

UNIVERSIDAD DEL NORTE
CENTRO DE INVESTIGACIONES SUBMARINAS
COQUIMBO

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO SUBMARINO
CON TECNICAS DE BUCEO AUTONOMO.

MANUEL BERRIOS RETAMALES
ALVARO PACHECO HODGES

I N D I C E

1. RESUMEN

LISTA DE FIGURAS

2. INTRODUCCION

3. DESCRIPCION DE LOS INSTRUMENTOS

- a) Alidada
- b) Eclímetro
- c) Brújula
- d) Huincha
- e) Profundímetro

4. METODOLOGIA

- a) Método de Levantamiento Submarino
- b) Método de cálculo
- c) Método de representacion gráfica
- d) Personal necesario

5) RESULTADOS Y APLICACIONES

- a) Precisión
- b) Limitantes
- c) Aplicación al Bajo Knowsley

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

AGRADECIMIENTOS

BIBLIOGRAFIA

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 : Ubicación bajo Knowsley
- Figura 2 : Alidada
- Figura 3 : Eclímetro
- Figura 4 : Brújula
- Figura 5 : Huincha
- Figura 6 : Profundímetro
- Figura 7 : Esquema descriptivo del levantamiento del Bajo Knowsley
- Figura 8 : Poligonal Topográfica
- Figura 9 : Registro Topográfico
- Figura 10 : Representación Gráfica

1. RESUMEN

Este informe describe un método experimental para Levantamientos Topográficos Submarinos. Fue creado modificando métodos e instrumentos topográficos convencionales para aplicarlos al medio ambiente submarino. El método se ilustra con una aplicación al bajo Knowsley, en Bahía La Herradura de Guayacán, Coquimbo, IV Región, Chile.

2. INTRODUCCION

Los estudios hidrográficos habituales se hacen desde la superficie del mar. Para los sondeos se emplean escandalllos o diferentes tipos de ecosondas y ecógrafos, mientras que la localización precisa de los puntos que se sondea se consigue ya sea con apoyo taquimétrico de tierra o con lecturas de sextante en la embarcación.

Los datos recogidos se emplean principalmente en la confección de cartas de navegación. Estas cartas sirven además de base para proyectos de ingeniería. El grado de detalle con que se representa el relieve submarino depende de la escala a que se dibuje y de la cantidad de datos obtenidos. En general, estas cartas indican accidentes de relieve que pueden ser de cuidado para la navegación, limitándose a señalar aproximadamente su tamaño.

Ciertos trabajos específicos de arqueología submarina, biología marina u obras de ingeniería tales como voladuras de rocas, necesitan levantamientos topográficos detallados de áreas restringidas.

Diversos autores, por ejemplo, MacKay y Milne (1), Farrington y Wharton (2) dan cuenta de métodos y técnicas para estos fines.

Este trabajo presenta un método diferente a los citados. Utiliza el buceo autónomo, y equipos diseñados especialmente. La precisión que se consigue con su aplicación es equivalente a la citada en la literatura.

La motivación fue la necesidad de representar en for-

ma detallada un roquerío ubicado en la Bahía La Herradura de Guayacán, IV Región, llamado bajo "Knowsley", con el objeto de realizar allí estudios biológicos de especies marinas. Figura 1.

