



7 p

UNIVERSIDAD DEL NORTE
COQUIMBO CHILE
PUBLICACION OCASIONAL DEL
CENTRO DE INVESTIGACIONES
SUBMARINAS CIS

UNIVERSIDAD DEL NORTE
CENTRO DE INVESTIGACIONES SUBMARINAS
COQUIMBO



C 397 p
4564
C 1

PUBLICACION OCASIONAL N° 1
SERIE OCEANOGRAFIA E INGENIERIA,
JUNIO 1979

4564

SERIE OCEANOGRAFIA E INGENIERIA

Director del CIS	Dr. Alfredo Cea Egaña
Sub-Director del CIS	Ing. Msc. Juan Carlos Valle L.
Director Científico	Dr. Carlos A. Viviani R.
Editor de la Serie	Juan Carlos Valle L.

La serie se ofrece en canje.

Dirección : Casilla 117
Telex : 20015 UNORTE
COQUIMBO, CHILE

PRESENTACION DE LA SERIE

El Centro de Investigaciones Submarinas CIS ha decidido iniciar dos series de Publicaciones Ocasionales a partir de 1979. Estas son: La Serie de Oceanografía Biológica y la Serie de Oceanografía e Ingeniería.

En estas series se dará a conocer el medio científico y técnico la producción del Centro. Caben aquí informes, descripciones, monografías y trabajos que abordan diferentes aspectos de nuestro mar litoral.

La Serie de Oceanografía e Ingeniería reunirá los estudios de Oceanografía física y química, Ingeniería de Costa y contribuciones en Ingeniería Submarina.

Esperamos iniciar así la materialización de nuestro aporte a la comunidad nacional en su empeño por explotar racionalmente y conservar nuestro patrimonio marino nacional.

UNIVERSIDAD DEL NORTE
CENTRO DE INVESTIGACIONES SUBMARINAS
COQUIMBO

CONTENIDO

1. Descripción Oceanográfica de la Bahía Herradura de Guayacán. Jorge Alfsen S.
2. Levantamiento Batimétrico de Precisión de la Bahía La Herradura de Guayacán. Alvaro Pacheco H. y Manuel Berrios R.
3. Levantamiento Topográfico Submarino con técnicas de buceo autónomo. Manuel Berrios R. y Alvaro Pacheco H.

UNIVERSIDAD DEL NORTE
CENTRO DE INVESTIGACIONES SUBMARINAS
COQUIMBO

DESCRIPCION OCEANOGRAFICA DE LA
BAHIA HERRADURA DE GUAYACAN

JORGE ALFSEN SERON

I N D I C E

	Pág.
RESUMEN	1
I INTRODUCCION	2
II ANTECEDENTES	3
III MATERIALES Y METODOS	6
3.1 Area de Estudio	6
3.1.1 Estaciones Oceanográficas	6
3.1.2 Muestreo de Fondos	8
3.1.3 Datos Meteorológicos	8
3.2 Equipos e Instrumentos	10
3.3 Obtención y Tratamiento de los Datos	11
3.3.1 Oceanográficos	11
3.3.2 Meteorológicos	16
IV RESULTADOS	18
4.1 Condiciones Oceanográficas	18
4.1.1 Temperatura	18
4.1.2 Oxígeno	21
4.1.3 Salinidad	25
4.1.4 Sigma T	29
4.1.5 Estabilidad	29
4.1.6 Cortes Longitudinales	34
4.1.7 Sedimentos	45
4.2 Condiciones Meteorológicas	51

4.2.1	Temperatura	51
4.2.2	Presión Atmosférica	51
4.2.3	Humedad Relativa y Nubosidad	54
4.2.4	Viento	54
4.2.5	Precipitaciones	57
V	ANALISIS	59
VI	CONCLUSIONES	62
VII	BIBLIOGRAFIA CITADA	64

L I S T A D E F I G U R A S

	Pág.
<u>Fig. 1</u> Posición Estaciones Oceanográficas	7
<u>Fig. 2</u> Batimetría Bahía Herradura y Posición de Estaciones Sedimentos	9
<u>Fig. 3</u> Promedios Estacionales de Temperatura para Estaciones 1 y 3	20
<u>Fig. 4</u> Variación Estacional de Temperatura (Estaciones 1 y 3)	22
<u>Fig. 5</u> Promedios Estacionales de Oxígeno Disuelto para Estaciones 1 y 3	26
<u>Fig. 6</u> Variación Estacional de Oxígeno (Estaciones 1 y 3)	27
<u>Fig. 7</u> Promedios Estacionales de Salinidad para Estaciones 1 y 3	30
<u>Fig. 8</u> Variación Estacional de Salinidad (Estaciones 1 y 3)	31
<u>Fig. 9</u> Variación Estacional de Sigma-T (Estaciones 1 y 3)	33
<u>Fig. 10</u> Temperatura, Corte Longitudinal para Primavera 1976 y Verano 1977	37
<u>Fig. 11</u> Temperatura, Corte Longitudinal para Otoño e Invierno, 1977	38
<u>Fig. 12</u> Oxígeno, Corte Longitudinal para Primavera 1976 y Verano 1977.	39

<u>Fig. 13</u>	Oxígeno, Corte Longitudinal para Otoño e Invierno 1977	40
<u>Fig. 14</u>	Salinidad, Corte Longitudinal para Primavera 1976 y Verano 1977	41
<u>Fig. 15</u>	Salinidad, Corte Longitudinal para Otoño e Invierno 1977	42
<u>Fig. 16</u>	σ_t , Corte Longitudinal para Primavera 1976 y Verano 1977	43
<u>Fig. 17</u>	σ_t , Corte Longitudinal para Otoño e Invierno 1977	44
<u>Fig. 18</u>	Distribución del tamaño medio de los Sedimentos en Bahía Herradura	47
<u>Fig. 19</u>	Perfiles Longitudinales y Transversales de Sedimentos en Bahía Herradura	48
<u>Fig. 20</u>	Distribución de material biógeno y desviación standard de sedimentos en Bahía Herradura	49
<u>Fig. 21</u>	Medias Mensuales de Presión Atmosférica y de Temperatura máxima, mínima y Temperatura media, para Coquimbo entre 1971 y 1977	52
<u>Fig. 22</u>	Medias mensuales de Humedad Relativa y Nubosidad para Coquimbo entre 1971 y 1977	55
<u>Fig. 23</u>	Frecuencia del viento en Coquimbo entre 1971 y 1977	56

L I S T A D E T A B L A S

		Pág.
<u>Tabla 1</u>	Estaciones Oceanográficas en Bahía Herradura	8
<u>Tabla 2</u>	Escala de Tamaños Arenas	15
<u>Tabla 3</u>	Temperatura media	18
<u>Tabla 4</u>	Oxígeno disuelto medio	23
<u>Tabla 5</u>	Porcentaje de Saturación Superficial de O ₂	24
<u>Tabla 6</u>	Salinidad Media	28
<u>Tabla 7</u>	Temperatura, Oxígeno disuelto y Salinidad	32
<u>Tabla 8</u>	Valores mensuales de Estabilidad (x 10 ⁶) en la columna de agua para las Estaciones 1 y 3	35
<u>Tabla 9</u>	Sedimentos Bahía Herradura	50
<u>Tabla 10</u>	Temperatura del aire (1971-1977) Faro Punta de Tortuga	53
<u>Tabla 11</u>	Velocidad media del viento (Nudos)	57
<u>Tabla 12</u>	Precipitaciones (ml) entre 1971 y 1977	58

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos a todo el personal del Centro de Investigaciones Submarinas de la Universidad del Norte, Sede Coquimbo en especial al Departamento de Oceanografía y al Sr. Eduardo Valenzuela, Geólogo de la Universidad de Chile.

Además agradezco a la Sociedad Pesquera Coloso, la cual nos facilitó una vez al mes, embarcación para parte del estudio.

RESUMEN

El presente trabajo es una descripción de parámetros oceanográficos de la Bahía Herradura de Guayacán.

Se estudió la variación estacional y espacial de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y σ_t en base a muestras mensuales a lo largo de un año.

La temperatura presenta variaciones mensuales significativas, principalmente en la capa superficial, con un aumento en Verano y descenso en Invierno. La salinidad experimenta un aumento en Invierno, se observa también fluctuaciones verticales de las isohalinas a lo largo del período de estudio. El oxígeno disuelto alcanza en superficie valores de sobresaturación, mientras que en el fondo se registra en una sola oportunidad un valor menor que 1 ml/l.

En forma complementaria a lo anterior se efectuó un análisis granulométrico y de distribución de los sedimentos de fondo. Los sedimentos están constituidos por material biógeno y terrígeno y el promedio de los tamaños medios de todas las muestras es 0.25 mm.

En cuanto a las condiciones meteorológicas el área presenta poca variación de temperatura y humedad relativa. La nubosidad es alta y sus precipitaciones escasas.

I. INTRODUCCION.

El presente trabajo fue desarrollado con el objeto de obtener información básica necesaria para la conducción de estudios y proyectos de investigación en recursos biológicos y cultivos marinos. La información obtenida, y su análisis, son, sin embargo, de utilidad más amplia. Por ello el CIS decidió su publicación como estudio independiente.

La Bahía Herradura es un importante centro recreacional, y ampara diversas actividades industriales tales como embarque de minerales de hierro, producción pesquera y generación de energía eléctrica. Así mismo, ésta constituye un laboratorio natural especialmente adecuado para el desarrollo de estudios científicos. En cuanto a captura pesquera tiene escasa importancia, estando su producción artesanal constituida principalmente por *Gracilaria* sp. y cantidades pequeñas de blanquillo (*Prolatilus jugularis*) y jurel (*Trachurus muphyi*).

Finalmente, en la Bahía hay algunas fuentes contaminantes, principalmente el emisario urbano de Guayacán.

El presente trabajo describe las fluctuaciones de temperatura, salinidad y contenido de oxígeno disuelto a diferentes niveles de profundidad en estaciones oceanográficas en la Bahía Herradura durante Septiembre 1976 a Septiembre 1977. Simultáneamente se efectuó un muestreo de sedimentos. Se incluye además un análisis de la información obtenida por la estación meteorológica Faro Punta de Tortuga entre 1971 a 1977.

II ANTECEDENTES.

A lo largo del litoral chileno se han realizado muy pocos estudios oceanográficos en bahías. Cabe destacar el estudio efectuado en la Bahía de Concepción, (Ahumada 1976) y en la zona frente a la Bahía de Valparaíso (Silva 1973 y Sievers y Silva, 1973). Esto contrasta con la mayor cantidad de información que se ha obtenido a macro y meso escala frente al litoral en crueros tales como MAR-CHILE, IFOP y en diversos cruceros de instituciones extranjeras.

Aguas frente a Coquimbo.

En lo que se refiere a las condiciones oceanográficas del área frente a Coquimbo, éstas fueron descritas por Alarcón (1975). Numerosos autores han contribuido al conocimiento de las aguas del Pacífico frente a la zona Central y Norte, entre ellos Brandhorst (1971), Sievers y Silva (1975), Silva y Konow (1975) y Robles et al (1976). Estos estudios concluyen que en la zona frente a Coquimbo entre 0 y 1000 m de profundidad se identifican tres masas de agua:

i) Agua Subantártica

Se caracteriza por su temperatura moderada, salinidad relativamente baja y tiene su origen en la región subantártica. Esta masa de agua es transportada al Norte por la corriente de Humboldt.

ii) Agua ecuatorial subsuperficial

Esta masa es transportada hacia el Sur por la corriente de Gunther. Se caracteriza por presentar valores altos de salinidad y bajo contenido de oxígeno disuelto.

iii) Agua intermedia antártica

Se caracteriza por temperaturas inferiores a 7°C, por un mínimo relativo de salinidad y por un máximo relativo del contenido de oxígeno ubicándose su núcleo a alrededor de 600 m de profundidad.

Clima

Las condiciones meteorológicas imperantes en Chile dependen de tres centros de presión, una área de altas presiones o Anticiclón del Pacífico, la Depresión del extremo Sur y la Depresión Continental. El primero de ellos es el de mayor importancia ya que regula la acción de las otras, (Dirección Meteorológica de Chile, 1943).

Según la clasificación de Koeppen a la climatología de Chile, Fuenzalida (1975) establece que la ubicación de La Serena (Lat 29°54') corresponde al límite entre clima de desierto y de estepa, denominándose (a partir de esta zona hacia el Sur), clima de estepa con nubosidad abundante, debido a su alta humedad relativa y nubosidad, a pesar que la pluviosidad no es importante.

Area Oceanográfica

La Bahía Herradura de Guayacán se encuentra ubicada a 29°59' S y 71°22' O con una superficie de 3.3 Km². En relación a su costa existen dos áreas, una externa donde afloran rocas granílicas y otra interna con una playa de arena interrumpida por una formación rocosa en una pequeña extensión.

No existen aportes de agua dulce importantes, hay solamente dos esteros que no llegan directamente al mar. Existen además algunos desagües y rebalses de estanques de agua potable que desembocan al mar.

Según Pacheco y Barrios (1979) la profundidad media de la bahía es de 19 m alcanzando una profundidad de 60 m en la boca. La plataforma continental frente a la zona de estudio es angosta alcanzando alrededor de 3 millas de ancho y el quiebre de pendiente de la plataforma se encuentra aproximadamente a 120 m de profundidad.

III MATERIALES Y METODOS.

3.1 Area de estudio

3.1.1 Estaciones Oceanográficas

Durante el período Septiembre 1976 a Septiembre 1977, se realizaron 8 estaciones oceanográficas mensuales en la Bahía Herradura (Fig. 1), no efectuándose las correspondientes a los meses de Abril y Agosto de 1977. La ubicación de las estaciones se efectuó desde tierra y sus profundidades se determinaron mediante el ecosonda de la embarcación. En Tabla 1 se indica la posición y la profundidad de las estaciones oceanográficas.

Las estaciones oceanográficas fueron seleccionadas para obtener información de los parámetros físico-químicos a diferentes niveles de profundidad y en diferentes sectores de la Bahía. Para la elección de la ubicación de algunas estaciones se consideró la necesidad de entregar información básica a estudios de recursos biológicos. De esta manera, se fijaron las estaciones 5 y 6 sobre una pradera de algas (*Gracilaria* sp), la estación 7 se encuentra próxima al muelle CAP, donde se realizó un estudio de Fouling y la estación 8 está ubicada en el sector donde se efectúan estudios de algunos bivalvos. Además se consideró importante ubicar una estación oceanográfica (Est.1) en el exterior de la Bahía, en un sector próximo a la boca.

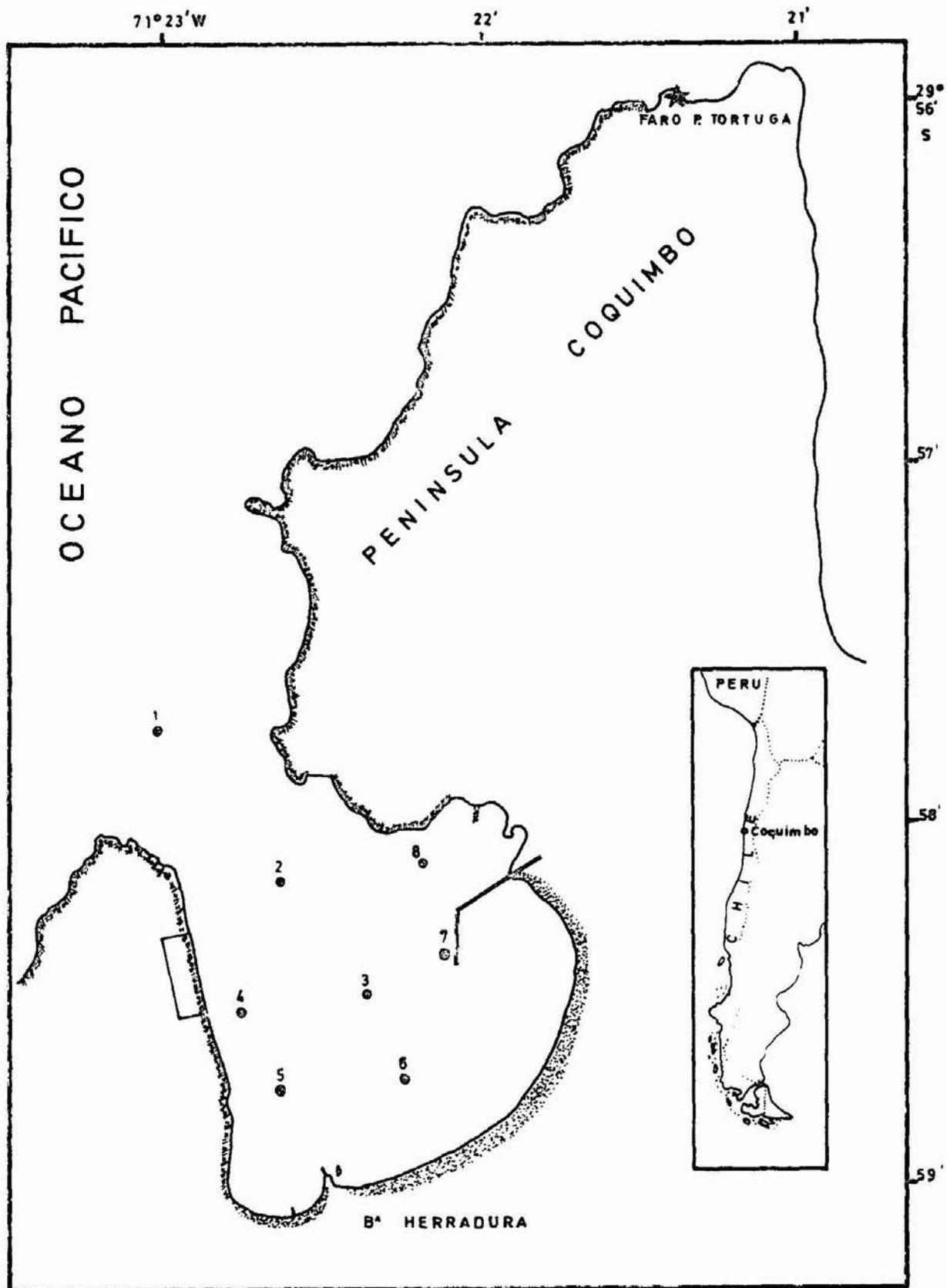


Fig. 1. Posición Estaciones Oceanográficas.

TABLA 1: Estaciones Oceanográficas en Bahía Herradura

ESTS.	LAT. (S)	LONG. (O)	PROF. (m)
1	29°57'44"	71°23'00"	75
2	29°58'12"	71°22'39"	40
3	29°58'24"	71°22'27"	28
4	29°58'31"	71°22'45"	20
5	29°58'48"	71°22'33"	11
6	29°58'39"	71°22' 20"	13
7	29°58'21"	71°22'04"	18
8	29°58'09"	71°22'12"	15

3.1.2 Muestreo de fondo

Se obtuvieron 35 muestras de sedimentos en la Bahía Herradura (Fig. 2) entre Junio 1977 y Enero 1978.

3.1.3 Datos Meteorológicos

Se analizó las observaciones meteorológicas obtenidas en el Faro Punta de Tortuga entre 1971 y 1977, esta estación

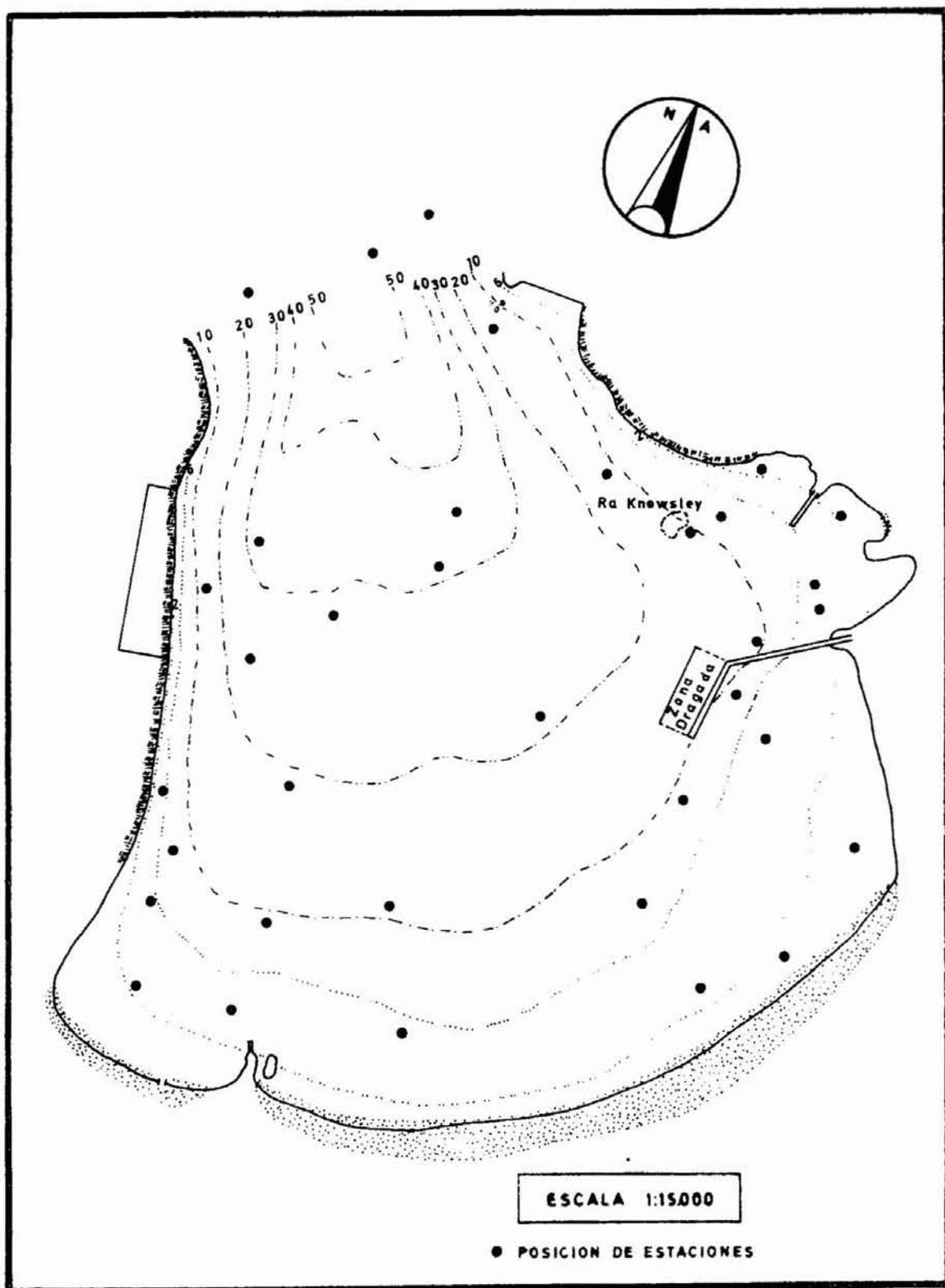


Fig. 2. Batimetría Bahía Herradura y posición estaciones de sedimentos.

meteorológicas se encuentran ubicada a 4 Kms de la Bahía Herradura en $29^{\circ}56' S$ y $71^{\circ}21' O$ (Fig. 1).

3.2 Equipos e instrumentos

Las estaciones oceanográficas se realizaron desde una embarcación de la Sociedad Pesquera Coloso, cuya principal característica son: eslora 22m, manga 6.6 m y velocidad crucero de 10 nudos. Está equipada con un ecosonda Simrad.

Las muestras de sedimentos se obtuvieron desde un bote a motor de 7.5 m de eslora, mediante una draga Van Veen. Estas muestras fueron procesadas en el Departamento de Geología de la Universidad de Chile en Santiago.

Para la ubicación de las estaciones oceanográficas y obtención de muestras de sedimentos se emplearon sistemas topográficos tales como el método de Interacción de visuales y método de Punto alto. Las posiciones angulares fueron determinadas mediante observaciones realizadas con dos taquímetros marca Wild T-16 y Kongo Hatta ST-1.

La información meteorológica obtenida corresponde a observaciones efectuadas por la Estación Meteorológica del Faro Punta de Tortuga, el cual cuenta con el siguiente instrumental: un anemómetro de bandera, un barómetro, termómetros de máxima y mínima, un pluviómetro y un psicrómetro, además en esta estación meteorológica se realizaron observaciones visuales sobre el estado del tiempo.

Para la obtención de las muestras de agua en las esta

ciones oceanográficas a diferentes niveles de profundidad, se utilizó un Winche con cable de acero de 4 mm, un pasteca contámetro y botellas Nansen con termómetros de inversión protegidos.

El análisis de la salinidad y del contenido de oxígeno del agua se efectuó de muestras obtenidas de las botellas Nansen. La salinidad se determinó en el Laboratorio Químico mediante un salinómetro de inducción Beckman modelo RS 7-C, y el oxígeno disuelto fue fijado a bordo y determinado en el laboratorio mediante el método Winkler.

3.3 Obtención y tratamiento de los datos

3.3.1 Oceanográficos

Los parámetros oceanográficos medidos en cada estación son: temperatura, salinidad y oxígeno disuelto a diferentes niveles, (según profundidad de la estación) y transparencia del agua. Las muestras de superficie se obtuvieron con un balde de plástico. A continuación se describe cada uno de estos parámetros.

i) Temperatura

La temperatura obtenida en los diferentes niveles mediante los termómetros de inversión protegidos fueron corregidos de acuerdo a la fórmula de Sverdrup, Lafond (1951)

$$T_w = T' + \frac{(T' - t)(T' + v_0)}{K - v_0 + t - 2T'} + I$$

Donde:

- T_w = Temperatura del agua "in situ"
 T' = Lectura del termómetro
 t = Lectura del termómetro auxiliar
 v_0 = Volumen de mercurio bajo la marca de 0° a la temperatura de 0°C
 K = Coeficiente térmico recíproco de expansión del sistema termométrico
 I = Índice de corrección por error en la escala del termómetro.

La corrección se efectuó primero por la expansión del mercurio y del vidrio cuando es leído el termómetro en superficie y segundo por error en la escala del termómetro.

ii) Salinidad

Los valores de conductividad obtenidos del salinómetro fueron convertidos a salinidad mediante las tablas de National Institute of Oceanography of Great Britain and Unesco, Vol. 1 (1973).

iii) Oxígeno disuelto

Los valores de oxígeno disuelto se utilizaron para cal

cular el porcentaje de saturación obtenido del método de Weiss (1970) y National Institute of Oceanography of Great Britain and Unesco, Vol. 2 (1973).

$$\ln C = A_1 + A_2 (100/T) + A_3 \ln (T/100) + A_4 (T/100) \\ + S^\circ/\infty \{ B_1 + B_2 (T/100) + B_3 (T/100)^2 \}$$

Donde C es la solubilidad a partir de aire saturado de agua a una presión total de 1 atm, T es la temperatura absoluta.

Los valores de $A_{(1,2,3,4)}$ y $B_{(1,2,3)}$ corresponden a constantes.

iv) Densidad.

La densidad del agua de mar ($\rho_{s,t,p}$) depende de la temperatura, salinidad y presión, pero en oceanografía se utiliza el término $\sigma_{s,t,p}$ que se define como (Neuman and Pierson 1966):

$$\sigma_{s,t,p} = 10^3 (\rho_{s,t,p} - 1)$$

Esta expresión tiene la ventaja que el valor numérico contiene menos dígitos y por lo tanto más fácil su utilización.

En la práctica es común abreviar la expresión $\sigma_{s,t,p}$ en solo σ_t que representa la densidad del agua a la salinidad y temperatura dada y a la presión de la superficie del mar y se define como:

$$\sigma_t = 10^3 (\rho_{s,t,o} - 1)$$

Este valor de σ_t como depende únicamente de la temperatura y la salinidad, puede ser encontrado directamente ya sea gráficamente o por medio de tablas. Para el presente estudio los valores se obtuvieron de tablas, (Keala 1965).

v) Estabilidad

La estabilidad es expresada por el término; (Sverdrup et al, 1942)

$$E = \lim_{z \rightarrow 0} \frac{1}{\rho} \frac{\Delta \rho}{\Delta z}$$

y sobre los 100 m de profundidad la estabilidad es expresada por medio de la fórmula

$$E = 10^{-3} \frac{d\sigma_t}{dz}$$

vi) Sedimentos

Para el estudio de la distribución granulométrica de sedimentos se empleó la denominación Wentworth para arenas que se indica en la Tabla 2

TABLA 2 Escala de Tamaño Arenas

GRADO ϕ	-1	0	1	2	3	4
DENOMINACION	A R E N A					
SEGUN	Muy					Muy
WENTWORTH	Gruesa	Gruesa	Mediana	Fina		Fina
MILIMETROS	2	1	0.5	0.25	0.125	0.062

$$\phi = - \log_2 (\text{diámetro en mm})$$

A los sedimentos cuyo tamaño es menor que 0.062 mm se les denomina "fango" y a los de tamaño superior, "grava".

Para el análisis de la muestra, ésta es tamizada a intervalos de 1 grado ϕ , con los tamices correspondientes a -1, 0, 1, 2, 3 y 4 grados ϕ . Esto permite además obtener la cantidad de fango y grava. Para el caso de las muestras que presentaron un porcentaje de grava significativo (mayor que 10 % de la muestra) se empleó tamices de mayor tamaño (-4, -3 y -2 ϕ).

En el cálculo de los parámetros estadísticos se emplearon las siguientes fórmulas, (Folk, 1961):

$$\text{Diámetro Medio} = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

$$\text{Desviación Standard} = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

Las muestras obtenidas de cada tamiz fueron observadas mediante una lupa para la estimación del porcentaje de material terrígeno y biógeno.

Para analizar los parámetros T, S, O₂ y σ_t , se procedió como se indica a continuación.

Se obtuvo la media de los datos obtenidos de temperatura, salinidad, contenido de oxígeno disuelto y σ_t en superficie y fondo para las siete estaciones oceanográficas interiores y la variación estacional que experimentan las Estaciones 1 y 3.

Se realizaron cortes longitudinales en base a los datos obtenidos para las Estaciones 1, 2, 3 y 6 para cada estación del año.

Se presenta en gráficos la distribución del tamaño, la desviación standard y el porcentaje de material biógeno de los sedimentos.

3.3.2 Meteorológicos

La información meteorológica procesada está destinada a la presentación de la variación mensual de los valores. Las fórmulas empleadas para el cálculo de las medias mensuales se obtuvo según las fórmulas adoptadas por la Dirección Meteorológica de Chile, (Dirección Meteorológica de Chile, 1961).

$$\text{Temperatura} = \frac{T_{08} + T_{20} + T_{\text{max}} + T_{\text{min}}}{4}$$

$$\text{Presión Atmosférica} = \frac{P_{08} + P_{14} + P_{20}}{3}$$

$$\text{Humedad Relativa} = \frac{2H_{08} + H_{14} + H_{20}}{4}$$

$$\text{Nubosidad} = \frac{N_{02} + N_{08} + N_{14} + N_{20}}{4}$$

Los subíndices indican la hora de observación.

IV RESULTADOS.4.1 Condiciones Oceanográficas4.1.1 Temperatura

La temperatura superficial en la Bahía Herradura fluctuó entre 21.08°C en Enero 1977 (Est. 7) y 13.29°C en Septiembre 1977 (Est. 1). En el fondo los valores extremos correspondieron a 15.80°C en Marzo de 1977 (Est. 5) y 11.46°C en Octubre de 1977 (Est. 1). La media anual de temperatura superficial observada para las estaciones interiores de la Bahía es 15.95°C y en el fondo 13.50°C (Tabla 3).

TABLA 3 Temperatura Media

	SUPERFICIE			FONDO		
	N	$\bar{T}^{\circ}\text{C}$	σ	N	$\bar{T}^{\circ}\text{C}$	σ
PRIMAVERA	21	16.63	1.33	20	13.56	0.90
VERANO	21	18.97	1.24	21	14.06	1.30
OTOÑO	14	14.67	0.84	13	13.49	0.62
INVIERNO	14	13.54	0.11	14	12.90	0.39
	70	$\bar{T}^{\circ}\text{C}$ anual 15.95		68	$\bar{T}^{\circ}\text{C}$ anual 13.50	

N = Número de datos, σ = Desviación standard

La diferencia de temperatura entre superficie y fondo es mayor durante los meses de Verano. Se presentó para esta época una termoclina con un gradiente mayor. En Enero 1977 se observó la diferencia máxima entre superficie y fondo: 8.7°C (Est. 2). La menor diferencia ocurrió durante los meses de Invierno y alcanzó a 0.16°C en Junio 1977 (Est. 6) (Tabla 7).

A continuación se comparan los valores de $T^{\circ}\text{C}$ para las Estaciones 1 y 3.

La variación térmica en la columna de agua para Estación 1 (Fig. 3) indica la existencia de un ciclo estacional de temperatura entre 0 y 20 m. En Verano en esta capa superficial se produce un aumento de la temperatura y en Invierno se presentan los valores más bajos. Bajo los 20 m se produce una variación de los promedios estacionales menor que 1°C a una misma profundidad. Para esta Estación, la temperatura máxima ocurrió en Enero 1977 con 19.97°C y la mínima en Septiembre con 13.29°C mientras que a 70 m existió un máximo de 13.09°C en Julio 1977 y una mínima de 11.46°C en Octubre 1976.

En Estación 3 se observa, al igual que en Estación 1 (Fig. 3), la presencia de un ciclo estacional que alcanza hasta 15 m de profundidad. Bajo los 15 m no se presentó mayor variación estacional, excepto en Invierno que presenta valores bajos a lo largo de toda la columna de agua. Para esta Estación la temperatura máxima superficial alcanzó a 20.53°C en Enero 1977 y la mínima 13.43°C en Julio 1977.

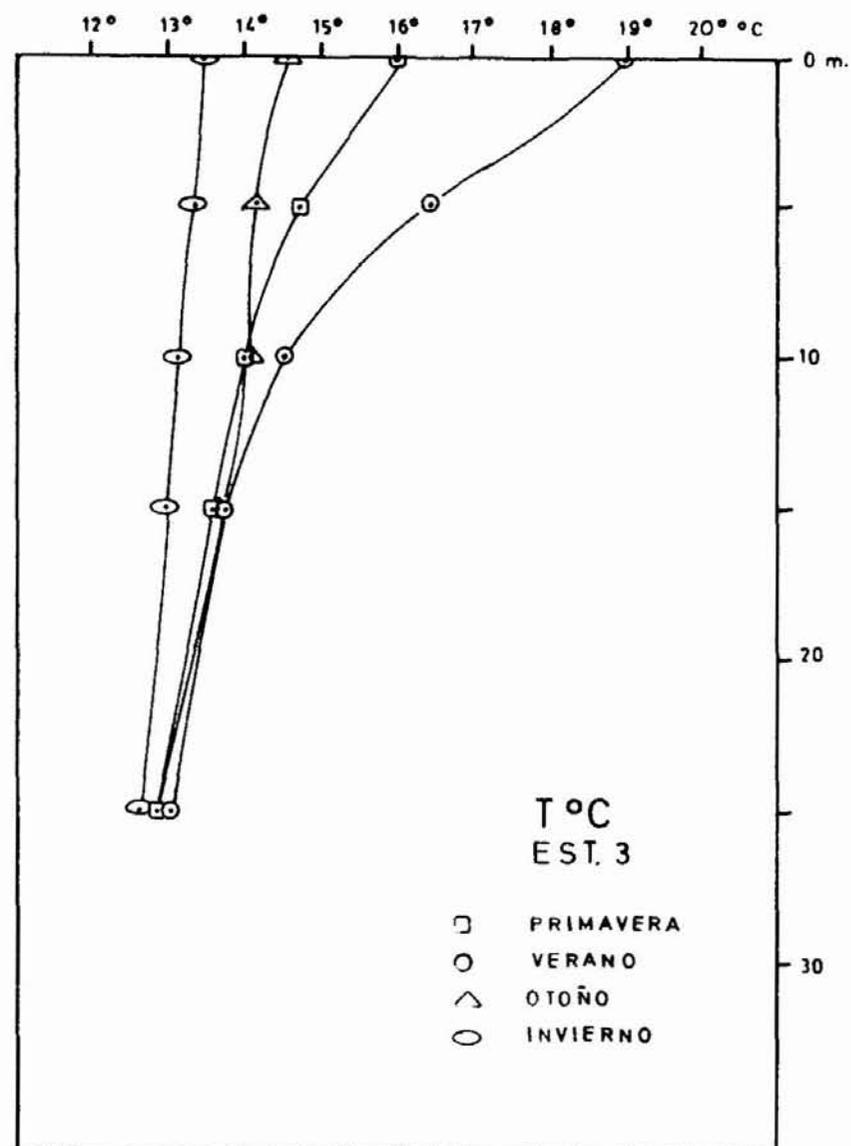
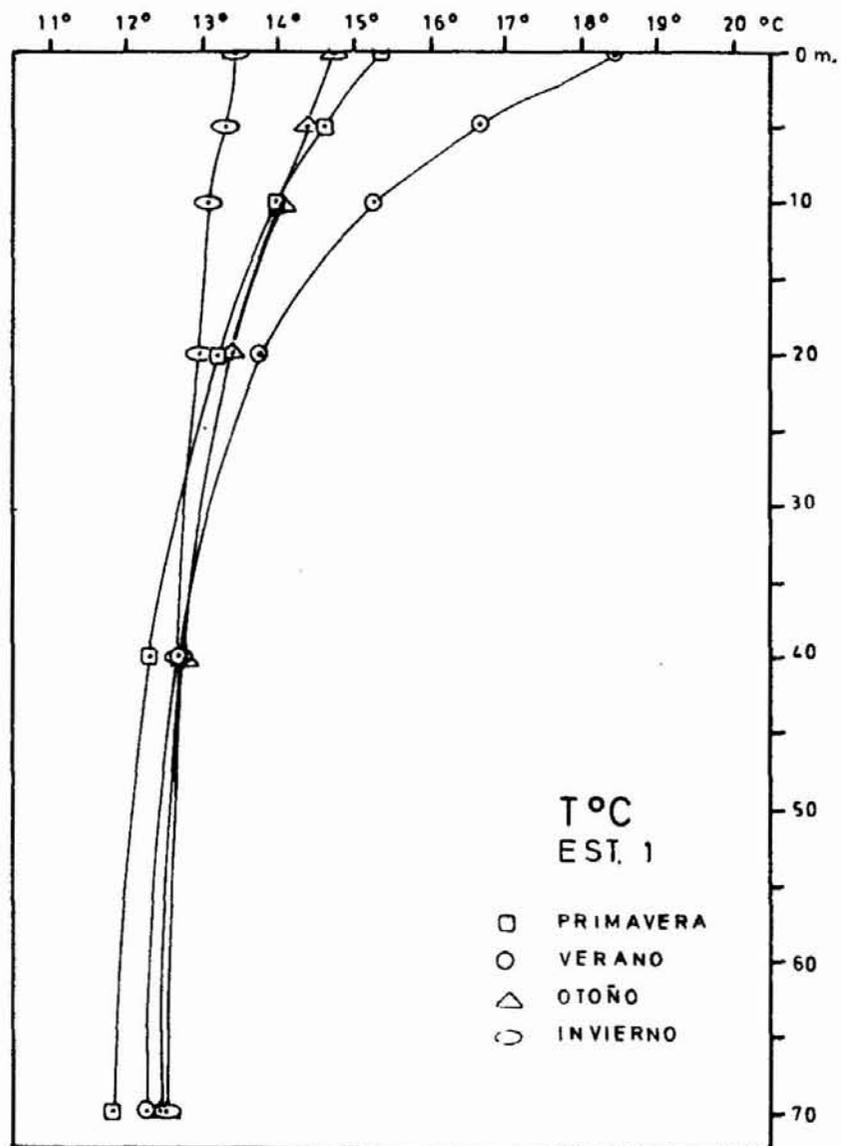


Fig. 3. Promedios Estacionales de Temperatura para Estaciones 1 y 3.

La Figura 4 presenta la variación estacional de la temperatura en Estaciones 1 y 3. En los meses de Verano ocurre un aumento de la temperatura en la capa superficial con valores máximos en el mes de Enero, con un fuerte gradiente de temperatura. En Invierno se presenta un agua casi homotermal con diferencias menores que 1°C entre superficie y fondo. Entre estas estaciones se observa una similitud en el comportamiento de las isoterma. La mayor diferencia ocurre en profundidad, donde la isoterma de 12°C no se presenta para la Estación 3.

4.1.2 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es uno de los gases de mayor importancia por su relación con procesos biológicos. Los factores que controlan su distribución en el agua de mar son los siguientes, (Sverdrup et al, 1942, Richards 1957):

- a) La temperatura, la salinidad y la presión atmosférica que van a influir en la presión parcial del gas y de su coeficiente de solubilidad,
- b) Los procesos biológicos de fotosíntesis y respiración, y
- c) Corrientes y procesos de mezcla.

La media anual de oxígeno disuelto observado en superficie para las estaciones interiores de la bahía es de 5.93 ml/l , mientras que en el fondo es de 4.05 ml/l (Tabla 4). Los valores de superficie fluctuaron entre 7.31 ml/l en Septiembre 1977 (Est. 3) y 4.28 ml/l en Marzo 1977 (Est. 7). En el fondo los valores extremos corresponden a 7.09 ml/l , Mayo 1977 (Est. 5) y 0.85 ml/l , Septiembre 1977 (Est. 2), Tabla 7.

