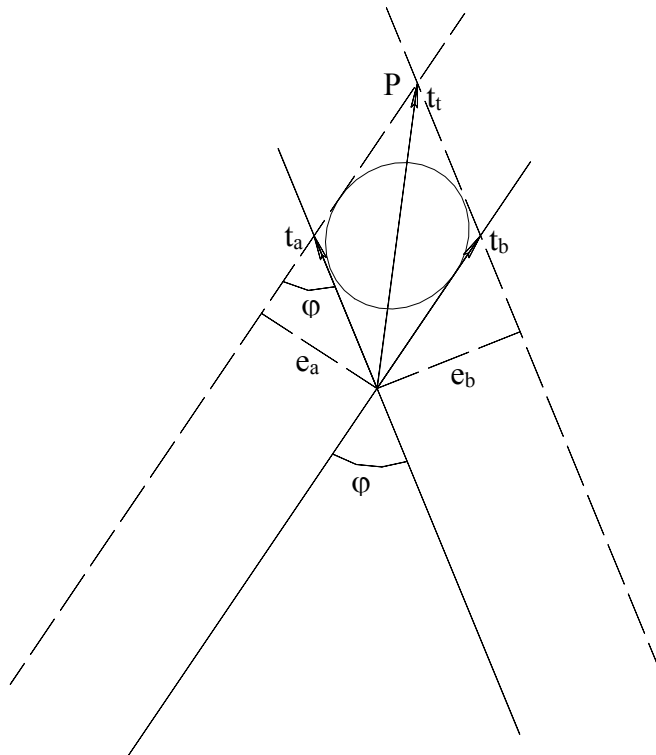


Figura 3.01

Aplicando el teorema del coseno se tiene:

$$t_t^2 = t_a^2 + t_b^2 - 2 \cdot t_a \cdot t_b \cdot \cos (180^\circ - \varphi)$$

$$t_t^2 = t_a^2 + t_b^2 + 2 \cdot t_a \cdot t_b \cdot \cos (\varphi) \quad [1]$$

Además :

$$t_a = \frac{e_a}{\text{sen } \varphi} \quad [2]$$

$$t_b = \frac{e_b}{\text{sen } \varphi} \quad [3]$$

Reemplazando [2] y [3] en [1] se tiene:

$$t_t^2 = \frac{e_a^2}{\text{sen}^2 \varphi} + \frac{e_b^2}{\text{sen}^2 \varphi} + 2 \cdot \frac{e_a \cdot e_b}{\text{sen}^2 \varphi} \cdot \cos \varphi \quad [4]$$

El error medio cuadrático de una observación aislado (desvío standard) es:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum t_i^2}{n}} \quad [5]$$

Teniendo en cuenta [4] y [5] se tiene:

$$\frac{\sum t_i^2}{n} = \frac{1}{\text{sen}^2 \varphi} \left[\frac{\sum e_a^2}{n} + \frac{\sum e_b^2}{n} + 2 \cdot \frac{\sum e_a \cdot e_b}{n} \cdot \cos \varphi \right]$$

Si se multiplica y divide a $2 \cdot \frac{\sum e_a \cdot e_b}{n} \cdot \cos \varphi$ por $\sigma_a \cdot \sigma_b$ se tiene:

$$\frac{\sum t_i^2}{n} = \frac{1}{\text{sen}^2 \varphi} \left[\frac{\sum e_a^2}{n} + \frac{\sum e_b^2}{n} + 2 \cdot \cos \varphi \cdot \sigma_a \cdot \sigma_b \cdot \frac{\sum e_a \cdot e_b}{\sigma_a \cdot \sigma_b \cdot n} \right] \quad [6]$$

Se denomina factor de correlación a:

$$R = \frac{\sum e_a \cdot e_b}{\sigma_a \cdot \sigma_b \cdot n}$$

Se escribe nuevamente la ecuación [6]:

$$\sigma_t^2 = \frac{1}{\text{sen}^2 \varphi} \left[\sigma_a^2 + \sigma_b^2 + 2 \cdot \cos \varphi \cdot R \cdot \sigma_a \cdot \sigma_b \right]$$

$$\sigma_t = \frac{1}{\sin \varphi} \cdot \sqrt{[\sigma_a^2 + \sigma_b^2 + 2 \cdot \cos \varphi \cdot R \cdot \sigma_a \cdot \sigma_b]}$$

Por tratarse de mediciones independientes $R=0$, luego:

$$\sigma_t = \frac{1}{\sin \varphi} \cdot \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}$$

Pero $\sigma_a = d\alpha \cdot l_a$ y $\sigma_b = d\beta \cdot l_b$

Además si la precisión es la misma: $d\alpha = d\beta = d\theta$

Luego la ecuación del error es:

$$\sigma_t = \frac{d\theta}{\sin \varphi} \cdot \sqrt{l_a^2 + l_b^2}$$

Se puede apreciar que el valor del error en metros, depende de la distancia de los puntos donde se estaciona el teodolito al punto de intersección de las visuales. También depende del ángulo de corte de las líneas de posición.

Normalmente cuando se planifica un levantamiento utilizando este método, la embarcación trabajará en la zona comprendida por los arcos capaces de 30° y 150° que pasan por dos puntos donde se estacionarán los teodolitos.

Se adoptan estos valores debido a que antes de los 30° y después de los 150° los valores de cosecante del ángulo de corte aumentan rápidamente. Para abarcar zonas que se hallan fuera de esos valores, habrá que elegir como estación de teodolitos, nuevos puntos de control aumentando la longitud de las bases.