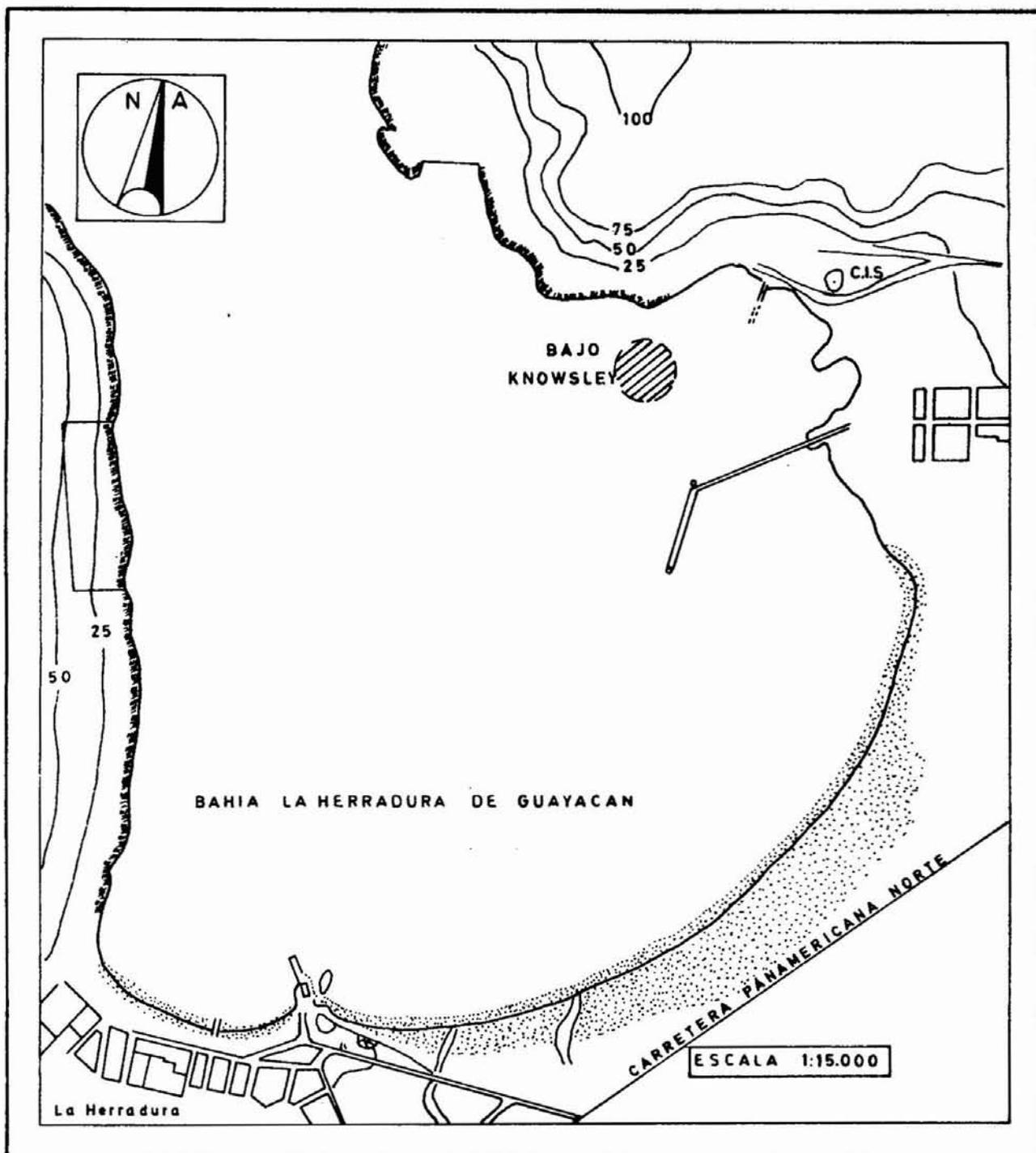


Fig.1 - Ubicacion Bajo Knowsley

3. DESCRIPCION DE LOS INSTRUMENTOS

Los instrumentos requeridos son los siguientes:

- a) Alidada
- b) Eclímetro
- c) Brújula
- d) Huincha
- e) Profundímetro

En razón a que estos instrumentos no son convencionales sino que fueron diseñados o adaptados especialmente para su uso bajo el mar se describirán en forma detallada.

a) Alidada.- Llámase Alidada a un instrumento que consta esencialmente de tres partes. Figura 2.

- i) Un limbo horizontal
- ii) Un indicador
- iii) Un tripode

i) El limbo horizontal fue construido en acrílico con un diámetro de 20 cms y graduación sexagesimal de grado en grado; pintado con pintura epóxica de color amarillo y su graduación en color negro de manera que resalte para ser leída correctamente.

ii) El indicador corresponde a una flecha de acrílico de color blanco con una raya central de color negro.

Dicho indicador va ubicado entre el limbo horizontal y el trípode, sirviendo de materialización del Norte Magnético.



Fig. 2.- Alidada

- iii) El trípode fue construido de fierro galvanizado de 1 1/2" de diámetro, con platinas en sus terminales para mayor estabilidad. En la parte superior donde va ubicado el limbo horizontal, lleva un tornillo de fijación.
- b) Eclímetro. - Este instrumento que reemplaza al limbo vertical también fue construido de acrílico, y pintado de color blanco con una graduación sexagesimal de grado en grado. En su parte superior lleva dos ganchos metálicos para ser colgado de la huincha; la plomada que se usa es de bronce y con un peso suficiente para no ser movida por la corriente marina. Figura 3.
- c) Brújula. - Es un instrumento que porta el operador de la Alidada en uno de sus brazos a manera de reloj pulsera y está diseñado especialmente para operaciones submarinas. Se emplea para orientar el indicador de la Alidada y al 0° de esta hacia el Norte Magnético; además como en su centro porta un nivel esférico, sirve para horizontabilizar el limbo de la Alidada, operación que se efectúa colocando dicho compás sobre el centro del limbo horizontal. La precisión de la brújula no afecta al levantamiento, sino que, solamente su ubicación con respecto al Norte Magnético. Figura 4.
- d) Huincha. - La Huincha es de lona con una longitud de 30 metros y embutida en su correspondiente carrete (confeccionado en plástico). Figura 5.
- e) Profundímetro. - Al igual que el compás magnético anteriormente descrito el profundímetro también es un instrumento diseñado para operaciones submarinas; y como su nombre lo indica sirve para medir la profundidad de inmersión; pudiendo ser medida ésta, en pies o en metros de acuerdo al tipo de profundímetro usado. Figura 6.