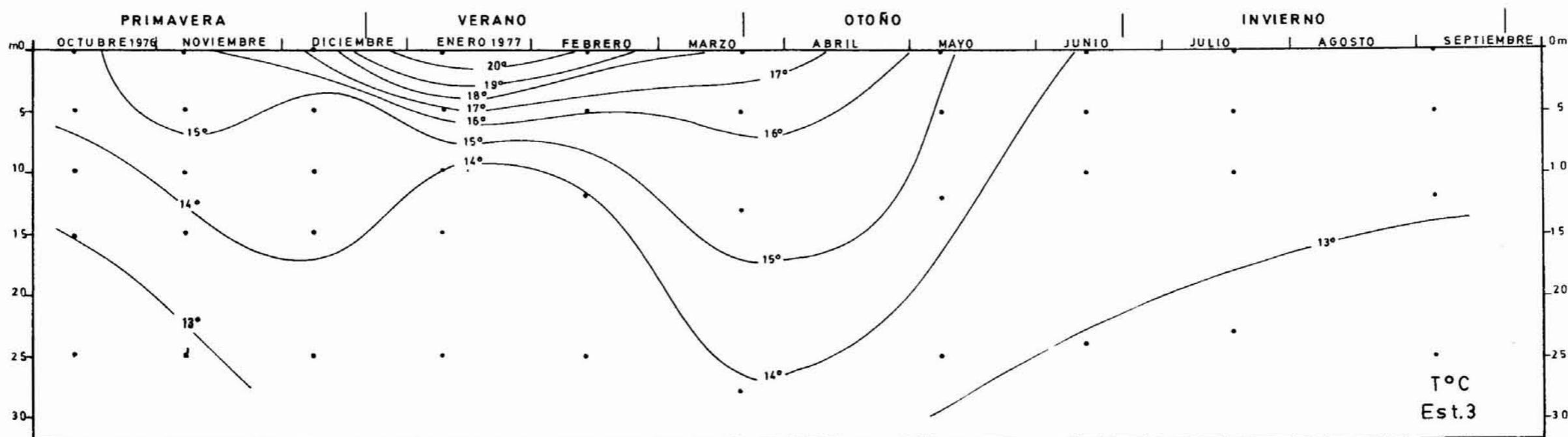
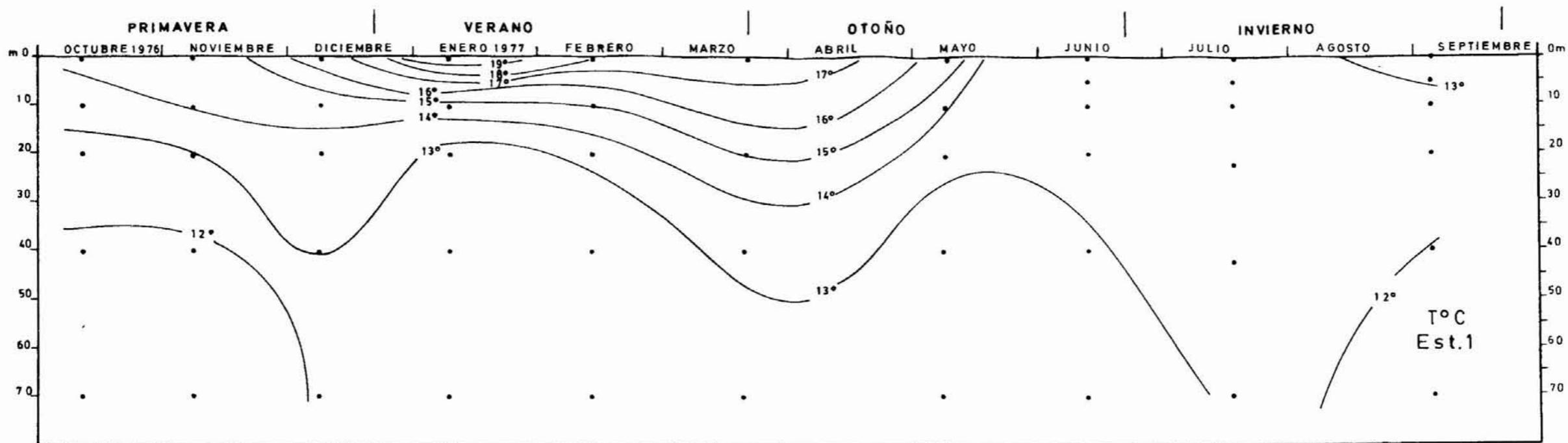


Fig. 4. VARIACION ESTACIONAL DE TEMPERATURA (ESTACIONES 1 Y 3)

TABLA 4 Oxígeno disuelto medio

	SUPERFICIE			FONDO		
	N	\bar{O}_2	σ	N	\bar{O}_2	σ
PRIMAVERA	21	5.86	0.349	19	4.12	1.052
VERANO	21	5.60	0.643	21	3.61	1.114
OTOÑO	14	5.95	0.772	14	4.58	1.278
INVIERNO	14	6.29	0.369	14	3.90	1.101
	70	\bar{O}_2 anual	5.93	68	\bar{O}_2 anual	4.05

N = Número de datos, σ = Desviación Standard

Para obtener un cuadro general referente a la variación del oxígeno disuelto, se consideraron las medias mensuales para las estaciones interiores de la Bahía, expresadas en porcentajes de saturación (Tabla 5).

Sólo en los meses de Marzo y Junio, se encontraron valores superficiales bajo el 100 % de saturación. Para los meses de Enero y Abril no se calculó el porcentaje de saturación por no disponer de valores de salinidad. En la mayoría de los casos se encontró un porcentaje de saturación sobre 100 % que alcanzó en algunas oportunidades hasta los 10 m de profundidad.

TABLA 5 Porcentaje de Saturación Superficial de O_2

	NOV. 1976	DIC.	FEB. 1977	MAR	MAY.	JUN.	JUL.	AGOST.
0m	111.49	105.53	115.37	95.98	117.45	89.97	102.55	111.27

El oxígeno disuelto a través de la columna de agua presentó mayor diferencia entre la superficie y el fondo para las estaciones que están ubicadas a mayor profundidad (Est. 1, 2 y 3), mientras que para las estaciones próximas a la costa esta diferencia es menor presentándose valores en el fondo sobre 4 ml/l y en algunos casos sobre 5 ml/l. La Tabla 7 indica las diferencias máximas y mínimas entre la superficie y el fondo para las diferentes estaciones oceanográficas. La máxima diferencia es de 5.47 ml/l (Est. 1) y la menor diferencia es 0 ml/l (Est.5).

Los valores superiores de contenido de oxígeno disuelto superficial de Estación 1 (Fig. 5) corresponden a Invierno y Otoño. En Primavera y Verano se presentan los mismos valores hasta 40 m. Bajo esta profundidad, (a excepción de Invierno que presenta mayor variación del oxígeno) los promedios estacionales arrojan menor variación.

En Estación 3 (Fig. 5) en Invierno se presentó una mayor diferencia del contenido de oxígeno entre superficie y fondo, esto mismo ocurre en Estación 1. Para las demás estaciones del año entre superficie y los 5 m y para Otoño hasta 10 m existió una capa donde el oxígeno no muestra variaciones. A 25 m de profundidad los valores de los promedios estacionales presentan bastante coincidencia.

Las variaciones estacionales de oxígeno disuelto para las estaciones 1 y 3 son mostradas en Figura 6. Para Estación 1 se presentan valores superiores a 6 ml/l en Otoño, Invierno y principios de Primavera. Esta isolínea alcanza su máxima profundidad en Invierno, 25 m. En el fondo la isolínea de 2 ml/l desaparece en Febrero y se presenta en el mes de Mayo, apareciendo nuevamente en Agosto. Destaca la aparición en Septiembre de la isolínea de 1 ml/l. En Estación 3 la isolínea de 6 ml/l aparece en gran parte del año y alcanza mayor profundidad en Otoño. En el fondo la isolínea de 2 ml/l se presenta solamente a principios de Verano.

4.1.3 Salinidad

Los valores de salinidad superficial fluctúan entre 34.637 ‰ en Julio 1977 (Est. 8) y 34.244 ‰ en Mayo 1977 (Est.8) y en el fondo entre 34.852 ‰ en Julio 1977 (Est. 4) y 34.338 ‰ en Mayo 1977. La distribución vertical de salinidad presentó para el período de estudio, una diferencia máxima entre la superficie y el fondo de 0.370 ‰ en Julio 1977 (Est. 4) y una mínima de 0.007 ‰ en Noviembre 1976 (Est. 6) (Tabla 7). El promedio de salinidad superficial corresponde a 34.462 ‰ y en el fondo a 34.525 ‰ (Tabla 6).

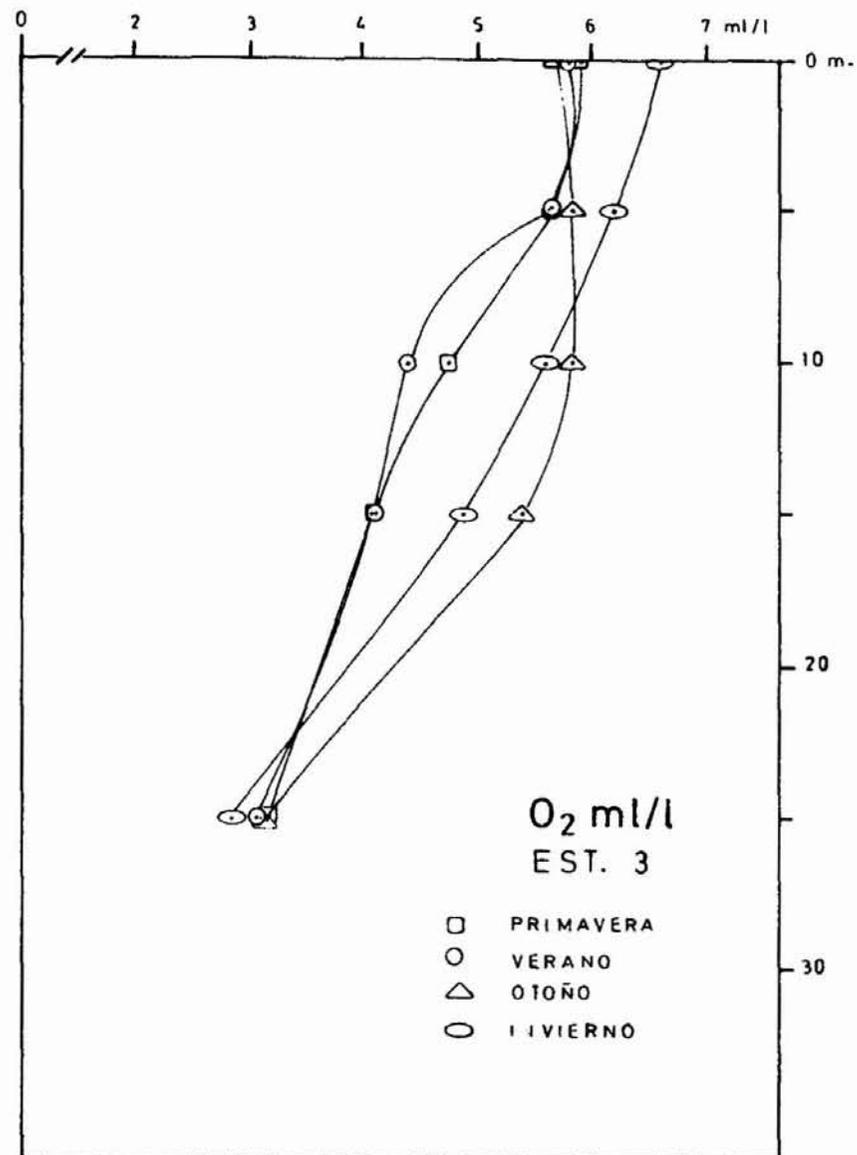
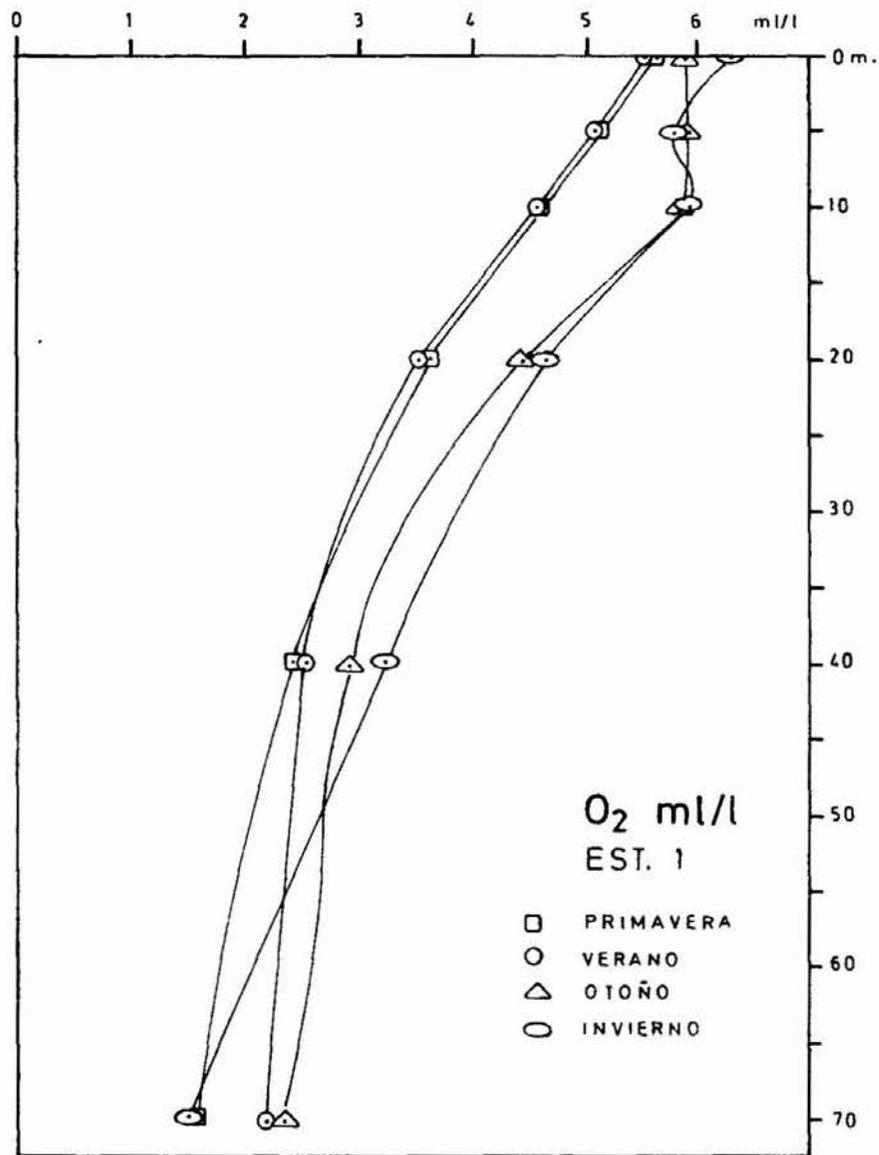


Fig. 5 Promedios Estacionales de Oxígeno disuelto para Estaciones 1 y 3.

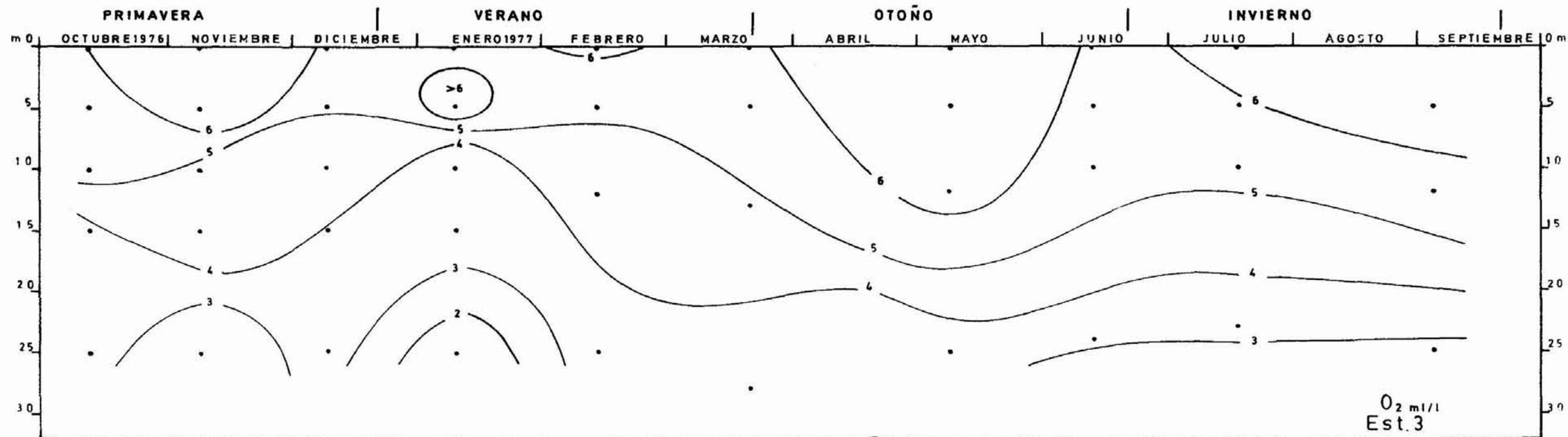
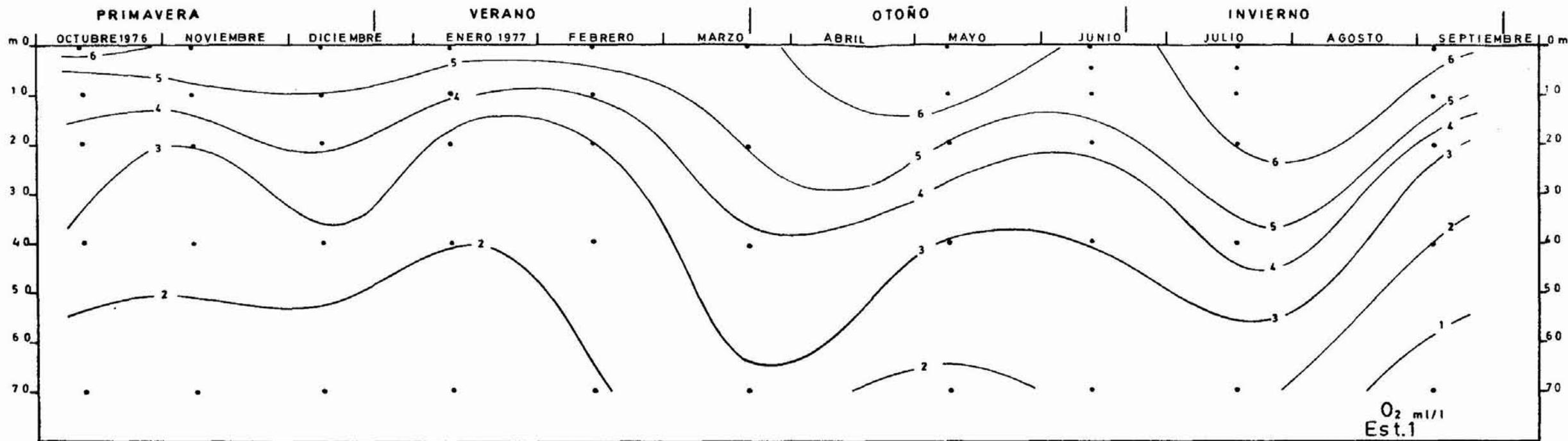


Fig. 6. VARIACION ESTACIONAL DE OXIGENO (ESTACIONES 1 Y 3)

TABLA 6 Salinidad Media

	SUPERFICIE			FONDO		
	N	$\bar{S}\%$	σ	N	$\bar{S}\%$	σ
PRIMAVERA	21	34.445	0.078	21	34.517	0.070
VERANO	14	34.422	0.048	14	34.490	0.037
OTOÑO	14	34.473	0.113	14	34.471	0.070
INVIERNO	12	34.506	0.068	12	34.621	0.154
	61	$\bar{S}\%$ anual	34.462	61	$\bar{S}\%$ anual	34.525

N = Número de datos, σ = Desviación standard

La salinidad (Fig. 7) para estaciones 1 y 3 presenta en Invierno un promedio superior a lo largo de la columna de agua que para las demás estaciones del año, excepto para superficie en Estación 3. Destaca la presencia de inversiones de salinidad en ambas estaciones durante Otoño.

La Figura 8 presenta la variación de salinidad para las Estaciones 1 y 3. Se observa en la distribución de las isohalinas que se registran variaciones en profundidad a través del tiempo. Para Estación 1 la isohalina de 34.4 ‰ se presentó en su superficie entre fines de Primavera y principios de Verano y se presentó nuevamente a fines de Verano y durante Otoño. La isohalina de 34.5 ‰ presenta fluctuaciones verticales grandes y se obser

vó durante gran parte del año. En el fondo la isohàlina de 34.6 ‰ aparece durante Primavera y principios de Verano y aparece nuevamente en Invierno alcanzando menor profundidad. En Estación 3, durante Primavera e Invierno, ocurren fluctuaciones ver ticales de salinidad de las isohalinas de 34.4 ‰, 34.5‰ y 34.6 ‰ y durante gran parte de Verano y Otoño se presentan valores menores que 34.5 ‰.

4.1.4 Sigma - t

La distribución de σ_t durante el período de estudio registró una variación estacional (Fig. 9) que es más marcada en superficie, con un aumento en Invierno y disminución en Verano, la media anual en superficie es $\sigma_t = 25.39$ y en el fondo $\sigma_t = 25.95$. En la Figura 4 se observa que la distribución de isollíneas de temperatura y de σ_t presentan semejanza.

En general la variación estacional de σ_t en las estacio nes 1 y 3 presenta el mismo comportamiento: La presencia de una pycnoclina que se intensifica en Verano, y valores en superficie mayores que $\sigma_t = 25.00$. En los meses de Invierno ocurre la menor diferencia entre la superficie y el fondo. La isollínea de $\sigma_t = 26.25$ aparece bajo los 40 m en Estación 1 durante Primavera y fines de Invierno, pero en cambio no se presenta, por su menor profundidad, en Estación 3.

4.1.5 Estabilidad

La estabilidad de la columna de agua es presentada en

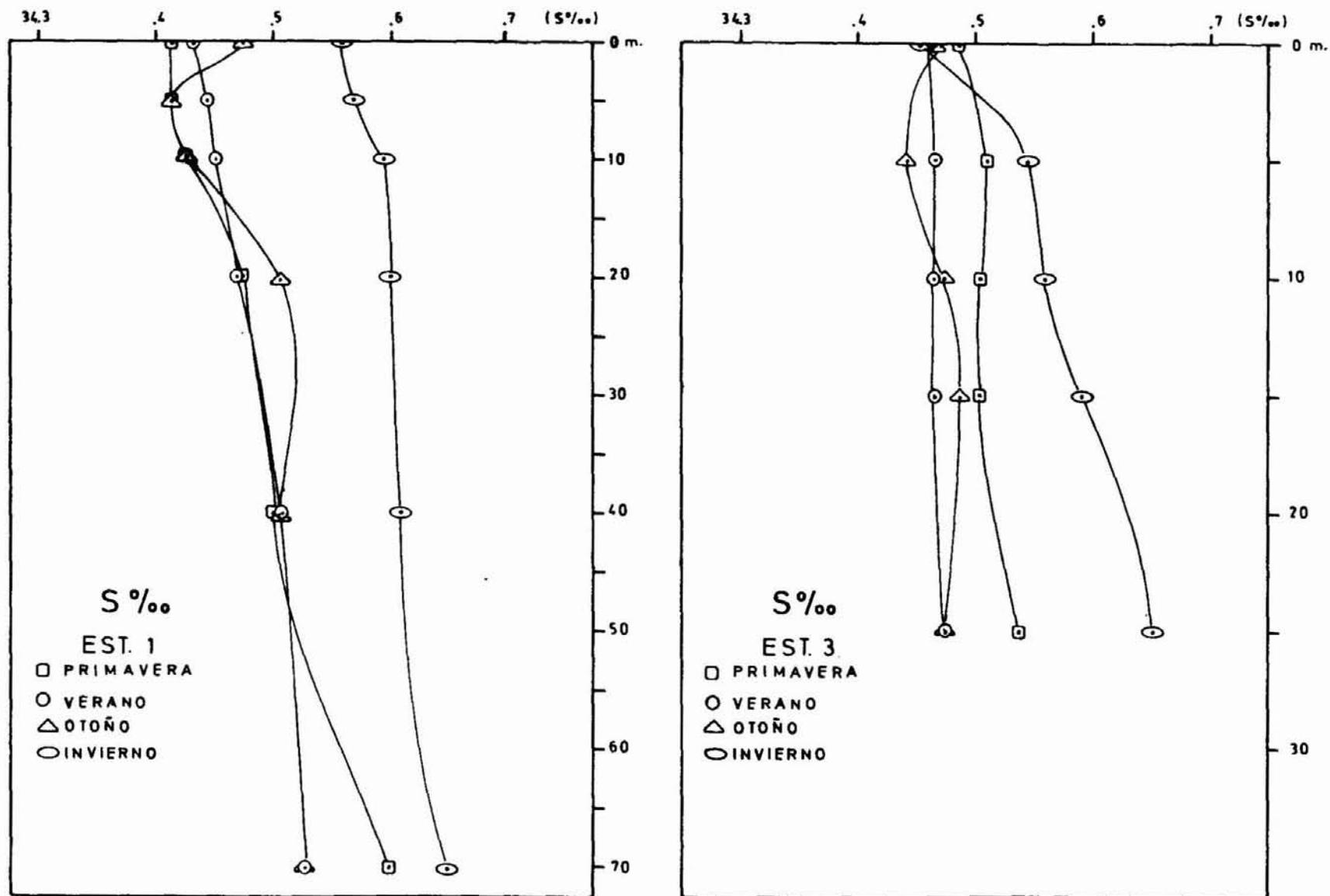


Fig. 7. Promedios Estacionales de Salinidad para Estaciones 1 y 3.

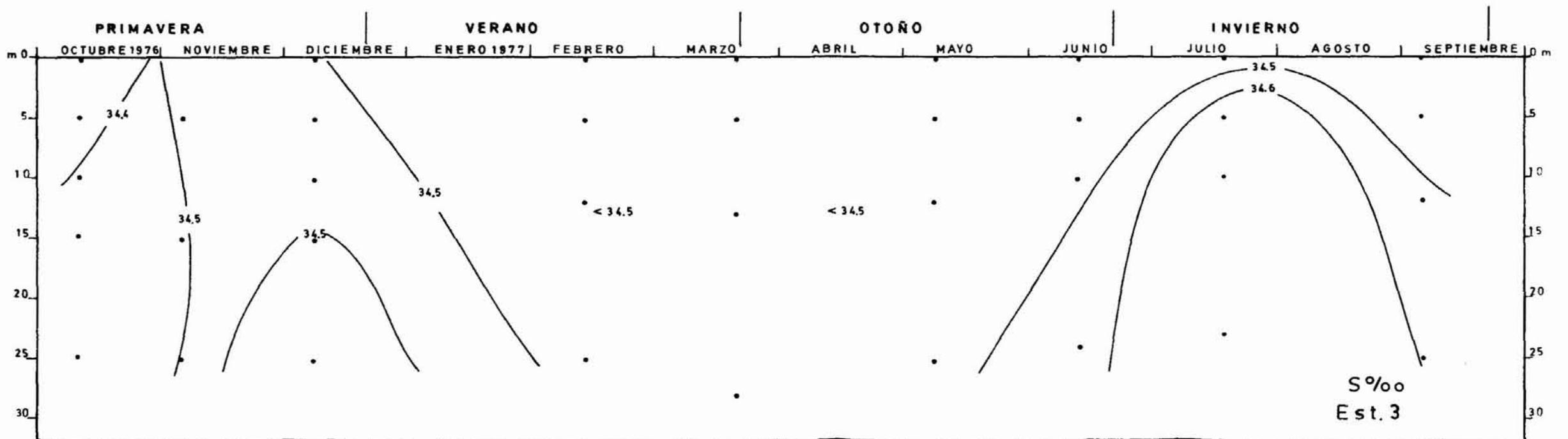
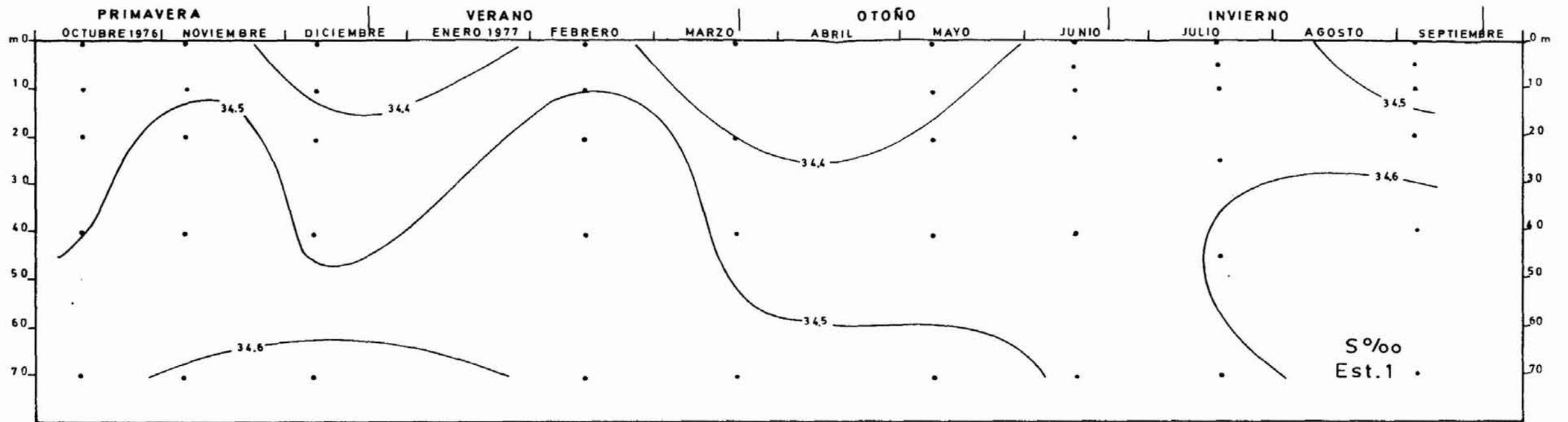


Fig. 8. VARIACION ESTACIONAL DE SALINIDAD (ESTACIONES 1 Y 3)

TABLA 7 : Temperatura (°C), Oxígeno Disuelto (ml/l) y Salinidad (‰)

EST.	Parámetro	Max. Sup.	Min. Sup	Max. Fondo	Min.Fondo	Difer. Max(x)	Difer. Min(x)	Media Sup.	Media Fondo
1	Temperat.	19,97	13,29	13,09	11,46	8,02	0,39	15,47	12,23
	Oxígeno	6,64	5,05	2,98	0,85	5,47	2,27	5,87	1,96
	Salinidad	34.558	34.346	34.660	34.509	0.290	0.037	34.434	34.577
2	Temperat.	20.55	13.45	12.98	11.60	8.70	0.76	15.62	12.47
	Oxígeno	6.62	5.15	3.21	1.70	4.92	2.22	5.86	2.33
	Salinidad	34.630	34.389	34.658	34.423	0.217	0.034	34.464	34.540
3	Temperat.	20.53	13.43	13.62	11.94	8.35	0.53	15.78	12.85
	Oxígeno	7.31	5.26	3.67	1.95	4.79	1.99	6.02	3.10
	Salinidad	34.585	34.320	34.651	34.417	0.204	0.016	34.468	34.525
4	Temperat.	19.93	13.40	14.81	12.64	6.56	0.30	15.89	13.67
	Oxígeno	6.51	5.04	5.98	3.09	3.08	0.20	5.86	4.32
	Salinidad	34.621	34.403	34.852	34.452	0.370	0.017	34.484	34.568
5	Temperat.	20.92	13.49	15.80	12.83	5.54	0.25	15.96	14.12
	Oxígeno	7.25	5.35	7.09	4.12	2.26	0.00	6.02	5.03
	Salinidad	34.553	34.420	34.572	34.340	0.150	0.017	34.476	34.479
6	Temperat.	19.95	13.36	15.05	12.77	5.73	0.16	15.97	13.91
	Oxígeno	6.87	4.81	6.13	3.67	2.03	0.12	5.95	4.90
	Salinidad	34.598	34.317	34.600	34.381	0.162	0.007	34.448	34.493
7	Temperat.	21.08	13.68	15.54	12.66	5.62	0.64	16.40	13.77
	Oxígeno	7.20	4.28	4.81	2.19	3.30	0.40	5.91	3.98
	Salinidad	34.527	34.327	34.739	34.445	0.235	0.022	34.443	34.549
8	Temperat.	20.70	13.59	15.66	12.38	5.52	0.25	16.02	13.84
	Oxígeno	6.80	4.92	5.58	2.90	3.07	0.08	5.77	4.44
	Salinidad	34.637	34.244	34.770	34.338	0.264	0.022	34.423	34.505

(x) Diferencia entre valores de superficie y fondo

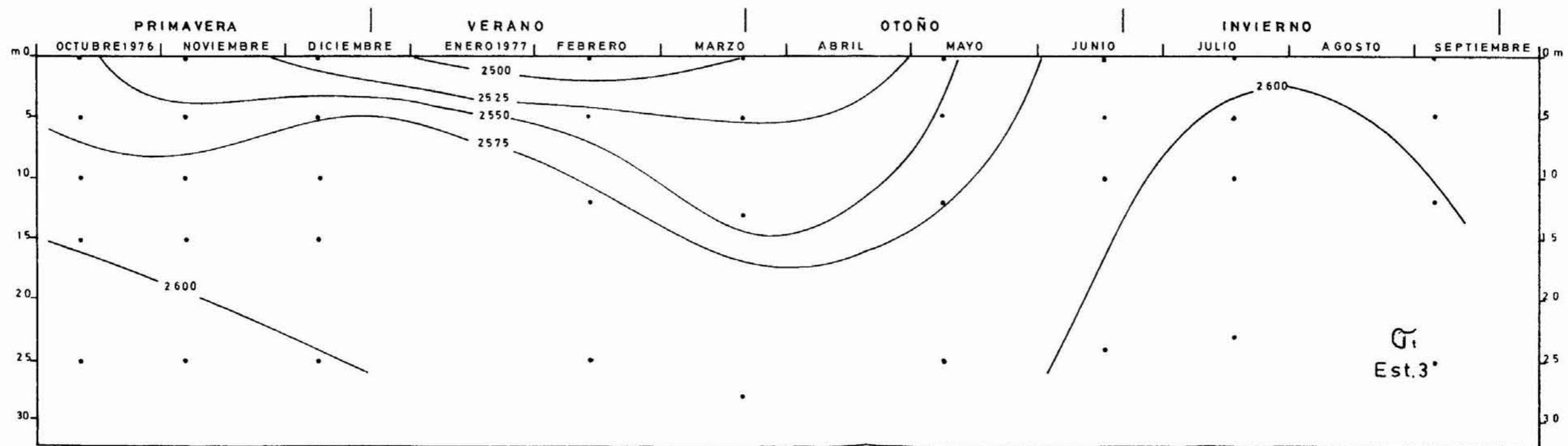
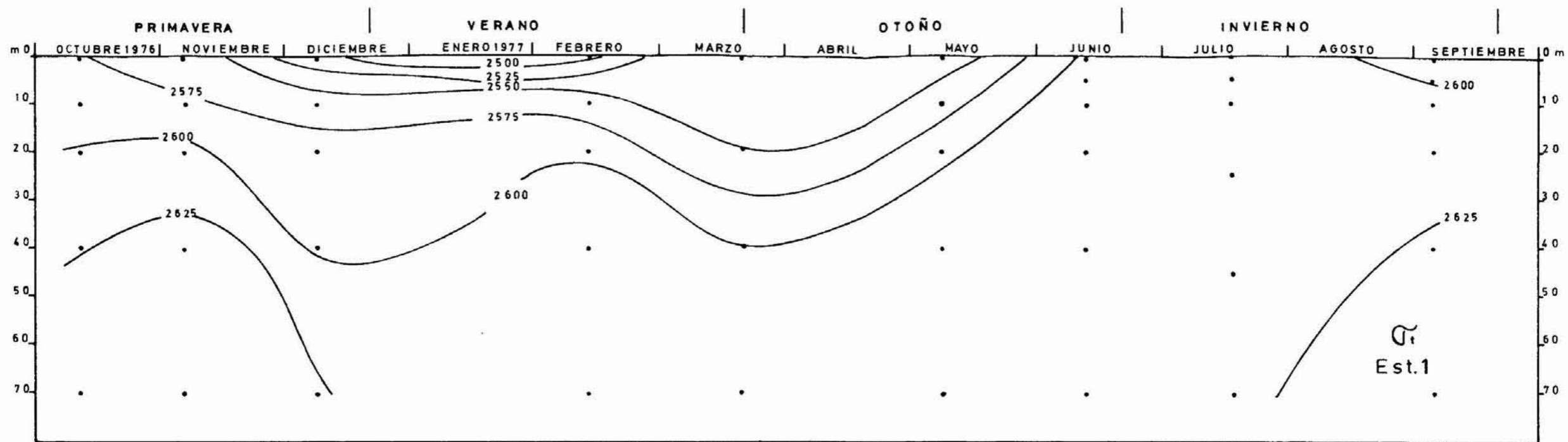


Fig. 9. VARIACION ESTACIONAL DE SIGMA-t (ESTACIONES 1 Y 3)

Tabla 8, para las Estaciones 1 y 3 entre Octubre de 1976 y Septiembre 1977.

La estabilidad presenta una variación a lo largo del año, produciéndose un incremento durante el Verano y los valores más bajos en Junio y Julio. No se observaron además variaciones bruscas de la estabilidad.

4.1.6 Cortes Longitudinales

En cortes longitudinales para las Estaciones Oceanográficas 1, 2, 3 y 6 se presenta la distribución de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y Sigma-t, en meses correspondientes a cada estación del año.

En las Figuras 10 y 11 se muestra la distribución de temperatura. La temperatura aumenta en Verano con un fuerte gradiente en los primeros 15 m. En Primavera y Verano se observó un aumento de la temperatura superficial hacia la costa, En el fondo la isolínea de 12°C se presentó solamente en Primavera e Invierno; en este último, la variación de temperatura entre superficie y fondo es mínima.

TABLA 8: Valores Mensuales de Estabilidad ($\times 10^6$) en la columna de agua para las Estaciones 1 y 3.

	Estación 1 (0-70 m)	Estación 3 (0-25 m)
Octubre	9.14	18.80
Noviembre	9.29	27.60
Diciembre	18.14	39.20
Enero	-	-
Febrero	18.57	48.00
Marzo	11.14	38.40
Abril	-	-
Mayo	12.71	20.40
Junio	1.86	9.20
Julio	0.29	13.20
Agosto	-	-
Septiembre	6.71	12.80

El oxígeno disuelto (Figs. 12 y 13) al igual que la temperatura, se presentaron valores superficiales más altos hacia la costa, durante Primavera y Verano esto se presenta claramente con la isolínea de 6 ml/l. Las isolíneas de 5 ml/l, 4 ml/l, 3 ml/l y 2 ml/l se presentan durante todo el año sin gran variación de profundidad excepto para la isolínea de 2 ml/l que alcanza mayor profundidad para el período de Verano y Otoño. En Septiembre aparece la isolínea de 1 ml/l que no se detectó en los otros meses de estudio. Se observó la presencia de una oxiclina durante todo el año para Estación 1.

Las condiciones observadas de salinidad (Figs. 14 y 15) muestran en el corte correspondiente al mes de Noviembre, una capa de agua superficial con valores menores que 34.5 ‰ y en el fondo, en la Estación 1, la isolínea de 34.6 ‰ la cual desaparece en Verano. En Mayo la salinidad disminuye en superficie con valores en Estación 1 menores que 34.4 ‰ y en las estaciones más próximas a la costa valores menores que 34.3 ‰. En Invierno la salinidad aumenta apareciendo la isohalina de 34.6 ‰ y en superficie valores menores que 34.5 ‰.

La distribución de σ_t , aunque se presentan inversiones de salinidad, no alcanza a afectar la densidad del agua. En Verano (Fig. 16) ocurre una picnoclina en una capa superficial que alcanza menor espesor para las estaciones más próximas a la costa. En Primavera y Otoño (Fig. 17) la picnoclina alcanza mayor profundidad, pero su gradiente es menor y en Invierno se observó una masa de agua bastante homogénea.