3.2.2.-Sextantes

Hasta mediados de 1990 el posicionamiento utilizando sextantes era el método preferido por la Guardia costera de los Estados Unidos para localizar y colocar boyas en las tareas de balizamiento de las entradas a los puertos. Además se utilizaba en tareas de dragado en canales. En el presente los posicionadores GPS de mano (de relativamente bajo costo) proveen precisiones que igualan o superan a las del sextante (del orden de $\pm 1m$ para operadores experimentados). Luego debido al reciente reemplazo de este método y teniendo en cuenta que en ciertas circunstancias podría volver a utilizarse, a continuación se desarrolla brevemente este tema.

El sextante como instrumento de medición de ángulos horizontales es utilizado en los levantamientos hidrográficos desde mediados del siglo XVIII.

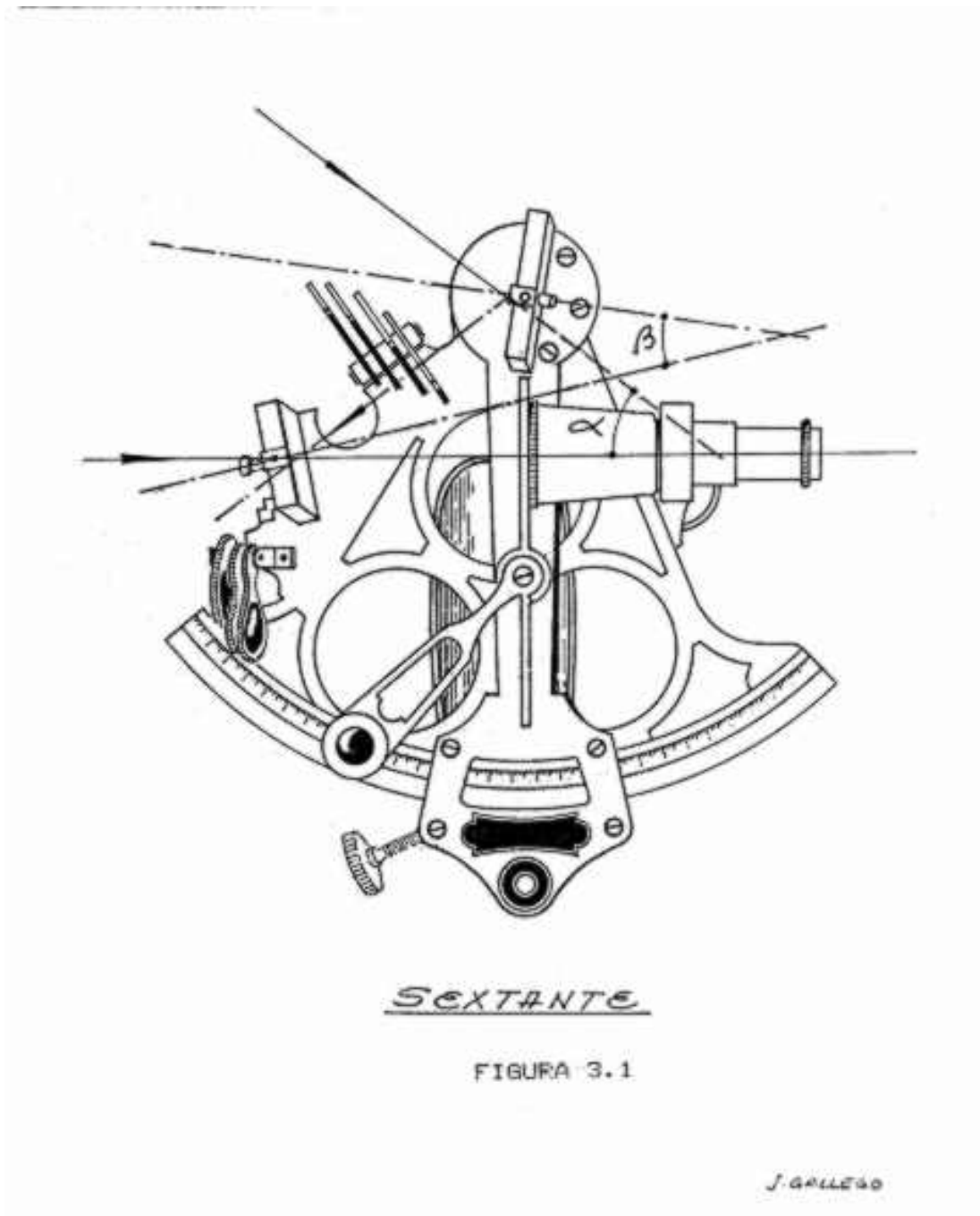
JOHN HADLEY, presentó, en la Royal Society of London, en mayo de 1731, un instrumento de su invención para medir ángulos.

Recién en 1750, a bordo de los barcos de la East Indian Company, aparece el cuadrante de reflexión de HADLEY (u octante) para medir ángulos verticales a los astros.

En 1757, CAMPBELL modifica el instrumento ideado por HADLEY de manera de poder medir ángulos de hasta 150°.

En febrero de 1765, JOHN MICHELL presenta en la Royal Society of London, un informe altamente favorable sobre las posibilidades del sextante en lo referente a la medición de ángulos horizontales y recomienda muy especialmente su uso en los levantamientos portuarios.

La Figura 3.1 muestra un sextante con el que, desde la embarcación o barco sondador, observamos en forma simultánea, por lo menos, un par de ángulos horizontales (ver fig.2.5).