Fig. 3.- Eclímetro

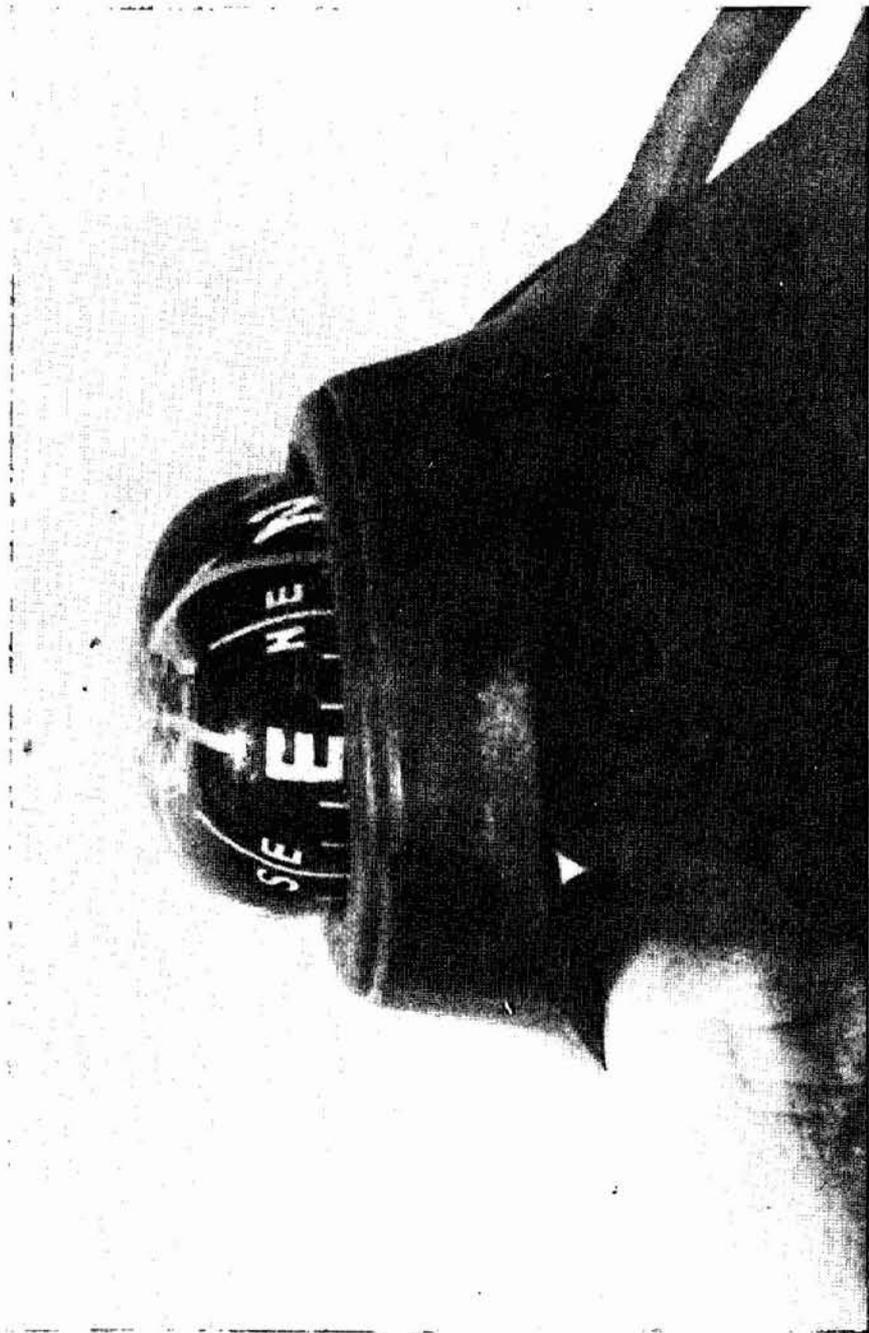


Fig. 4.- Brújula

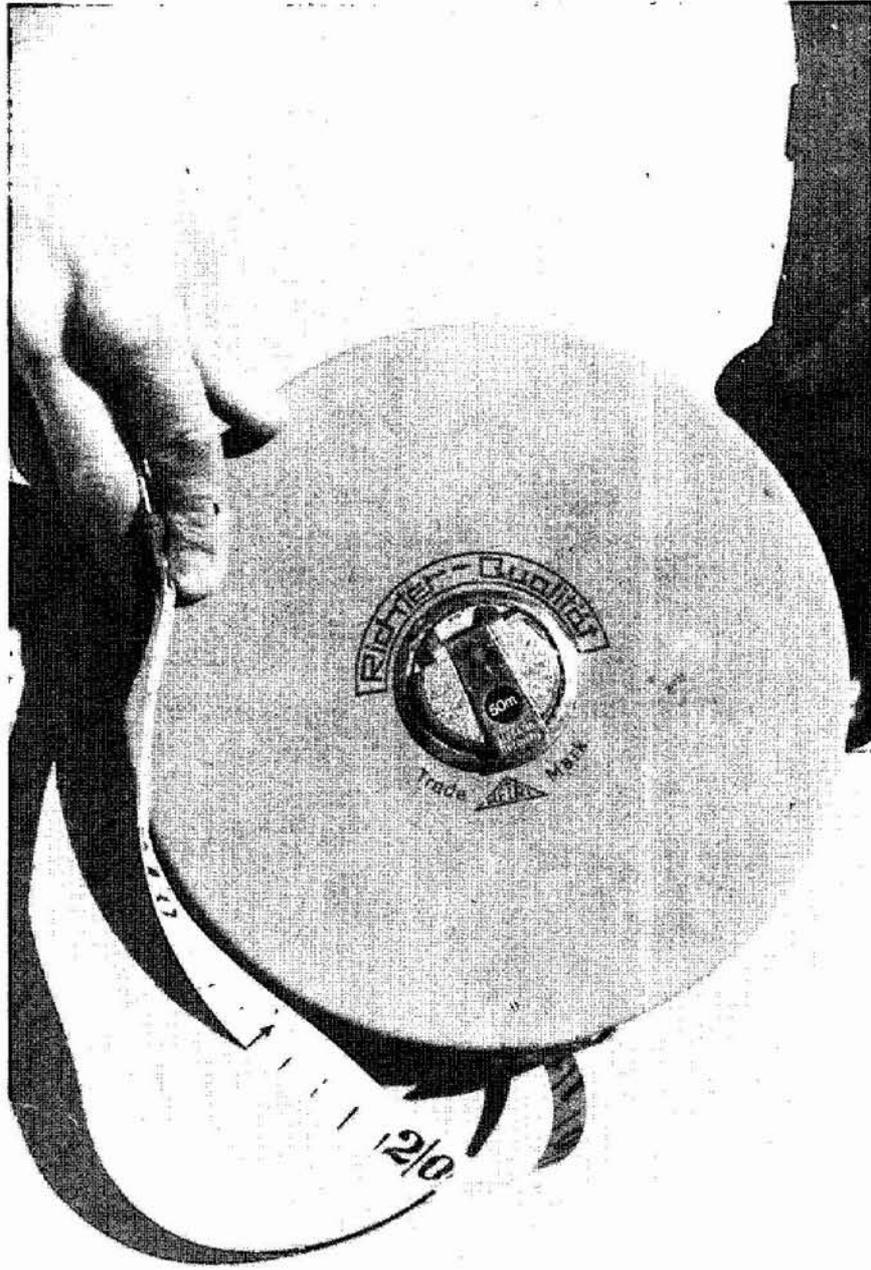


Fig. 5.- Huincha

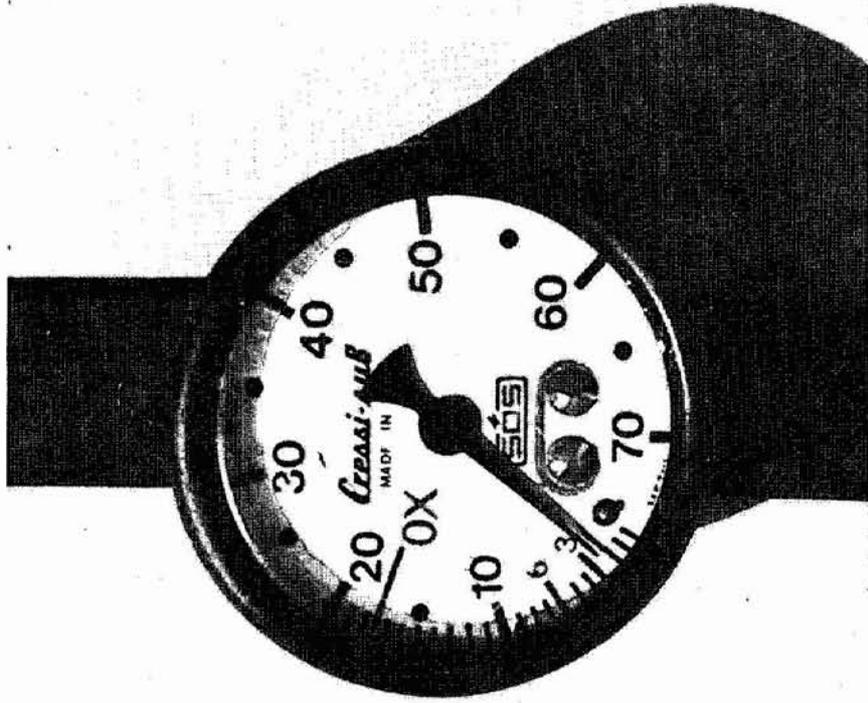


Fig. 6.- Profundimetro

4. METODOLOGIA

- a) Método de Levantamiento Submarino
- b) Método de Cálculo
- c) Método de representación gráfica
- d) Personal necesario.