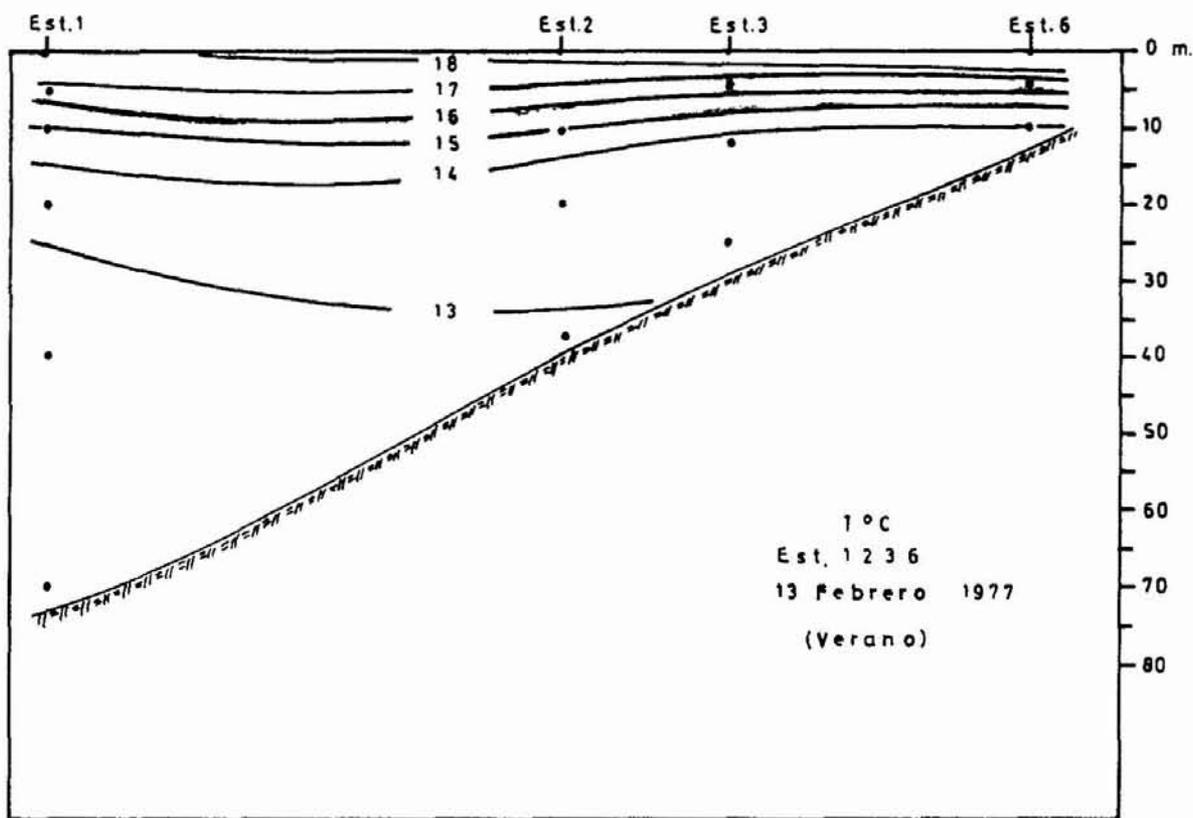
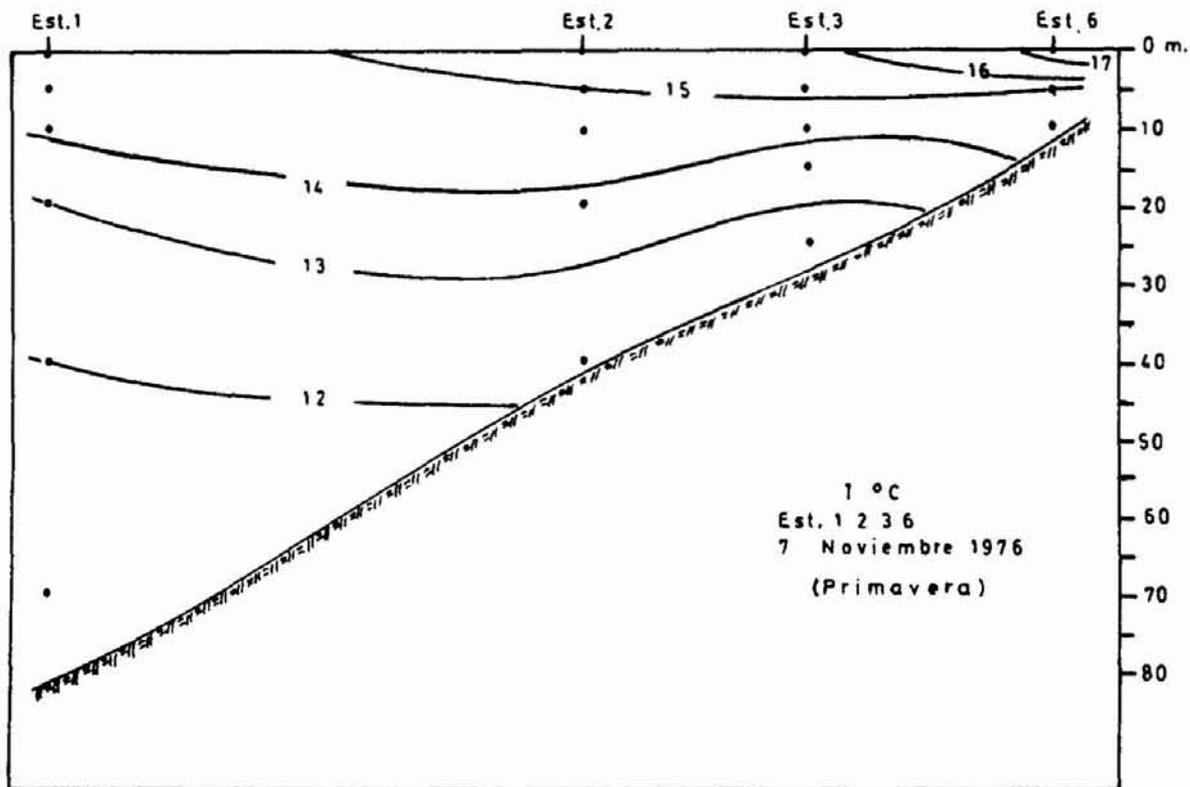


Fig.10. Temperatura, corte longitudinal para Primavera 1976 y Verano 1977.

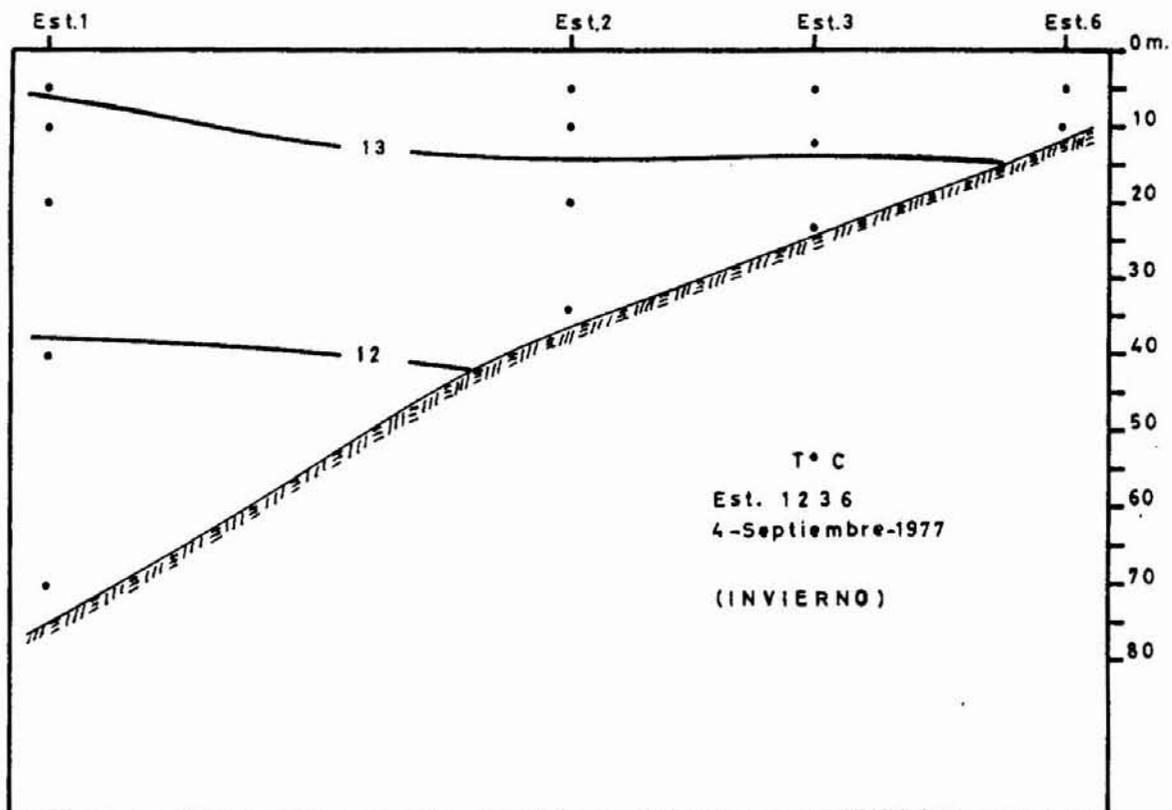
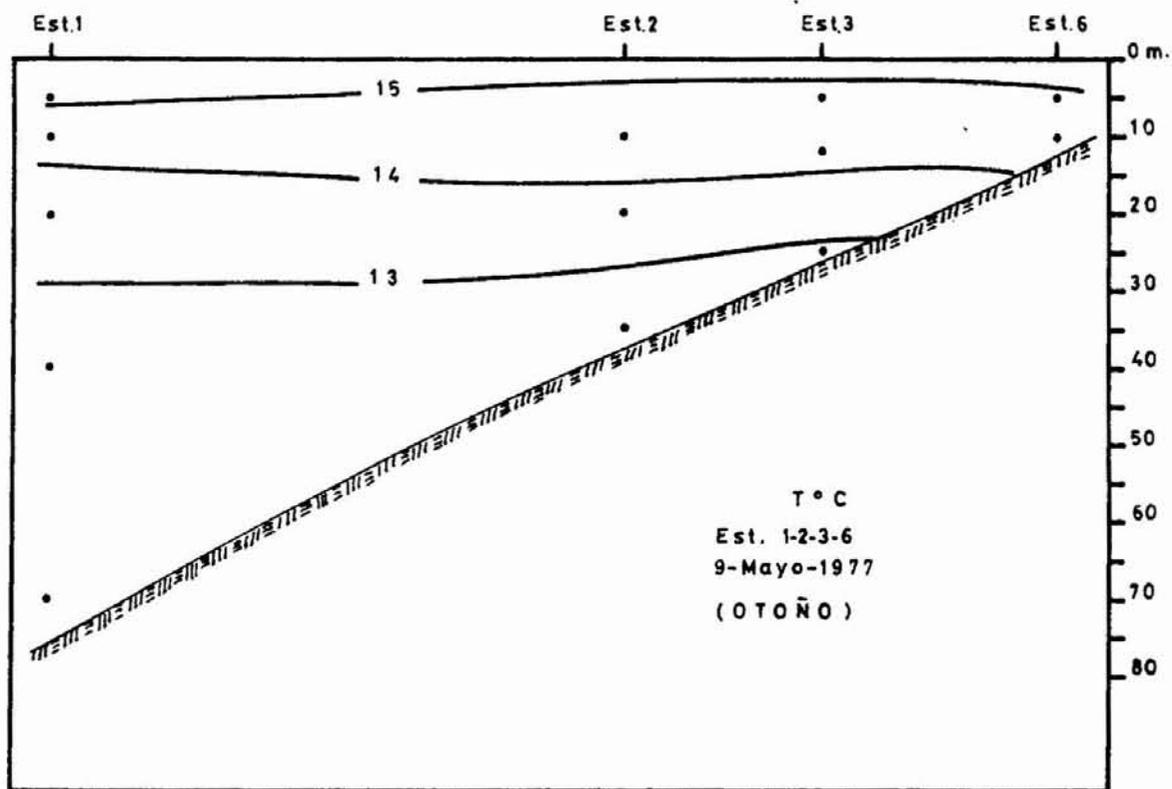


Fig. 11. Temperatura ,corte longitudinal para Otoño e Invierno , 1977.

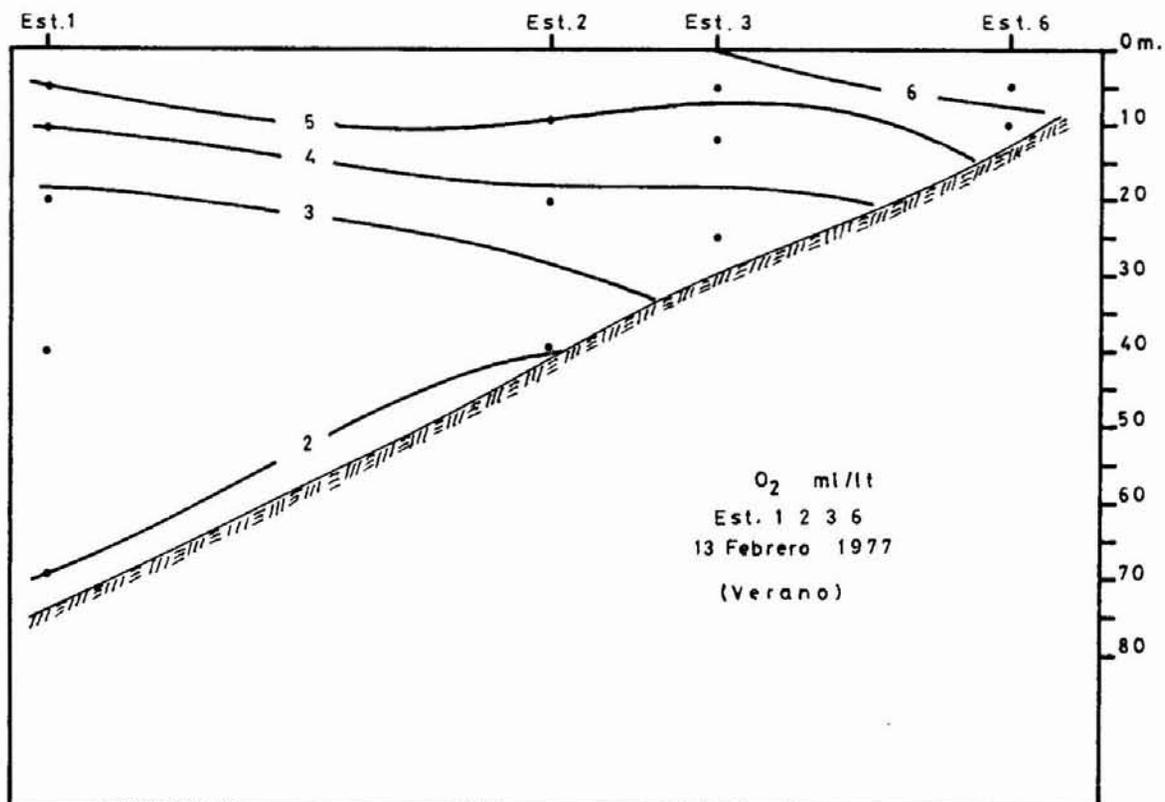
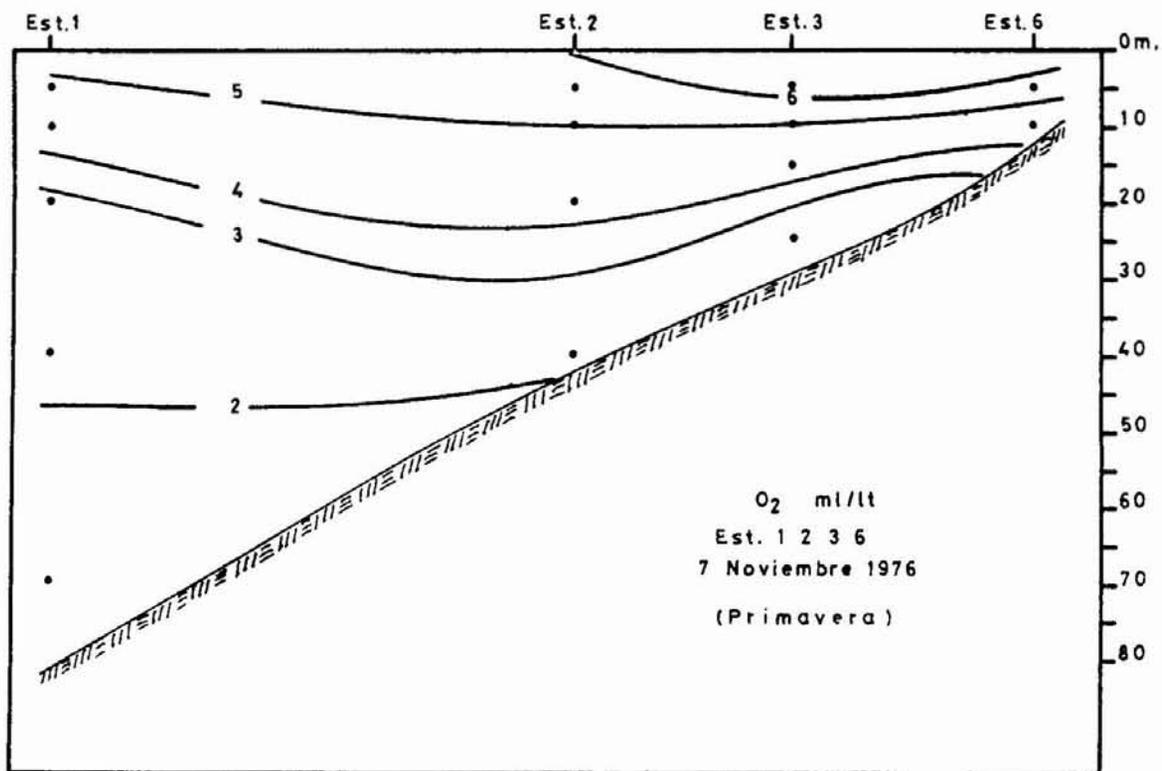


Fig. 12. Oxígeno, corte longitudinal para Primavera 1976 y Verano 1977.

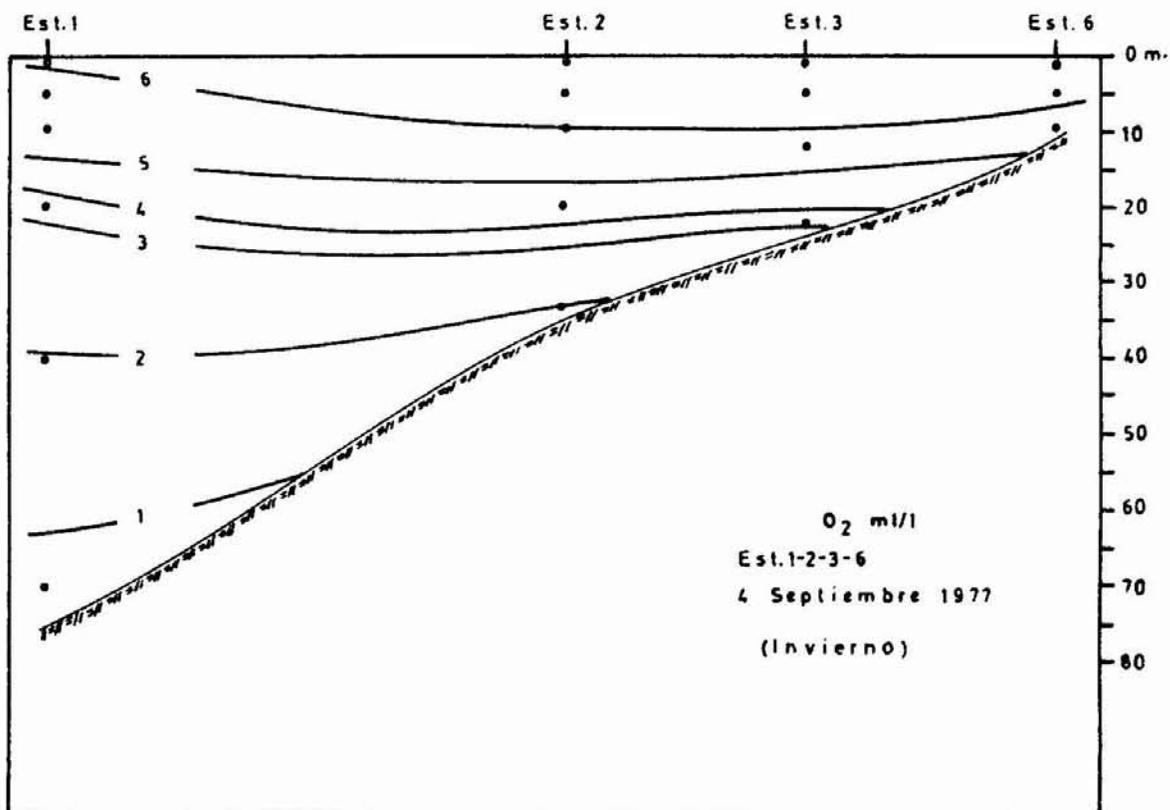
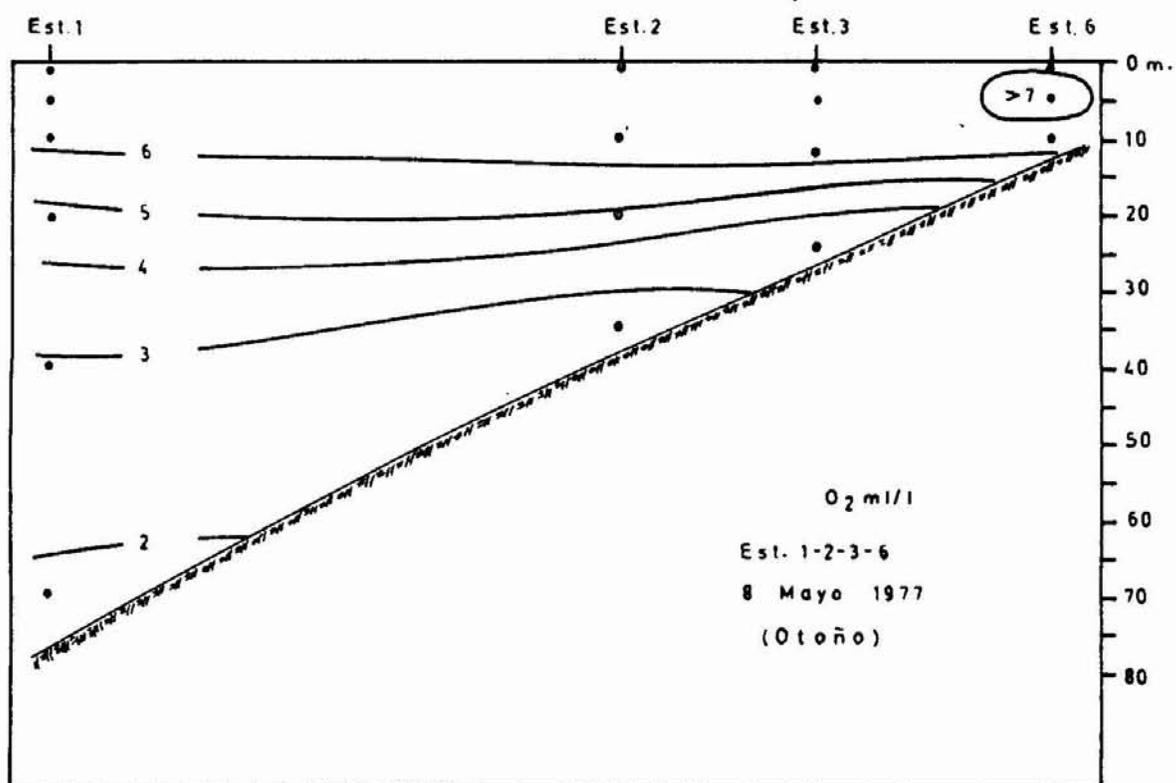


Fig. 13. Oxígeno corte longitudinal para Otoño e Invierno 1977.

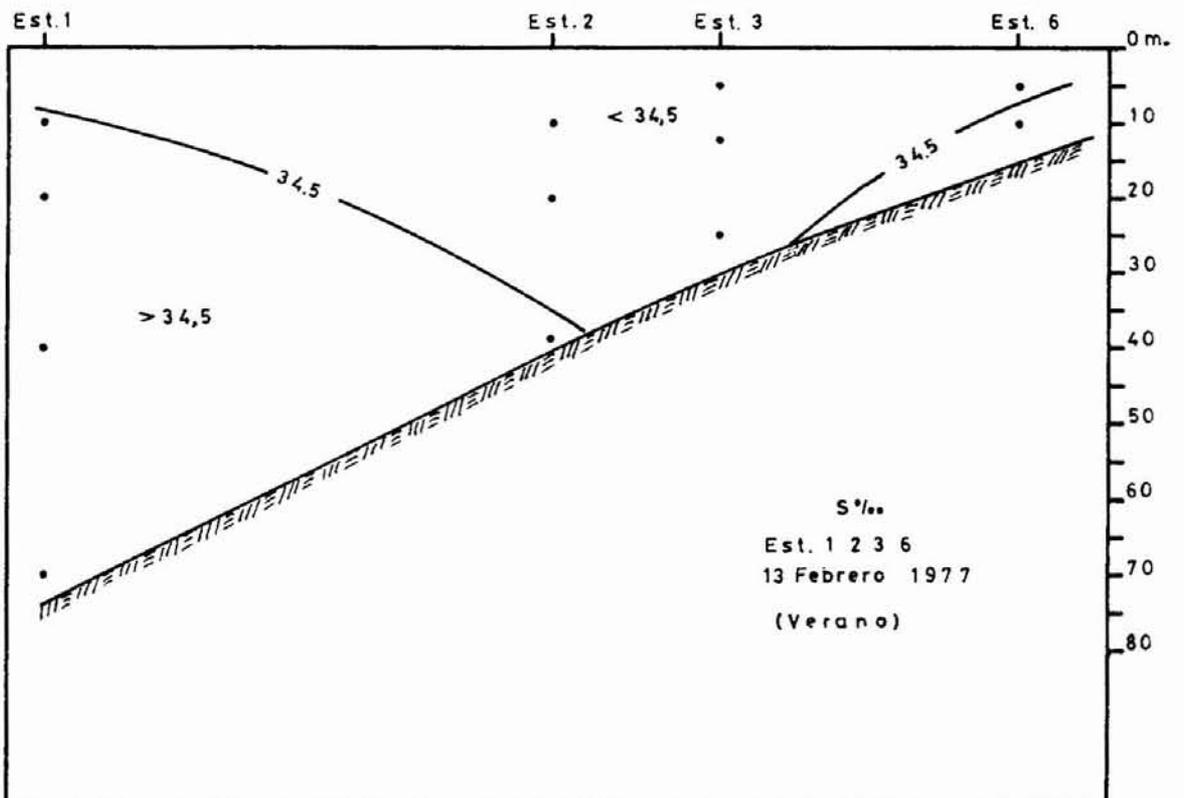
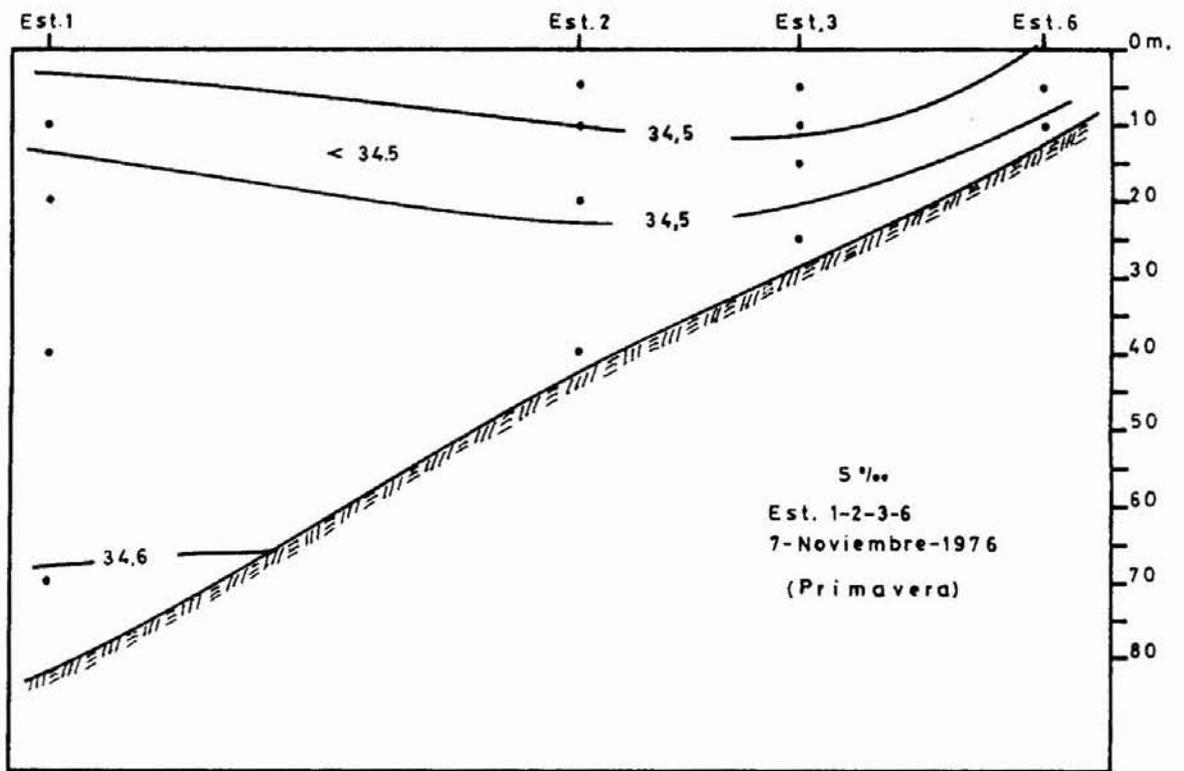


Fig. 14. Salinidad, corte longitudinal para Primavera 1976 y Verano 1977.

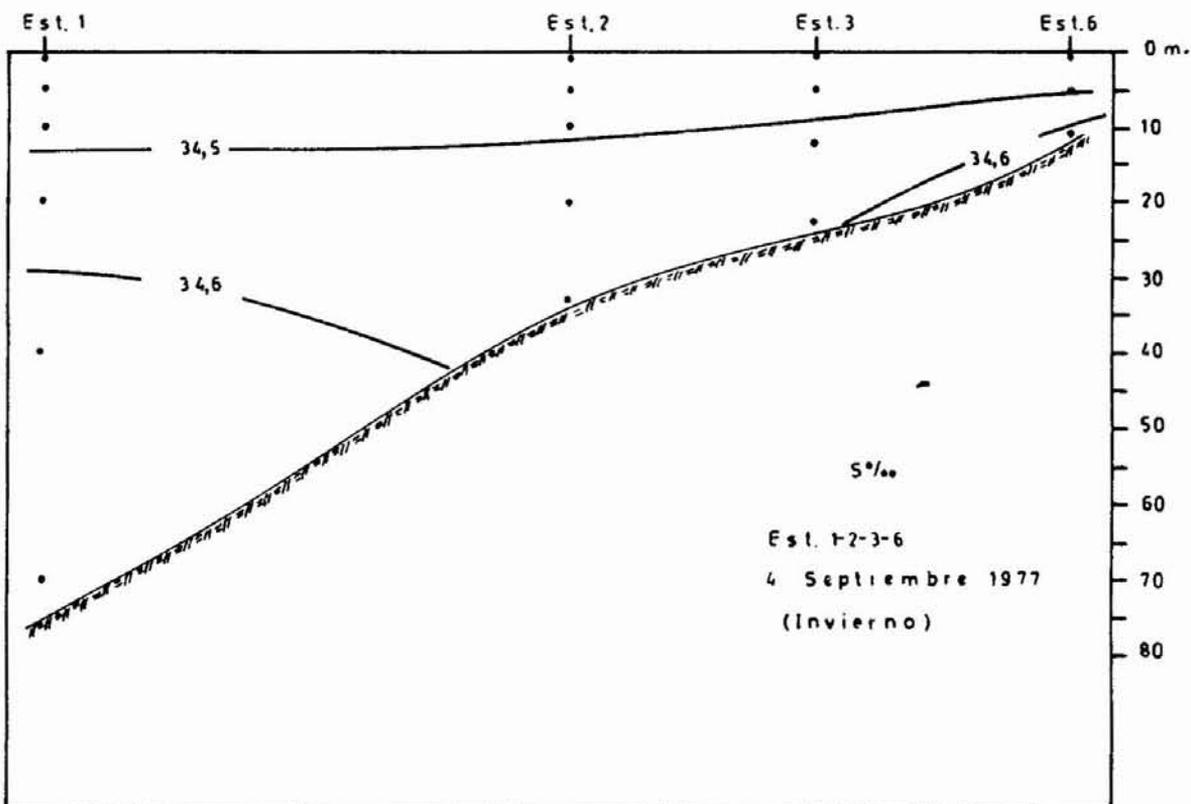
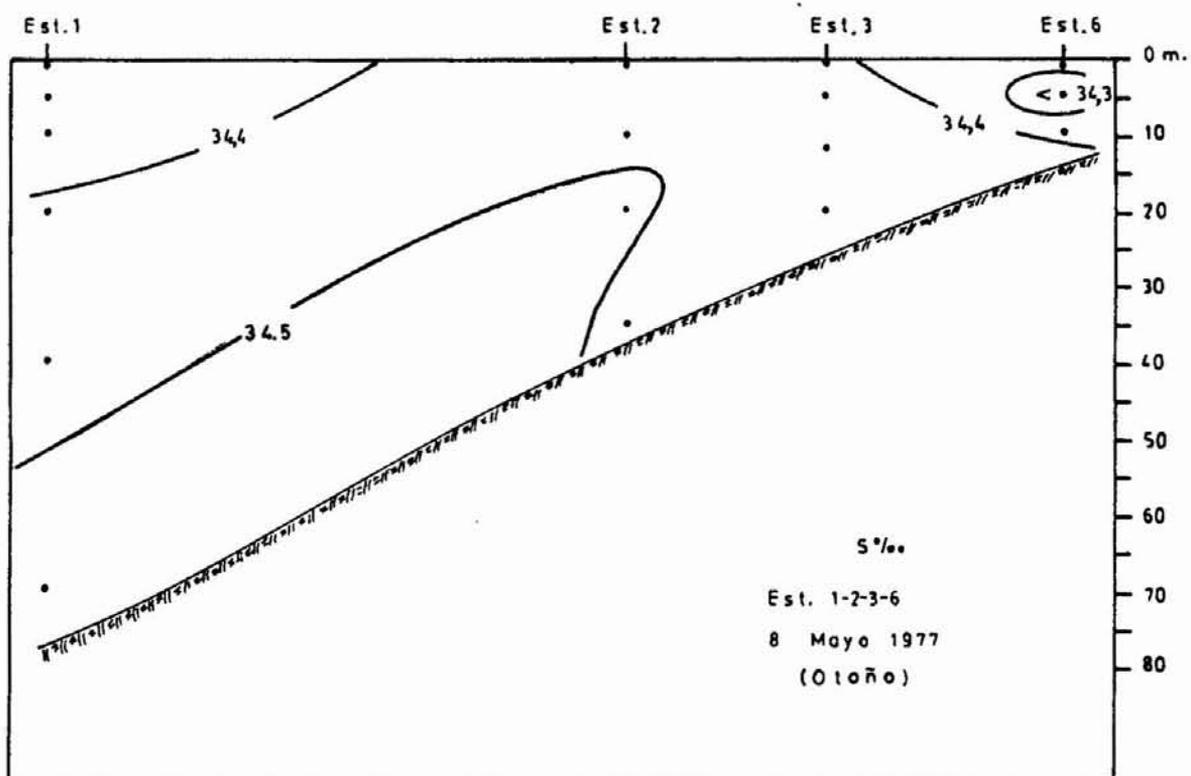


Fig. 15. Salinidad, corte longitudinal para Otoño e Invierno 1977.

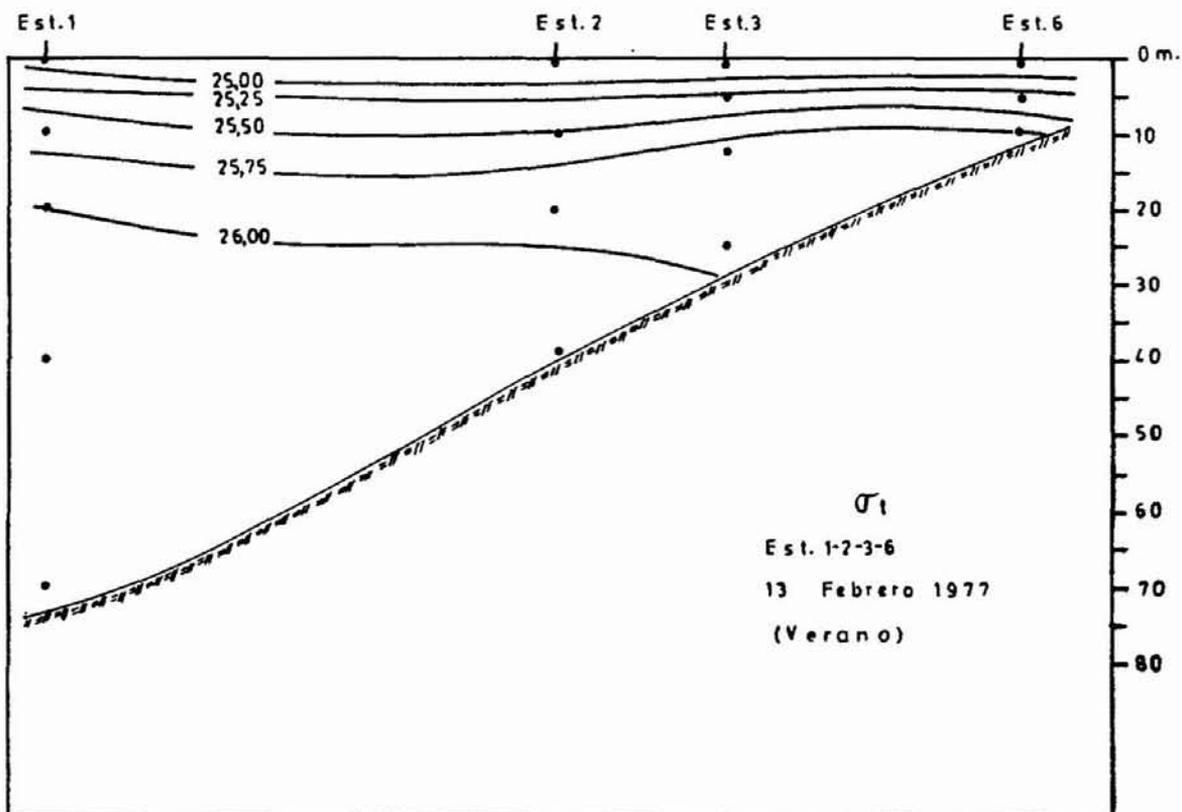
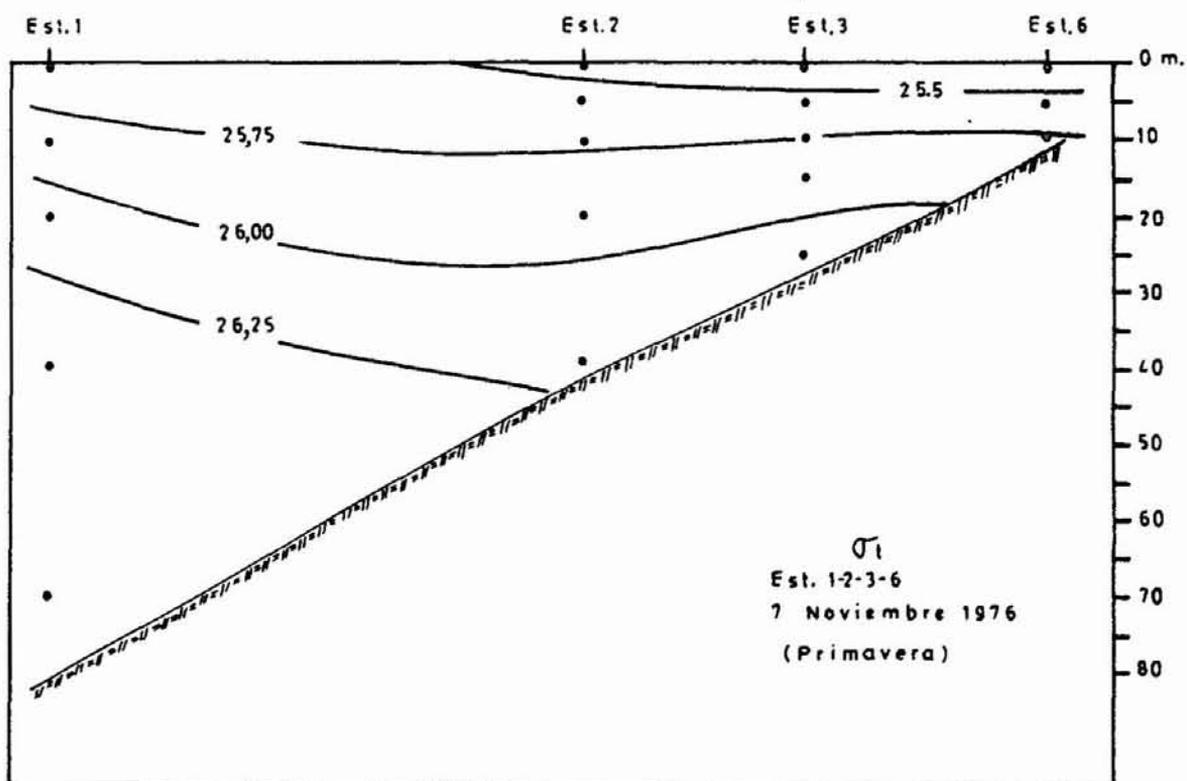


Fig. 16. σ_t , corte longitudinal para Primavera 1976 y Verano 1977.