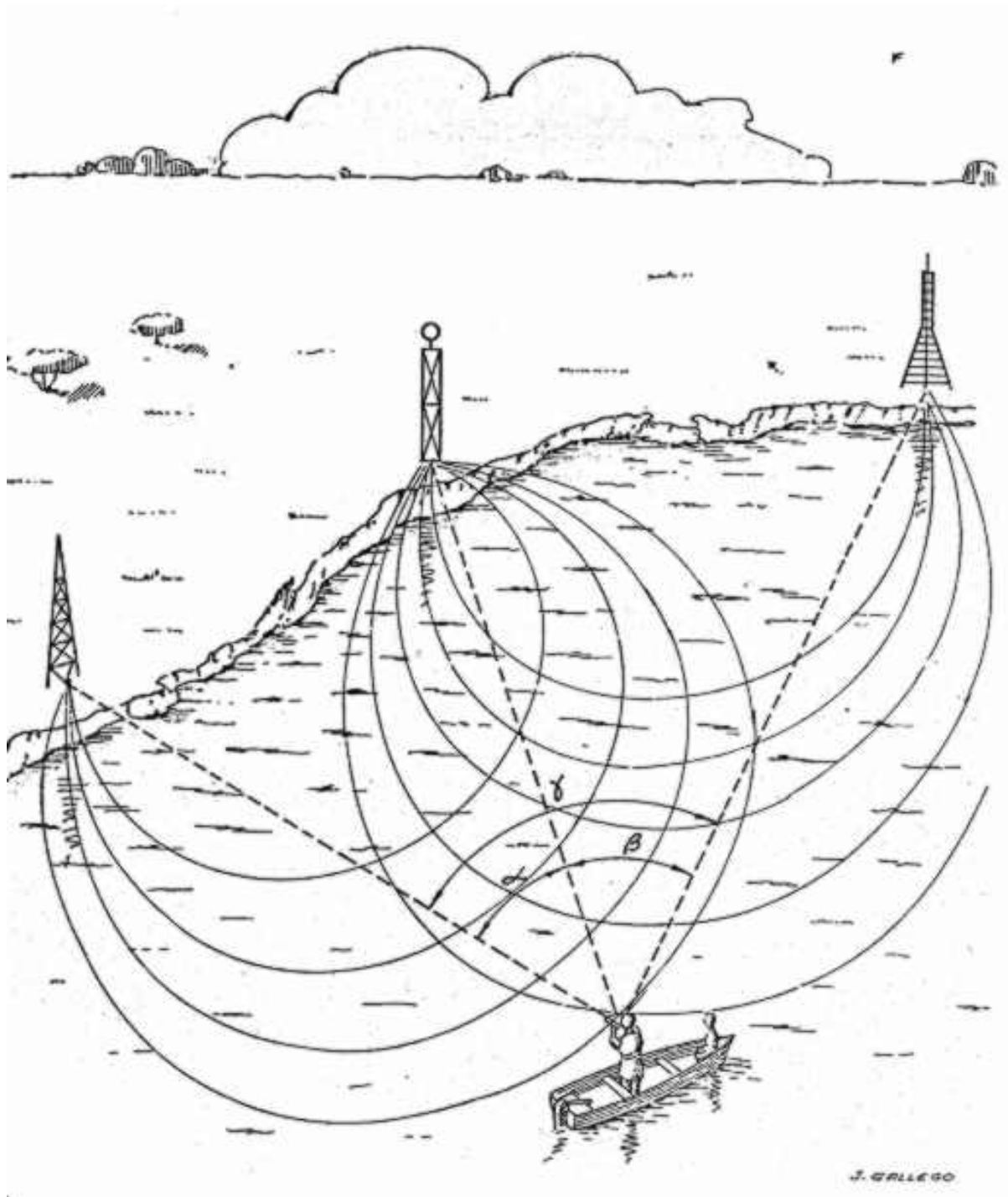


Figura 2.5

El "TOP" que permite realizar observaciones simultáneas, lo da también el operador de la sonda en la misma embarcación ya que los "sextanteros" se encuentra a bordo.

La posición de la embarcación se obtiene por el corte de dos circunferencias (arcos capaces) cada uno correspondiente al ángulo observado. Debe contarse con no menos de dos observadores muy bien adiestrados ya que deberán efectuar las observaciones con rapidez, desde una plataforma móvil. Un tercer observador puede medir, para verificación, el ángulo suma de los observados (ángulo entre las balizas o señales extremas).

Utilizando éste método, la posición de la embarcación o barco sondador, se determina por método

gráfico abordo del mismo y a poco de haber sido observados los ángulos correspondientes, con lo que es posible un mejor control en la derrota que se está siguiendo.

Como en el caso anterior (Parágrafo 3.2.1: uso de teodolitos), si deseamos asegurar una adecuada densidad de sondajes, debemos hacer navegar la embarcación o barco sondador según líneas de posición predichas, en este caso, arcos capaces. Para ello, el timonel de la embarcación de levantamiento debe haber sido muy bien adiestrado en la observación con sextante.

Sintéticamente realiza la siguiente operación:

1º: El timonel introduce en el sextante el ángulo elegido que define el arco capaz, por el cual va a navegar.

2º: Observando por visión directa en el sextante una de las señales elegidas, maniobra la embarcación hasta que aparece en coincidencia la imagen reflejada de la otra señal. En ese momento se encuentra en un punto del arco capaz correspondiente al ángulo elegido.

3º: Manteniendo la coincidencia de ambas señales en el sextante, busca el lugar de inicio de corrida, que puede ser un punto cercano a la costa.

4º: Comienza su corrida de sondajes navegando por el arco capaz elegido, condición que se cumplirá mientras mantenga en el sextante la coincidencia de las señales elegidas.

Los dos observadores sextante proceden de la forma normal observando ángulos a la cadencia adoptada.