a) Método de Levantamiento Submarino. - Hecho el reconocimiento del roquerío por levantar y sus contornos, se instala el trípode en una estación submarina cercana al roquerío desde la cual se aprecie con claridad una de sus caras. Una vez centrada y nivelada la Alidada se procede a tomar los puntos de relleno en la cara y base de la roca, un extremo de la huíncha lo sostiene el operador de la Alidada pasándolo por el centro del limbo horizontal, a la vez que el ayudante sostiene el extremo opuesto, correspondiendo este extremo al del cero (0) de la huíncha. Figura 7.

Al tomar el punto de relleno, el operador lee los ángulos horizontales y verticales a la vez que anota la distancia inclinada. De esta forma, levantada una de las caras de la roca se prosigue con la siguiente, cambiando de estación sucesivamente hasta completar todas las caras del roquerío dando forma a una poligonal topográfica abierta o cerrada en torno a la roca. Figura 8.

Todas las lecturas angulares y de distancias deben ser cuidadosamente anotadas in situ por el operador de la Alidada en un registro topográfico diseñado para tales efectos, Figura 9, a la vez que el ayudante debe encargarse de llevar un minucioso croquis y las anotaciones del caso. Estos registros se copian en tablillas de acrílico y se escribe so

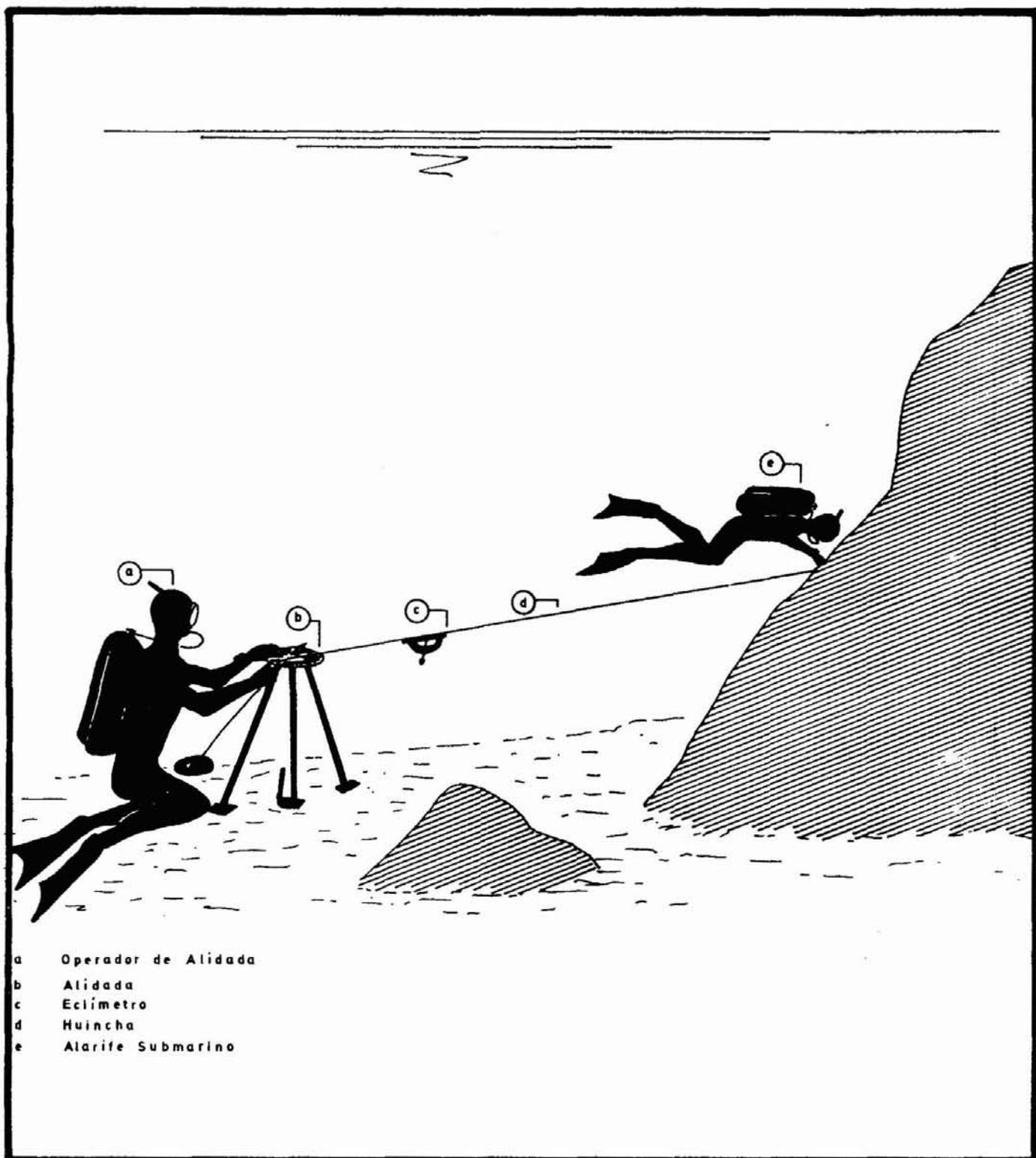


Fig. 7.- Esquema descriptivo del levantamiento del Bajo Knowsley.