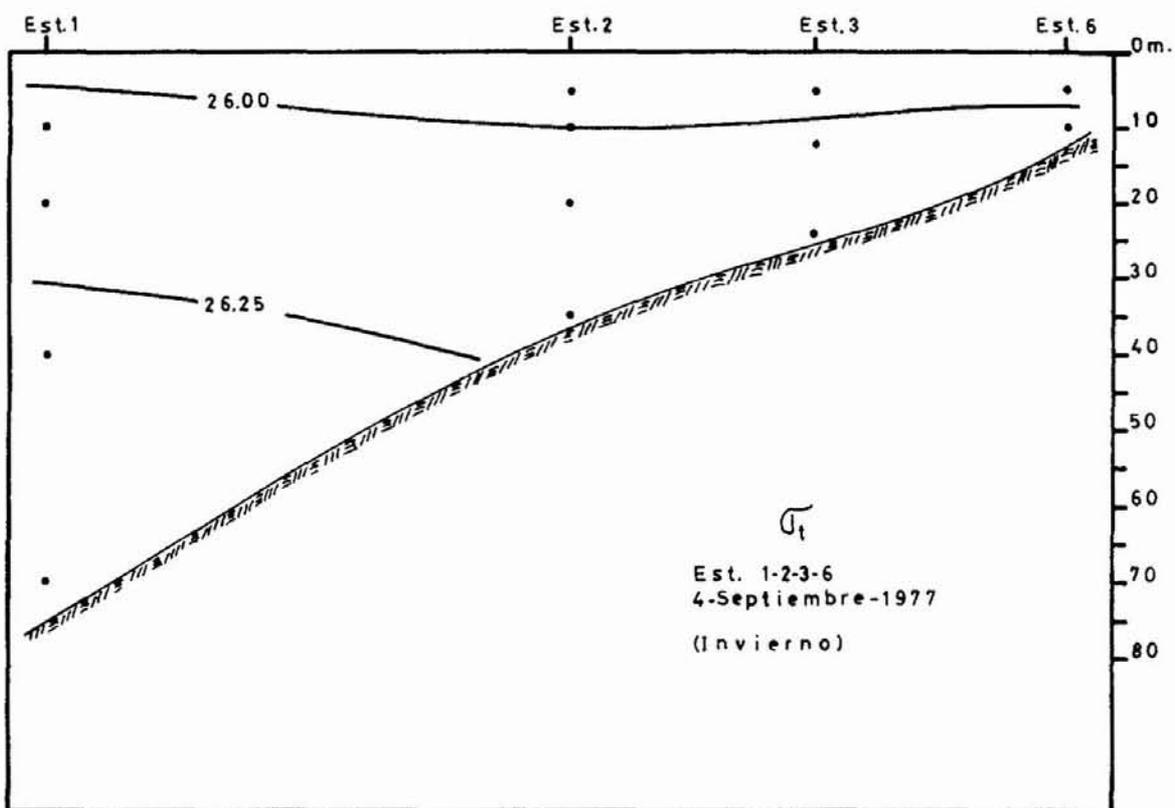
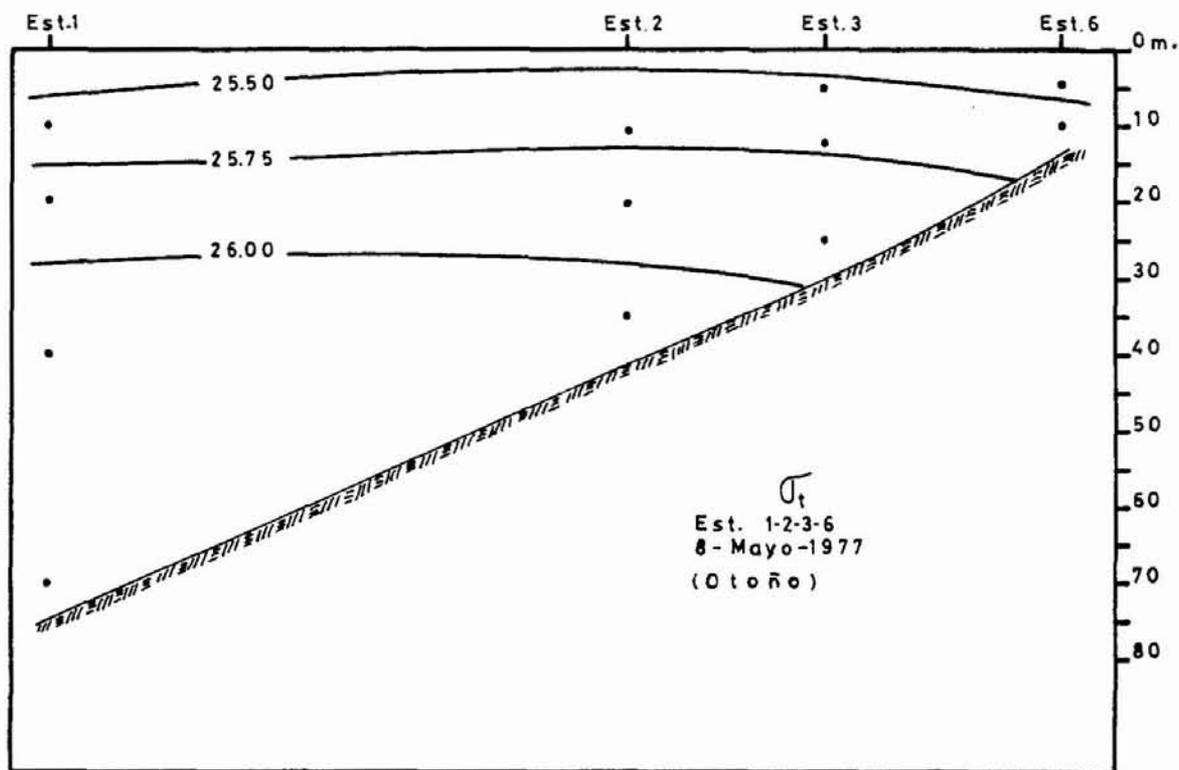


Fig.17. σ_t , corte longitudinal para Otoño e Invierno 1977.

4.1.7 Sedimentos

El fondo de la Bahía Herradura está constituido por material biógeno y terrígeno. En base a la clasificación de sedimentos antes mencionados se distingue en esta zona cinco tipos de arenas. El sedimento predominante es arena fina y muy fina, la media de las muestras obtenidas es de 0.25 mm (2ϕ).

La distribución de sedimentos en la Bahía (Fig. 18) muestra a ambos costados arena gruesa que disminuye en tamaño hacia el centro de la Bahía. En el sector ubicado al interior el fondo está formado por arena fina a lo largo de la costa. Hay un área más pequeña ubicada en la costa más al Norte, que está formada por arena fina y corresponde a la ubicación donde desemboca un desagüe proveniente de un sector de la ciudad de Coquimbo. Donde se ubica el Muelle Mecanizado de CAP se observa un aumento del tamaño medio de los sedimentos.

La Figura 19 muestra la distribución de sedimentos en tres perfiles, dos transversales y uno longitudinal. Se observa en ambos cortes transversales que el costado Oeste de la Bahía presenta mayor pendiente que el sector Este y que aquí la Bahía es bastante profunda, alcanzando en el corte B-B' más de 50 m. El fondo está formado por sedimentos finos.

En la Figura 20, los sedimentos con mayor porcentaje de material biógeno coinciden con las arenas de mayor tamaño medio, debido a que las arenas medianas, gruesas y muy gruesas, tienen

alto contenido de conchilla. Los sedimentos presentan en general poca selección (Fig. 20) particularmente en el sector próximo al Muelle CAP.

La Tabla 9 indica la profundidad de las estaciones, ubicación, cantidad de muestras obtenidas y tamizadas y características del sedimento.

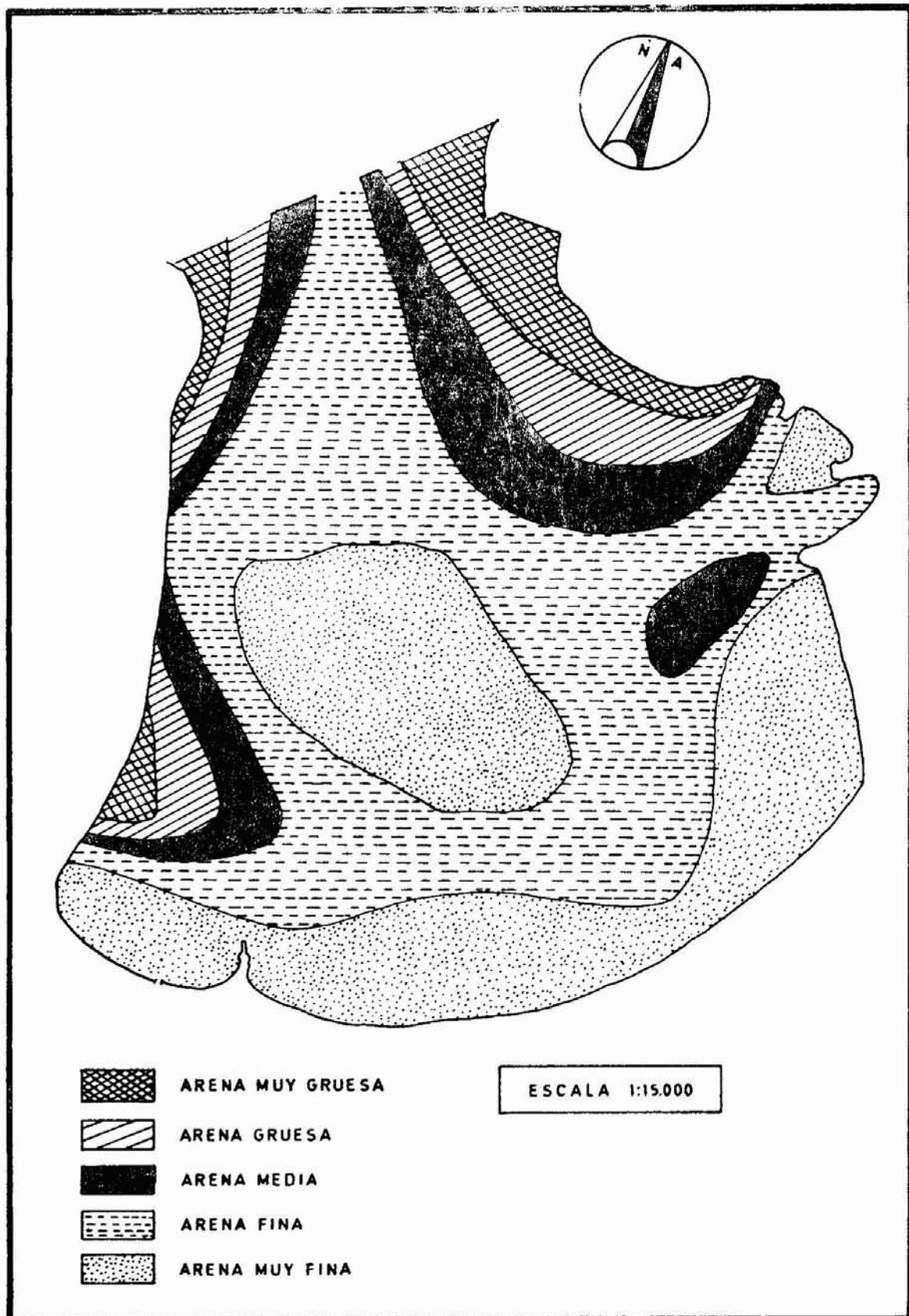


Fig. 18. Distribución del tamaño medio de los sedimentos en Bahía Herradura de Guayacán.

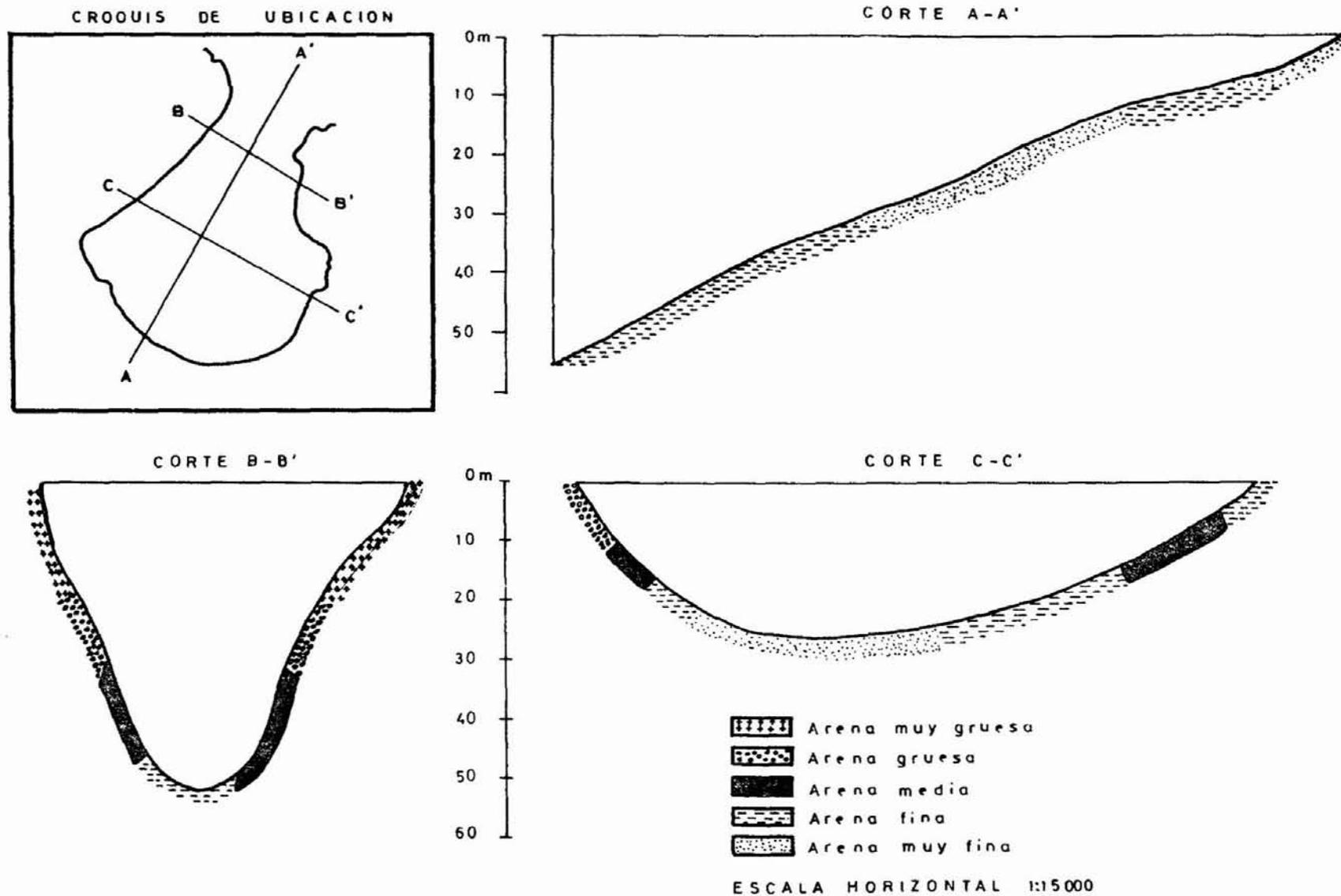


Fig. 19. Perfiles longitudinales y transversales de sedimentos en Bahía Herradura de Guayacán.

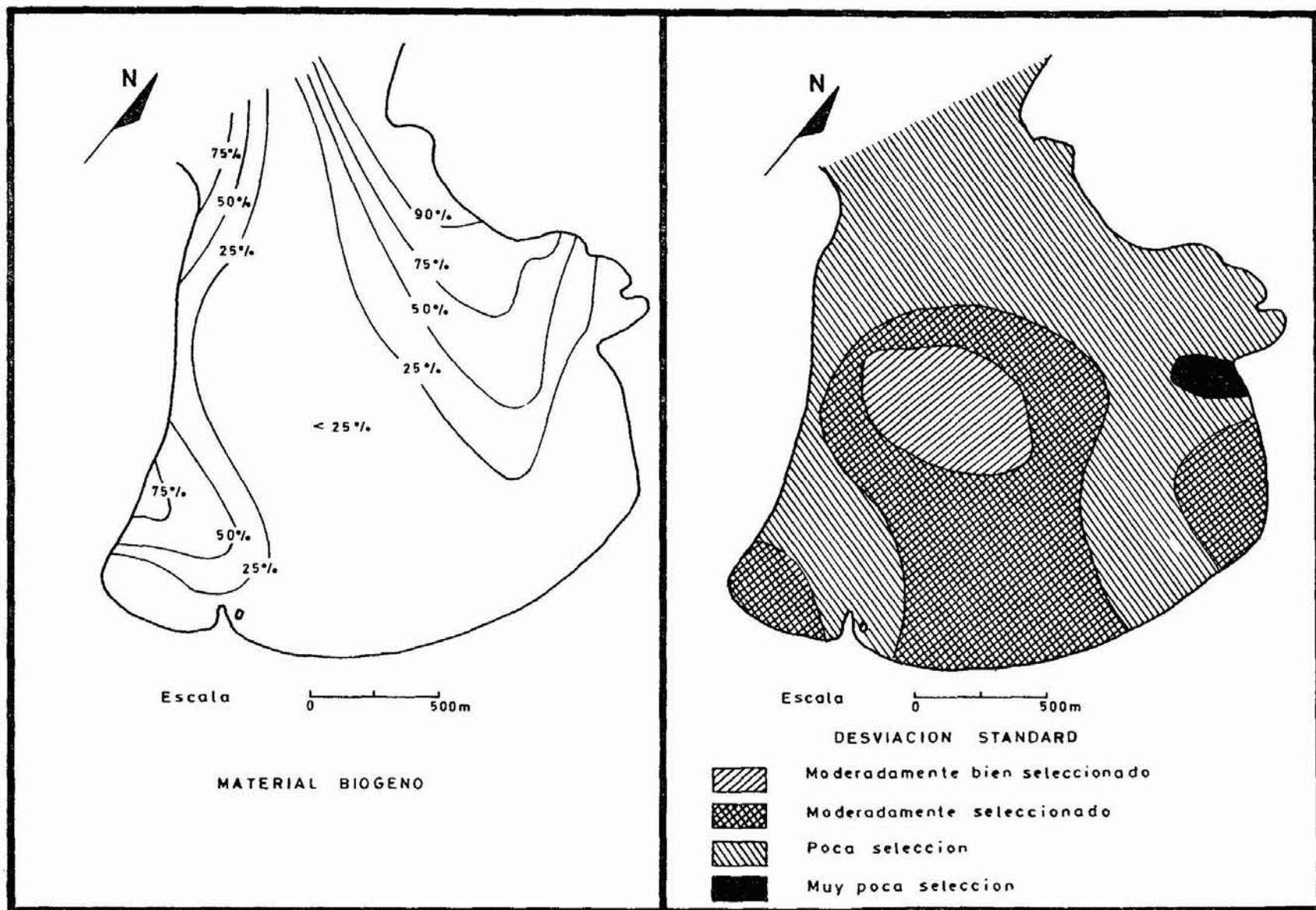


Fig. 20. Distribución de material biogeno y desviación standard de sedimentos en Bahía Herradura de Guayacán

TABLA 9: Sedimentos Bahía Herradura

Est.	Prof. (m)	Fecha	Lat. (S)	Long (O)	Cantidad (gr)	Cantidad (gr) Tamizada	Denominación Sedimento (Arena)	Mateiral Dominante
1	2	27/12/77	29°58'58"	71°22'40"	2894.0	105.8	Muy Fina	Terrígeno
2	3	27/12/77	29°58'56"	71°22'32"	1132.0	105.6	Fina	Terrígeno
4	5	13/ 7/77	29°58'52"	71°22'16"	1916.0	94.4	Muy Fina	Terrígeno
5	5	21/12/77	29°58'40"	71°21'53"	1365.0	154.7	Fina	Terrígeno
6	3	21/12/77	29°58'34"	71°21'48"	1093.0	119.1	Muy Fina	Terrígeno
7	3	21/12/77	29°58'24"	71°21'46"	662.0	102.2	Muy Fina	Terrígeno
8	8	21/12/77	29°58'35"	71°22'02"	1299.0	176.8	Fina	Terrígeno
9	11	13/ 7/77	29°58'43"	71°22'22"	207.0	101.4	Fina	Terrígeno
10	7	27/12/77	29°58'49"	71°22'32"	2333.0	96.9	Mediana	Biógeno
11	4	27/12/77	29°58'51"	71°22'43"	2790.0	121.7	Muy Gruesa	Biógeno
12	6	27/12/77	29°58'47"	71°22'43"	3988.0	107.7	Gruesa	Biógeno
14	10	21/12/77	29°58'26"	71°22'02"	3397.0	111.2	Fina	Terrígeno
15	5	21/12/77	29°58'19"	71°21'54"	809.0	103.6	Muy Fina	Terrígeno
17	9	21/12/79	29°58'17"	71°21'54"	3456.0	108.5	Mediana	Biógeno
18	23	22/ 6/77	29°58'25"	71°22'17"	339.0	84.4	Fina	Terrígeno
19	20	27/12/77	29°58'39"	71°22'25"	2008.0	105.5	Muy Fina	Terrígeno
20	5	27/12/77	29°58'42"	71°22'46"	4544.0	101.0	Gruesa	Biógeno
21	21	17/ 6/77	29°58'31"	71°22'43"	1147.0	78.0	Muy Fina	Terrígeno
22	31	22/ 6/77	29°58'25"	71°22'37"	7074.0	136.0	Fina	Terrígeno
23	34	22/ 6/77	29°58'18"	71°22'30"	7116.0	103.3	Fina	Terrígeno
24	11	6/ 1/78	29°58'13"	71°22'02"	2310.0	93.7	Fina	Terrígeno
25	6	6/ 1/78	29°58'08"	71°21'57"	2263.0	118.3	Fina	Terrígeno
26	3	14/ 7/77	29°58'05"	71°21'56"	2023.0	114.4	Fina	Terrígeno
27	3	6/ 1/78	29°58'01"	71°21'58"	1881.0	100.0	Muy Fina	Terrígeno
28	2	14/ 7/77	29°58'01"	71°22'07"	4407.0	108.7	Muy Gruesa	Biógeno
29	5	14/ 7/77	29°58'05"	71°22'09"	2577.0	91.6	Gruesa	Biógeno
30	14	3/ 8/77	29°58'08"	71°22'10"	3553.0	61.3	Gruesa	Biógeno
31	15	3/ 8/77	29°58'06"	71°22'20"	3118.0	93.9	Gruesa	Biógeno
32	37	22/ 6/77	29°58'13"	71°22'31"	5247.0	119.3	Fina	Terrígeno
33	29	3/ 8/77	29°58'22"	71°22'46"	7882.0	107.7	Fina	Terrígeno
34	11	17/ 7/77	29°58'26"	71°22'50"	4761.0	119.5	Fina	Terrígeno
35	20	3/ 8/77	29°58'00"	71°22'31"	1220.0	113.4	Muy Gruesa	Biógeno
36	40	3/ 8/77	29°57'53"	71°22'44"	552.0	74.5	Muy Gruesa	Biógeno
37	62	3/ 8/77	29°57'58"	71°22'48"	12163.0	98.5	Fina	Terrígeno
38	35	3/ 8/77	29°58'04"	71°22'56"	2349.0	94.1	Gruesa	Biógeno

4.2 Condiciones Meteorológicas.

4.2.1 Temperatura

De acuerdo con los registros (Tabla 10), la media anual para los años de estudio es de $14,5^{\circ}\text{C}$ y la oscilación anual es de $5,0^{\circ}\text{C}$, siendo las oscilaciones medias mensuales próximas a este valor. Los valores extremos observados corresponden a una máxima absoluta de $25,7^{\circ}\text{C}$ en Enero 1973 y una mínima absoluta de $6,0^{\circ}\text{C}$ en los meses de Julio y Agosto 1974.

La Figura 21 presenta la variación mensual de las medias de temperatura máxima, mínima y media de 1971 a 1977. A través del año los meses en que alcanza una media mayor corresponde a Enero con $17,5^{\circ}\text{C}$ y Febrero con $17,4^{\circ}\text{C}$. Los meses de menor temperatura son Julio con $11,9^{\circ}\text{C}$ y Agosto con 12°C .

4.2.2 Presión Atmosférica

La presión atmosférica es medida en milibares, corregida a 0°C y 45° de latitud y corresponde al nivel del mar.

La media anual de presión atmosférica para el período es de 1017.8 mb. La Figura 21 sintetiza gráficamente la variación anual de la presión atmosférica. Se registran las medias mensuales más bajas entre los meses de Enero y Marzo, alcanzando en Enero un valor de 1015.5 mb mientras que las medias mensuales

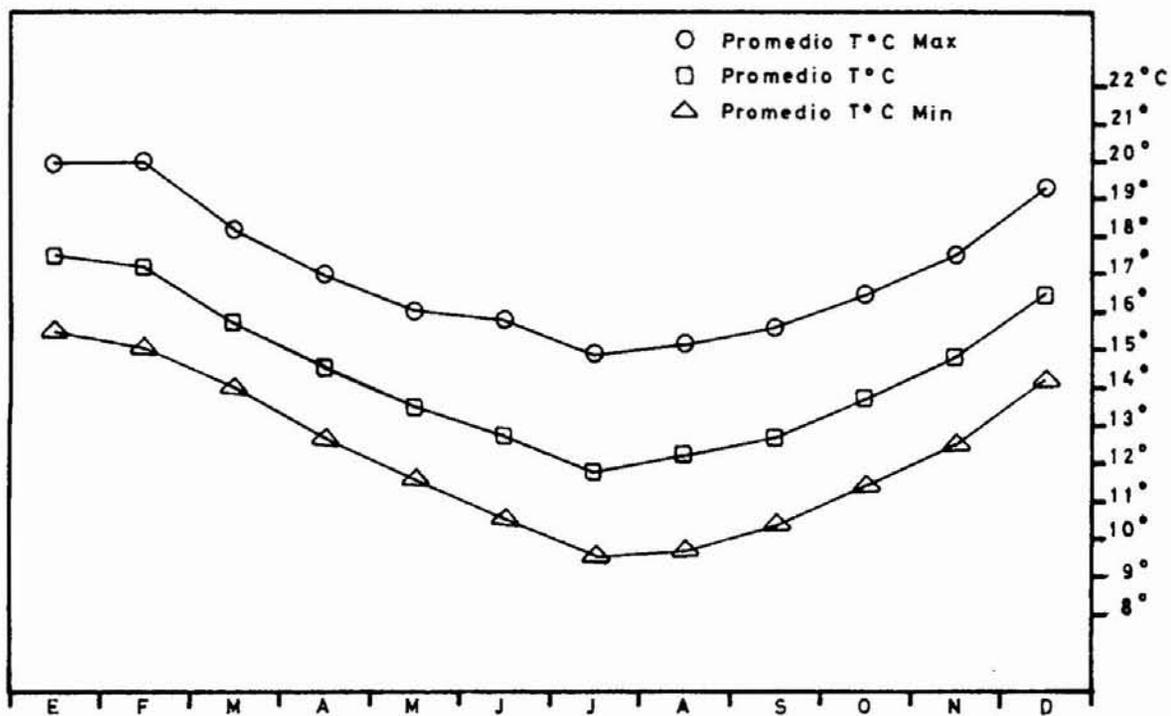
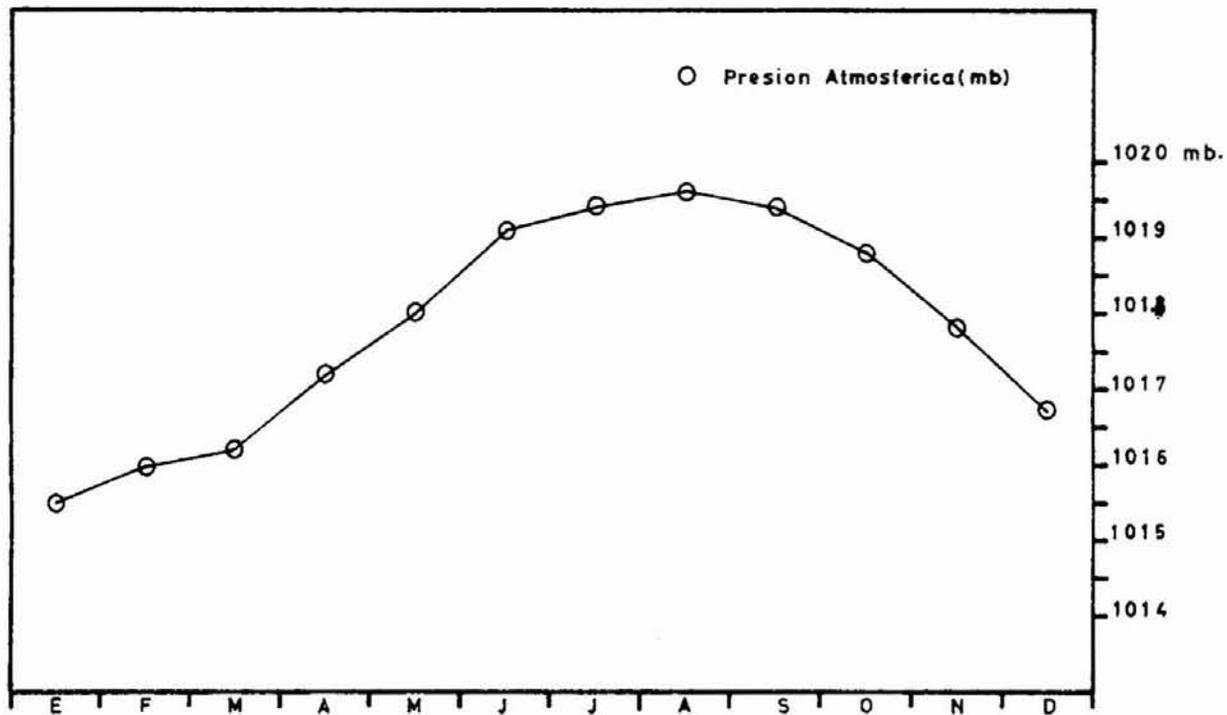


Fig. 21. Promedios mensuales de Presion Atmosferica y de Temperatura Maxima, Minima y Promedio, para Coquimbo entre 1971 y 1977

más altas ocurren entre los meses de Julio y Septiembre con el valor más alto en Agosto de 1019.6 mb.

TABLA 10 Temperatura (°C) del aire (1971-1977), Faro Punta de Tortuga.

	VALORES MEDIOS MENSUALES (1971-1977)					Max.	Min.
	08.00 Hrs.	19.00 Hrs.	Max.	Min.	Oscilac.	Media	Absoluta absoluta
Enero	16.3	18.2	20.1	15.5	4.6	17.5	25.7/73/ 12.6/74/
Febrero	15.9	18.1	20.3	15.1	5.2	17.4	25.6/72/ 11.0/71/
Marzo	14.7	16.5	18.4	14.0	4.4	15.9	24.2/72/ 11.0/72/
Abril	13.4	15.1	17.0	12.7	4.3	14.6	21.3/73/ 8.6/71/
Mayo	12.4	14.1	16.1	11.6	4.5	13.6	19.6/72/ 8.6/71/
Junio	11.4	13.6	15.8	10.5	5.3	12.8	20.2/76/ 6.5/76/
Julio	10.4	12.8	14.9	9.5	5.4	11.9	18.6/71/ 6.0/74/
Agosto	10.7	13.0	15.2	9.7	5.5	12.2	20.4/71/ 6.0/74/
Septiembre	11.3	13.4	15.6	10.4	5.2	12.7	20.2/76/ 6.1/74/
Octubre	12.5	14.4	16.4	11.4	5.0	13.7	21.2/75/ 7.6/73/
Noviembre	13.6	15.5	17.5	12.5	5.0	14.8	20.7/74/ 7.0/74/
Diciembre	15.4	17.2	19.3.	14.2	5.1	16.5	22.6/75/ 8.9/73/
Media	13.2	15.2	17.2	12.3	5.0	14.5	

4.2.3 Humedad Relativa y Nubosidad

La media anual de humedad relativa es de 88.1 % y disminuye para los meses entre Noviembre y Febrero (Fig. 22). Las medias mensuales extremas corresponden a 89.5% en Mayo y 86.7 % en Enero y Diciembre. Las medias mensuales máximas de humedad relativa y nubosidad coinciden en el mismo mes con un valor de nubosidad de 5.2 octetos. Los valores de mínima nubosidad ocurren durante los meses de Verano y fines de Primavera.

4.2.4 Viento

Los vientos principales, en relación a su frecuencia, son los de dirección SO y O (Fig. 23). El de dirección SO es el que presenta mayor frecuencia a lo largo de todo el año con porcentajes sobre el 40 % en Primavera y Verano. Los de dirección O alcanza un porcentaje sobre el 20 % en Verano, disminuyendo en las demás estaciones del año. El viento de dirección E alcanza un porcentaje sobre el 10 % en Invierno. En Otoño ocurre el mayor porcentaje de calma. Los vientos de las demás direcciones tienen frecuencias menores a 10 % siendo el menor de dirección SE.

La velocidad del viento para las Estaciones se muestran en la Tabla 11, las medias anuales más altas ocurren desde las direcciones SO y NO y la más baja la dirección SE.

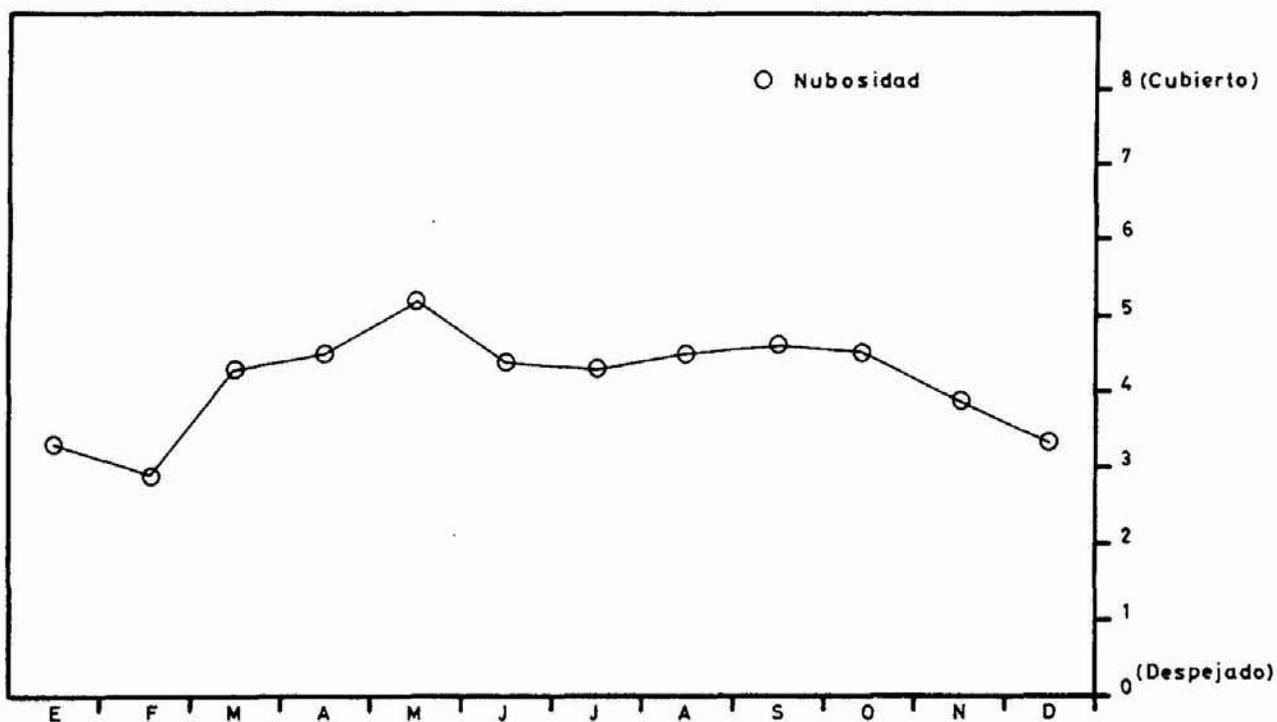
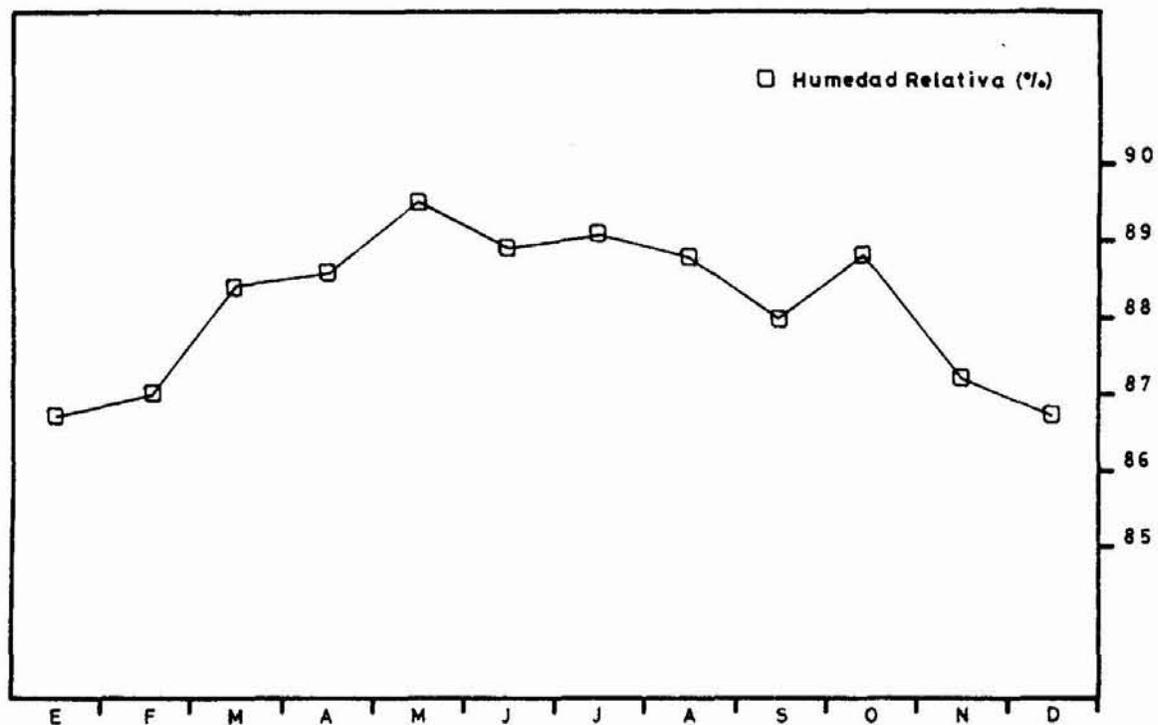


Fig. 22. Promedios mensuales de Humedad Relativa y Nubosidad para Coquimbo entre 1971 y 1977.

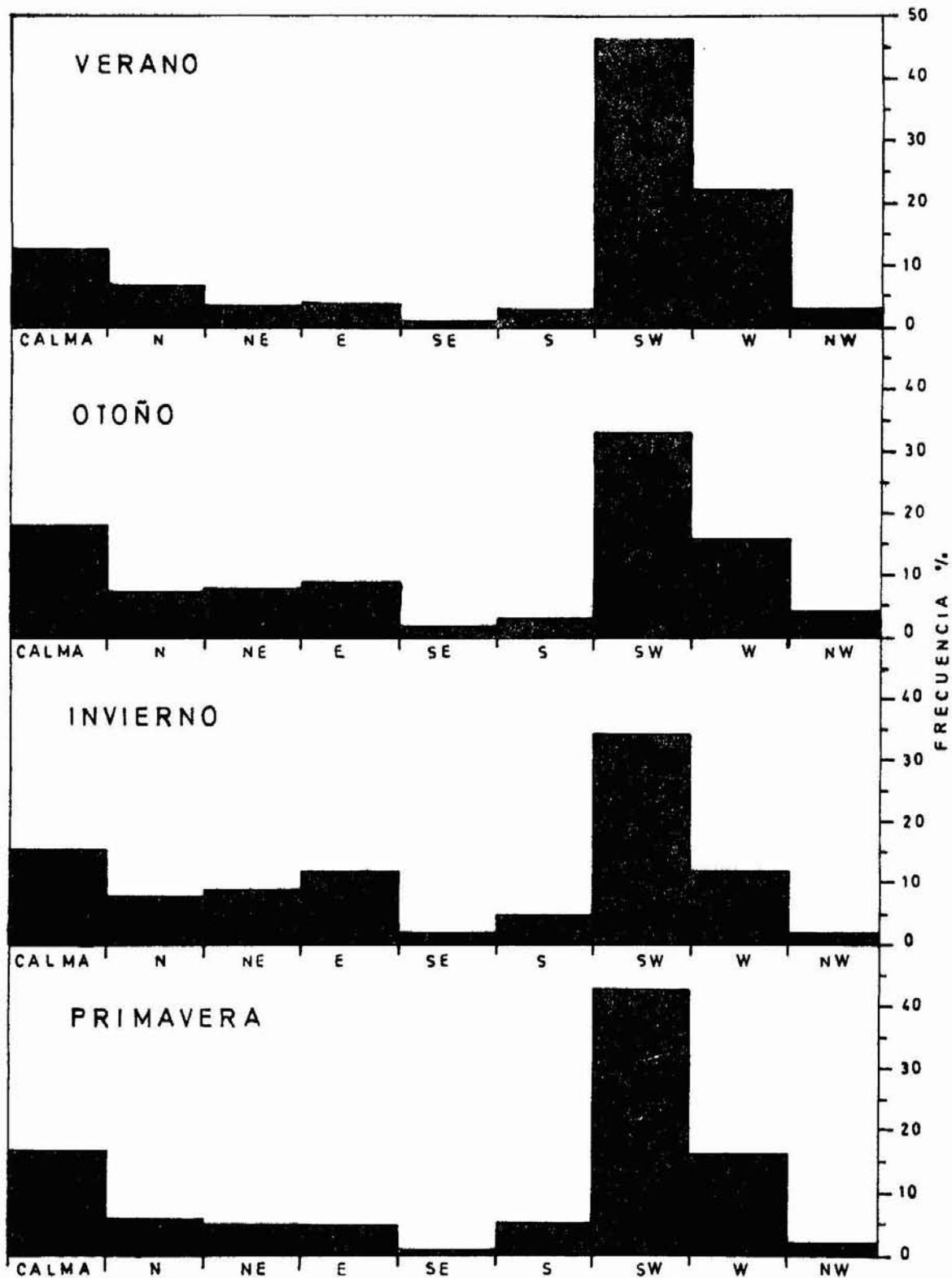


Fig.23. Frecuencia del viento en Coquimbo entre 1971 y 1977.