La utilización de este método implicaba, la instalación de señales muy visibles y fácilmente identificables desde el agua .

Tenía la ventaja de utilizar un número menor de personal y no depender de comisiones terrestres durante la realización de las tareas.-

3.2.3.- Telémetros

Este es otro método que ha quedado en desuso para levantamientos hidrográficos pero que por razones similares a las del sextante es conveniente explicarlo en forma sucinta.

El telémetro óptico que mide distancias, posibilita la determinación de una línea de posición circular, por lo que el uso de este instrumento debe complementarse con otro que determine otra línea de posición, dado que no es posible en la mayoría de los casos, instalar a bordo de embarcaciones menores, por lo menos dos de estos instrumentos.

Normalmente era utilizado en áreas poco extensas como son las que pueden presentarse en un levantamiento fluvial. En general se instalaban en la costa, pares de señales que producen alineaciones o enfilaciones perpendiculares al escurrimiento, separadas una distancia prefijada. La embarcación sondadora navegaba siguiendo esas enfilaciones que producen, cada una, una línea recta de posición. Desde la embarcación se observaban, a intervalos regulares y dirigidos por el operador "TOP", distancias a la señal mas cercana de la enfilación (ver fig. 3.2).

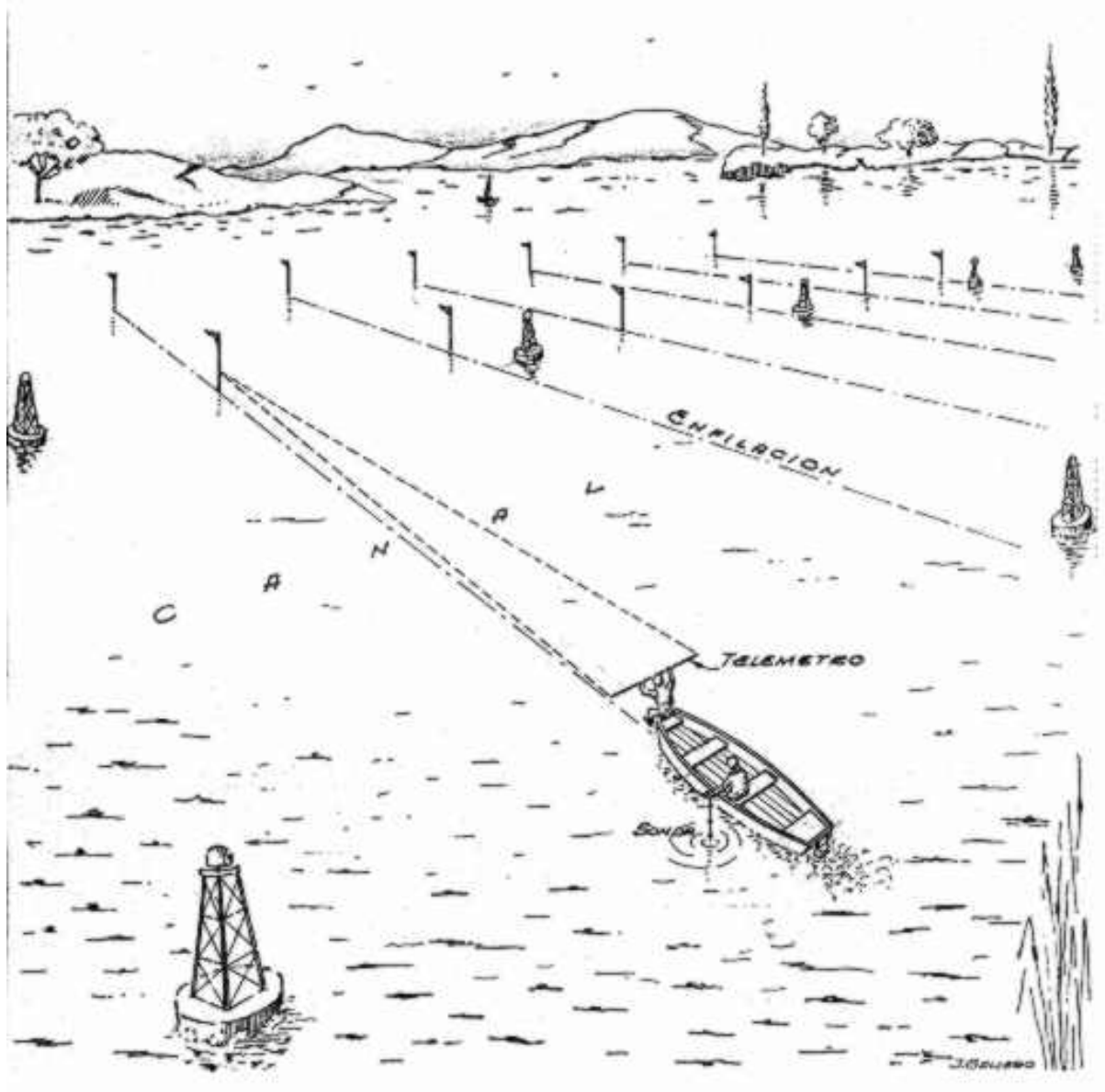


Figura 3.2

Cuando se trata de levantamientos de perfiles transversales de un río, interesa más la posición relativa de las profundidades que la determinación de sus coordenadas planas, por lo que la posición se da con respecto a puntos de la línea de costa.

Se trata por lo tanto de colocar la primera señal de cada enfilación en la línea de costa y la posición de los sondajes es determinada por la dirección de la enfilación y una distancia progresiva cuyo origen es la primera señal.