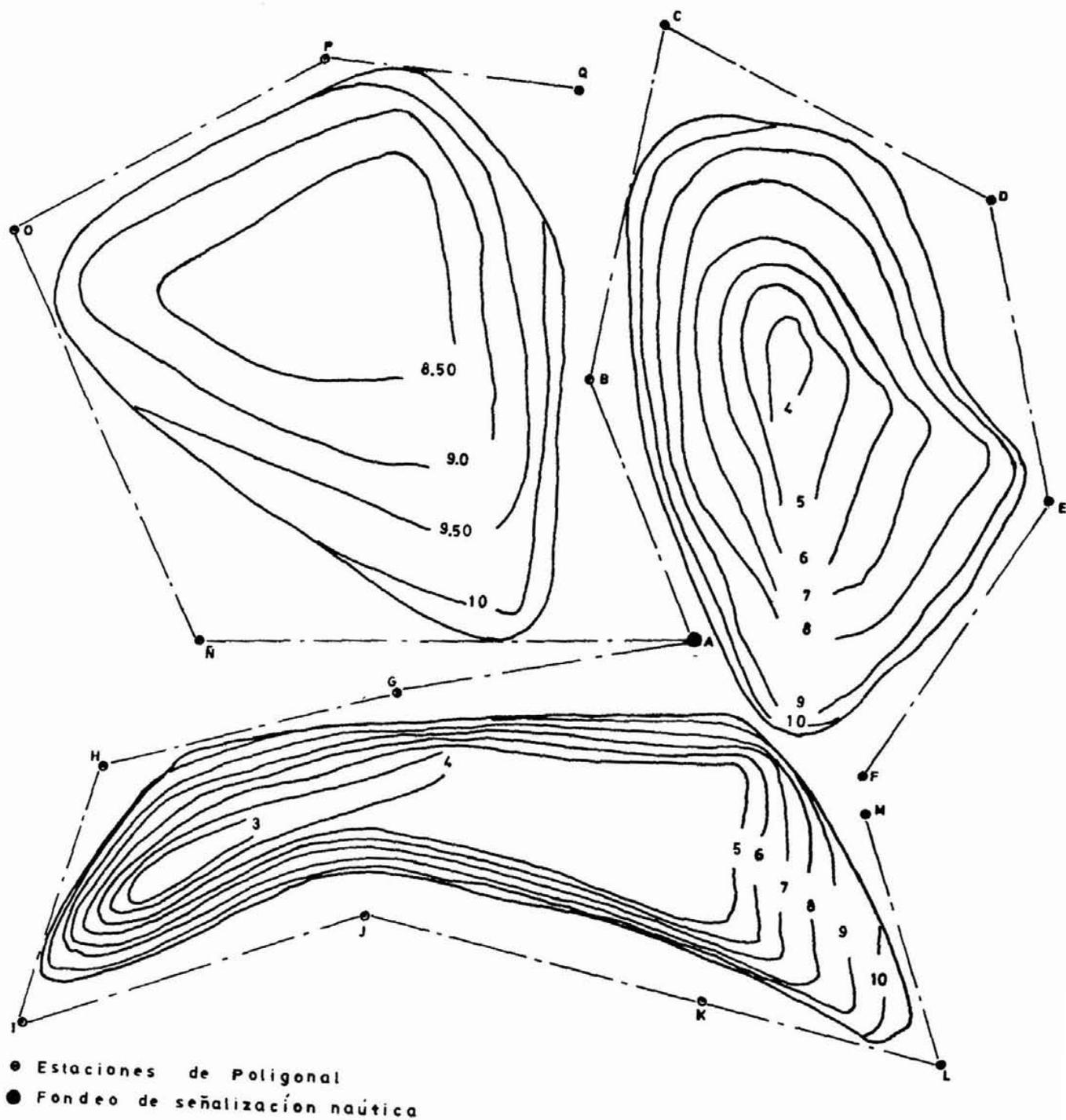


Fig. 8 - Poligonales Topográficas

bre ellos usando un lápiz de grafito.

- b) Método de Cálculo.- Ordenados los datos es necesario obtener informaciones tales como distancias horizontales (DH) y diferencias de Nivel (DN); estas incógnitas deben determinarse ocupando las fórmulas topográficas que a continuación se detallan.

$$Y = Di \times \text{Sen } \alpha \quad (1)$$

Y = Distancia Vertical entre la horizontal del instrumento y el punto visado.