TABLA 11 Velocidad del viento (Nudos)

	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA
N	4.2	3.4	4.4	4.1
NE	2.1	3.3	3.5	2.6
E	2.4	3.3	3.0	2.9
SE	1.2	2.1	3.7	3.0
S	3.2	3.6	4.4	4.5
SO	4.8	3.9	4.6	4.9
O	4.5	3.7	4.4	4.2
NO	5.5	4.0	5.0	3.4

4.2.5 Precipitaciones

Las precipitaciones para la zona de Coquimbo alcanzan una media de 81.3 mm para el período entre los meses de Junio y Septiembre.

TABLA 12 Precipitaciones (mm) entre 1971 a 1977

	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Precip. (mm)	85.9	160.5	55.3	53.5	70.2	60.9	83.0

V ANALISIS

En el presente trabajo las estaciones oceanográficas 1 y 3 son analizadas en mayor detalle porque representan las condiciones fuera y dentro de la Bahía Herradura. En el cálculo de los valores medios de $T^{\circ}\text{C}$, $S\text{‰}$, O_2 y σ_t para el fondo, influye el hecho que las estaciones están ubicadas a diferente profundidad.

De los parámetros oceanográficos medidos en Bahía Herradura el que presenta mayor variación durante el período de estudio es la temperatura, con la presencia de un ciclo estacional que afecta la capa superficial y la presencia de una termoclina que se intensifica en Verano. El régimen térmico de las aguas es producto de la insolación y del intercambio con agua del área adyacente. Generalmente la temperatura es algo mayor para las estaciones interiores que para la estación ubicada fuera de la Bahía.

No se presentan disminuciones bruscas de la estabilidad que puedan indicar afloramientos de agua. El desarrollo de una termoclina en Verano favorece el aumento de la estabilidad de la columna de agua. La variación de la temperatura en un ciclo anual es el factor más importante en la distribución de la densidad.

La Bahía Herradura no recibe aportes de agua importantes, además la pluviosidad de esta zona es escasa, lo cual impide que existan fluctuaciones grandes de salinidad. La característica

más importante en la distribución de isohalinas es la variación en profundidad que éstas experimentan a través del tiempo.

Se observa una capa superficial de oxígeno disuelto con valores sobre el 100 % de saturación durante gran parte del año, que sugiere una alta tasa de fotosíntesis. Además el aumento de saturación para superficie es producto de una mayor agitación del mar (oleaje), mientras que los valores bajo 100 % de saturación indicarían un consumo biológico.

En la mayoría de los casos se obtuvieron valores superficiales de oxígeno disuelto algo superiores en las estaciones oceanográficas interiores de la Bahía que en la estación ubicada fuera de ella. Destaca la aparición de la isolínea de 1 ml/l en Septiembre 1977, que se presentó solamente durante este mes en el período de estudio, en Estación 1. Los valores de oxígeno, salinidad y temperatura indican que no existen variaciones importantes entre los valores medidos dentro y fuera de la Bahía, lo que sería producto de un buen intercambio de agua entre el interior de la Bahía y el exterior.

Se observa que desde Primavera a Otoño la columna de agua puede ser dividida en dos capas de agua, mientras que en Invierno existe una sólo capa de agua casi homogénea.

El origen de los sedimentos de la Bahía que presentan fragmentos calcáreos, su origen se encuentra en fondos rocosos próximos a la costa y a poca profundidad a ambos lados de la Bahía. La presencia de conchilla aumenta el tamaño medio de la

muestra, de allí la coincidencia entre tamaños mayores y los altos porcentajes de material biógeno. Donde se encuentra ubicado el Muelle CAP se presenta un aumento del tamaño medio y muy poca selección de los sedimentos, producto probablemente de material que cae al fondo. La muestra que presentó mayor cantidad de fango corresponde a una obtenida frente a la desembocadura del desagüe de un sector de Coquimbo.

El análisis de 7 años de datos meteorológicos obtenidos en la estación del Faro Punta de Tortuga está dirigido hacia la obtención de medias mensuales y la variación que ellas experimentan a través de un año. Permiten determinar ciertas condiciones de estabilidad tales como la homogeneidad térmica del aire, persistencia de alta humedad relativa y que la dirección predominante de vientos es SO. Esto es producto de las condiciones de estabilidad que ocurren en el litoral chileno y de la influencia marítima. En relación a la baja frecuencia de vientos de dirección S es debido a la ubicación de la estación meteorológica que queda protegida de esta dirección.

VI CONCLUSIONES.

1. La variación térmica de la Bahía Herradura indica la existencia de un ciclo estacional de temperatura en la capa superficial. La capa de mayores fluctuaciones corresponde a los primeros 10 a 20 m dependiendo de la profundidad de la estación. Bajo estas profundidades las fluctuaciones son menores.

Se produce un aumento de la temperatura en Verano con una termoclina que alcanza su máxima expresión en Enero 1977 para el período de estudio y una disminución en los meses de Invierno en que prácticamente desaparece.

2. La salinidad en la Bahía fluctúa entre 34.24 y 34.85 ‰. En los meses de Invierno se registra un aumento de la salinidad. Además existen variaciones en el comportamiento de la isohalina en profundidad durante el período de estudio.
3. Existencia de una capa superficial que se encuentra bien oxigenada, alcanzando en gran parte del año valores superiores a las de saturación. A profundidad de 60 m aparece la isolinia de 1 ml/l a fines de Invierno en Estación 1.
4. Presencia de 2 capas de agua en relación a los parámetros medidos en Primavera, Verano y Otoño. Durante Invierno presencia de una capa de agua casi homogénea. Además, los parámetros medidos indican un buen intercambio de agua entre el interior y exterior de la Bahía.

5. El estudio de sedimentos de la Bahía Herradura ha proporcionado información sobre la distribución de tamaño de los se dimentos. El tamaño medio de las muestras obtenidas es de 0.25 mm (2 ϕ). El sedimento está formado por material biógeno y terrígeno. El aumento de el tamaño medio está asociado a la presencia de conchilla. En general el sedimento se encuentra poco a moderadamente seleccionado.

6. Temperatura del aire que alcanza a una media anual de 14.5°C con poca variación anual, humedad relativa alta durante to do el año con una media de 88.1 % y vientos de dirección SO predominantes.

VII BILIOGRAFIA CITADA.

- ALARCON, E. 1975. Oceanographic conditions in coastal waters of the Coquimbo zone, International Symposium Coastal Upwelling. Universidad del Norte, Coquimbo. pp: 149-161.
- AHUMADA, R. 1966. Contribución al conocimiento de las condiciones hidrográficas de la Bahía de Concepción y áreas adyacentes. Tesis de grado. Universidad de Concepción. pp: 135.
- BRANDHORST, W. 1971. Condiciones oceanográficas Estivales Frente a la Costa de Chile. Rev. Biol. Mar. Valparaíso. Vol. 14 (3). pp: 45-84.
- DIRECCION METEOROLOGICA DE CHILE. Barografía de Chile. Publicación N° 58. pp: 90.
- _____ 1961. Anuario Meteorológico de Chile pp: 47.
- FOLK, R. L. 1961. Petrology of Sedimentary Rocks, Hemphills, Austin, Texas. pp: 154.
- FUENZALIDA, P. H. 1965. Geografía Económica de Chile. Clima. Corporación de Fomento de la Producción (Texto refundido). pp: 98-152.
- KEALA, B. 1965. Table of Sigma-T with intervals of 0.1 for Temperature and Salinity. Special Scientific Report. Fisheries N° 506. Washington, D.C. pp: 186.

- LAFOND, E.C. 1951. Processing Oceanographic data. U.S. Navy Hydrographic office. Pub. N° 614. Washington, D.C. pp:114.
- NATIONAL INSTITUTE OF OCEANOGRAPHY OF GREAT BRITAIN AND UNESCO: 1973. Tablas Oceanográficas internacionales. Vol. 1 y 2. Printes in England.
- NEUMAN, G.W.J. PIERSON, Jr. 1966. Principles of Physical Oceanography. Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliffs. pp:
- PACHECO, A. y BERRIOS, M. 1979. Levantamiento Batimétrico de Precisión de Bahía Herradura de Guayacán. Informe Técnico. CIS, Universidad del Norte, pp: 71.
- RICHARDS, F. 1957. Oxygen in the Oceans. Treatise on Marine Ecology and Paleoecology. The Geological Society of America, Memoir 67, Waverly Press Baltimore, Maryland. pp: 185-283.
- ROBLES, F. ALARCON, E. y ULLOA A. 1976. Las masas de agua en la región Norte de Chile y sus variaciones en un período frío (1976) y en períodos cálidos (1969-1971-1973). FAO. Ing. Pesca (185): 94-196.

- SIEVERS, H.A. y N. SILVA S. 1975. Masas de agua y circulación en el Océano Pacífico Sudoriental. Latitud 18°S. - 33°S (Operación Oceanográfica "Mar Chile VIII"). Cienc. y Tec. del Mar. Contrib. CONA N° 1 pp:7-67
- SILVA, S.A. 1973. Variaciones estacionales de temperatura, salinidad y contenido de oxígeno en la zona costera de Valparaíso (Septiembre de 1969 - Agosto de 1970). Inv. Mar., Vol. 4 (3). pp: 89-112.
- _____, H. SIEVERS. 1973. Variaciones estacionales de temperatura, salinidad y contenido de oxígeno frente a la Bahía de Valparaíso (Marzo 1968 - Abril 1969). Inv. Mar., Vol. 4 (1) pp:1-16.
- _____, D. KONOW. 1974. Contribución al conocimiento de las masas de agua en el Pacífico Sudoriental. Expedición Krill. Crucero 3-4 Julio - Agosto. Rev. Com. Perm. Pac. Sur, 3 pp: 63-75.
- SVERDRUP, H.V. - M. W. JOHNSON, R. H. FLEMING. 1972. The Oceans their physics, chemistry, and general biology. Prentice-Hall, England Cliffs. 1020 pp.
- WEISS, R. F. 1970. The solubility of nitrogen oxygen and argon in water and sea water. Deep Sea Res., Vol. 17. pp: 721-735.

UNIVERSIDAD DEL NORTE
CENTRO DE INVESTIGACIONES SUBMARINAS
COQUIMBO

LEVANTAMIENTO BATIMETRICO DE PRECISION
DE LA BAHIA LA HERRADURA DE GUAYACAN.

ALVARO PACHECO HODGES
MANUEL BERRIOS RETAMALES

R E S U M E N

Este trabajo entrega los resultados del levantamiento batimétrico de precisión de Bahía La Herradura de Guayacán. La Triangulación fue relacionada con el sistema de Coordenadas UTM. La batimetría fue realizada con escandallo (hasta los 20 metros de profundidad) y ecógrafo en las profundidades mayores. Incluyendo un total de 2.500 sondeos.

PACHECO A. y BERRIOS, M. LEVANTAMIENTO BATIMETRICO DE PRECISION DE LA BAHIA LA HERRADURA DE GUAYACAN. CENTRO DE INVESTIGACIONES SUBMARINAS C.I.S. UNIVERSIDAD DEL NORTE, COQUIMBO CHILE.

INFORME TECNICO 78-1. AGOSTO 1978.

N O T A

Se hace presente que las Coordenadas Geográficas de la Bahía La Herradura de Guayacán, mencionados en la Introducción del presente informe han sido obtenidas del Plano 402 del Instituto Hidrográfico de la Armada. Presentan una diferencia de aproximadamente 1 minuto en Longitud y 30 Segundos en Latitud con respecto a las Coordenadas Geográficas y U.T.M. de la carta 2945-7115 Coquimbo publicada por el Instituto Geográfico Militar.

I N D I C E

RESUMEN

LISTA DE SIMBOLOS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

I INTRODUCCION

II TRIANGULACION

2.1 Generalidades

2.2 Operaciones en la Triangulación

a) Reconocimiento para la ubicación de los vértices de Triangulación y Línea Base

b) Materialización de vértices y construcción de señales.

c) Medición de Línea Base

d) Medición precisa de los ángulos

e) Cálculos:

1. Cálculos y Registros de la Línea Base

2. Registro y Compensaciones angulares de las figuras.

3. Cálculo de los lados de la Triangulación.

4. Cálculo de las Coordenadas de los vértices.

5. Registros de la Nivelación Trigonométrica y Cálculo de las cotas de los vértices.

f) Dibujo

III LEVANTAMIENTO BATIMETRICO DE LA BAHIA LA HERRADURA DE GUA
YACAN.

3.1 Estudio Batimétrico preliminar de la Bahía La Herra-

dura de Guayacán.

a) Sondeos

b) Determinaciones de las variaciones del nivel del mar: Mareómetro.

c) Establecimiento del control Topográfico Horizontal.

3.2 Método de trabajo

3.3 Confección de plano Batimétrico preliminar

IV LEVANTAMIENTO GENERAL DE LA BAHIA LA HERRADURA DE GUAYACAN

4.1 Obtención del contorno terrestre de la Bahía La Herradura de Guayacán.

4.2 Batimetría

V CONCLUSIONES

VI AGRADECIMIENTOS

VII BIBLIOGRAFIA

LISTA DE SIMBOLOS

h	=	Altura obtenida por nivelación Trigonométrica
h'	=	Corrección por esfericidad de la tierra
A	=	Profundidad de sondeo + L_2
B	=	Profundidad de sondeo relativa
$B + M$	=	Profundidad real de sondeo
DN	=	Diferencia de nivel
F_n	=	Tensión normal de la cinta
F_{n1}	=	Tensión normal para 20 mts de cinta
F_{n2}	=	Tensión normal para 22,40 mts de cinta
H	=	Altura corregida por esfericidad de la tierra
L_1	=	Regla de Máquina de Sondeo
L_2	=	Reglilla para medir el nivel de flotación de la embarcación
M	=	Lectura de Mareómetro
T_m	=	Promedio de temperatura en el momento de la medición
X	=	Compensación angular del cuadrilátero de ampliación
α'	=	Valor angular corregido por 1º Condición angular del Cuadrilátero de ampliación
α''	=	Valor angular corregido por 2º Condición angular del Cuadrilátero de ampliación
β'	=	Valor angular corregido por 1º Condición angular del Cuadrilátero de ampliación
β''	=	Valor angular corregido por 2º Condición angular del Cuadrilátero de ampliación
$\delta \alpha''$	=	Diferencias tabularias de los Logaritmos de las funciones Trigonométricas
$\delta \beta''$	=	Diferencias tabularias de los Logaritmos de las funciones Trigonométricas
Δ	=	Diferencias de las sumatorias de los logaritmos de los senos de los ángulos α'' y β''

LISTA DE FIGURAS

1. Croquis de ubicación: Línea Base y Vértices
2. Hitos
3. Señales
4. Taquímetro Wild Modelo T-16
5. Nivel Wild Modelo NK-1
6. Taquímetro Kongo Hatta Modelo ST-2
7. Cálculo del Rumbo de la línea B-17 _____ E 11
8. Esquema de cálculo de las cotas de los vértices de Triangulación
9. Esquema de la Triangulación
10. Esquema de la Máquina de Sondeo
11. Máquina de Sondeo
12. Máquina de Sondeo
13. Mareómetro
14. Mareómetro
15. Mareómetro
16. Gráfico de Marea
17. Método de Intersección de Visuales
18. Plano Parcial del Levantamiento Batimétrico de la Bahía de La Herradura de Guayacán
19. Plano General del Levantamiento Batimétrico de Precisión de la Bahía La Herradura de Guayacán
20. Croquis de ubicación de Perfiles Batimétricos
21. Perfil N° 6
22. Perfil N° 7
23. Perfil N° 9
24. Tracks Batimétricos
25. Track N° 1
26. Track N° 2
27. Track N° 3
28. Maqueta Topográfica de la Bahía La Herradura de Guayacán

LISTA DE TABLAS

1. Registro y Cálculos de Línea Base, I Sector
2. Registro y Cálculos de Línea Base, II Sector
3. Registro medición de Angulos Centesimales
- 3.1 Registro medición de Angulos Centesimales
4. Registro medición de Angulos Sexagesimales
- 4.1 Registro medición de Angulos Sexagesimales
5. Compensación angular del cuadrilátero de Ampliación
6. Compensación angular 2° Cuadrilátero Método Desviaciones
Iguales.
7. Cálculo de los lados del Cuadrilátero
- 7.1 Cálculo de los lados del Cuadrilátero
8. Rumbos, y Distancias Horizontales
9. Registro y Cálculo de Coordenadas
- 9.1 Registro y Cálculo de Coordenadas
10. Registro y Cálculo de la Nivelación Trigonométrica
11. Registro y Cálculo de la Poligonal de Apoyo
12. Registro y Cálculo de los Sondeos

I INTRODUCCION

La Bahía "La Herradura de Guayacán" ubicada entre las coordenadas 29° 58' 30" Latitud Sur y 71° 22' 30" Longitud Weste, es una de las Bahías más protegidas de la IV Región y del Litoral Chileno. Su boca tiene una longitud media de 1 Km y su cuenca una superfice de 329 Hás.

El Centro de Investigaciones Submarinas de la Universidad del Norte Sede Coquimbo ha desarrollado y desarrolla en esta Bahía una serie de estudios tanto Biológicos como Oceanográficos.

El presente informe se refiere al Levantamiento Batimétrico de Precisión de la Bahía, el cual fue realizado con la finalidad de reunir información básica para estudios posteriores de carácter oceanográfico y biológico.

Como etapa previa a dicho levantamiento, se realizó una Triangulación Topográfica de Cuarto Orden. El objetivo de ésta, fue establecer un control Topográfico horizontal y vertical de la Bahía y relacionarlo al sistema de coordenadas U.T.M. (Proyección Universal Transversal de Mercator) usadas por el Instituto Geográfico Militar de Chile, obteniéndose con ésto la posibilidad de compatibilizar los trabajos efectuados en la Bahía a las cartas publicadas por dicho Instituto.

El segundo paso fue efectuar el levantamiento del contorno de la Bahía, utilizando para ello los sistemas topográficos de Poligonales Taquimétricas y de Intersección de Visuales. El levantamiento se realizó en las horas de Pleamar, con el objeto de obtener el Contorno de la Bahía en su máxima capacidad de agua.

En tercer lugar y con el objeto de comprobar la efectividad de los sistemas Topográficos y de sondeo, se procedió a desarrollar un levantamiento Batimétrico preliminar de un sector de la Bahía, construyendo para tal efecto un Sistema de Sondeo con escandallo y un Mareómetro.

Finalizado el levantamiento preliminar, se procedió a realizar el levantamiento Batimétrico General de Precisión de la Bahía utilizando para su desarrollo dos métodos:

- a) Para áreas con profundidad inferior a 20 mts, sistemas de sondeos con escandallo, apoyados con diversos métodos Topográficos, y
- b) Para áreas de profundidad superior a 20 mts, se sondeo mediante ecógrafo.

En el presente informe se incluye diferentes perfiles del relieve submarino, tanto dentro como fuera de la Bahía.

El estudio Batimétrico se completó con la confección del plano general de la Bahía y su respectiva Maqueta Topográfica, mostrada en este informe mediante una fotografía.

II TRIANGULACION

2.1 GENERALIDADES

Un sistema o red de Triangulación consiste en una serie de triángulos en la que uno o más lados de un triángulo son también lados de los triángulos adyacentes. Las líneas de un sistema de triangulación, enlazan los vértices de los triángulos.

En un sistema de Triangulación se miden todos los ángulos de cada triángulo con el objeto de determinar los errores angulares y distribuirlos. Sólo es necesario medir una línea en una red de este tipo, porque la longitud de las líneas adyacentes se pueden calcular con esta longitud y los ángulos medidos. Esta línea medida directamente se denomina Línea Base.

La disposición de los triángulos en la mayoría de las redes de Triangulación forman figuras geométricas, en las que se conoce el valor teórico de la suma de los ángulos y las longitudes de sus lados, los cuales son proporcionales a los senos de sus ángulos opuestos.

2.2 OPERACIONES EN LA TRIANGULACION

En una triangulación, el trabajo consiste en las siguientes operaciones:

- a) Reconocimiento para la ubicación de los vértices de Triangulación y Línea Base.

- b) Materialización de vértices y construcción de señales.
- c) Medición de la Línea Base.
- d) Medición precisa de los ángulos.
- e) Cálculos.
- f) Dibujo.

a) Reconocimiento

Por su influencia en la precisión y en la economía del trabajo, el reconocimiento tiene una gran importancia; consiste en ubicar los vértices, determinar la forma y tamaño de los triángulos resultantes, el número de estaciones que hay de observar y el número de ángulos que hay que medir. Entre los fines del reconocimiento se encuentran también el estudio de la visibilidad recíproca entre los vértices, el acceso a las estaciones, la utilización de éstas para trabajos posteriores, la seguridad de las figuras, el costo de las señales necesarias y la conveniencia de medir más de una Línea Base.

En consideración a lo anterior y teniendo en cuenta que el objetivo principal de los vértices, es servir de apoyo a una serie de estudios Oceanográficos a realizar en la Bahía La Herradura de Guayacán, los cuales requieren de un control topográfico desde tierra, se procedió a efectuar un recorrido alrededor de la Bahía, utilizando cartas publicadas por el Instituto Hidrográfico de la Armada y Fotografías Aéreas del sector. Estas permitieron una mejor visualización y apreciación del terreno. El primer paso, fue ubicar el sector que ofreciera las mejores condiciones para la medición de la Línea Base; encontrándose éste, a un costado de la Panamericana Norte sector señalado en la Figura 1 y que presentaba la condición requerida: alrededor de 500 mts en terreno casi horizontal.

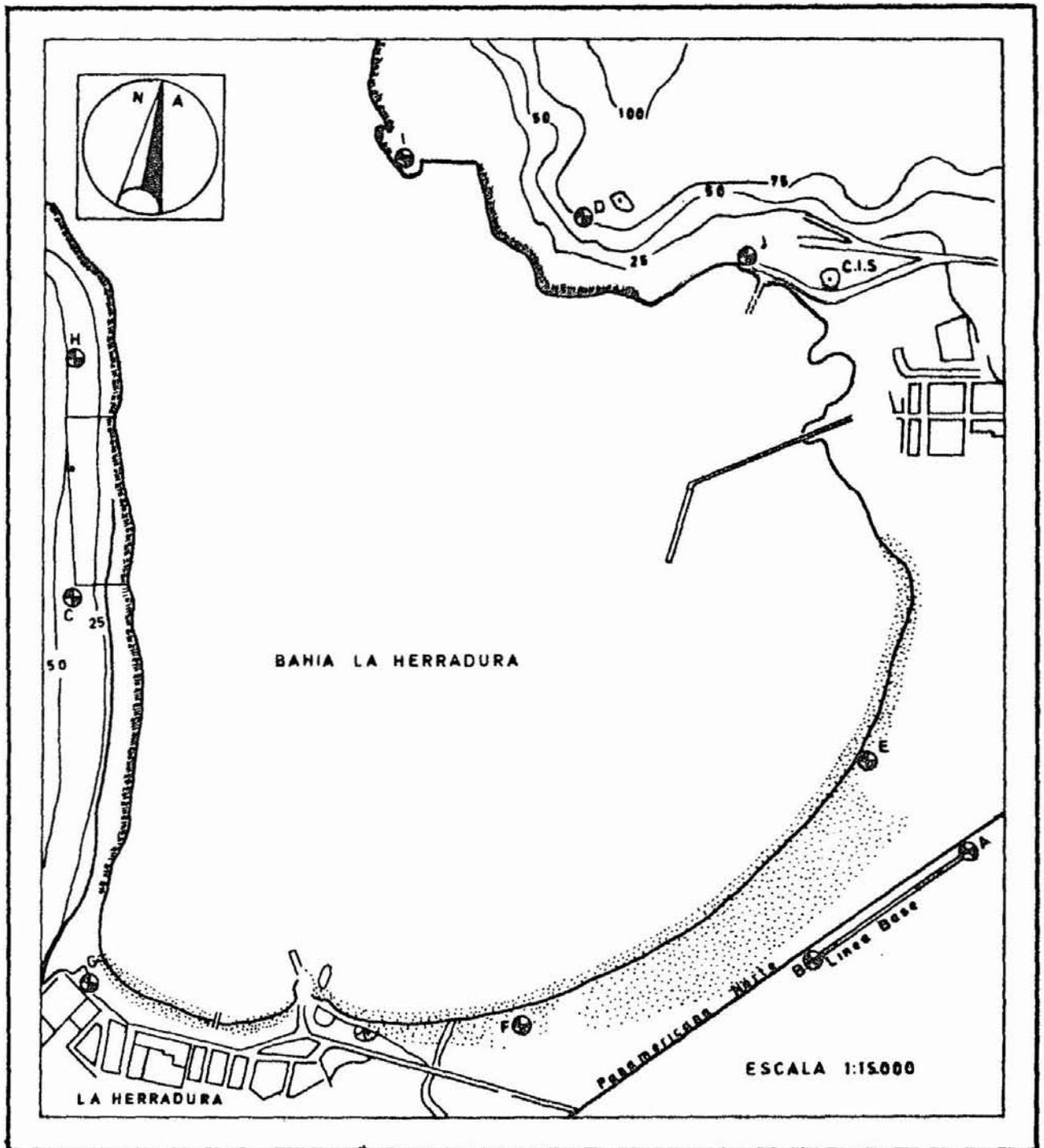


Fig 1.- Croquis de ubicación : Linea Base y Vertices de Triangulación

Dada las condiciones topográficas del terreno inmediato a la Bahía, la Línea Base designada por las letras A y B, debió ampliarse hacia el Nor-Oeste en forma trapezoidal, asignándose con las letras C y D los extremos de la base ampliada. De acuerdo a las cartas se calculó la distancia CD obteniéndose un valor aproximado a los mil quinientos metros, por lo que la Línea Base debía tener una longitud superior a los 300 mts para estar dentro de la razón uno es a cinco entre la base media y la base ampliada requerida para este tipo de mediciones. Desde los vértices C y D se procedió a establecer las condiciones de los vértices E y F (el vértice E corresponde a un lindero de pertenencia minera). También desde C y D se ubicaron las posiciones de los vértices H e I formándose con éstos el cuadrilátero C, D, H, I.

Finalmente el vértice J (ubicado en terreno del C.I.S. y que corresponde a una Estación de apoyo de un levantamiento fotogramétrico con coordenadas referidas al sistema U.T.M.) forma triángulo con los vértices C y F, el vértice G forma triángulo con los vértices D y E.

La posición de todos los vértices se indica en la Figura 1.

b) Materialización de los vértices y construcción de señales

Los hitos en los vértices C, D, F, G, H, I fueron contruídos en concreto, a ras del suelo. En ellos se empujaron un tubo de fierro de 1 1/4" de diámetro interior y 40 cms de largo, colocado verticalmente y sobresaliente unos 5 cms; en el extremo superior del tubo se practicaron ranuras en cruz con el objeto de materializar el centro de la Estación Figura 2.

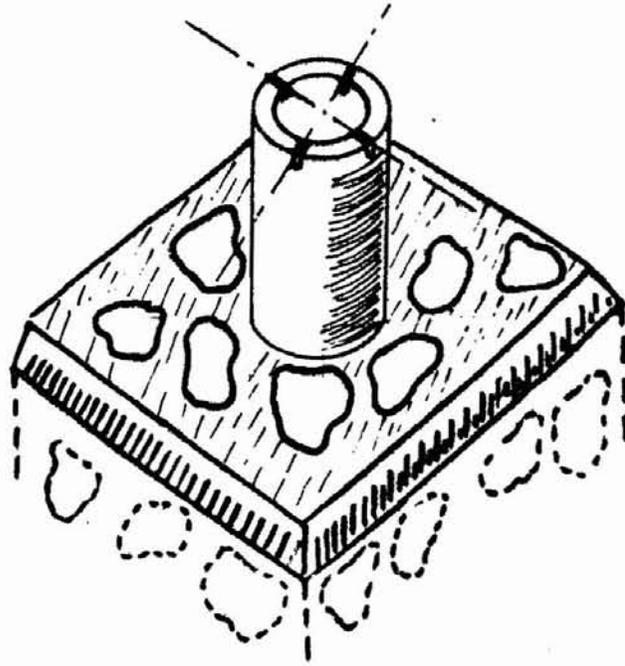


Fig. 2 Hitos

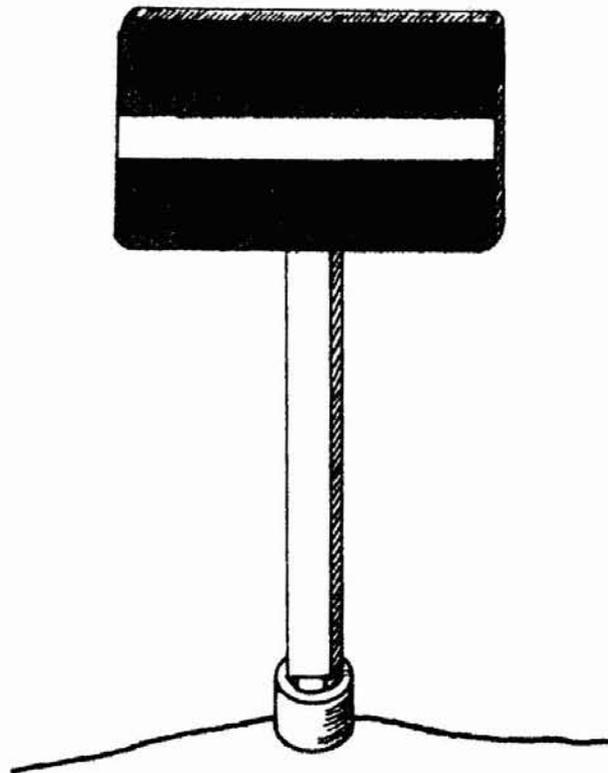


Fig. 3. Señales

Las señales fueron hechas en forma tal que pudieran ser fácilmente colocadas y retiradas de los hitos, éstas consistieron en un jalón de madera de 1.40 mts en los que va adosada una placa de 25 cms x 35 cms pintada en negro con una franja blanca de 5 x 35 cms en el centro de la placa esta franja quedaba a una altura de 1 mt, sobre el extremo superior del tubo, ésto se realizó con el objeto de normalizar las mediciones de los ángulos verticales y facilitar el cálculo de la Nivelación Trigonométrica. Figura 3.

c) Medición de la Línea Base

De acuerdo a lo señalado en la fase de reconocimiento se proyectó medir una Línea Base con una longitud superior a los 400 mts. Dada la irregularidad que presenta el cuadrilátero de ampliación se puso especial énfasis en la precisión con que debían hacerse las mediciones, con este objeto y como primer paso se materializaron los extremos de la Base, mediante estacones de madera de 10 x 10 x 80 cms sólidamente colocados en el terreno en base de concreto y sobresalientes unos 30 cms. En la cara superior de dichos estacones se colocaron platinas de fierro, sobre las que se practicaron las marcas de medición, la estaca del extremo Norte se designó con la letra A, la del extremo Sur con la letra B. Se estableció una estaca intermedia designada con la letra I a una distancia de doscientos metros del extremo Norte, con el objeto de dividir la Línea Base en dos secciones, puesto que se calculó que no podría ser medida de una vez en una jornada de trabajo. A continuación se detalla el equipo de medición usado:

- Una cinta de acero de 30 mts con carrete.
- Una cinta de acero de 20 mts.

- Dos tensores.
- Dos Dinamómetros
- Dos Termómetros
- En la alineación de las estacas se usó un Taquímetro Wild Modelo T-16, la nivelación de las mismas se hizo con un Nivel Wild modelo NK-1 Figuras 4 y 5 respectivamente,

Las estacas de medición se colocaron a distancia de 20 mts a excepción del último tramo que tiene una distancia algo mayor. Sobre las estacas se colocaron tarjetas de cobre laminado, en las cuales se materializó la alineación y se hicieron las marcas de medidas con un punzón. La brigada de trabajo estuvo compuesta por cuatro operadores: 2 encargados de los tensores, 2 en las marcas y termómetros.

d) Medición precisa de los ángulos

Habiéndose construido los hitos y señales se procedió a efectuar las mediciones angulares, se dispuso de dos instrumentos para tal efecto, un Taquímetro Wild Modelo T-16 con las siguientes características:

- Graduación centesimal a la derecha
- Un minuto de lectura en ambos limbos
- Cenital en lo que se refiere a la medida de los ángulos verticales.
- Sistema de plomada óptica

El otro instrumento es un Taquímetro de fabricación Japonesa, Marca "KONGŌ HATTA" Figura 6 con las siguientes características:

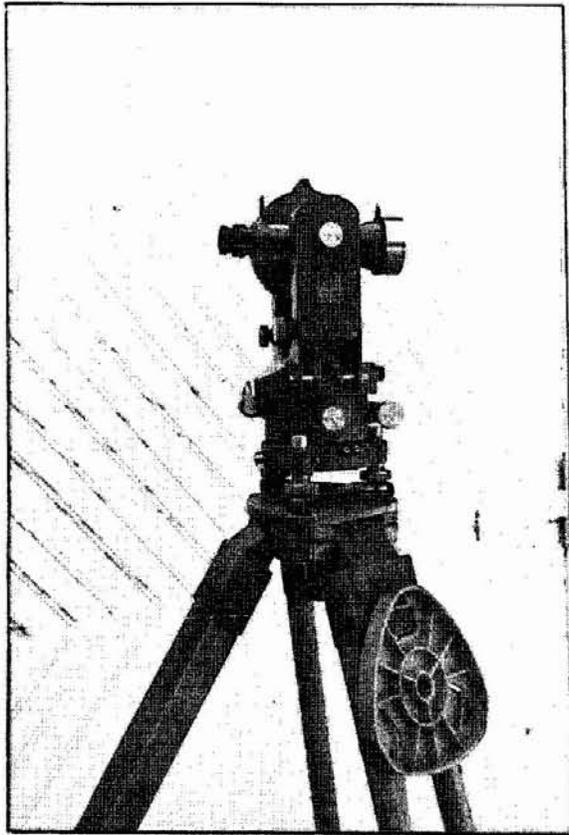


Fig. 4. Taquímetro "Wild" Modelo T-16



Fig. 5. Nivel Wild Modelo NK-1

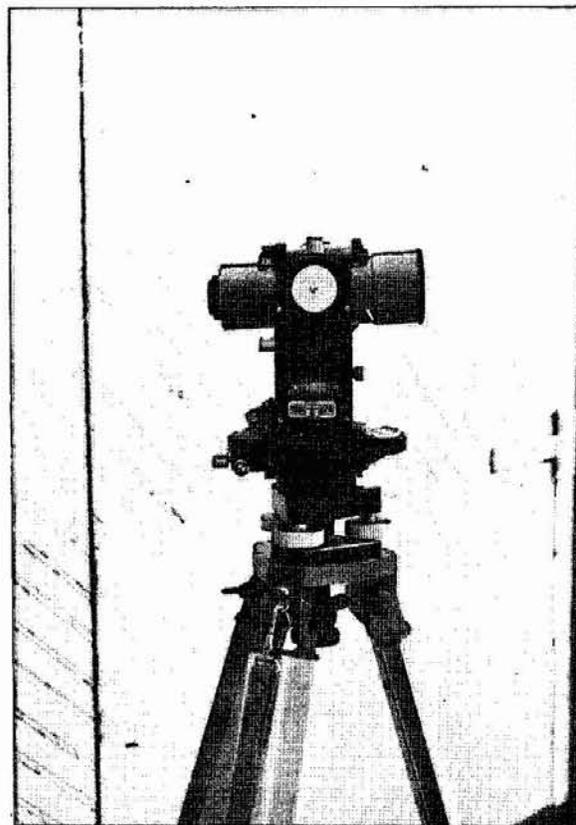


Fig. 6. Taquímetro "Kongo Hatta" Modelo ST-2

- Graduación sexagesimal en ambos sentidos
- Dos nonios de lectura
- 20" de lectura en limbo horizontal
- 01' de lectura en limbo vertical
- Visual directa
- Sistema de plomada óptica

De acuerdo con las figuras que conforman la Triangulación, dos cuadriláteros y cuatro triángulos, se procedió a medir 28 ángulos mediante el método de repetición, los cuales se efectuaron mediante 5 repeticiones en cada medición angular.

Los ángulos verticales entre vértices se midieron con un Teodolito KERN DKM2 con 2" de lectura en ambos limbos.

e) Cálculos

Conforme a la secuencia de las operaciones de la Triangulación se presentan los cálculos y registros en el siguiente orden:

1. Cálculo y Registros de la Línea Base
 2. Registro y Compensaciones angulares de las figuras
 3. Cálculos de los lados de la Triangulación
 4. Cálculo de las Coordenadas de los vértices
 5. Registros de la Nivelación Trigonométrica y cálculos de las cotas de los vértices.
1. El primer cálculo a efectuarse en lo que se refiere a la medición de la Línea Base, corresponde a la determinación de la "Tensión Normal" necesaria para 20 mts de longitud de una cinta de acero. En conformidad al método empleado

en la medición, se debe aplicar una tensión sobre la cinta, de una magnitud tal que haga que ésta tenga la misma longitud que si se apoyase en toda su extensión con su tensión de calibración. Esta magnitud recibe el nombre de Tensión Normal definida por la siguiente expresión

$$F_n = \frac{0.204.W \sqrt{S.E}}{\sqrt{F_n - F_0}} \quad (1)$$

En la que:

- S = Sección de la cinta 13 x 0.2 mm = 2.6 mm²
 E = 22.000 Kg/mm² para el acero. Módulo de Young
 F₀ = Tensión de calibración = 5 Kg
 W = Peso de la cinta = 382 grs

Los valores que permiten calcular S y F₀ son proporcionados por el fabricante aún cuando S puede ser medido.

Reemplazando los valores dados y obtenidos en la fórmula 1 se tiene:

$$F_n \sqrt{F_n - 5} = 18.64$$

$$F_{n1} \approx 9.14 \text{ Kgs}$$

El valor obtenido para la tensión normal correspondiente a 20 mts de cinta se aplicó en todas las mediciones entre estacas excluyendo la última huinchada para la cual se determinó el valor correspondiente a 22.40 mts del mismo modo como se calculó la tensión normal para 20 mts. Resultando este valor igual a:

$$F_{n2} = 9.65 \text{ Kgs}$$

A continuación se procedió a efectuar las mediciones según el método indicado anteriormente. Se midió en primer lugar el sector comprendido entre la estaca A y la estaca intermedia I, efectuándose dos mediciones de dicho sector; en igual forma se midió el sector entre la estaca intermedia y la estaca B.

Los datos obtenidos en terreno se presentan en las Tablas 1 y 2 en las cuales aparecen los valores obtenidos en cada medición de la Línea Base.

2. Registros y compensaciones angulares de las figuras

Las mediciones angulares fueron hechas mediante el método de repetición en todos los vértices de la Triangulación. Los registros muestran las fases de medición y los cálculos. Se resolvió llevar todas las mediciones angulares al sistema de graduación sexagesimal, pues los cálculos posteriores serán realizados en forma logarítmica.