Las coordenadas de los puntos donde se han instalado las señales, deben ser determinadas por medio de un levantamiento topográfico.

3.3. DETERMINACION DE LA POSICION Y/O DE LAS COORDENADAS PLANIMETRICAS

Hemos dicho ya que el posicionamiento de la embarcación o barco sondador, en el momento de obtener el sondaje (o cualquier otro parámetro físico) equivale a la determinación de las coordenadas planas del sondaje. Esta posición es observada con una cadencia que puede ser, utilizando métodos ópticos, del orden de los 30 segundos.

Antes del advenimiento de las computadoras, la determinación de coordenadas debía llevarse a cabo por medio de largos cálculos aritméticos, método imposible de seguir en un levantamiento donde se procura obtener coordenadas cada 30 seg. Lo que se hacía entonces, era dar posición al barco o embarcación sondadora por medio de los métodos gráficos utilizados en navegación o una adaptación de los mismos.

Actualmente se utilizan programas comerciales o programas realizados por el usuario, que permiten utilizar métodos analíticos de cálculo en computadoras personales.

Si bien los métodos gráficos han dejado de usarse masivamente, algunos de ellos pueden llegar a ser utilizados en casos de emergencia o para comprobación de los resultados obtenidos por los nuevos métodos.

3.3.1. Intersección directa - Marcos tangentes

Si la escala del plano nos permite incluir en el mismo la posición de los puntos de control en la costa donde se han de estacionar los teodolitos, el problema se resuelve fácilmente.

Con centro en cada una de las estaciones se dibuja un círculo graduado en grados y medios grados cuyo origen será el cero u origen que cada uno de los teodolitos utilice durante las observaciones (Figura 3.3).

Supongamos que la zona a sondear sea la demarcada por los vértices NW NE SE y SW. Con centro en el punto A, donde se ha estacionado el teodolito A, se dibujará un círculo con un radio de longitud tal que nos permita graduar los valores de arco fácilmente legibles hasta el medio grado. Cada uno de los círculos dibujados en el plano representa el limbo de cada uno de los teodolitos que están operando.

El origen de las graduaciones será la línea AB puesto que el teodolito A para observar los ángulos durante el levantamiento, hace "cero" en B. En B se procede en forma similar, utilizando como origen, el punto A si es que B hace "cero" en A . En C también se graficará un círculo graduado con origen en B si es que C ha hecho "cero" en B.

Cada uno de los puntos se pincha con un alfiler fino al que se ata un hilo delgado (generalmente hilo de coser, asignando un color a cada punto estación). Cada hilo será movido por un operador o puede usarse un operador para mover dos hilos . Este plano se encontrará en el gabinete de cálculos o la central de trabajo.

Cuando se reciba por radio el valor de los ángulos observados por los teodolitos, habrá un operador que los anota en una libreta junto al conjunto horario o numeración correlativa (hh, mm, ss ó N°N°N°N°)

correspondiente al instante en que fueron observados. Los "operadores hilo" extenderán los mismos haciendo coincidir cada uno de ellos con la graduación de cada círculo correspondiente al ángulo observado y recibido por radio desde la embarcación sondadora.