α = Angulo Vertical entre el punto visado y la proyección horizontal del limbo horizontal.

Di = Distancia inclinada entre el centro del limbo horizontal y el punto visado.

$$Cp = P \pm (Di \times \text{Sen } \alpha) - CM \quad (2)$$

Cp = Cota del punto

P = Cota instrumental

CM = Corrección de Marea

Si α está sobre la horizontal del instrumento es (-)

Si α está bajo la horizontal del instrumento es (+)

De las Ecuaciones 1 y 2 se obtiene:

$$Cp = P \pm Y - CM$$

Finalmente:

$$DH = Di \times \text{Cos } \alpha$$

Donde:

DH = Distancia horizontal

- c) Método de Representación Gráfica. El procedimiento para expresar gráficamente el levantamiento es similar a los sistemas clásicos de topografía.

Ubicados los puntos en el plano y con sus correspondientes cotas, se interpola para trazar las curvas de nivel las cuales dan forma y dimensión al roquerío levantado. Figura 10.

- d) Personal Necesario.- El uso del método requiere de una brigada de dos personas debidamente entrenadas en buceo autónomo.

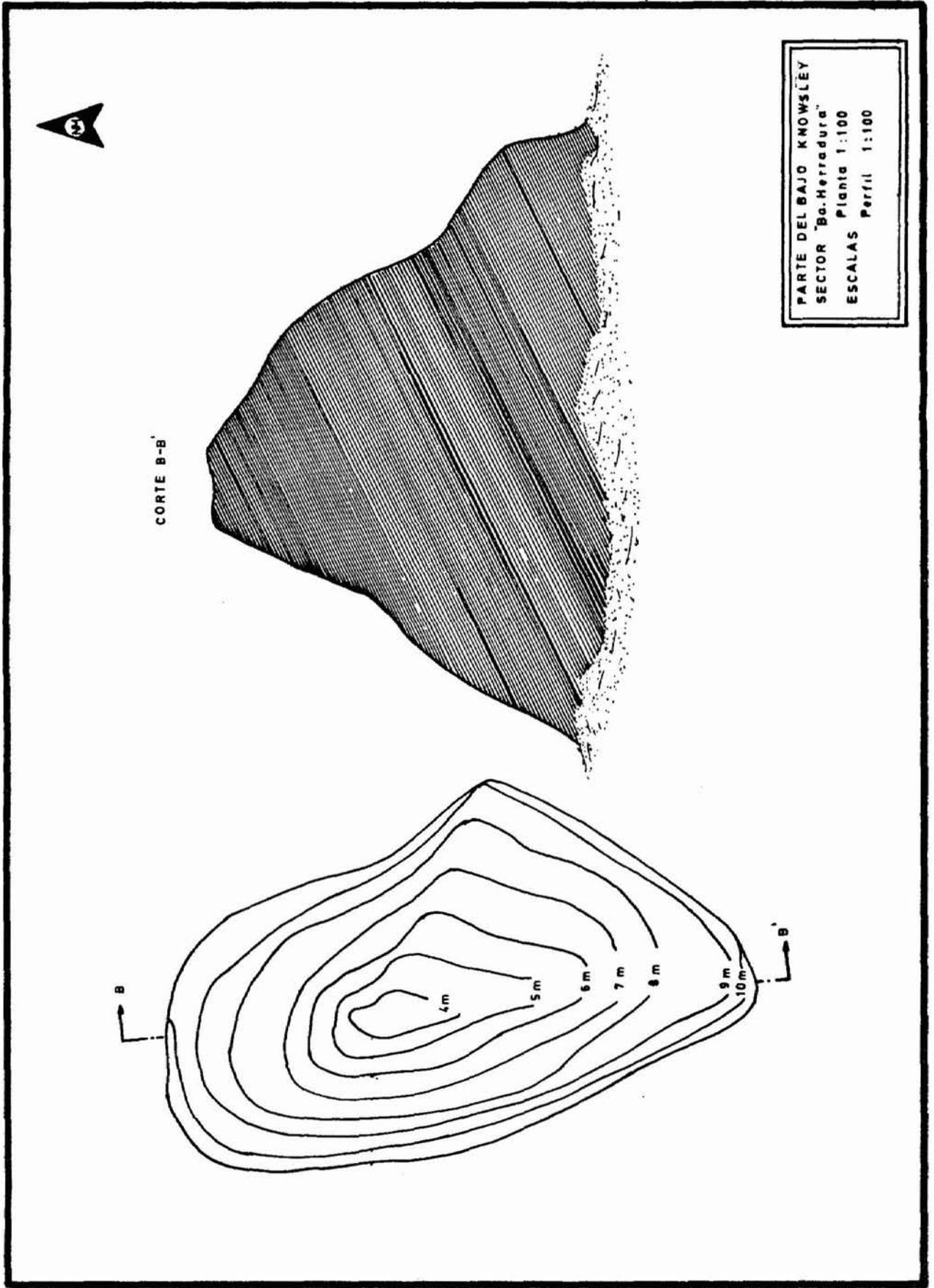


Fig. 10 r Representación Gráfica.