A modo de explicación se entregan en este informe los registros correspondientes a las mediciones angulares efectuadas en el cuadrilátero de ampliación. Cuatro ángulos fueron medidos con instrumento centesimal y cuatro ángulos con instrumento sexagesimal, los que se muestran en Las Tablas 3, 3.1 y 4, 4.1. Del mismo modo fueron registrados y calculados los ángulos restantes, por lo que sólo se darán a conocer sus valores definitivos. A continuación se procedió a efectuar las compensaciones angulares de las figuras

STACS	DISTANCIA PROVISORIA	CORREC. TARJETA	DIST. CORREGIDA POR TARJETA	TEMPERATURA			CORREC. POR T° $\Delta = \alpha L (T_m - T_0)$	DIST. CORREGIDA POR T°	ALTURAS		CORR. POR RED. AL HORIZONTE	DISTANCIA HORIZONTAL	DISTANCIA PROMEDIO
				T ₁	T ₂	T _m			h	h ²			
I		-1.8											
I-1	20.00	+37.3	20.0358	24.5	22.5	23.5	+0.0008415	20.0366415	0.206	0.042436	-0.0010590	20.0355825	
1-2	20.00	+17.8	20.0178	22.0	24.2	23.1	+0.0007447	20.0185447	0.440	0.193600	-0.0048355	20.0137091	
2-3	20.00	-28.1	19.9719	24.0	22.9	23.45	+0.0008268	19.9727268	0.160	0.025600	-0.0006409	19.9720860	
3-4	20.00	+15.1	20.0151	21.0	25.2	23.1	+0.0007446	20.0158446	0.171	0.029241	-0.0007304	20.0151141	
4-5	20.00	-10.9	19.9811	24.0	25.0	24.5	+0.0010790	19.9821790	0.098	0.009604	-0.0002403	19.9819387	
5-6	20.00	+27.8	20.0278	22.0	23.8	22.9	+0.0006970	20.0284970	0.228	0.051984	-0.0012978	20.0271992	
6-7	20.00	-34.6	19.9654	22.0	24.7	23.35	+0.0008026	19.9662026	0.146	0.013456	-0.0003370	19.9658656	262.33813
7-8	20.00	+0.6	20.0006	22.0	24.4	23.2	+0.0007680	20.0013680	0.083	0.006889	-0.0001722	20.0011958	
8-9	20.00	-34.8	19.9652	23.5	22.5	23.0	+0.0007187	19.9659187	0.016	0.000256	-0.0000064	19.9659123	
9-10	20.00	+0.5	20.0005	21.9	23.2	22.55	+0.0006120	20.0011120	0.148	0.021904	-0.0005476	20.0005644	
10-11	20.00	-39.7	19.9603	22.5	23.0	22.75	+0.0006587	19.9609587	0.160	0.025600	-0.0006413	19.9603174	
11-12	20.00	-2.6	19.9974	20.5	21.2	20.85	+0.0002040	19.9976040	0.003	0.000009	-0.0000002	19.9976037	
12-B	22.40	+3.5	22.4035	20.5	23.2	21.85	+0.0004974	22.4039974	0.324	0.104976	-0.0023428	22.4016546	
												Σ=262.33874	

I		-1.2											
I-1	20.00	+39.3	20.0386	23.0	24.2	23.6	0.0008657	20.0394657	0.206	0.042436	0.0010588	20.0384069	
1-2	20.00	+19.3	20.0148	22.0	25.7	23.85	0.0009247	20.0157247	0.440	0.193600	0.0048362	20.0108885	
2-3	20.00	-13.1	19.9869	24.0	23.6	23.8	0.0009114	19.9878114	0.160	0.025600	0.0006404	19.9871710	
3-4	20.00	+11.5	20.0115	23.0	24.7	23.85	0.0009245	20.0124245	0.171	0.029241	0.0007306	20.0116940	
4-5	20.00	-24.6	19.9754	22.5	23.9	23.2	0.0007671	19.9761671	0.098	0.009604	0.0002404	19.9759267	
5-6	20.00	+27.0	20.0270	22.5	24.9	23.7	0.0008892	20.0278892	0.228	0.051984	0.0012978	20.0265914	
6-7	20.00	-31.9	19.9681	22.4	24.2	23.3	0.0007907	19.9688907	0.116	0.013456	0.0003369	19.9685538	
7-8	20.00	+3.6	20.0036	23.0	25.1	24.05	0.0009722	20.0045722	0.083	0.006889	0.0001722	20.0044000	
8-9	20.00	-51.7	19.9483	22.5	22.2	22.35	0.0005625	19.9488625	0.016	0.000256	0.0000064	19.9488561	
9-10	20.00	+7.8	20.0078	22.0	23.0	22.50	0.0006002	20.0084002	0.148	0.021904	0.0005474	20.0078529	
10-11	20.00	-39.1	19.9603	22.9	23.6	23.25	0.0007777	19.9616777	0.160	0.025600	0.0006419	19.9610358	
11-12	20.00	+4.4	20.0044	21.0	21.3	21.15	0.0002762	20.0146762	0.003	0.000009	0.0000002	20.0146760	
12-B	22.40	+3.5	22.4035	20.6	21.7	21.15	0.0003092	22.4038092	0.324	0.104976	0.0023428	22.4014664	
												Σ=262.33752	

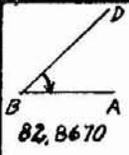
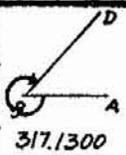
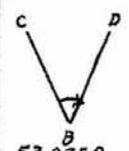
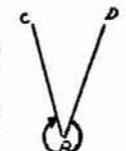
ANGULO MEDIDO	VERTICE	DIRECTO NONIO I	TRANSITO NONIO I	VERTICE	ANGULO MEDIDO
 82,8670	D	0,0000		A	 317,1300
	B			B	
	A	414,3100	1585,6800	D	
DIFERENCIA		414,3100	1585,6800		
PROMEDIO		414,3100	1585,6800		
PROVISORIO		82,8620	317,1360		
CORRECCION		+ 0,0010	+ 0,0010		
CORREGIDO		82,8630	317,1370		
ANGULO MEDIDO	VERTICE	DIRECTO NONIO I	TRANSITO NONIO I	VERTICE	ANGULO MEDIDO
 53,0750	C	0,0000	0,0000	D	 346,9200
	B			B	
	D	265,3420	1734,6580	C	
DIFERENCIA		265,3420	1734,6580		
PROMEDIO		265,3420	1734,6580		
PROVISORIO		53,0684	346,9316		
CORRECCION		0,0000	0,0000		
CORREGIDO		53,0684	346,9316		

Tabla 3. Registro de Medición de Angulos

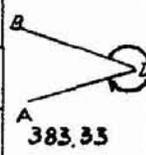
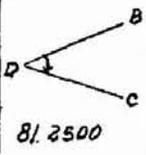
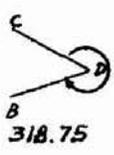
ANGULO MEDIDO	VERTICE	DIRECTO NONIO I	TRANSITO NONIO I	VERTICE	ANGULO MEDIDO
 16.6700	A	0,00 00	0,00 00	B	 383.33
	D			D	
	B	83,38 00	1916,62 00	A	
DIFERENCIA		83,38 00	1916,62 00		
PROMEDIO		83,38 00	1916,62 00		
PROVISORIO		16,6 760	383,32 90		
CORRECCION		0,00 00	0,00 00		
CORREGIDO		16,6 760	383,32 90		
ANGULO MEDIDO	VERTICE	DIRECTO NONIO I	TRANSITO NONIO I	VERTICE	ANGULO MEDIDO
 81.2500	B	0,00 00	0,00 00		 318.75
	D				
	C	406,23 00	1593,76 7		
DIFERENCIA		406,23 00	1593,76 7		
PROMEDIO		406,23 00	1593,76 7		
PROVISORIO		81,24 60	318,75 34		
CORRECCION		+ 0,00 03	+ 0,00 03		
CORREGIDO		81,24 63	318,75 37		

Tabla 3. 1. Registro de Medición de Angulos

ANGULO MEDIDO	VERTICE	DIRECTO		TRANSITO		VERTICE	ANGULO MEDIDO
		NONIO I	NONIO II	NONIO I	NONIO II		
	B	0° 00' 00"	180° 00' 00"	0° 00' 00"	180° 00' 00"	C	
	A					A	
	C	238° 47' 40"	418° 47' 20"	1561° 12' 20"	1741° 12' 00"	B	
DIFERENCIA		238° 47' 40"	238° 47' 20"	1561° 12' 20"	1561° 12' 00"		
PROMEDIO		238° 47' 30"		1561° 12' 10"			
PROVISORIO		47° 45' 30"		312° 14' 26"			
CORRECCION		+ 0° 00' 02"		+ 0° 00' 02"			
CORREGIDO		47° 45' 32"		312° 14' 28"			
ANGULO MEDIDO	VERTICE	DIRECTO		TRANSITO		VERTICE	ANGULO MEDIDO
		NONIO I	NONIO II	NONIO I	NONIO II		
	C	0° 00' 00"	180° 00' 00"	0° 00' 00"	180° 00' 00"	D	
	A					A	
	D	213° 18' 40"	393° 18' 00"	1586° 42' 20"	1766° 42' 00"	C	
DIFERENCIA		213° 18' 40"	213° 18' 00"	1586° 42' 20"	1586° 42' 00"		
PROMEDIO		213° 18' 20"		1586° 42' 10"			
PROVISORIO		42° 39' 40"		317° 20' 26"			
CORRECCION		- 03"		- 03"			
CORREGIDO		42° 39' 37"		317° 20' 23"			

Tabla 4. Registro de Medición Angular

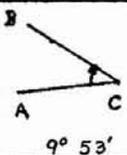
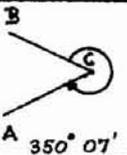
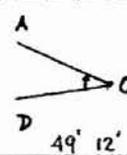
ANGULO MEDIDO	VERTICE	DIRECTO		TRANSITO		VERTICE	ANGULO MEDIDO
		NONIO I	NONIO II	NONIO I	NONIO II		
 $9^{\circ} 53'$	B	$0^{\circ} 00' 00''$	$180^{\circ} 00' 00''$	$0^{\circ} 00' 00''$	$180^{\circ} 00' 00''$	A	 $350^{\circ} 07'$
	C					C	
	A	$49^{\circ} 29' 20''$	$229^{\circ} 29' 20''$	$1750^{\circ} 30' 40''$	$1930^{\circ} 30' 40''$	B	
DIFERENCIA		$49^{\circ} 29' 20''$	$49^{\circ} 29' 20''$	$1750^{\circ} 30' 40''$	$1750^{\circ} 30' 40''$		
PROMEDIO		$49^{\circ} 29' 20''$	$49^{\circ} 29' 20''$	$1750^{\circ} 30' 40''$	$1750^{\circ} 30' 40''$		
PROVISORIO		$9^{\circ} 53' 52''$	$9^{\circ} 53' 52''$	$350^{\circ} 06' 08''$	$350^{\circ} 06' 08''$		
CORRECCION		$0^{\circ} 00' 00''$	$0^{\circ} 00' 00''$	$0^{\circ} 00' 00''$	$0^{\circ} 00' 00''$		
CORREGIDO		$9^{\circ} 53' 52''$	$9^{\circ} 53' 52''$	$350^{\circ} 06' 08''$	$350^{\circ} 06' 08''$		
ANGULO MEDIDO	VERTICE	DIRECTO		TRANSITO		VERTICE	ANGULO MEDIDO
		NONIO I	NONIO II	NONIO I	NONIO II		
 $49^{\circ} 12'$	A	$0^{\circ} 00' 00''$	$180^{\circ} 00' 00''$	$0^{\circ} 00' 00''$	$180^{\circ} 00' 00''$	D	 $310^{\circ} 48'$
	C					C	
	D	$246^{\circ} 03' 20''$	$426^{\circ} 03' 20''$	$1553^{\circ} 57' 20''$	$1733^{\circ} 57' 20''$	A	
DIFERENCIA		$246^{\circ} 03' 20''$	$246^{\circ} 03' 20''$	$1553^{\circ} 57' 20''$	$1553^{\circ} 57' 20''$		
PROMEDIO		$246^{\circ} 03' 20''$	$246^{\circ} 03' 20''$	$1553^{\circ} 57' 20''$	$1553^{\circ} 57' 20''$		
PROVISORIO		$49^{\circ} 12' 40''$	$49^{\circ} 12' 40''$	$310^{\circ} 47' 28''$	$310^{\circ} 47' 28''$		
CORRECCION		$-0^{\circ} 00' 04''$	$-0^{\circ} 00' 04''$	$-0^{\circ} 00' 04''$	$-0^{\circ} 00' 04''$		
CORREGIDO		$49^{\circ} 12' 36''$	$49^{\circ} 12' 36''$	$310^{\circ} 47' 24''$	$310^{\circ} 47' 24''$		

Tabla 4. 1. Registro de Medición Angular

que conforman el sistema de Triangulación. La Tabla 5 muestra la condición de las distancias de este método, el cuadrilátero formado por los vértices C, D, H e I se compensó según el "Método de Desviaciones Iguales", el cual se ha reproducido en la Tabla 6 con los valores obtenidos en terreno.

Los triángulos CDE, CDF, DFJ y DEG se compensan de acuerdo a la condición angular de los triángulos, repartiendo el error angular de cierre en partes iguales para cada ángulo.

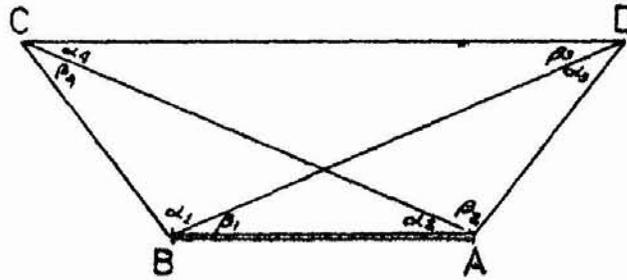
3. Cálculo de los lados de la Triangulación

Determinada la longitud de la Línea Base y compensadas las mediciones angulares se procedió a realizar el cálculo de los lados de las figuras que conforman el sistema de Triangulación.

Los lados de cada triángulo se calculan desarrollando logarítmicamente el teorema de los senos. Las Tablas 7 y 7.1 muestran cómo se ha efectuado el cálculo de los lados, comenzando por los triángulos que conforman el cuadrilátero de ampliación; ésto se realiza con el objeto de obtener el valor de la longitud de la base ampliada, desde la cual se calculan todos los lados de la Triangulación. La Tabla 8 muestra los valores ya calculados.

4. Cálculo de las coordenadas de los vértices

Una vez efectuado el cálculo de los lados, corresponde



$$\begin{aligned}\alpha_1 &= 47^\circ 45' 45.80 \\ \alpha_2 &= 47^\circ 45' 32.00 \\ \alpha_3 &= 15^\circ 00' 30.24 \\ \alpha_4 &= 49^\circ 12' 36.00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 74^\circ 34' 36.12 \\ \beta_2 &= 42^\circ 39' 37.00 \\ \beta_3 &= 73^\circ 07' 18.01 \\ \beta_4 &= 9^\circ 53' 52.00\end{aligned}$$

COMPENSACION ANGULAR

1º condicion

$$(\alpha_2 + \beta_1) - (\alpha_4 + \beta_3) = 0 \text{ (Teórico)}$$

$$(\alpha_2 + \beta_1) - (\alpha_4 + \beta_3) = \delta_1 \text{ (Práctico)}$$

$$\begin{aligned}\alpha_2 &= 47^\circ 45' 32.00 \\ \beta_1 &= 74^\circ 34' 36.12 \\ \hline 122^\circ 20' 08.12 &= (\alpha_2 + \beta_1)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_4 &= 49^\circ 12' 36.00 \\ \beta_3 &= 73^\circ 07' 18.01 \\ \hline 122^\circ 19' 54.01 &= (\alpha_4 + \beta_3)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(\alpha_2 + \beta_1) &= 122^\circ 19' 68.12 \\ - (\alpha_4 + \beta_3) &= 122^\circ 19' 54.01 \\ \hline (+) & 0^\circ 00' 14.11\end{aligned}$$

$$\delta_1 = \frac{14.11}{4} = 3.5275$$

$$\delta_1 = (+) 3.5275$$

$$\begin{aligned}\alpha'_2 &= \alpha_2 - \frac{\delta_1}{4} = 47^\circ 45' 32'' \\ & \quad - \quad \quad \quad 3.5275 \\ \hline \alpha'_2 &= 47^\circ 45' 28.4725\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta'_1 &= \beta_1 - \frac{\delta_1}{4} = 74^\circ 34' 36.12 \\ & \quad - \quad \quad \quad 3.5275 \\ \hline \beta'_1 &= 74^\circ 34' 32.5925\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha'_4 &= \alpha_4 + \frac{\delta_1}{4} = 49^\circ 12' 36'' \\ & \quad + \quad \quad \quad 3.5275 \\ \hline \alpha'_4 &= 49^\circ 12' 39.5275\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta'_3 &= \beta_3 + \frac{\delta_1}{4} = 73^\circ 07' 18.01 \\ & \quad + \quad \quad \quad 3.5275 \\ \hline \beta'_3 &= 73^\circ 07' 21.5375\end{aligned}$$

$$(\alpha'_2 + \beta'_1) - (\alpha'_4 + \beta'_3) = 0$$

$$\begin{aligned}\alpha'_2 &= 47^\circ 45' 28.4725 \\ \beta'_1 &= 74^\circ 34' 32.5925 \\ \hline 122^\circ 20' 01.0650 &= (\alpha'_2 + \beta'_1)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha'_4 &= 49^\circ 12' 39.5275 \\ \beta'_3 &= 73^\circ 07' 21.5375 \\ \hline 122^\circ 20' 01.0650 &= (\alpha'_4 + \beta'_3)\end{aligned}$$

$$122^\circ 20' 01.0650 - 122^\circ 20' 01.0650 = 0$$

Se cumple 1º condicion

2º condición

$$\begin{aligned}(\alpha_1 + \beta_4) - (\alpha_3 + \beta_2) &= 0 \text{ (Teórico)} \\ (\alpha_1 + \beta_4) - (\alpha_3 + \beta_2) &= \delta_2 \text{ (Práctico)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= 47^\circ 45' 45''.8280 \\ \beta_4 &= 9^\circ 53' 52''.0000 \\ \hline 57^\circ 39' 37''.828 &= (\alpha_1 + \beta_4)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_3 &= 15^\circ 00' 30''.24 \\ \beta_2 &= 42^\circ 39' 37''.00 \\ \hline 57^\circ 40' 07''.24 &= (\alpha_3 + \beta_2)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(\alpha_1 + \beta_4) &= 57^\circ 39' 37''.828 \\ - (\alpha_3 + \beta_2) &= 57^\circ 39' 67''.240 \\ \hline (-) 0^\circ 00' 29''.412\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_2 &= \frac{(-) 29''.412}{4} = (-) 7''.353 \\ \delta_2 &= (-) 7''.353\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha'_1 &= \alpha_1 + \frac{\delta_2}{4} = 47^\circ 45' 45''.828 \\ &\quad (+) \quad \quad \quad 7''.353 \\ \hline \alpha'_1 &= 47^\circ 45' 53''.181\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta'_4 &= \beta_4 + \frac{\delta_2}{4} = 9^\circ 53' 52'' \\ &\quad + \quad \quad \quad 7''.353 \\ \hline \beta'_4 &= 9^\circ 53' 59''.353\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha'_3 &= \alpha_3 - \frac{\delta_2}{4} = 15^\circ 00' 30''.240 \\ &\quad (-) \quad \quad \quad 7''.353 \\ \hline \alpha'_3 &= 15^\circ 00' 22''.887\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta'_2 &= \beta_2 - \frac{\delta_2}{4} = 42^\circ 39' 37'' \\ &\quad (-) \quad \quad \quad 7''.353 \\ \hline \beta'_2 &= 42^\circ 39' 29''.647\end{aligned}$$

$$(\alpha'_1 + \beta'_4) - (\alpha'_3 + \beta'_2) = 0$$

$$\begin{aligned}\alpha'_1 &= 47^\circ 45' 53''.181 \\ \beta'_4 &= 9^\circ 53' 59''.353 \\ \hline 57^\circ 39' 52''.534\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha'_3 &= 15^\circ 00' 22''.887 \\ \beta'_2 &= 42^\circ 39' 29''.647 \\ \hline 57^\circ 39' 52''.534\end{aligned}$$

$$57^\circ 39' 52''.534 - 57^\circ 39' 52''.534 = 0$$

Se cumple 2ª condición

3ª condición

$$\alpha'_1 + \alpha'_2 + \alpha'_3 + \alpha'_4 + \beta'_1 + \beta'_2 + \beta'_3 + \beta'_4 = 4R \text{ (Teórico)}$$

$$\alpha'_1 + \alpha'_2 + \alpha'_3 + \alpha'_4 + \beta'_1 + \beta'_2 + \beta'_3 + \beta'_4 = 4R + \frac{\delta_3}{8} \text{ (Práctico)}$$

$$\begin{array}{rcl} \Sigma \alpha' &= 159^\circ 44' 24''.068 & 359^\circ 59' 60''.00 \\ \Sigma \beta' &= 200^\circ 15' 23''.130 & 359^\circ 59' 47''.198 \\ \hline 359^\circ 59' 47''.198 &= \Sigma \alpha' + \Sigma \beta' & (+) \quad \quad \quad 0^\circ 00' 12''.802 \end{array} \quad \begin{array}{l} \delta_3 = \frac{(-) 12''.8020}{8} \\ \delta_3 = (-) 1''.60025 \end{array}$$

$$\alpha''_1 = \alpha'_1 - \frac{\delta_3}{8} \quad \beta''_1 = \beta'_1 - \frac{\delta_3}{8}$$

$$\begin{array}{rcl} \alpha''_1 &= 47^\circ 45' 54''.78125 & \beta''_1 &= 74^\circ 34' 34''.19275 & \Sigma \alpha'' &= 159^\circ 44' 30''.469 \\ \alpha''_2 &= 47^\circ 45' 30''.07275 & \beta''_2 &= 42^\circ 39' 31''.24725 & \Sigma \beta'' &= \frac{200^\circ 15' 29''.531}{359^\circ 59' 60''.00} \\ \alpha''_3 &= 15^\circ 00' 24''.48725 & \beta''_3 &= 73^\circ 07' 23''.13775 & \Sigma \alpha'' + \Sigma \beta'' &= 4R = 360^\circ \\ \alpha''_4 &= 49^\circ 12' 41''.12775 & \beta''_4 &= 9^\circ 54' 00''.95325 & & \\ \hline 159^\circ 44' 30''.469 &= \Sigma \alpha'' & 200^\circ 15' 29''.531 &= \Sigma \beta'' & & \end{array}$$

Se cumple 3ª condición

$\delta \alpha''$	DESIG.	ANGULOS α VALOR	LOGARITMOS SENOS α''	LOGARITMOS SENOS β''	DESIG.	ANGULOS β VALOR	$\delta \beta''$
0.0000019	α''_1	47°45'54".78125	9.869464084375	9.98407091565	β''_1	74°34'34".19275	0.0000006
0.0000019	α''_2	47°45'30".07275	9.869417138225	9.830991868675	β''_2	42°39'31".24725	0.0000023
0.0000079	α''_3	15°00'24".48725	9.413188449275	9.980880196425	β''_3	73°07'23".13775	0.0000007
0.0000018	α''_4	49°12'41".12775	9.87916802995	9.235360534325	β''_4	9°54'00".95325	0.0000121
0.0000135	$\Sigma \alpha''$	159°44'30".46900	39.031237701825	39.031303115075	$\Sigma \beta''$	200°15'29".5310	0.0000157
$X = \frac{-\Delta}{\Sigma \delta \alpha'' + \Sigma \delta \beta''} = \frac{-(-)0.00006541325}{0.0000292} = +2''.24017979452$ <p style="text-align: right;"> <i>Se restan a los α'''s β''</i> \swarrow +2.24018 <i>Se suma a los α'''s α''</i> \searrow </p>							
$\delta \alpha''$	DESIG.	ANGULOS A VALOR	LOGARITMOS SENOS A	LOGARITMOS SENOS B	DESIG.	ANGULOS B VALOR	$\delta \beta''$
0.0000019	A ₁	47°45'57".02143	9.869468340717	9.984069171542	B ₁	74°34'31".95257	0.0000006
0.0000019	A ₂	47°45'32".31293	9.869421394567	9.830986815554	B ₂	42°39'29".00707	0.0000022
0.0000079	A ₃	15°00'26".72743	9.413206146697	9.980878628299	B ₃	73°07'20".89757	0.0000007
0.0000018	A ₄	49°12'43".36793	9.879172062274	9.235333556840	B ₄	9°53'58".71307	0.0000120
0.0000135	ΣA	159°44'39".42972	39.031267944255	39.031268172235	ΣB	200°15'20".57028	0.0000155
$X = \frac{-\Delta}{\Sigma \delta \alpha'' + \Sigma \delta \beta''} = \frac{-(-)0.00000227980}{0.000029} = \text{Error (+) } 0''.007861379$							

Tabla 5. Compensación Angular del Cuadrilátero de Ampliación

	ANGULO	VALORES OBSERVADOS	ANGULOS		SUMA DE LAS 1 ^o y 2 ^o CORREC.	ANGULOS CORREGIDOS	LOG. SENO	DIF. PARA 1"	CORREC. FINAL A/B	ANGULOS FINALES
ángulos del lado izquierdo	a	31°05'32"	a+b	135°59'26"	-5".50	31°05'26".50	9.71298175	2.1	$\frac{110.90}{26.4} = 4".20$ Valor que se suma a los ángulos del lado izquierdo y se resta a los del lado derecho	31°05'30".7
	c	19°08'42"	e+f	135°58'53"	+6".50	19°08'48".50	9.51586000	4.8		19°08'52".7
	e	103°01'37"			+11".00	103°01'48".00	9.98867100	0.5		103°01'52".2
	g	25°21'43"	Diferencia	33"	-1".00	25°21'42".00	9.63177900	4.5		25°21'46".2
	SUMA	178°37'34"	2 ^o Corrección = $\frac{33"}{4} = 8".25$ corrección a y b = -8".25 corrección c y f = +8".25			178°37'45".00	.84929175	11.9		
ángulos del lado derecho	b	104°53'54"	c+d	44°00'32"	-5".50	104°53'48".50	9.98515275	0.5		104°53'44".3
	d	24°51'50"	h+g	44°00'47"	+6".50	24°51'56".50	9.62375890	4.6		24°51'52".3
	f	32°57'16"			+11".00	32°57'27".00	9.73561240	3.2		32°57'22".8
	h	18°39'04"	Diferencia	15"	-1.00	18°39'03".00	9.50487860	6.2		18°38'58".8
	SUMA	181°22'04"	2 ^o Corrección = $\frac{15"}{4} = 3".75$			181°22'15".00	.84940265	14.5		
	SUMA TOTAL	359°59'38"	corrección c y d = +3".75			A Dif Σ sen .00011090		26.4		
	1 ^o Corrección	$\frac{22}{8} = +2".75$	corrección h y g = -3".75			B Σ Dif tab. .0000264				

Tabla 6. Compensación Angular 2^o Cuadrilátero - Método Desviación Iguales

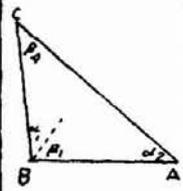
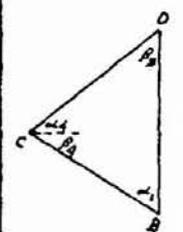
TRIANGULOS	VERT.	ANGULOS	LADOS OPUESTOS		LOGARITMOS
			DESIG.	VALOR	
	A	$47^{\circ} 45' 32.3129''$	BC	1990.82551	3.2990333576
			AB	462.3228	9.869421399567
	C	$9^{\circ} 53' 58.71307''$			2.66494552000
	B	$122^{\circ} 20' 28.9790''$			0.764666443160
		$180^{\circ} 00' 00.00''$	CA	2271.98105	9.9267924364
					3.356404399560
	B	$47^{\circ} 45' 57.02143''$	CD	1540.36231	3.18762307
			BC	1990.82551	9.869468340717
	D	$73^{\circ} 07' 20.89757''$			3.2990333576
	C	$59^{\circ} 06' 42.081''$			0.019121371701
		$180^{\circ} 00' 00.00''$	BD	1785.368906	9.9335734972
					3.251728226501

Tabla 7. Cálculo de los Lados del Cuadrilátero

	A	$90^{\circ} 25' 01''.3200$	BD	1785.36896	3.2517282413		
				AB	462.3228		9.999988868
	D	$15^{\circ} 00' 26''.72743$			0.586793853303		
	B	$74^{\circ} 34' 31''.95257$	DA	1721.11017	9.984069171542		
		$180^{\circ} 00' 00''.00$			3.2358086448		
	D	$88^{\circ} 07' 47''.625$	CA	2271.9855	3.356405245		
				DA	1721.11017		9.9997687625
	C	$49^{\circ} 12' 43''.36793$			0.120827937726		
	A	$42^{\circ} 39' 29''.00707$	CD	1540.36309	9.830986815554		
		$180^{\circ} 00' 00''.00$			3.187623298		

Tabla 7. 1. Cálculo de los Lados del Cuadrilátero

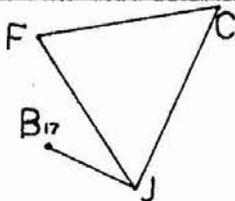
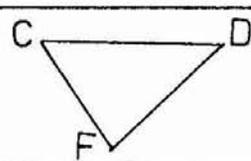
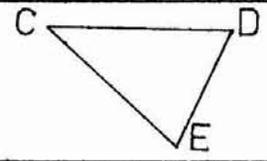
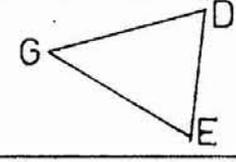
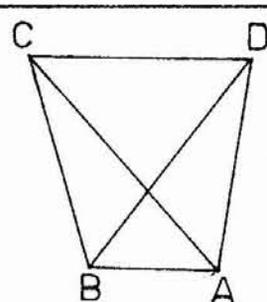
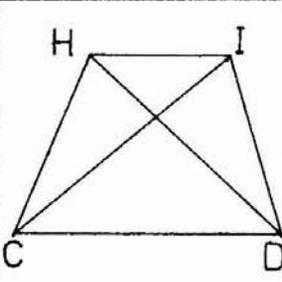
FIGURA	LADO	RUMBO	DIST. HOR.
	B ₁₇ -J	N 1° 52' 59" 765 E	
	J-C	S 51° 56' 32" 777 W	1.807,5454
	C-F	S 59° 40' 01" 223 E	1.507,8224
	F-J	N 3° 42' 58" 777 E	1.879,6941
	C-F	S 59° 40' 01" 223 E	1.507,8224
	F-D	N 8° 09' 38" 223 W	1.928,4561
	D-C	S 41° 50' 53" 777 W	1.540,3627
	D-C	S 41° 50' 53" 777 W	1.540,3627
	C-E	S 88° 38' 00" 683 E	1.919,7990
	E-D	N 36° 46' 02" 753 W	1.489,5258
	E-D	N 36° 46' 02" 753 W	1.489,5258
	D-G	S 21° 43' 16" 747 W	2.183,08187
	G-E	N 63° 50' 18" 347 E	1.893,5094
	D-C	S 41° 50' 53" 777 W	1.540,3627
	C-B	S 79° 02' 24" 142 E	1.990,8255
	B-A	N 43° 18' 04" 832 E	462,3228
	A-D	N 46° 16' 53" 848 W	1.721,1107
	C-A	S 88° 56' 22" 855 E	2.271,9832
	D-B	S 31° 16' 27" 121 E	1.785,3896
	C-D	N 41° 50' 53" 777 E	1.540,3627
	D-I	N 79° 49' 57" 223 W	505,5992
	I-H	S 48° 03' 47" 277 W	838,53495
	H-C	S 7° 53' 35" 723 E	682,75675
	C-I	N 23° 11' 54" 977 E	1.345,4795
	D-H	S 67° 12' 39" 977 W	1.216,3829

Tabla 8. Rumbos y Distancias Horizontales

en el cálculo del control horizontal de la Triangulación, el efectuar el cálculo de las Coordenadas de los vértices. Para ésto, se adopta el sistema de Coordenadas U.T.M., enlazando el sistema de Triangulación ya realizado al control topográfico del levantamiento Fotogramétrico del sector muelle mecanizado de C.A.P., ejecutado por Antonio de Gavardo - 1973 para la Compañía de Acero del Pacífico.

El enlace se hizo a partir del vértice J de la Triangulación, que coincide con la estación E11 del Levantamiento Fotogramétrico, midiendo en forma precisa el ángulo que forman las líneas B17 - E11, E11 - C mediante el método de repetición explicado anteriormente. En base a las Coordenadas de las estaciones B17 y E11 se determinó el rumbo de la línea definida por esas estaciones y con el ángulo medido se calculó el rumbo del lado JC de la Triangulación Figura 7, a partir del cual se calcularon los rumbos de todos los lados de la Triangulación, los que están registrados en la Tabla 8.

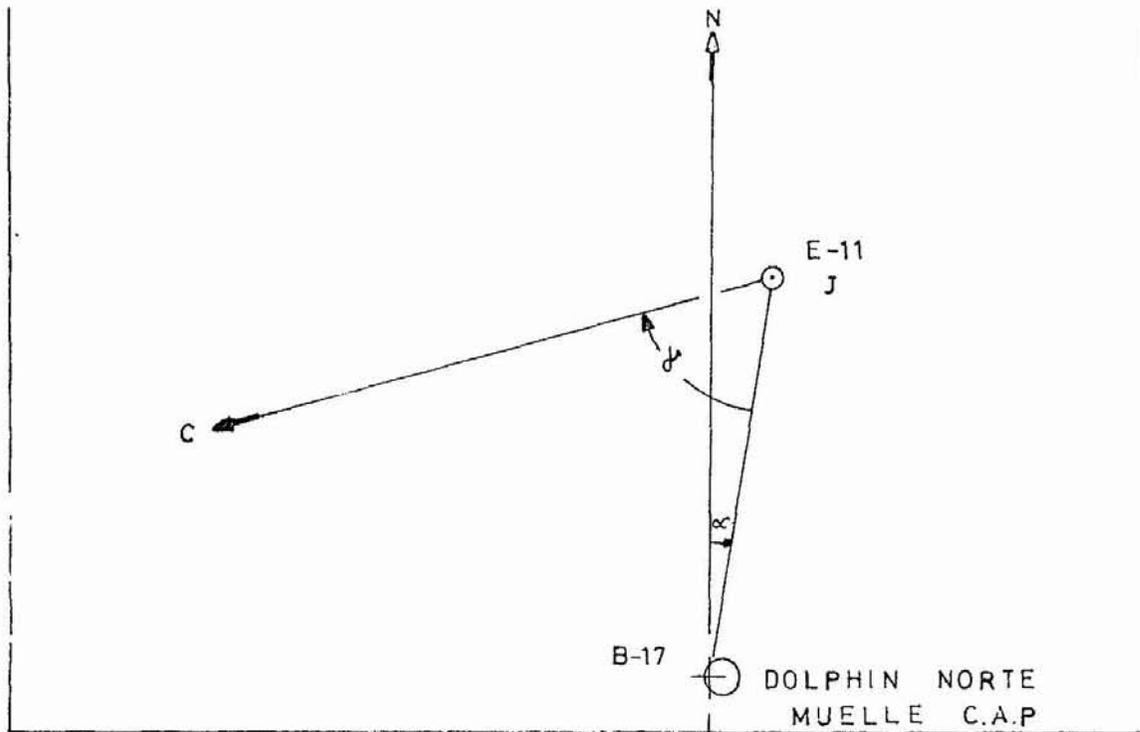
Los datos necesarios para el cálculo de las coordenadas, es decir, el rumbo y la distancia horizontal de los lados, se disponen esquemáticamente como se observa en las Tablas 9 y 9.1, en el que se muestra el cálculo de las coordenadas de algunos de los vértices de la Triangulación.

Las coordenadas de todos los vértices de la Triangulación aparecen en la Figura 9.

El cálculo se hizo de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$A) \text{ Lat. Parc. } = \text{ Log. Dh } + \text{ Log. cos } \alpha$$

$$B) \text{ Long. Parc. } = \text{ Log. Dh } + \text{ Log sen } \alpha$$



ESTAC.	COORDENADAS	
	LATITUD	LONGITUD
B-17	6.682.512,50	273.111,74
E-11	6.683.031,34	273.128,80
DIF.	518,84	17,06

1) cálculo del ángulo α

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{17,06}{518,84}$$

$$\log \operatorname{tg} \alpha = \log 17,06 - \log 518,84$$

$$\log \operatorname{tg} \alpha = 1,231979 - 2,715033$$

$$\log \operatorname{tg} \alpha = -1,483054$$

$$\alpha = \operatorname{antilog} -1,483054$$

$$\alpha = \operatorname{antilog} 8,516946$$

$$\alpha = 1^{\circ} 52' 59,765''$$

2) ángulo β MEDIDO EN FORMA PRECISA POR EL MÉTODO DE REPETICIÓN

$$\beta = 50^{\circ} 03' 33,012''$$

3) DETERMINACIÓN DEL RUMBO DE LA LÍNEA B17-E11:

De acuerdo a la fig 2.7, el ángulo α define el rumbo de la línea B-17 → E11 y por estar en el primer cuadrante:

$$\text{Rumbo B17-E11} \quad N-1^{\circ} 52' 59,765''-E$$

4) DETERMINACIÓN DEL RUMBO DE LA LÍNEA J-C

$$\text{Rumbo B17} \rightarrow \text{E11} \quad N 1^{\circ} 52' 59,765'' E$$

$$(+)\quad \beta \quad 50^{\circ} 03' 33,012''$$

$$\text{Rumbo JC} \quad S 51^{\circ} 56' 32,777'' W$$

LADO	D.H.	RUMBO	LOGARITMO	COORDENADA	DESIG.
				6681917,08	X _C
			3.0469884051	- 114,26	
				6683031,34	X _J
		S-51°56'32"777W	9.7898995021		
J-C	1807,5454		3.257088903		
			9.8961907209	273128,80	Y _J
			3.1532796239	- 1423,25	
				271.705,55	Y _C
				6681.155,60	X _F
			2.8816631002	- 761,48	
				6681917,08	X _C
		S-59°40'01"223 E	9.7033125972		
C-F	1507,8224		3.178350503		
			9.9360634676	271.705,55	Y _C
			3.1144139706	+ 1.301,41	
				273.006,96	Y _F
				6.683.064,52	X _D
			3.0597292044	+ 1.147,44	
				6.681917,08	X _C
		N-41°50'53"777-E	9.8721062014		
C-D	1540,3627		3.187623003		
			9.8242300648	271.705,55	Y _C
			3.0118530678	+ 1027,67	
				272.733,22	Y _D

Tabla 9. Registro y Cálculo de Coordenadas

				6681871,30	X _E
			3.0767200892	- 1193,22	
				6.683.064,52	X _D
		S-36°46'02"753 E	9.9036715952		
D-E	1489,5258		3.173048494		
			9.7771137084	272.733,22	Y _D
			2.9501622024	+ 891,58	
				273624,80	Y _E

				6.681.538,58	X _B
			2.5780682098	- 378,50	
				6.681.917,08	X _C
		S-79°02'24"142 E	9.2790348522		
C-B	1990,8255		3.2990333576		
			9.9920056568	271705,55	Y _C
			3.2910390144	+ 1954,51	
				273.660,06	Y _B

				6.681.875,04	X _A
			3.07535809504	- 1189,48	
				6.683.064,52	X _D
		S-46°16'53"848 E	9.83954955024		
D-A	1721,1107		3.2358085448		
			9.8589856816	272.733,22	Y _D
			3.0947942264	+ 1.243,93	
				273.977,15	Y _A

Tabla 9. 1. Registro y Cálculo de Coordenadas

La primera expresión define el valor de la Latitud Parcial, la segunda expresión el valor de la Longitud Parcial. Dh es la distancia horizontal desde el vértice con coordenadas conocidas hasta el vértice al cual se le calculan las coordenadas, α es el valor angular del rumbo del lado correspondiente. Los signos de cada expresión están determinados por las letras del rumbo, por ejemplo, la expresión A será positiva si la primera letra del rumbo es N, negativo si es S. Del mismo modo la expresión B será positiva si la segunda letra es E, negativa si es W.

Los valores así obtenidos se suman a los valores de las coordenadas totales del vértice anterior. En los esquemas de cálculo, las coordenadas parciales se designan precediendo a la letra que designa el vértice con una X para la Latitud y una Y para la Longitud. Las Coordenadas totales se designan con la letra N para las Latitudes y con la letra E para las Longitudes.

5. Registro de la Nivelación Trigonométrica y cálculo de las cotas de los vértices

El registro de los datos necesarios para el cálculo de las cotas de los vértices están contenidos en la Tabla 10 en la cual se ha anotado los valores obtenidos en terreno y los derivados del cálculo.

El cálculo de las cotas de los vértices se realizó a partir de la cota del vértice J cuyo valor es de 3,82 mts referido al Datum Geodésico, es decir, al Nivel Medio del Mar.