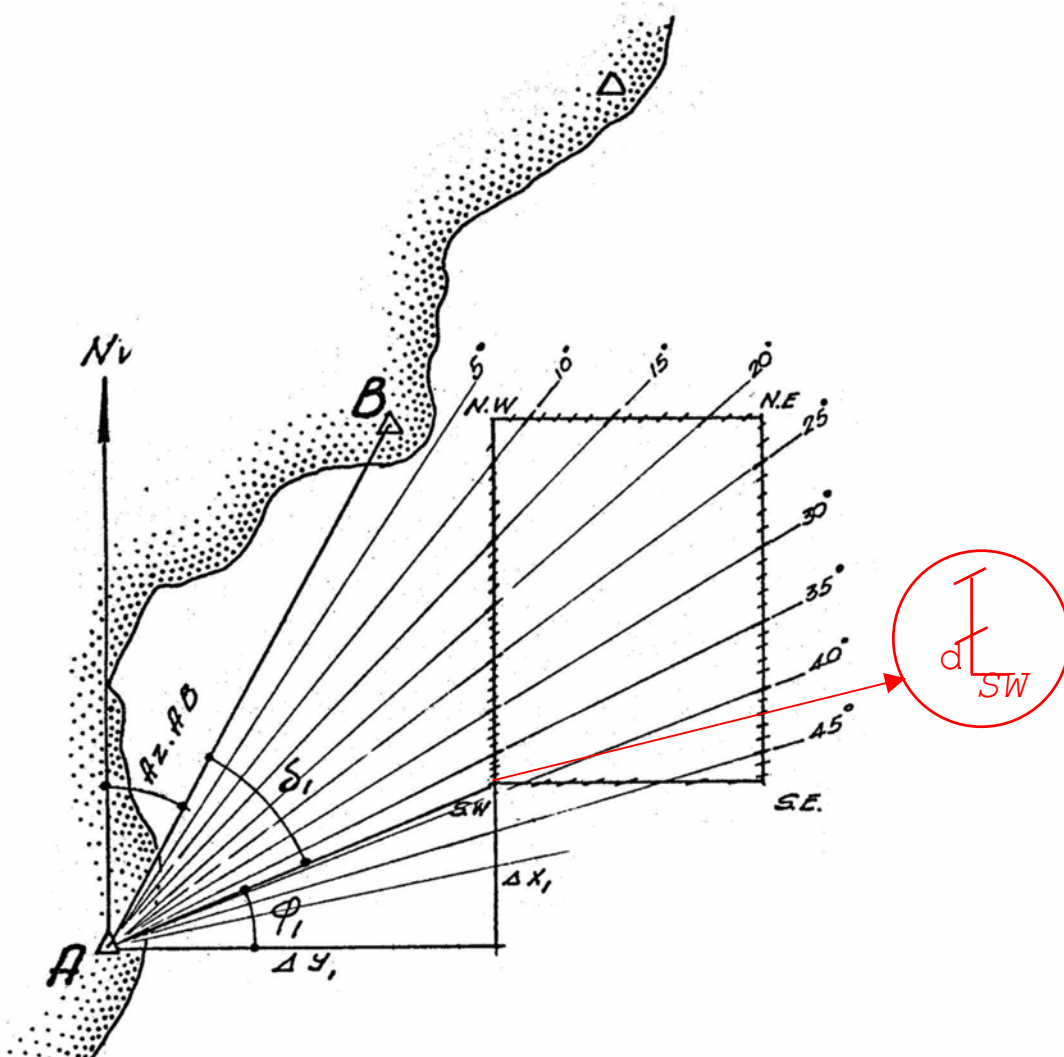


Figura 3.3

Los tres hilos extendidos se juntarán en un punto que será materializado por otro operador que además anotará al costado del mismo, el valor horario o numérico correspondiente al instante de observación .

Si la escala adoptada no permite dibujar en el mismo plano los puntos de control (donde han sido estacionados los teodolitos) y la zona a sondear, se procede de la siguiente manera:

- En una escala menor a la calculada para realizar el plano de trabajo, se sitúan gráficamente por coordenadas, los puntos de control que se utilizarán y se dibuja el área en la que se realizará el trabajo.(Figura 3.3)
- Se obtienen gráficamente, las coordenadas planimétricas de los vértices del área de sondaje, si es que no han sido anteriormente prefijados en las cláusulas del contrato del levantamiento.
- Dado que los puntos de control se hallan fuera del plano, no será posible graduar las circunferencias como se vio en el párrafo anterior. Esas circunferencias graduadas serán reemplazadas por líneas

graduadas, situadas en el perímetro del plano, razón por la que se las denomina "marcos".

- Se trazarán tantos marcos como teodolitos se utilicen para el levantamiento, identificando cada marco con un color diferente y como ya dijimos, cada marco representará el limbo graduado en grados y medios grados de cada uno de los teodolitos estacionados en los puntos de control utilizados para el levantamiento.

Para explicar el procedimiento se trazará el marco tangente para el teodolito estacionado en el punto de control A (Figura 3.3). Para ello se parte de los siguientes datos:

$$\begin{aligned}\Delta Y_1 &= 4656\text{m} \\ \Delta X_1 &= 2452\text{m} \\ (A \rightarrow B) &= 23^\circ 30' 32''\end{aligned}$$

De la Figura 3.3 surge que:

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= \arctg \frac{\Delta X_1}{\Delta Y_1} \\ \varphi_1 &= 27^\circ 46' 22''\end{aligned}$$

Además

$$\begin{aligned}(A \rightarrow SW) &= 90^\circ - \varphi_1 \\ (A \rightarrow SW) &= 62^\circ 13' 38''\end{aligned}$$

El teodolito situado en A, "hace CERO en B" por lo que, hipotéticamente, una señal estacionada en el agua en el punto SW, será bisectada por el teodolito estacionado en A según un ángulo de $38^\circ 43' 06''$, que es el que corresponde a la diferencia de azimutes $(A \rightarrow SW)$ menos $(A \rightarrow B)$ ($62^\circ 13' 38'' - 23^\circ 30' 32''$).

El marco tangente se gradúa en grados y medios grados midiendo la distancia "d" en milímetros a partir de SW hacia arriba. Calcularemos la distancia "d" en mm entre SW y la graduación $38^\circ,5$

En la Figura 3.3 podemos ver que:

$$\varphi_1 + \delta_1 = 90^\circ - (A \rightarrow B) \quad [1]$$

Como el segundo miembro de la ecuación anterior es una constante, el primero también lo es. Es decir si aumenta δ_1 disminuye φ_1 y viceversa. Dando valores a δ (que representa al ángulo medido desde A), obtendremos valores de φ con los que calcularemos la distancia "d". En este caso se hace $\delta_2 = 38^\circ,5$. El nuevo φ_2 de acuerdo con [1] será igual a $27^\circ 59' 28''$. Además:

$$\text{tg } \varphi_2 = \frac{\Delta X_1 + d}{\Delta Y_1}$$

Despejando d :

$$d = \text{tg} \varphi_2 \cdot \Delta Y_1 - \Delta X_1$$

$$d(\text{mm}) = [\text{tg} \varphi_2 \cdot \Delta Y_1(\text{m}) - \Delta X_1(\text{m})] \cdot 1000$$

Esta última ecuación da el valor de d en milímetros y en el terreno. Para obtener el valor de d en la carta se debe dividir por el denominador de la escala, luego simplificando el 1000 con el denominador de la escala se tiene:

$$d(\text{mm}) = \frac{\Delta Y_1(\text{m}) \cdot \text{tg } \varphi_2 - \Delta X_1(\text{m})}{M}$$

donde M es el número de miles del denominador de la escala del plano de trabajo.

De forma similar se establecen las graduaciones de los otros lados del marco y para graduar los marcos tangente correspondientes a las graduaciones de los teodolitos B y C (las ecuaciones sufren pequeños cambios).

La forma de determinar la posición de la embarcación en el plano, en función de los ángulos medidos por los teodolitos, es la siguiente:

Como ya se dijo anteriormente, cada marco tangente está dibujado con un color que lo identifica y se provee a los operadores, de hilos de colores, uno por teodolito.