5. RESULTADOS Y APLICACIONES

- a) Precisión
- b) Limitantes
- c) Aplicación al Bajo Knowsley.

a) Precisión.- Las precisiones obtenidas en el levantamiento del bajo Knowsley fueron satisfactorias considerando las dificultades inherentes al medio ambiente submarino caracterizado por escasa visibilidad, bajas temperaturas y donde la óptica es inaplicable por el momento.

Se consiguió una precisión del orden de ± 10 cms en las distancias horizontales y ± 20 cms en las diferencias de nivel. Los ángulos verticales y horizontales fueron leídos con $\pm 1^\circ$ sexagesimal de precisión.

b) Limitantes.- Las limitantes del método se subdividen en tres tipos:

- i) Tiempo
- ii) Temperatura
- iii) Visibilidad

i) Tiempo.- El sistema tiene aplicación hasta profundidades de 20 mts considerando que el tiempo máximo de buceo sin saturación para esta profundidad es de 50 minutos (Según la U.S. Navy Standard Air Decompression Table).

ii) Temperatura.- La baja temperatura afecta a la brigada, especialmente al operador de Alidada que debe permanecer

en posición estática, equipado con traje húmedo convencional para buceo autónomo.

iii) Visibilidad.- La escasa visibilidad que presenta en general el mar afecta en forma considerable la longitud de las huinchadas, siendo un límite práctico 15 mts de longitud.

c) Aplicación al Bajo Knowsley

- i) Reconocimiento
- ii) Levantamiento
- iii) Equipos usados y tiempo de Ejecución.

i) El método fue aplicado en un roquerío submarino llamado "Bajo Knowsley" ubicado al Nor-Este de la Bahía La Herradura de Guayacán y a una profundidad promedio de 12 mts.

Este levantamiento se efectuó en los meses de Junio y Julio de 1976. El bajo estaba formado por un grupo de rocas dispersas sobre un suelo arenoso y separadas entre si por pequeñas distancias. De estas rocas se eligieron las 6 más representativas en tamaño y ubicación.

ii) Levantamiento.- Se utilizó como estación de partida de la poligonal, el fondo del sistema de señalización náutica que demarca el roquerío, desde allí y orientado al Norte Magnético, se comenzó a levantar las caras de cada una de las rocas, cambiando sucesivamente de Estación. Estas estaciones de poligonal fueron materializadas en el terreno clavando estacas de 1" de diámetro

con una longitud de 60 cms y pintadas de color anaranjado.

iii) Equipos Usados y Tiempo de Ejecución.- El equipo usado fue el convencional de buceo autónomo que cuenta de:

- Máscara
- Aletas
- Snorkel
- Chaleco de seguridad
- Cinturon con plomos
- Traje húmedo completo de Neoprene
- Guantes
- Cuchillo
- Botellas con aire comprimido (Bibotellas)

La Brigada de trabajo estuvo compuesta en un principio por tres personas: Un operador de Alidada, un ayudante de operador y un Alarife; para posteriormente reducirse a dos personas debido al aumento de habilidad en las operaciones.

El tiempo de ejecución fue de 30 hrs de buceo, trabajándose diariamente 2 horas 40 minutos debido a que el tiempo de permanencia para la profundidad de trabajo es de 200 minutos.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- El sistema de trabajo permite un tipo de levantamiento topográfico submarino sencillo y práctico, que permite obtener información imposible de obtener desde la superficie del mar.
- El corto alcance de las huinchadas compensa la poca precisión angular.
- El equipo de buceo semiautónomo Hoocka, también es utilizable en este tipo de trabajo, pero da menor movilidad que el sistema autónomo.
- Las huinchas convencionales, preferencialmente las de lona son utilizables, teniendo como precaución no rozarlas sobre incrustaciones biológicas (picorocos, etc.) o sobre filos cortantes de rocas.
- El uso de lápices grafito y tablillas de acrílico soluciona el problema de la escritura bajo el agua.
- Deben usarse profundímetros con mecanismos de relojería o de aceite debido a la mayor precisión con que indican la profundidad de inmersión.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los Señores Buzos de Salvataje del Centro de Investigaciones Submarinas, por la colaboración prestada como alarifes submarinos.

BIBLIOGRAFIA

1. FARRINGTON Y WHARTON The development and use of a practical
underwater theodolite.
2. GORRIA, E. Tablas Taquimétricas
3. INSTITUTO HIDROGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE Tablas de marea.
4. MILNE, P. Insitu underwater surveying by plane
table and Alidade.
5. U.S. NAVY Standard Air Decompression Table.