La Figura 8 muestra el esquema de cálculo para las

ESTACION	AITURA INSTR.	VERTICE VISADO	LECTURA AXIAL	ANGULOS VERTICALES (N)			Tg. ANG. VERT. (N)	DISTANCIA HORIZONTAL (DH)	$h = DH \cdot Tg(N)$	$h' = 0.068 \left(\frac{DH}{1000}\right)^2$	$H = (h+h')$	D. N
				DIRECTO	TRANSITO	CORREGIDO						
C	1.505	D	1.000	101.3832	298.6157	101.3838	0.0217393	1540.364	33.486	+ 0.161	33.629	+ 34.13
D	1.450	C	1.000	98.5644	301.4332	98.5656	0.02253464	1540.364	34.712	- 0.161	34.551	- 34.10
C	1.505	J	0.995	98.5724	301.4305	98.5710	0.0224502	1807.545	40.580	- 0.222	40.358	- 39.85
J	1.620	C	1.000	101.3754	298.6245	101.3754	0.02160732	1807.545	39.056	+ 0.222	39.278	+ 39.90
G	1.550	D	1.000	101.8318	298.1660	101.8329	0.02879882	2183.082	62.870	+ 0.324	63.194	+ 63.74
D	1.450	G	1.000	98.1230	301.8792	98.1219	0.02950898	2183.082	64.420	- 0.324	64.096	- 63.74
C	1.505	H	1.000	98.8890	301.1094	98.8898	0.01744016	682.757	11.907	- 0.032	11.875	- 11.37
C	1.505	I	1.000	98.1283	301.8697	98.1283	0.0293932	1345.480	39.548	- 0.123	39.425	- 38.92
C	1.505	E	0.000	98.6216	301.3807	98.6204	0.02167368	1919.799	41.609	- 0.254	41.355	- 39.85
C	1.505	F	1.000	98.2637	301.7350	98.2644	0.02726936	1507.822	41.117	- 0.155	40.962	- 40.46
G	1.550	E	0.000	99.5983	300.4040	99.5972	0.00632668	1893.509	11.980	- 0.244	11.736	- 10.19
D	1.450	H	1.000	97.5922	302.4058	97.5932	0.03782144	1216.387	46.006	- 0.101	45.905	- 45.46
D	1.450	I	1.000	90.7844	309.2152	90.7846	0.14577440	505.599	73.703	- 0.256	73.447	- 73.00
D	1.450	F	1.000	97.5192	302.4832	97.5180	0.0390066	1928.456	75.222	- 0.253	74.969	- 74.52

Tabla 10. Registro y Cálculos de la Nivelación Trigonométrica

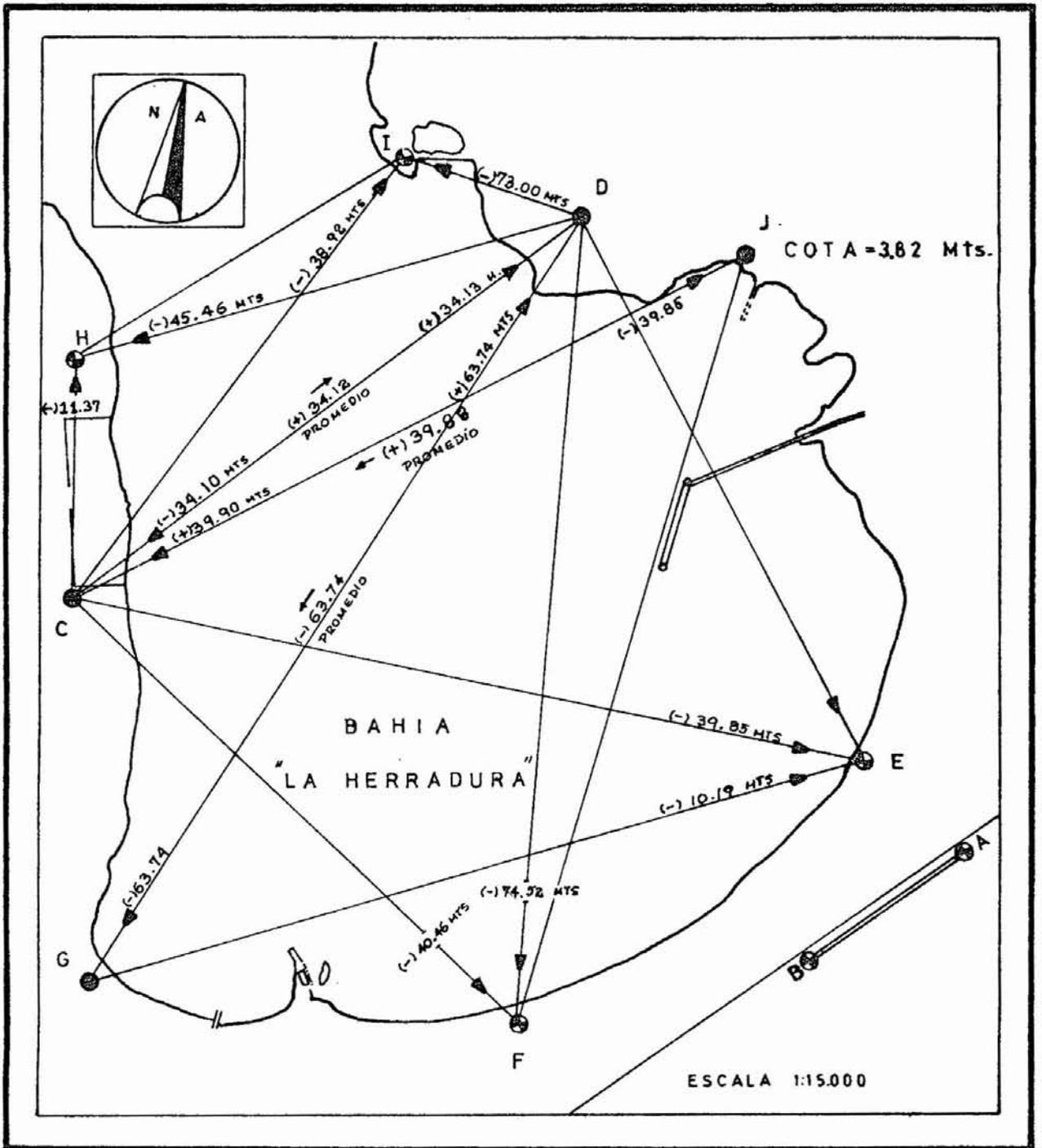
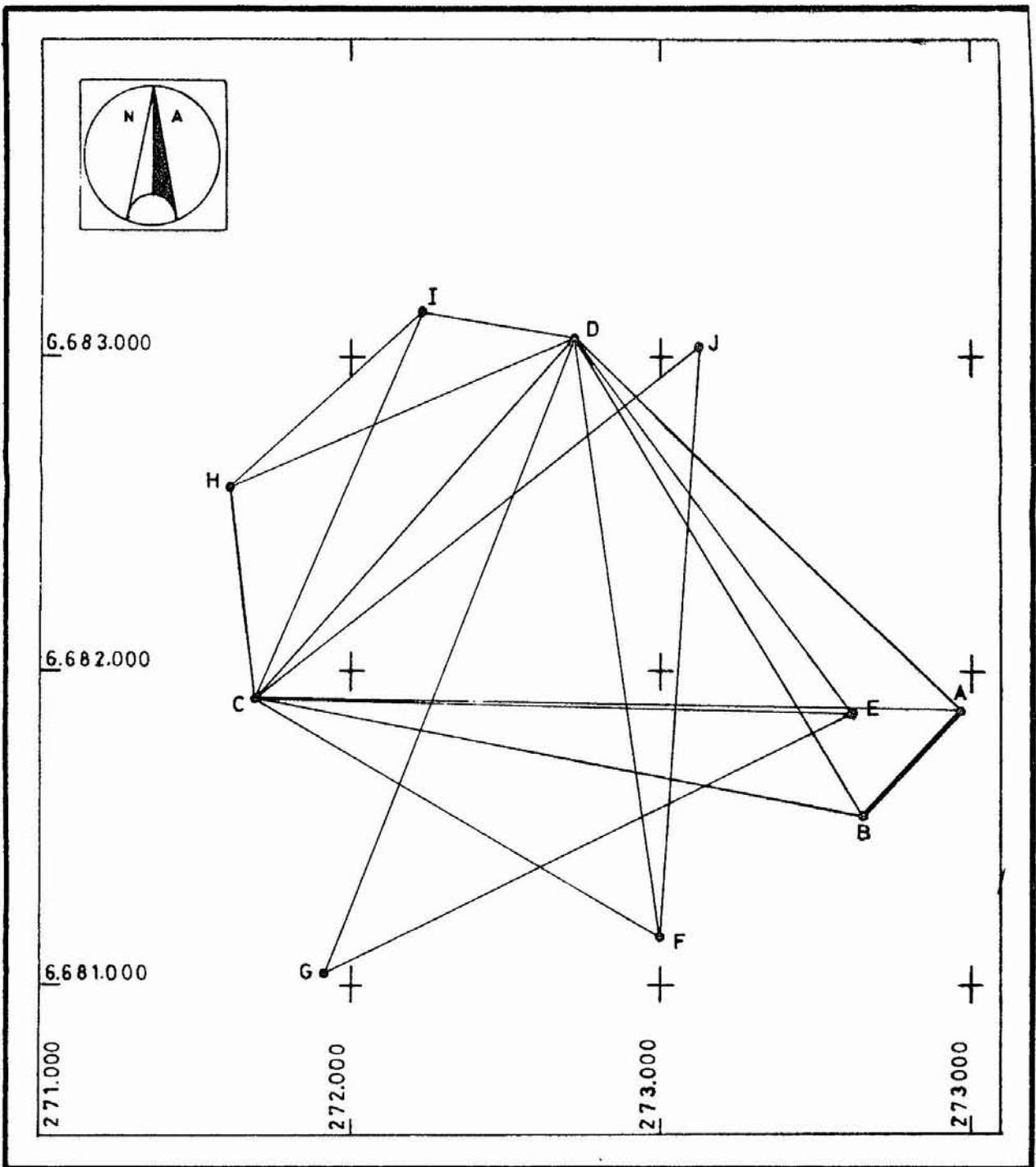


Fig. 8 Esquema de las Diferencias de Nivel entre los Vértices de Triangulación

cotas de los vértices.

f) Dibujo

Se confeccionó un esquema de la Triangulación con la ubicación de los vértices referidos al sistema de Coordenadas U.T.M. (Proyección Universal Transversal Mercator, que tiene como origen de las abscisas, Este, el meridiano 69° Oeste = 500 Kms y como origen de las ordenadas, Norte, 10.000 Kms al Sur del Ecuador), esto se dibujó a escala reducida para mayor comodidad en su visualización Figura 9, esta figura muestra además el registro de las coordenadas y cotas de todos los vértices.



REFERENCIAS		CUADRO DE COORDENADAS			
		VERT.	LATITUD	LONG	COTAS
- ●	VERTICES	A	6.681.875,04	273.977,15	-----
- —●—	LINEA BASE	B	6.681.538,58	273.660,06	-----
-	Coordenadas U.T.M	C	6.681.917,08	271.705,55	43,70 MTS.
-	Cotas referidas al Datum Geodésico	D	6.683.064,52	272.733,22	77,82 MTS.
		E	6.681.871,30	273.624,80	3,87 MTS.
		F	6.681.155,60	273.006,96	3,27 MTS.
		G	6.681.036,44	271.925,28	14,08 MTS.
		H	6.682.593,36	271.611,80	32,74 MTS.
		I	6.683.153,77	272.235,56	4,80 MTS.
		J	6.683.031,34	273.128,80	3,82 MTS.
ESCALA 1: 20.000					

Fig. 9 Esquema de la Triangulación

III LEVANTAMIENTO BATIMETRICO DE LA BAHIA LA HERRADURA DE GUAYACAN

3.1 ESTUDIO BATIMETRICO PRELIMINAR DE LA BAHIA LA HERRADURA DE GUAYACAN

Este estudio fue abordado tomando en consideración los tres aspectos más importantes que permiten la obtención de una serie de puntos y su respectiva profundidad relacionados a un control topográfico costero, con el objeto de determinar el relieve submarino de la Bahía. Ellos son:

- a) Sondeos
- b) Determinación de las variaciones del nivel del mar
- c) Establecimiento del control topográfico horizontal.

a) Sondeos

La determinación de las profundidades (hasta 20 mts), se hizo mediante Escandallo de fierro macizo con forma cilíndrica y con un peso aproximado de tres Kilos. Se usó ecógrafo para las profundidades superiores, Marca SIMRAD tipo 515-7.

Con el objeto de facilitar las mediciones y el manejo de la sonda, se diseñó una "Máquina de Sondeo" Figura 10, adaptada al tipo de embarcación que habría de usarse para esta operación.

La máquina consiste en un torno accionado a mano en el cual va enrollada la cuerda, una regla graduada cada cinco centímetros (de cero a cien centímetros) sobre la cual se hace la

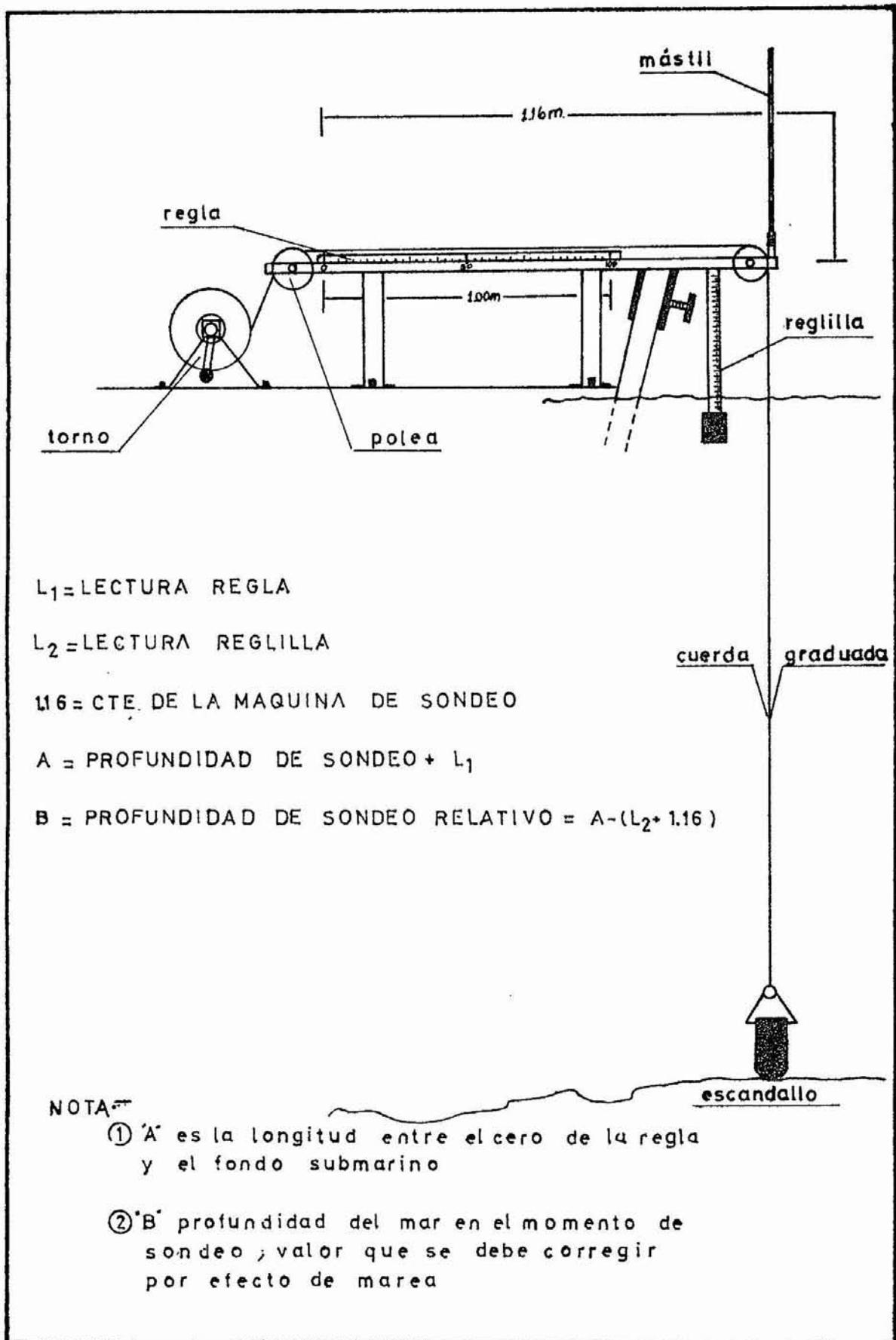


Fig. 10 Esquema de la Máquina de Sondeo

primera medición, a continuación una reglilla colocada en el extremo exterior de la máquina cae verticalmente hacia la su perficie del agua con el objeto de determinar las variaciones de la línea de flotación de la embarcación.

Finalmente un mástil jalonado, colocado sobre la polea exterior materializa la vertical por la que baja la sonda, sir viendo como señal para las visuales que se hacen desde tierra con los Taquímetros.

La Figura 10 muestra también un modelo de cálculo de la profundidad en cada punto, las Figuras 11 y 12 corresponden a la máquina de sondeo instalada en la embarcación.

b) Determinación de las variaciones del nivel del mar

Mareómetro. Con el objeto de determinar las variaciones de altura de la superficie del mar en la Bahía se instaló un Mareómetro en el muelle del C.I.S.

Las Figuras 13, 14 y 15 muestran la posición del Maróme tro. Este se instaló sobre un "Pozo Amortiguador" consistente en un tubo de fierro de 15 cms de diámetro interior, por 2,30 mts de longitud.

En la Figura 14 puede observarse, la escala graduada, la cuerda, las poleas y parte de la caja que protege el contra peso. La Figura 15 muestra en detalle la escala graduada de la cuerda y el índice de lectura.

El Mareómetro se calibró estableciendo la diferencia de nivel entre el vértice J y el eje de la polea, ubicado este úl-

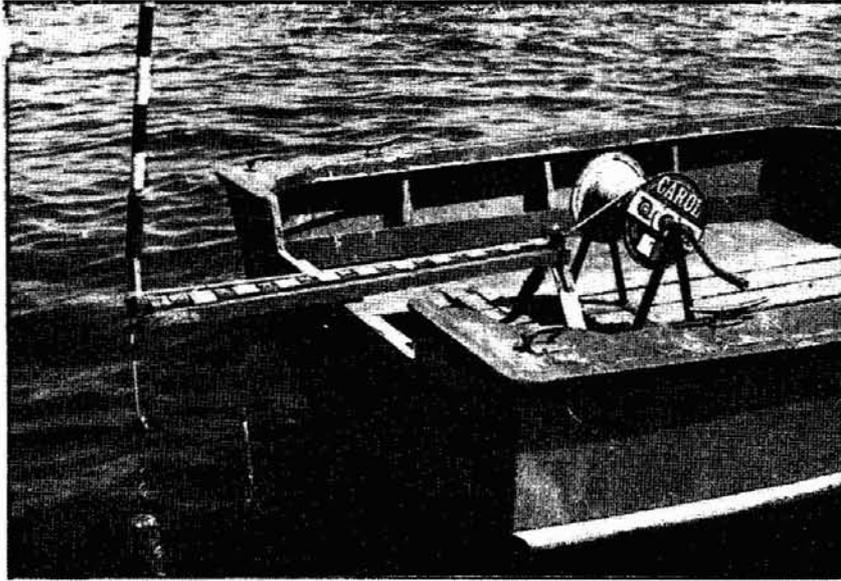


Fig. 11. Máquina de Sondeo en la Embarcación

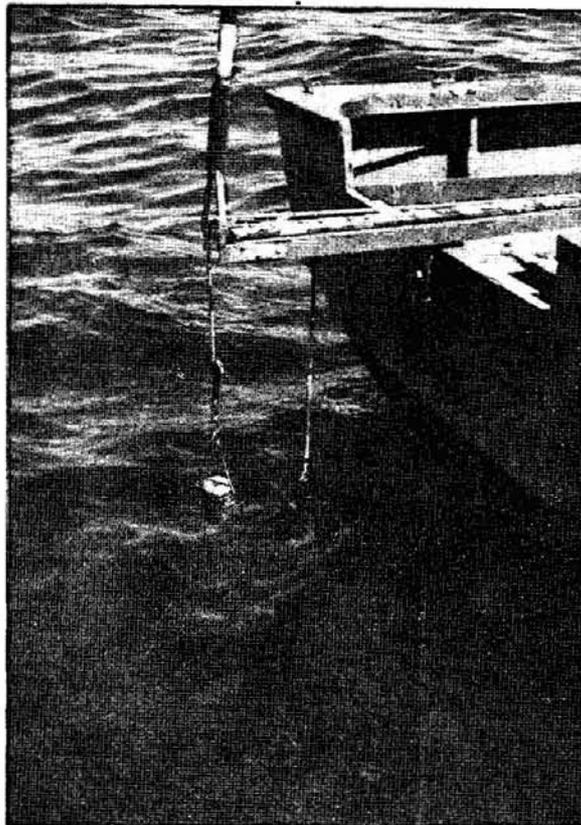


Fig. 12. Máquina de Sondeo instalada en la Embarcación

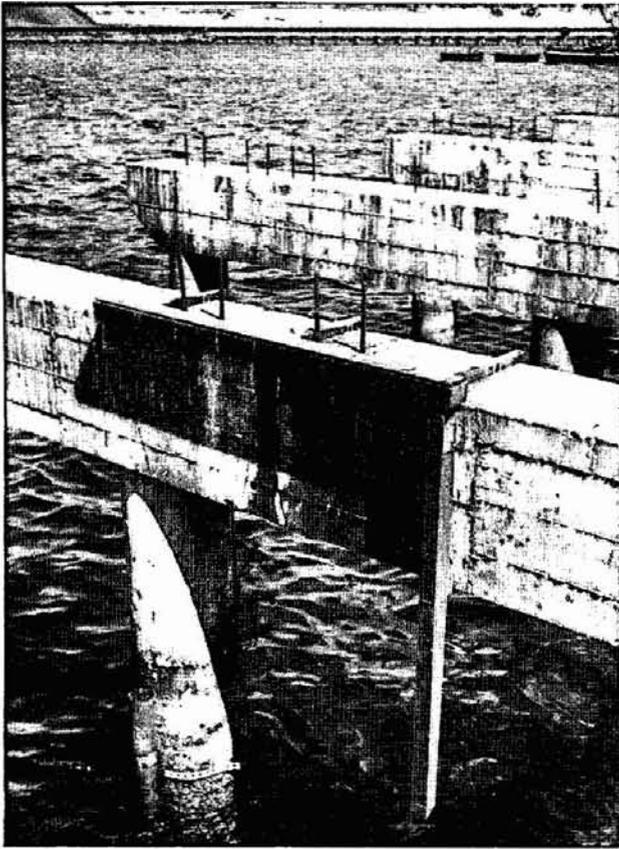


Fig. 13. Mareómetro instalado en Muelle CIS

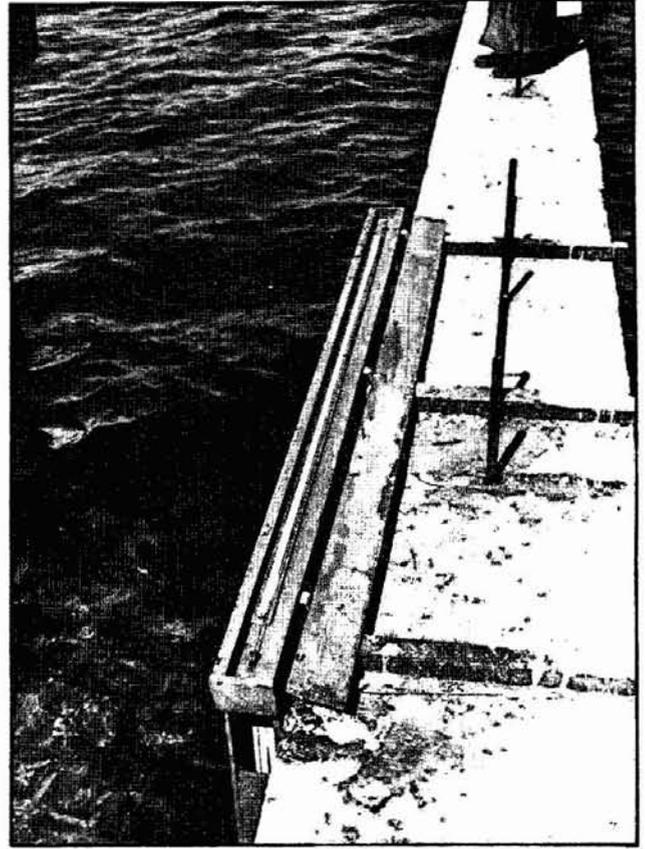


Fig. 14. Mareómetro (Detalles)

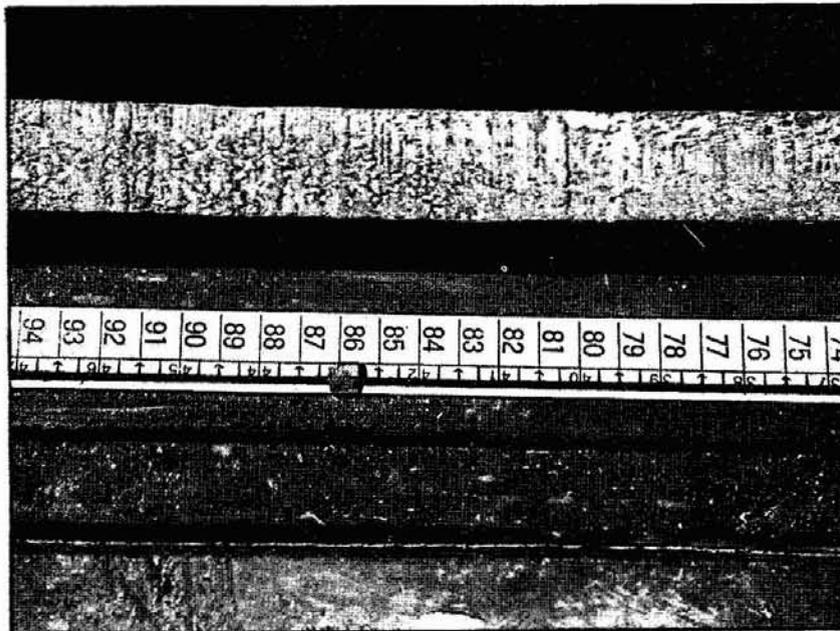


Fig. 15. Mareómetro (Escala Graduada)

timo sobre el tubo amortiguador, en la caja que contiene la regla graduada. El cálculo dió un resultado de 3,22 metros para la cota en el eje de la polea, por lo tanto a 3,22 metros hacia abajo se encuentra el Nivel Medio del Mar.

c) Establecimiento del Control Topográfico Horizontal

En la sección de Triangulación se explicó con detalle la realización de la red primaria de control topográfico para el levantamiento general de la Bahía. Con el objeto de situar los detalles de la costa y obtener estaciones auxiliares para la localización de los sondeos se realizaron poligonales de enlace a los vértices de Triangulación. En una etapa preliminar del trabajo general a modo de desarrollar un método se hizo un levantamiento de la costa, comprendido entre el Muelle Mecanizado de C.A.P. (Compañía de Acero del Pacífico) y la planta eléctrica de Endesa, para lo cual se ubicaron estaciones de poligonal en el sector señalado.

Desde estas estaciones se tomaron los detalles de la costa y se ubicaron los sondeos. El registro y cálculo de las coordenadas de las estaciones aparecen en la tabla 11.

3.2 METODO DE TRABAJO

Las condiciones del mar en la Bahía, observadas durante los trabajos preliminares como asimismo a través del levantamiento batimétrico y las características de la embarcación usada, limitaron la jornada de trabajo a un tiempo medio de 5 horas, trabajándose solamente en las mañanas hasta medio día, debido a que pasadas las 12,00 hrs el viento imposibilitaba las mani-

ESTAC.	LINEA	RUMBOS	DISTANC.	FUNC. TRIGONOM.		COORD. PARCIALES		COORD. TOTALES		COTAS
				HORIZ.	COSENO	SENO	LATITUD	LONGITUD	LATITUD	
	B17							6.682.512,50	273.111,74	3.04
J	B17	J N 2,09 E						6.683.031,34	273.128,80	3.82
	J	C1 S 88,43 E	133,45	0,18074	0,98353	- 24,12	+ 131,26	6.683.007,22	273.260,06	4,21
	C1	C2 S 33,79 E	137,35	0,86242	0,50620	- 118,45	+ 69,53	6.682.888,77	273.329,59	2,82
	C2	C3 S 55,98 E	17,45	0,63767	0,77031	- 11,13	+ 13,44	6.682.877,64	273.343,03	3,00
	C3	C4 S 94,02 E	107,50	0,09380	0,99559	- 10,08	+ 107,04	6.682.867,56	273.450,07	2,44
	C3	C5 S 39,63 E	117,60	0,81241	0,58307	- 95,54	+ 68,57	6.682.782,10	273.411,60	2,07
	J	C7 S 17,415 E	76,99	0,96282	0,270155	- 74,13	+ 20,88	6.682.957,21	273.149,68	3,30
	J	C6 S 91,92 W	111,00	0,126579	0,991956	- 14,05	- 110,10	6.683.017,29	273.018,70	3,98



Tabla 11. Registro y Cálculo de la Poligonal de Apoyo

obras de la embarcación.

Los sondeos se efectuaron a intervalos iguales de distancia siguiendo en lo posible alineaciones determinadas por observaciones a detalles costeros, con el objeto de escandallar áreas uniformemente.

Obtenidas las lecturas en la máquina de sondeo se indicaba con una banderola a los operadores de Taquímetros que posicionaran el punto, anotando las horas y los ángulos en un registro correspondiente. Dado a que la superficie del mar cambia periódicamente, cada 30 minutos uno de los operadores de Taquímetro registraba las lecturas de mareómetro para confeccionar el gráfico de marea correspondiente a la jornada de sondeo. La Figura 16 muestra el gráfico de marea del día 27 de Febrero de 1975 para valores obtenidos entre las 10,00 hrs AM y las 13,30 hrs P.M.; usando gráficos de este tipo los sondeos fueron reducidos al N.M.M. (Nivel Medio del Mar).

Los datos registrados de la máquina de sondeo, las observaciones hechas con los Taquímetros, como asimismo los valores obtenidos en los gráficos de marea y las correspondientes correcciones; fueron anotadas en un registro como el que se indica en la Tabla 12. El método de intersección de visuales, la orientación de los Taquímetros y los ángulos medidos se indica en la Figura 17.

3.3 CONFECCION DE PLANO BATIMETRICO PRELIMINAR

Con los datos obtenidos del levantamiento Taquimétrico realizado en el Sector Costero y la serie de sondeos, se procedió a confeccionar el plano correspondiente, Figura 18, a escala 1: 4.000 con isobatas cada dos metros. El sector

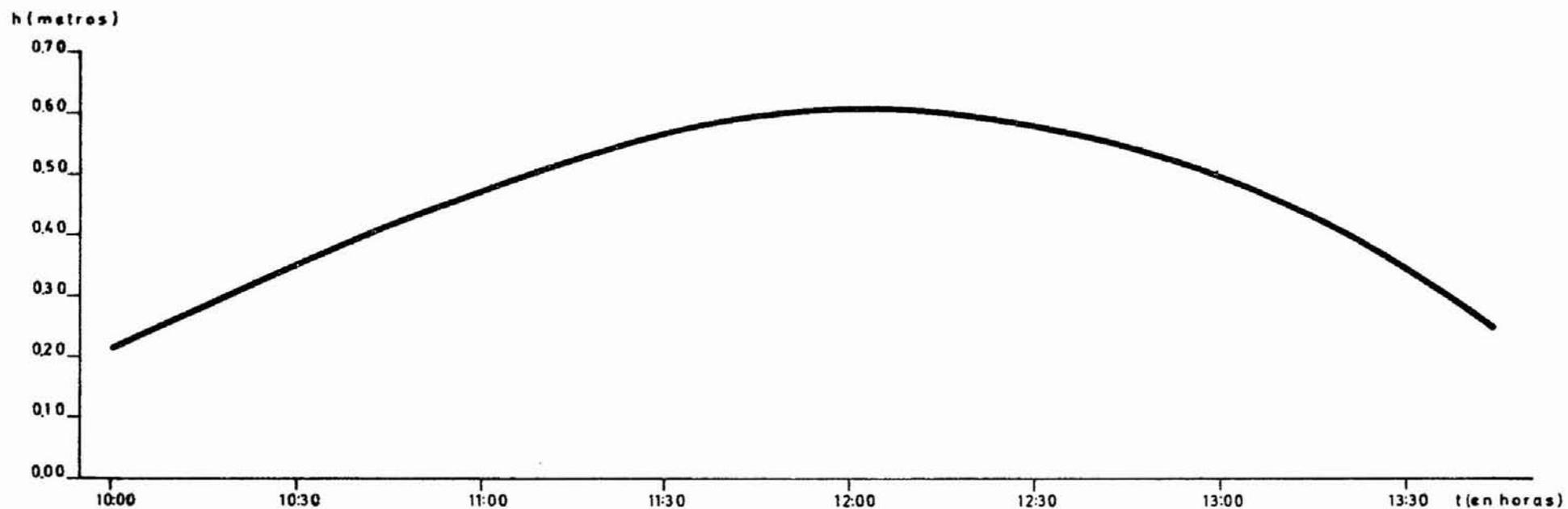


GRAFICO DE MAREA

CORRESPONDIENTE AL DIA 27 DE FEBRERO 1975

Datos obtenidos del MAREOMETRO MUELLE C.I.S

ESTAC.	PTO. OBSER.	HORA	AZIMUTH HORIZON. TAQUI.1	PROF. DE SONDEO	LECTURAS		A	B	M	B±M	AZIMUTH HORIZON. TAQUI.2	HORA	PTO. OBSER.	ESTAC.
					L1 regla	L2 reglilla								
J	C 2	11 h 15'	0° 00'								0.00	11 h 15'	J	C 2
	1	11 h 43'	55° 47'	- 18.00 mts	- 0.30 mts	+ 0.35 mts	- 18.30 mts	- 16.79 mts	+ 0.56	- 16.23	295.03	11 h 43'		
	2	11 h 59'	63° 29'	- 20.00 "	- 0.85 "	+ 0.35 "	- 20.85 "	- 19.34 "	+ 0.58	- 18.76	317.36	11 h 59'		
	3	12 h 03'	75° 11'	- 12.00 "	- 0.25 "	+ 0.35 "	- 12.25 "	- 10.74 "	+ 0.58	- 10.16	339.43	12 h 03'		
	4	12 h 08'	84° 44'	- 9.00 "	- 0.90 "	+ 0.35 "	- 9.90 "	- 8.39 "	+ 0.58	- 7.81	352.56	12 h 09'		
	5	12 h 13'	91° 58'	- 9.00 "	- 0.10 "	+ 0.35 "	- 9.10 "	- 7.59 "	+ 0.58	- 7.01	360.12	12 h 13'		
	6	12 h 15'	99° 01'	- 8.00 "	- 0.15 "	+ 0.35 "	- 8.15 "	- 6.64 "	+ 0.57	- 6.07	364.34	12 h 15'		
	7	12 h 18'	108° 10'	- 7.00 "	0.35 "	+ 0.35 "	- 7.35 "	- 5.84 "	+ 0.57	- 5.27	368.01	12 h 18'		
	8	12 h 22'	119° 16'	- 3.00 "	- 0.80 "	+ 0.35 "	- 3.80 "	- 2.29 "	+ 0.57	- 1.72	371.77	12 h 22'		
	9	12 h 30'	121° 04'	- 4.00 "	- 0.15 "	+ 0.35 "	- 4.15 "	- 2.64 "	+ 0.56	- 2.08	375.70	12 h 30'		
	10	12 h 36'	92° 19'	- 7.00 "	- 0.60 "	+ 0.35 "	- 7.60 "	- 6.09 "	+ 0.55	- 5.54	368.32	12 h 36'		
	11	12 h 40'	68° 37'	- 8.00 "	- 0.40 "	+ 0.35 "	- 8.40 "	- 6.89 "	+ 0.55	- 6.34	369.81	12 h 40'		
	12	12 h 43'	54° 08'	- 8.00 "	- 0.95 "	+ 0.30 "	- 8.95 "	- 7.49 "	+ 0.54	- 6.95	360.60	12 h 43'		
	13	12 h 47'	45° 12'	- 9.00 "	- 0.70 "	+ 0.30 "	- 9.70 "	- 8.24 "	+ 0.53	- 7.71	345.98	12 h 47'		
	14	12 h 50'	44° 56'	- 9.00 "	- 0.50 "	+ 0.30 "	- 9.50 "	- 8.04 "	+ 0.53	- 7.51	313.47	12 h 50'		
	15	12 h 54'	39° 54'	- 9.00 "	- 0.20 "	+ 0.35 "	- 9.20 "	- 7.69 "	+ 0.52	- 7.17	289.77	12 h 54'		
	16	12 h 58'	39° 16'	- 9.00 "	- 0.05 "	+ 0.35 "	- 9.05 "	- 7.54 "	+ 0.51	- 7.03	280.36	12 h 58'		
	17	13 h 04'	39° 04'	- 9.00 "	- 0.15 "	+ 0.35 "	- 9.15 "	- 7.64 "	+ 0.49	- 7.15	278.11	13 h 04'		
	18	13 h 08'	30° 20'	- 7.00 "	- 0.10 "	+ 0.35 "	- 7.10 "	- 5.59 "	+ 0.47	- 5.12	266.90	13 h 08'		
	19	13 h 12'	29° 54'	- 8.00 "	- 0.05 "	+ 0.30 "	- 8.05 "	- 6.59 "	+ 0.46	- 6.13	281.18	13 h 12'		
	20	13 h 16'	27° 35'	- 7.00 "	- 0.80 "	+ 0.35 "	- 7.80 "	- 6.29 "	+ 0.44	- 5.85	303.22	13 h 16'		
	21	13 h 19'	25° 45'	- 7.00 "	- 0.20 "	+ 0.35 "	- 7.20 "	- 5.69 "	+ 0.42	- 5.27	346.35	13 h 19'		

A = prof. de sondeo + L1

B = prof. de sondeo relativa A - (L2 + 1.16)

M = lect. de Mareometro a la hora de sondeo

B±M = prof. real de sondeo

Tabla 12. Registro y Cálculo de los Sondeos

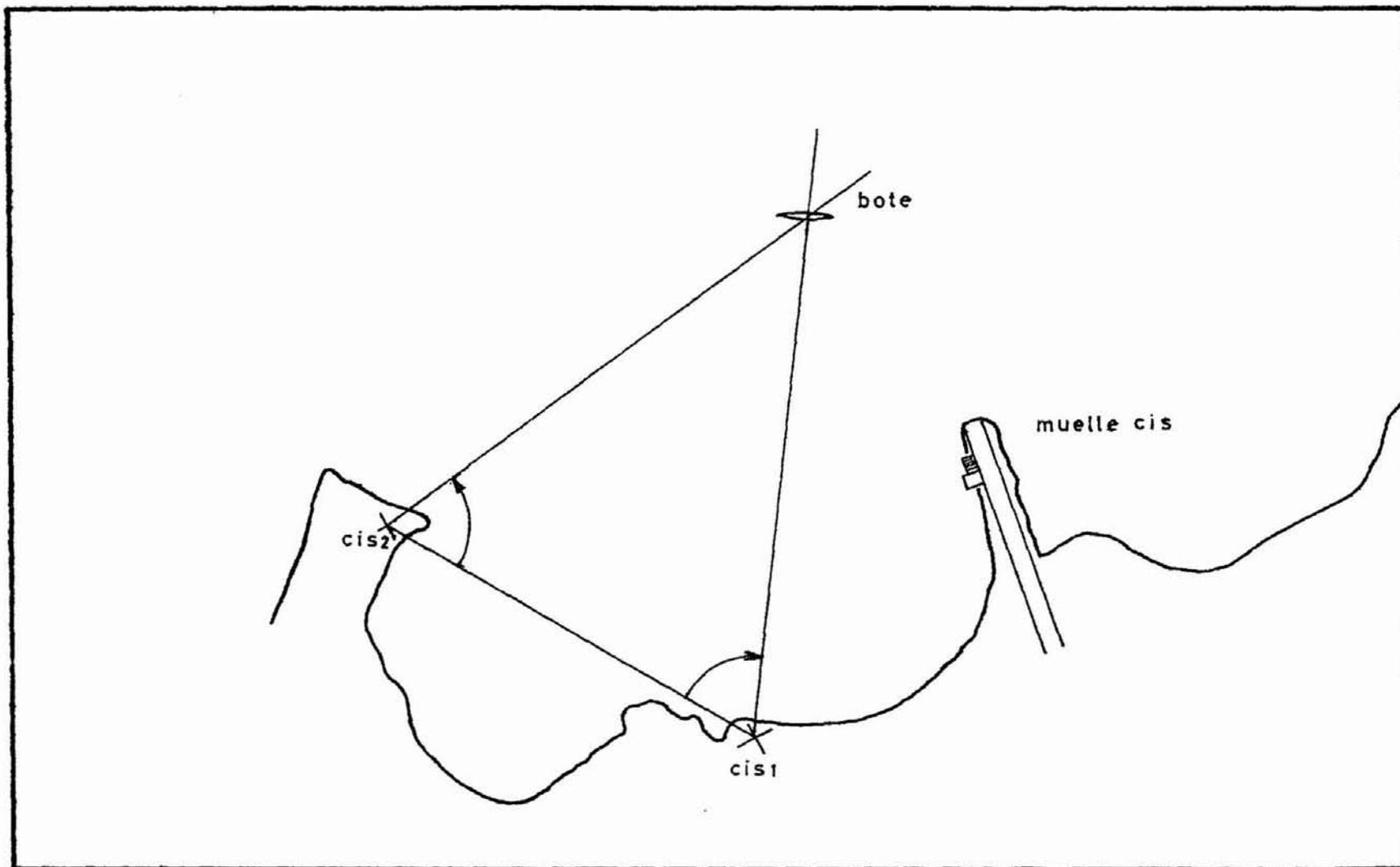
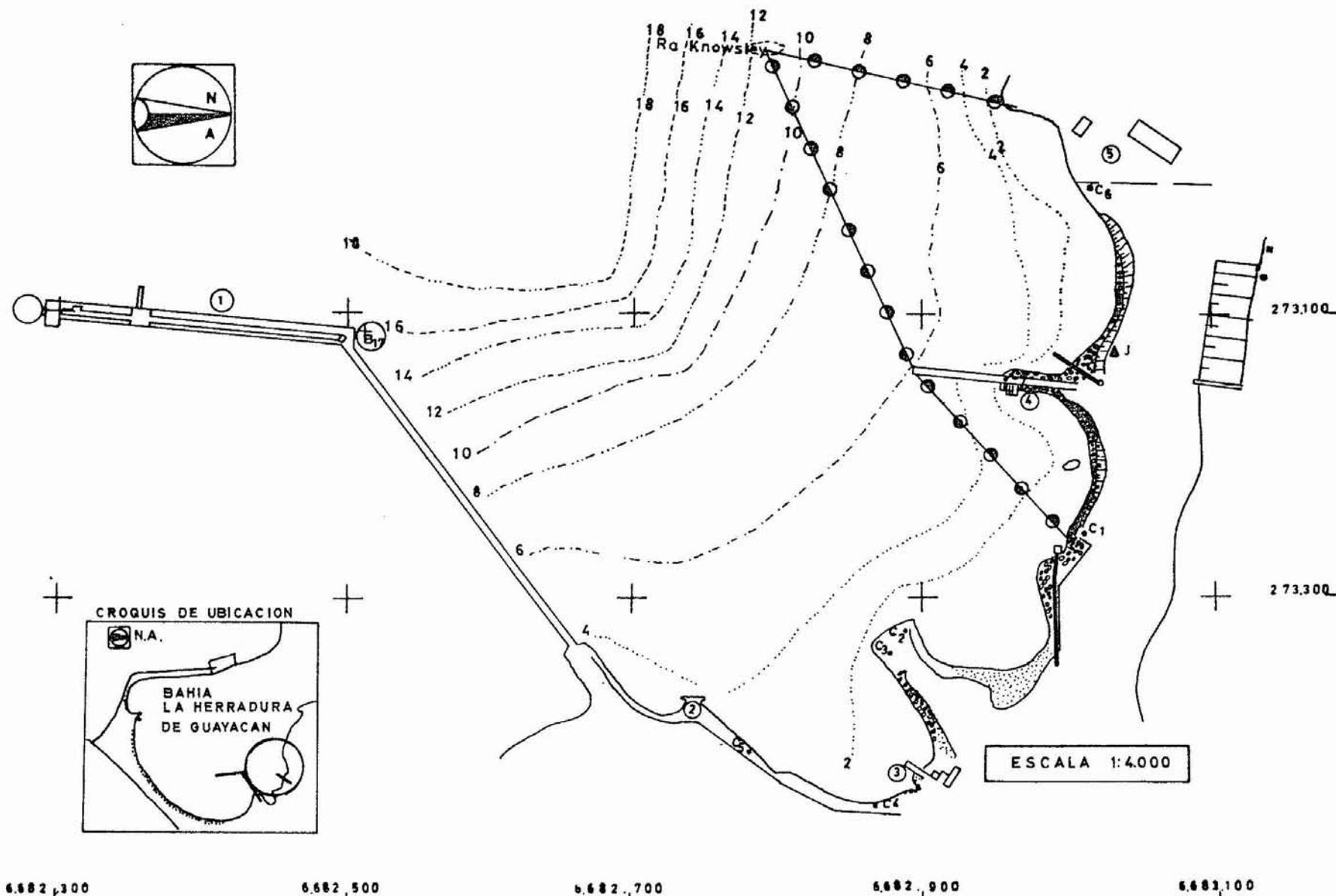


Fig. 17. Método de Intersección de Visuales

correspondiente al Muelle Mecanizado de la Compañía de Acero del Pacífico (C.A.P.) se dibujó con la ayuda de planos especiales de dicha estructura. En este plano se ubicaron un total aproximado de 120 sondajes, cuyas profundidades varían entre 0,80 mts y 19 mts luego de acuerdo a los métodos tradicionales de la Geomensura se interpolaron y dibujaron las curvas batimétricas.