Supongamos que al teodolito A le corresponde el color azul, al teodolito B el color verde y al teodolito C el color rojo.

Al escucharse por el radiorreceptor el valor del ángulo medido por A, los operadores toman el hilo azul y tensándolo, materializan una recta que pasa por la graduación de dos de los lados del marco azul.

La misma operación se lleva al escuchar el valor del teodolito B con el hilo verde sobre dos lados del marco verde y la del teodolito C sobre dos lados del marco rojo.

El corte de los tres hilos, determina la posición de la embarcación sondadora.

3.3.2.- Métodos gráficos para resolver la intersección inversa

Existen varios métodos geométricos para dar posición a los sondajes habiendo utilizado sextantes desde la embarcación o barco sondador, aquí se hará mención de uno de los más conocidos.

La posición del punto estación (point of station fix) se puede obtener en forma gráfica por medio de un elemento de dibujo especialmente diseñado (ver Fig. 3.4 y 3.5) que recibe diferentes nombres: compás de tres brazos, estigmógrafo o su nombre en inglés: station pointer.

Es difícil poder contar con un estigmógrafo o compás de tres brazos de los fabricados en bronce, que se halle actualmente en uso, pero hoy día podemos encontrar los fabricados en material plástico, que los reemplazaron a partir de la II^{da} Guerra Mundial, utilizados con fines de navegación a bordo de los buques y que se los denomina comúnmente "station pointer".

El estigmógrafo, compás de tres brazos o station pointer, inventado por JOSEPH HUDDART (1741-1816) es utilizado para determinar gráficamente, la posición de un buque o embarcación en una carta o un plano cuando se han medido dos ángulos horizontales observando tres señales o balizas situadas en la costa y cuyas coordenadas ya han sido determinadas.-

La señal o baliza central es el lado común a ambos ángulos. Para ello se lleva el brazo izquierdo del instrumento a la graduación del círculo que corresponde al ángulo observado entre la señal central y la izquierda (ángulo α en la figura 2.5) y el brazo derecho del instrumento se lleva a la graduación que corresponde al ángulo observado entre la señal central y la señal mas a la derecha (ángulo β en la figura 2.5). Desplazando sobre la carta o el plano de trabajo, el retículo del brazo central del station pointer, se

lo hace coincidir con la señal (baliza o señal) del centro, que es el lado común a los ángulos observados.

Luego se desplaza y gira (siempre manteniendo el retículo del brazo central desplazándose por el punto correspondiente a la señal del centro) hasta que los retículos de los otros dos brazos pasen por las señales o balizas a las que se las ha observado. Cuando ésta condición ha sido cumplida, se posa en el centro del instrumento la punta de un lápiz afilado o porta minas quedando así graficada la posición del punto a determinar.

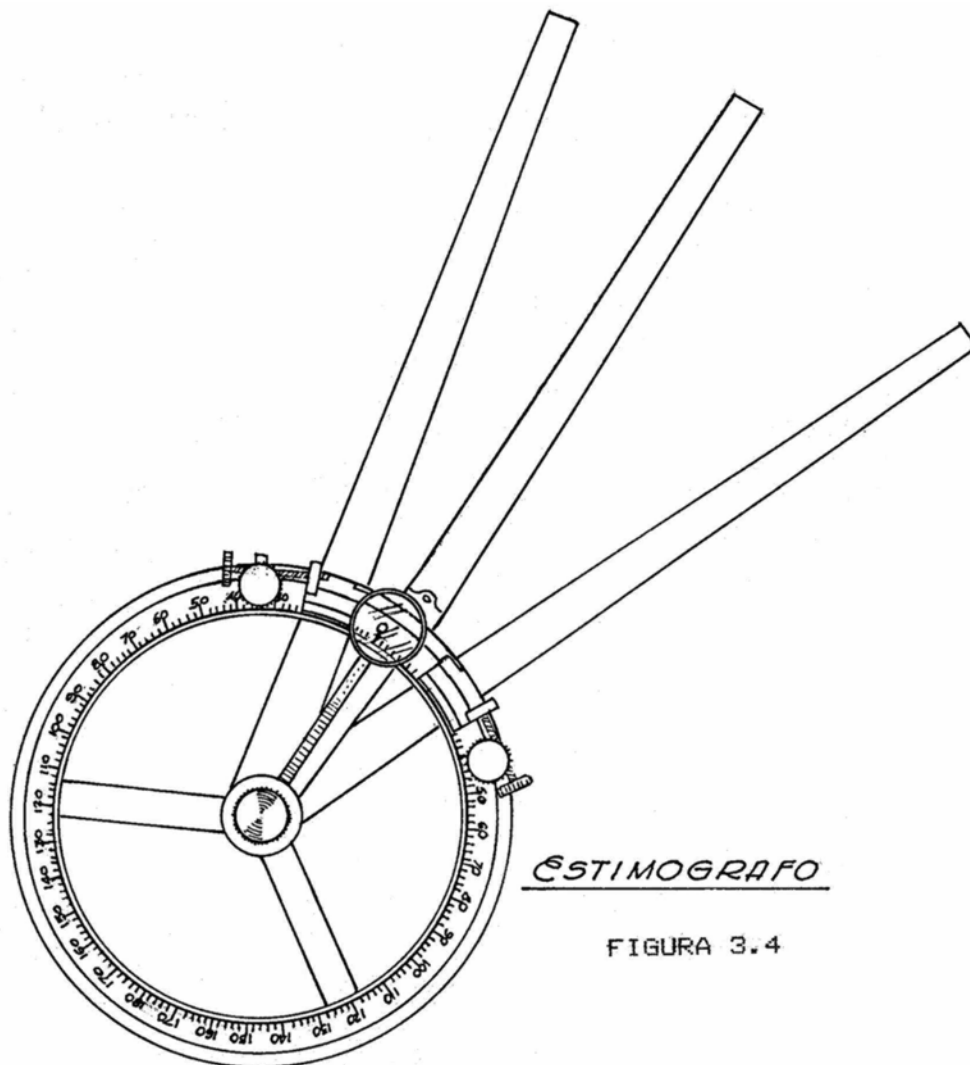
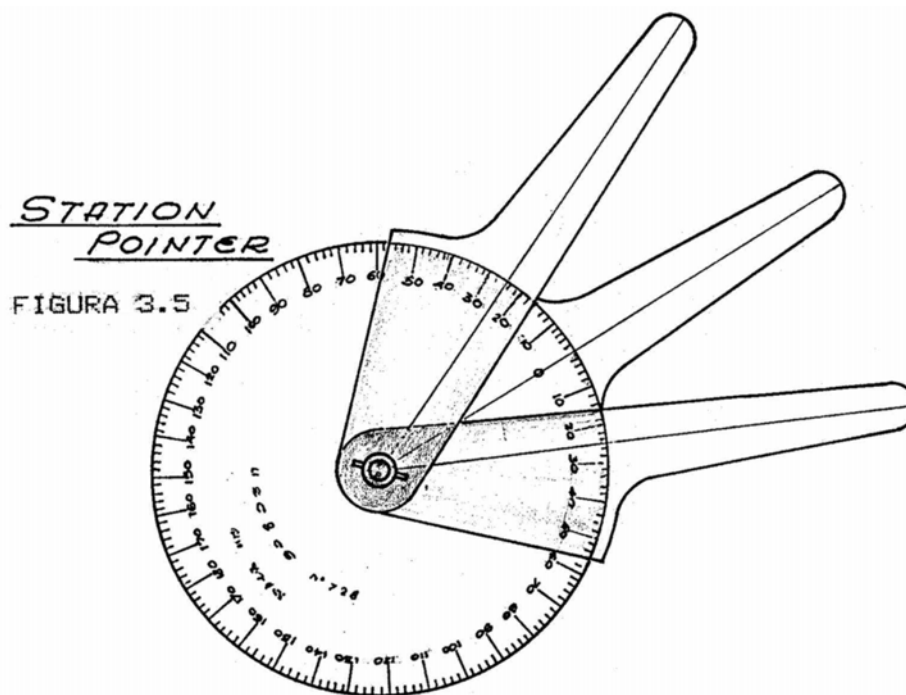


FIGURA 3.4



3.5 CONFECCION DEL PLANO DE DERROTAS

El plano de derrotas es el confeccionado por "ploteo" de los puntos cuyas coordenadas planimétricas han sido determinadas por los diferentes métodos de localización, algunos de los cuales acabamos de ver.

Cada punto es identificado por un número indicativo y que corresponde al registro del parámetro que se está censando (profundidad, gravimetría, magnetismo, etc.). Como se vio anteriormente, ese número puede ser un grupo horario de cuatro o seis cifras que corresponden a hora y minutos, hora minutos y segundos o directamente un número correlativo. Los puntos son unidos por líneas continuas y con cabezas de flecha se indica la dirección del avance durante el trabajo de levantamiento.

Es un documento que certifica el trabajo realizado y en él puede observarse en forma rápida, la densidad de información obtenida en el levantamiento. En los trabajos por contrato normalmente se especifica la presentación de este plano de derrotas al comitente, como parte de la documentación a entregar al finalizar la obra.

Permite además, el análisis de las posiciones para dilucidar los posibles errores que puedan haberse cometido en la determinación de coordenadas o en cualquiera de las etapas de procesamiento de la información.-

NOTA: En algunos casos existen empresas que no disponen del considerable capital (amortizable en un plazo corto) que le permita disponer de un DGPS y los periféricos correspondientes, razón por la que puede llegar a ser necesaria la utilización de estos métodos, asistidos en la actualidad por un buen instrumental de cálculo.

BIBLIOGRAFIA

-Enciclopedia General del Mar-Ed.Garriga-1968-Barcelona- España:Vol VII pp136.-

- Tratado General de Topografía (JORDAN,W) Editorial Gilli S.A.- México D.F.-1981.-
- A Brief History of the Method of Fixing by Horizontal Angles (COTTER) The Journal of Navigation -Vol.25 N°4.-1972.-
- Accuracy Contours for Horizontal Angles Position Lines (GOODWINGKEMP) The Journal of Navigation Vol.26 N°4 1973.-
- Fixing by Horizontal Angles (COTTER) The Journal of Navigation- Vol.26 N°4-1973.-
- Hidrografía (SUAREZ, J.M.) Esc.Nav,Mil.Rio Santiago-1959

TRABAJO PRACTICO N°2

1.-En la costa se han elegido 4 posiciones como posibles estaciones de teodolito para efectuar un levantamiento hidrográfico:

- A $x = 5830, y = 5160$
- B $x = 7530, y = 5945$
- C $x = 7520, y = 6670$
- D $x = 6840, y = 5370$

Los vértices de la zona a relevar son los siguientes:

- V1 $x = 5950, y = 6200$
- V2 $x = 6600, y = 6300$
- V3 $x = 6450, y = 7150$
- V4 $x = 5750, y = 7000$

Se pide determinar gráficamente cuales son las posiciones de teodolito cuyas intersecciones directas tienen un ángulo de corte comprendido entre 30° y 150° .