En la Figura 18 se ubicó un croquis donde aparece en su totalidad la Bahía La Herradura y en él se encierra en un círculo él área estudiada en forma preliminar.

Fig 18 Levantamiento Preliminar



6.682.300

6.682.500

6.682.700

6.682.900

6.682.100

COORDENADAS			
REFERIDAS AL SISTEMA UTM			
ESTACION	LATITUD	LONGITUD	COTAS
B17	6.682.512,50	2 73.111,74	3.04
J	6.683.031,34	2 73.128,80	3.82
C1	6.683.007,22	2 73.260,06	4.21
C2	6.682.888,77	2 73.329,59	2.82
C3	6.682.877,64	2 73.343,03	3.00
C4	6.682.867,56	2 73.450,07	2.44
C5	6.682.782,10	2 73.411,60	2.07
C6	6.683.017,29	2 73.018,70	3.98
C7	6.682.957,21	2 73.149,68	3.30

COTAS REFERIDAS AL DATUM GEODESICO

REFERENCIAS	
	VERTICE DE TRIANGULACION
	ESTACION DE POLIGONAL
B17	BITA DOLPHING NORTE
	SEÑALES DE NAVEGACION
	EMISARIO ALCANTARILLADO
	COLECTOR PETROLEO
	MUELLE MECANIZADO C.A.P
	EMBARCADERO C.A.P
	MUELLE PESCADORES
	MUELLE C.I.S
	PLANTA ENDESA
	CONCESION Sup total 3.90 Ha's

Fig 18 Leyenda

IV LEVANTAMIENTO GENERAL DE LA BAHIA LA HERRADURA DE GUAYACAN

4.1 OBTENCION DEL CONTORNO DE LA BAHIA LA HERRADURA DE GUAYACAN

Para la obtención del contorno de la Bahía se realizaron poligonales de enlace entre los diferentes vértices de Triangulación. En los sectores de importancia para el Centro de Investigaciones Submarinas, se utilizaron métodos Taquimétricos para resaltar detalles del sector costero. Figura 18.

4.2 BATIMETRIA

En el desarrollo de la batimetría se procedió a efectuar un cambio en el nivel de referencia de los sondeos realizados en el levantamiento preliminar con el objeto de unificar el levantamiento al método utilizado por el Instituto Hidrográfico de la Armada (I.H.A.) el cual usa como nivel de referencia el "Cero Hidrográfico" o Nivel de Reducción de Sondeos definido como: Un plano que pasa tangente al límite inferior de la curva descrita por la mayor bajamar de la localidad.

Como segundo paso se realizó el levantamiento batimétrico general de la Bahía, usando los siguientes métodos:

- a) Profundidades comprendidas entre los beriles 0 y 20 metros fueron sondeadas empleando la Máquina de Sondeo, la cual fue descrita en 3.1. La ubicación del punto de sondeo fue realizada mediante los métodos Intersección de Visuales o del Punto Alto.

b) Profundidades superiores al beril de los 20 metros fueron determinadas mediante diversos Track Batimétricos realizados con una embarcación la que poseía un Ecógrafo, el cual da el relieve submarino, con una precisión de ± 50 cm, con observaciones angulares desde tierra a intervalos de 15 segundos.

En base a estas dos metodologías se efectuaron un total aproximado de 2.500 puntos de sondaje.

El registro de cálculo para los puntos de sondaje, es similar al anteriormente descrito en Tabla 12, pero con la variación que debido al cambio de nivel de referencia, a la sección correspondiente a corrección de mareas hubo que restarle el valor obtenido en las tablas de marea publicadas por el I.H.A.

El plano Batimétrico se dibujó a escala 1: 2.500 con isobatas cada 2 metros hasta profundidades de 20 metros y cada 5 metros para profundidades superiores. La Figura 19 muestra la configuración total del relieve submarino de la Bahía y su respectivo contorno terrestre.

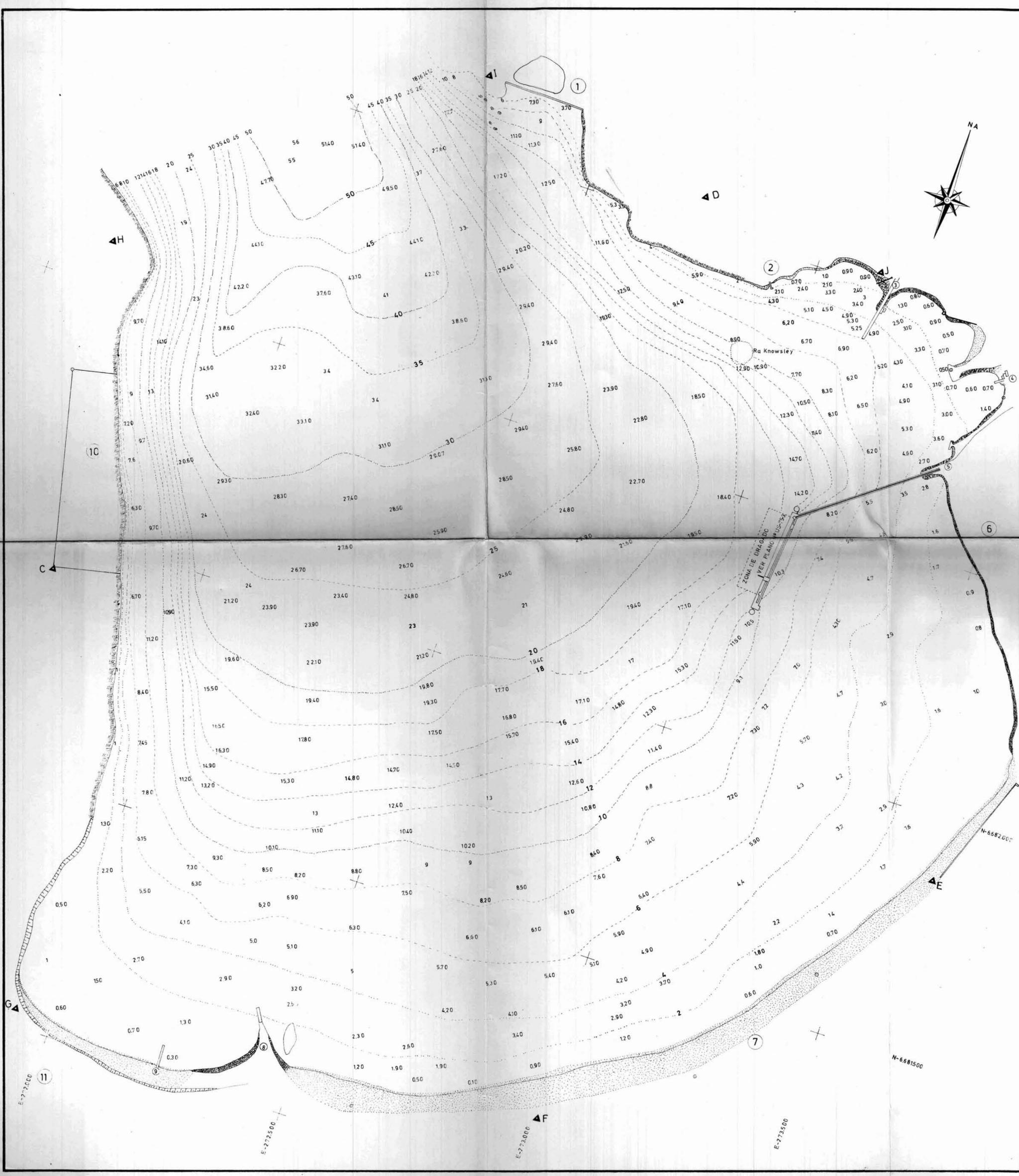
Como complementación general de este trabajo se muestra a través de diversos Track Batimétricos el relieve Submarino existente tanto dentro como fuera de la Bahía.

La Figura 20 muestra la dirección y ubicación de una serie de Track Batimétricos realizados dentro de la Bahía, de los cuales las Figuras 21, 22 y 23 corresponden a los perfiles longitudinales de los cortes 6 - 7 y 9 respectivamente.

FIGURA 19

EL PLANO BATIMETRICO PUEDE SER SOLICITADO A:
CENTRO DE INVESTIGACIONES SUBMARINAS
CASILLA 117 COQUIMBO - CHILE

POR SU EXTENSION NO SE HA INCLUIDO EN TODOS
LOS EJEMPLARES DEL PRESENTE INFORME



**CENTRO DE INVESTIGACIONES SUBMARINAS
UNIVERSIDAD DEL NORTE
COQUIMBO**

DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA FISICA

LEVANTAMIENTO BATIMETRICO DE PRECISION
Sector Bahía Herradura De Guayacán
Escala 1:2500
Comuna Coquimbo
Provincia Elqui
Región Cuarta
Fecha Diciembre 1977
Levantamiento Proyectado y Ejecutado por
A. Pacheco H. y M. Berrios R. (IEG)

Vertices	Referidas al sistema UTM		
	Latitud	Longitud	Cotas mts
C	668191700	27170555	4370
D	668306432	272733222	7782
H	668107230	2733624800	387
I	668153500	27106956	37
J	668103644	2719528	1408
K	668259336	271511800	3274
L	66815377	2723556	480
M	668308134	2731280	382

Sonajes en mts y referidos al cero hidrográfico

- REFERENCIAS**
- ▲ Vértice de Triangulación
 - Estaciones de Poligonal
 - Colector petrolero COPEC
 - Emisario
 - ① Coloso
 - ② Endesa
 - ③ Muelle CIS
 - ④ Caleta pescadores
 - ⑤ Muelle mecanizado CAP
 - ⑥ Canchas de almacenaje de fierro
 - ⑦ Balneario Municipal
 - ⑧ Hotel Bucanero
 - ⑨ Muelle club de Yates
 - ⑩ Polvorin
 - ⑪ Pueblo la Herradura

NOTA: Este plano es una reducción fotográfica del plano original y está a Escala 1:5102

Fig. 19

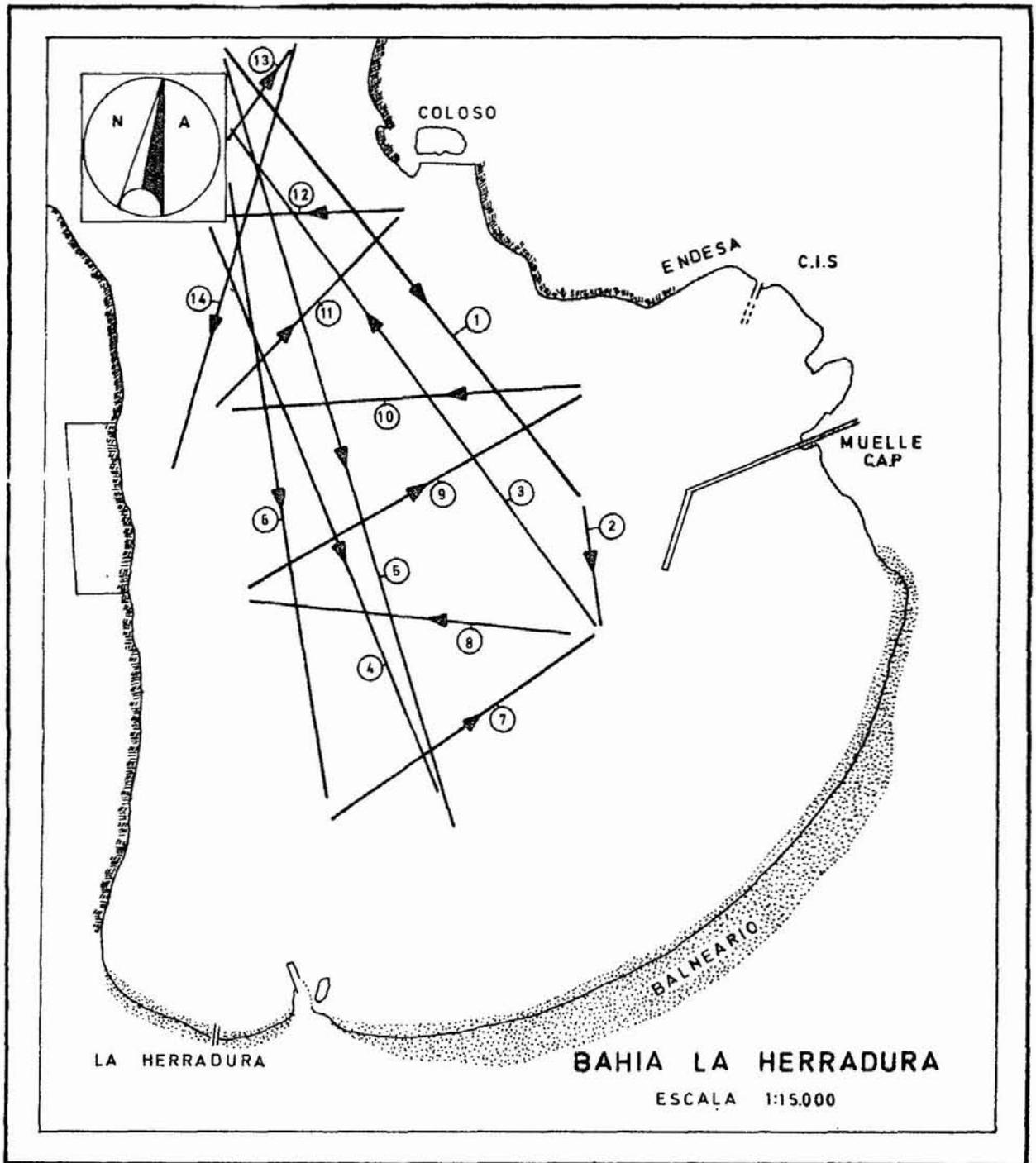


Fig. 20. Ubicación de Perfiles Batimétricos

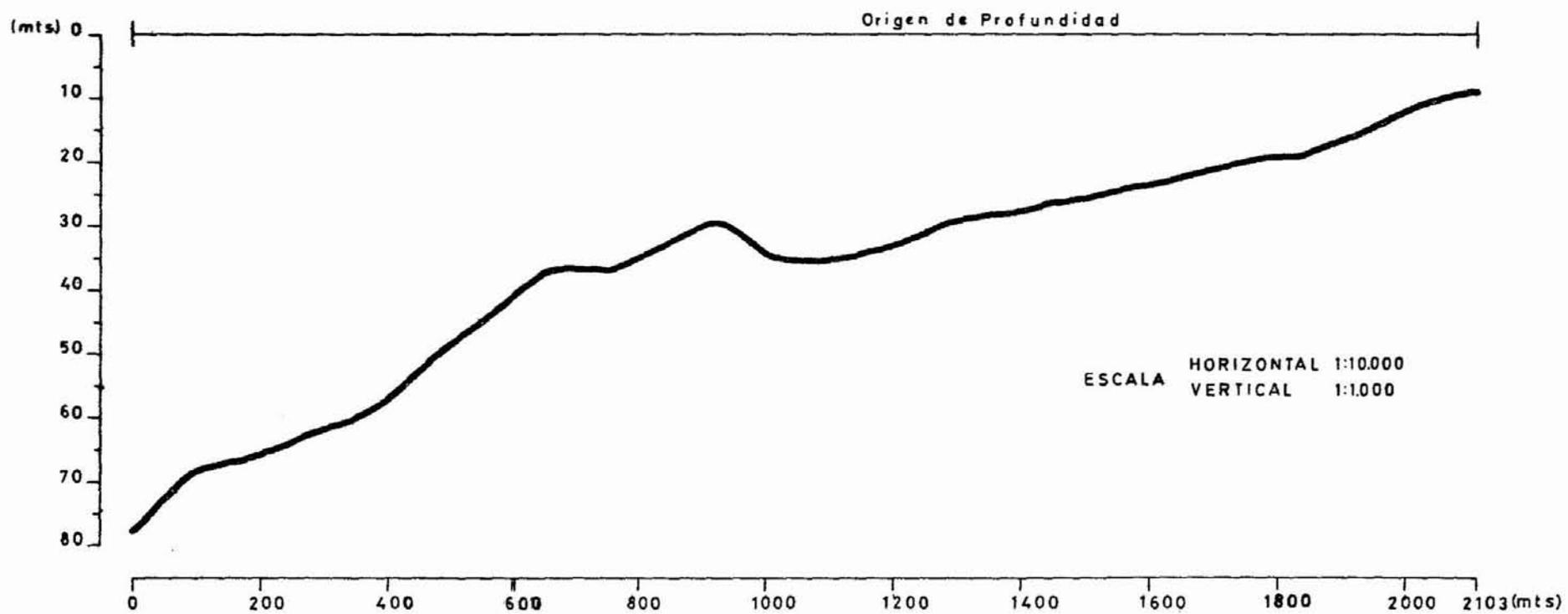


Fig 21 PERFIL Nº 6

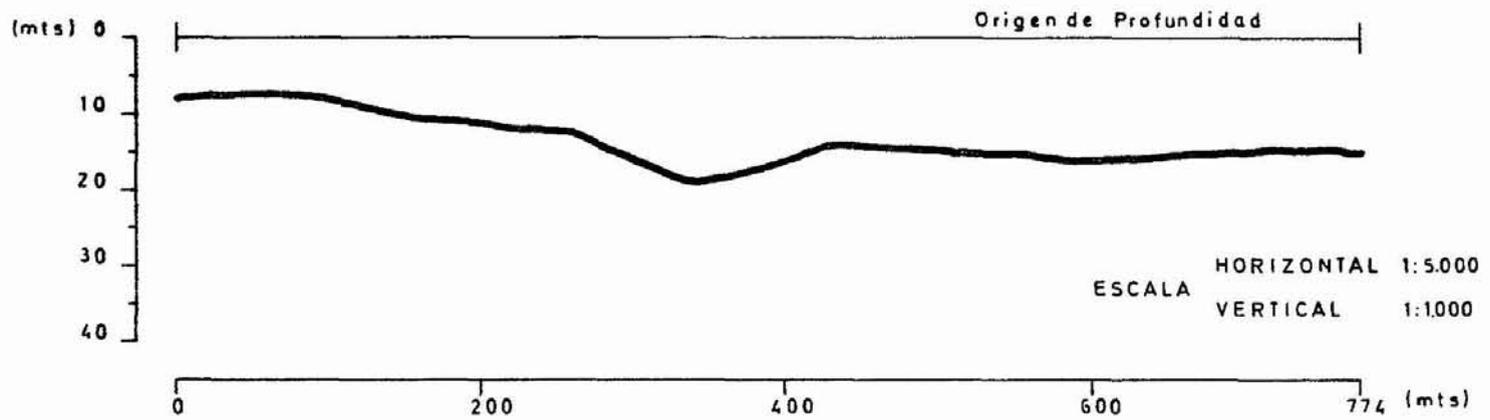


Fig 22 PERFIL Nº 7

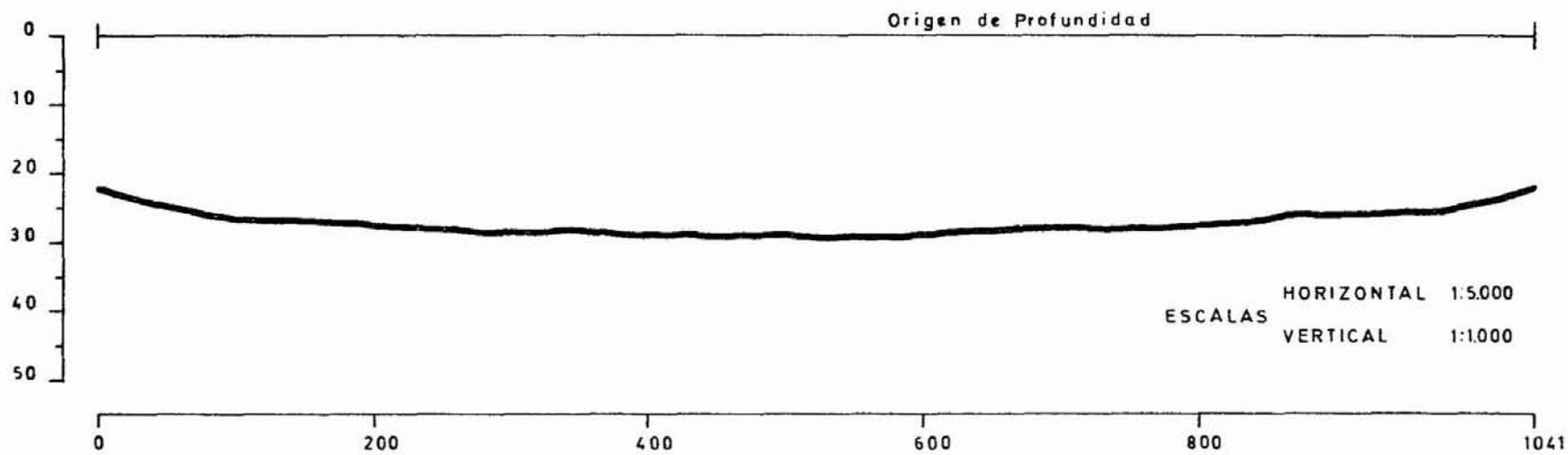


Fig 23 PERFIL Nº 9

La Figura 24 muestra la dirección de tres Tracks realizados fuera de la Bahía. A través de las Figuras 25, 26 y 27 se observan los perfiles longitudinales de cada Track Batimétrico, apreciándose claramente en estos la plataforma continental.

Finalmente la Figura 28 muestra la maqueta de la Bahía La Herradura de Guayacán, hecha en base a este trabajo topográfico a una Escala 1: 2.500.

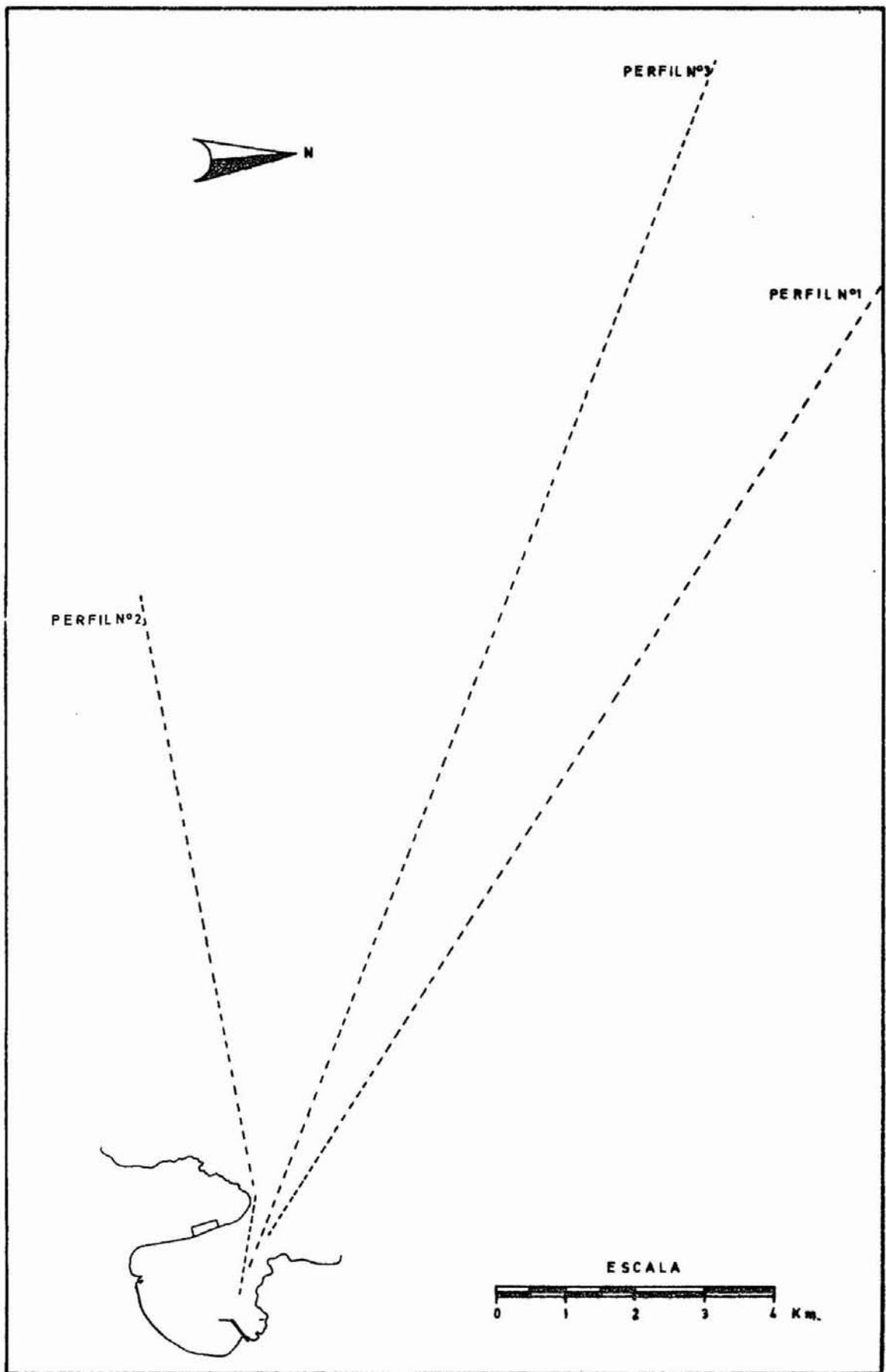


Fig. 24 - Tracks Batimétricos.

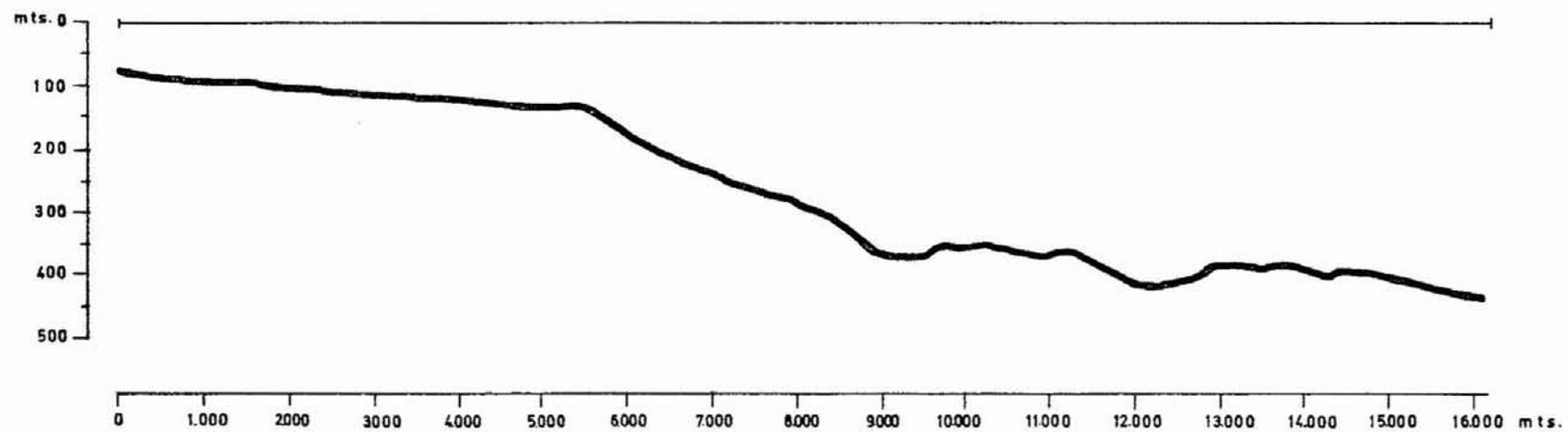


Fig. 25 - Perfil Batimétrico N°1

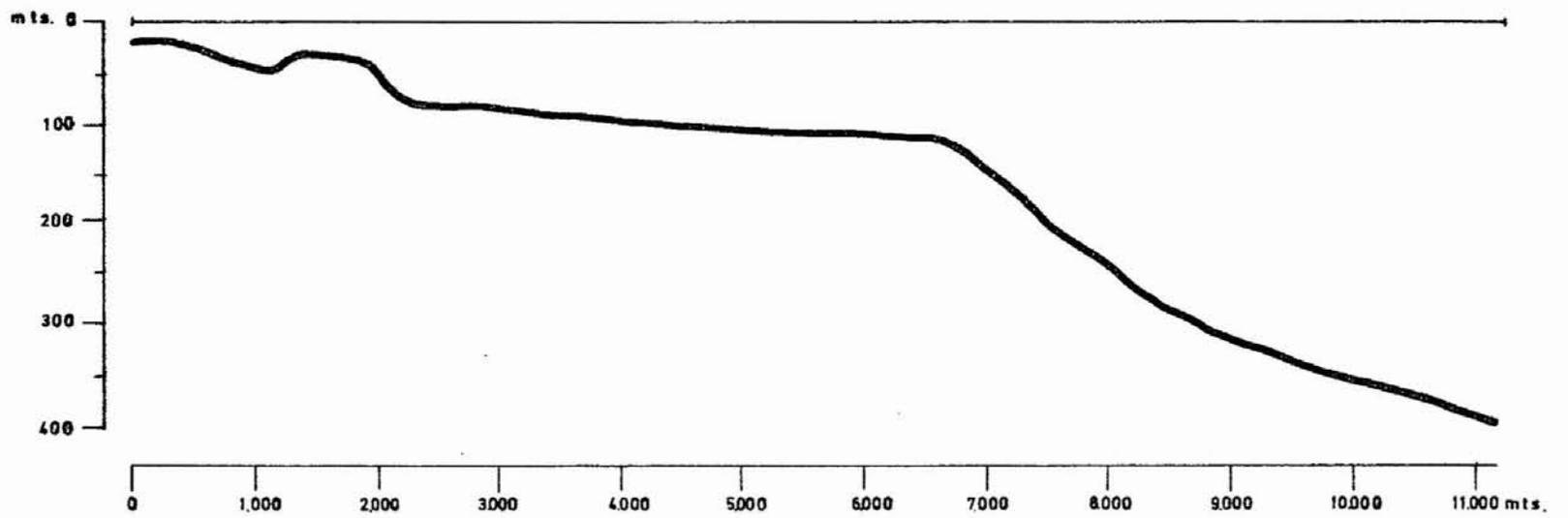


Fig. 26.- Perfil Batimétrico N° 2

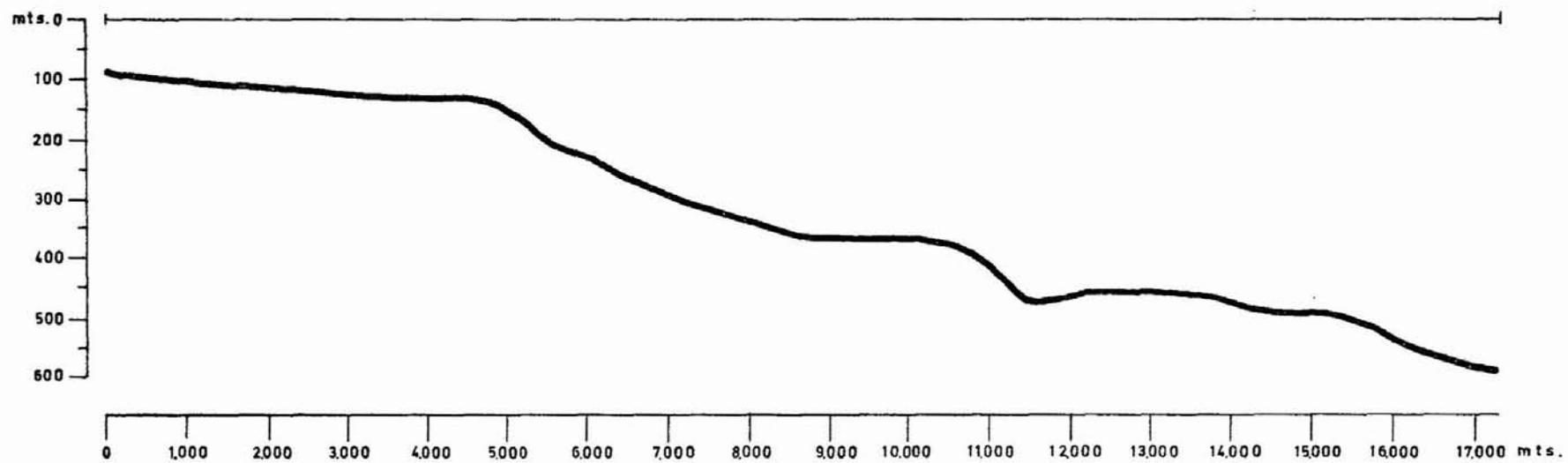


Fig 27 - Perfil Batimétrico N°3

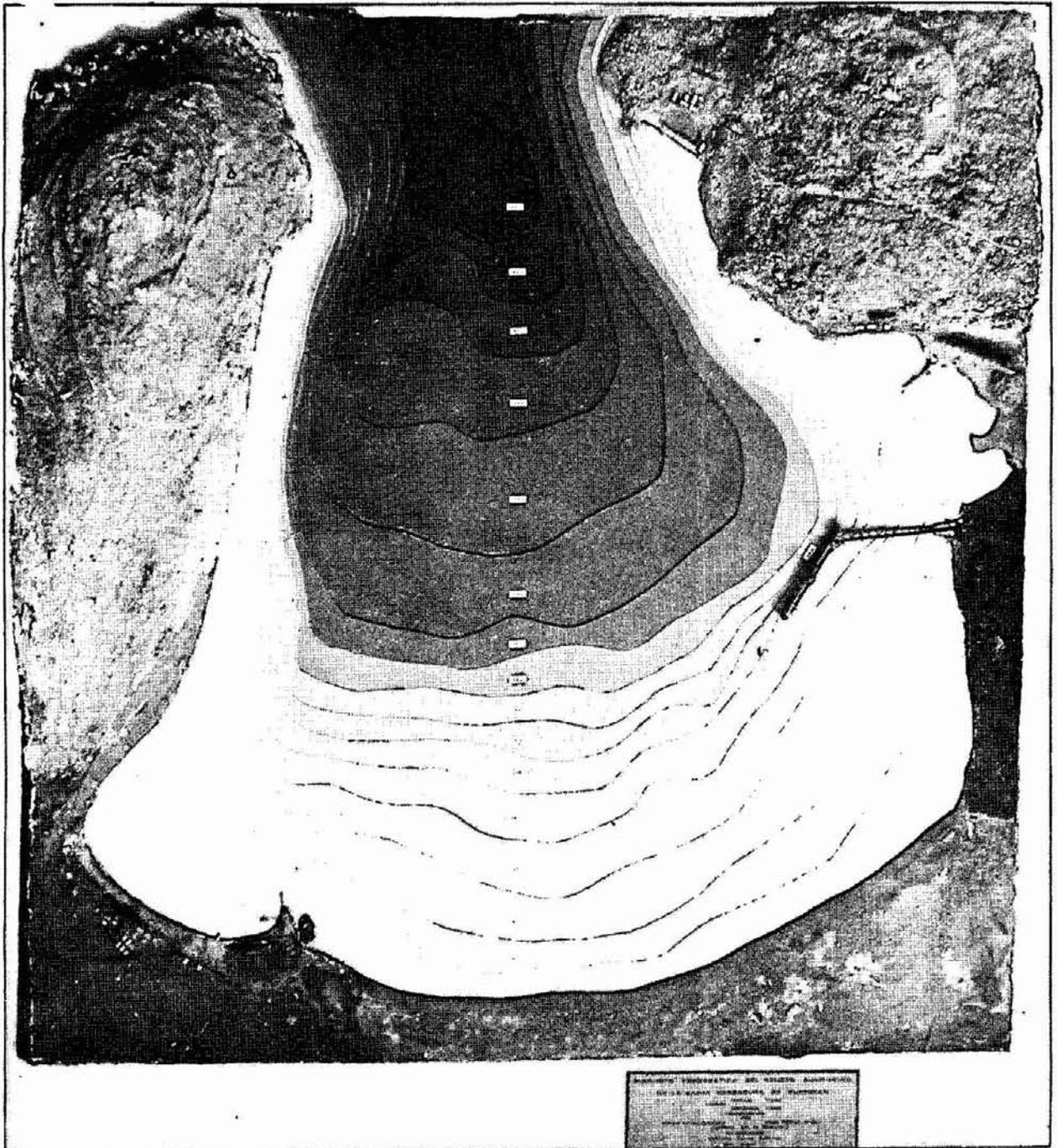


Fig. 28. Maqueta Topográfica de Bahía La Herradura de Guayacán

CONCLUSIONES

- Por sus características Topográficas terrestres y su orientación Geográfica la Bahía La Herradura de Guayacán es una de las más protegidas del litoral de la IV Región. Su boca es pequeña comparada con la superficie que abarcan sus aguas y su orientación Nor-Weste la protege en gran parte de los vientos Sur-Weste predominantes en la zona.

- Sus aguas en general son bajas exceptuando la zona próxima a la boca. El relieve submarino degrada en forma suave desde los 0 mts a los 50 mts de profundidad, con una pendiente promedio no superior a un 3 %. Si se analiza el perfil en sentido Norte-Sur, se observará que el talud de la orilla Norte cae en forma más abrupta llegando alcanzar pendientes de un 10 % a 11 %. La orilla Sur-Weste alcanza pendientes del orden de un 20 % siendo éste el sector de talud más pronunciado.

- La profundidad media de la Bahía es de 19 mts considerando su superficie de 329 Hás, el 65 % corresponde a profundidades inferiores a 20 mts y un 35 % a profundidades superiores a 20 metros.

- El relieve costero favoreció en forma considerable la Triangulación Topográfica debido a que los cerros que bordean la Bahía tanto en la orilla Norte como en la orilla Sur-Weste, proporcionaron una perfecta visibilidad entre los vértices.

Los sistemas de materialización de vértices de Triangulación y de estaciones de Poligonales Taquimétricas, fueron ubicados en lugares poco frecuentados por personas, construidos en forma sólida y empotrados en el suelo.

- Dada las características Topográficas de la Bahía no se presentaron inconvenientes meteorológicos durante el desarrollo de los sondeos, excepto en los meses de Septiembre y Octubre que se caracterizan por sus fuertes vientos, siendo éste uno de los factores que más afecta las operaciones de sondeo, por lo cual, se buscaron días cubiertos por ser los más propicios, trabajándose en horas de la mañana.

- El sistema de sondeo ideado y construido para el desarrollo de los sondeos fue un instrumento de gran utilidad.

- Los instrumentos convencionales, tales como: Taquímetros y Miras, son suficientes tanto para los levantamientos en tierra como para la ubicación del punto sondeado.

- Los métodos Topográficos usados, son los mismos que se aplican en la mayoría de los trabajos de ingeniería.

- La precisión del Ecógrafo es de ± 50 cm, fue utilizado en profundidades superiores a 20 metros.

- Los métodos de Intersección de Visuales y del Punto Alto para la ubicación de un punto en el mar, resultan muy prácticos y dan buenos resultados cuando se cumplen los requisitos angulares necesarios.

- El establecer un buen sistema de señales y el uso de equipos de radio comunicación entre la embarcación y los operadores de los Taquímetros facilita las observaciones angulares hechas desde tierra y evita que se produzcan errores en las mediciones.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los señores Jorge Alfsen S., y Elías Alarcón H., Investigadores del C.I.S. por su colaboración en parte de los sondeos, como asimismo a la Empresa Pesquera Coloso S.A. por facilitar sus embarcaciones.

En forma muy especial agradecemos a los señores Jorge Alvarez J. y Fernando Condell M., por su participación directa en la etapa de Triangulación e inicio de los sondeos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALVARES, J.; BERRIOS, M.; CONDELL, F.; PACHECO, A. La Topografía aplicada a la investigación oceanográfica del mar costero. (Seminaro de Titulación), Universidad Técnica del Estado La Serena, Chile, 1975.
2. CLARO, A; GARRO, B. Tablas Taquimétricas.
Editorial: Ariel S.A. Barcelona, España.
3. FOOTE DAVIS Y KELLY Tratado de Topografía
Editorial: Aguilar Valencia. España. 1971.
4. GORRIA HERMENEGILDO Tablas Taquimétricas Sexagesimales
Editorial: Gustavo Gili S.A. Barcelona, España.
5. INSTITUTO HIDROGRAFICO DE LA ARMADA Glosario de Mareas y Corrientes, Valparaíso, Chile, 1962.
6. KISSAN PHILIP Topografía para Ingenieros
Editorial: Castilla S.A. Madrid, España, 1966.
7. PASTEN, LUIS Tablas de funciones Trigonométricas Naturales para Graduación Centesimal, La Serena, Chile, 1973.
8. QUINTANA, ARTURO Topografía
Editorial: Edugal Santiago, Chile, 1968.
9. SANDOVER, J.A. Topografía
Editorial: Continental S.A. México, 1971.

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.

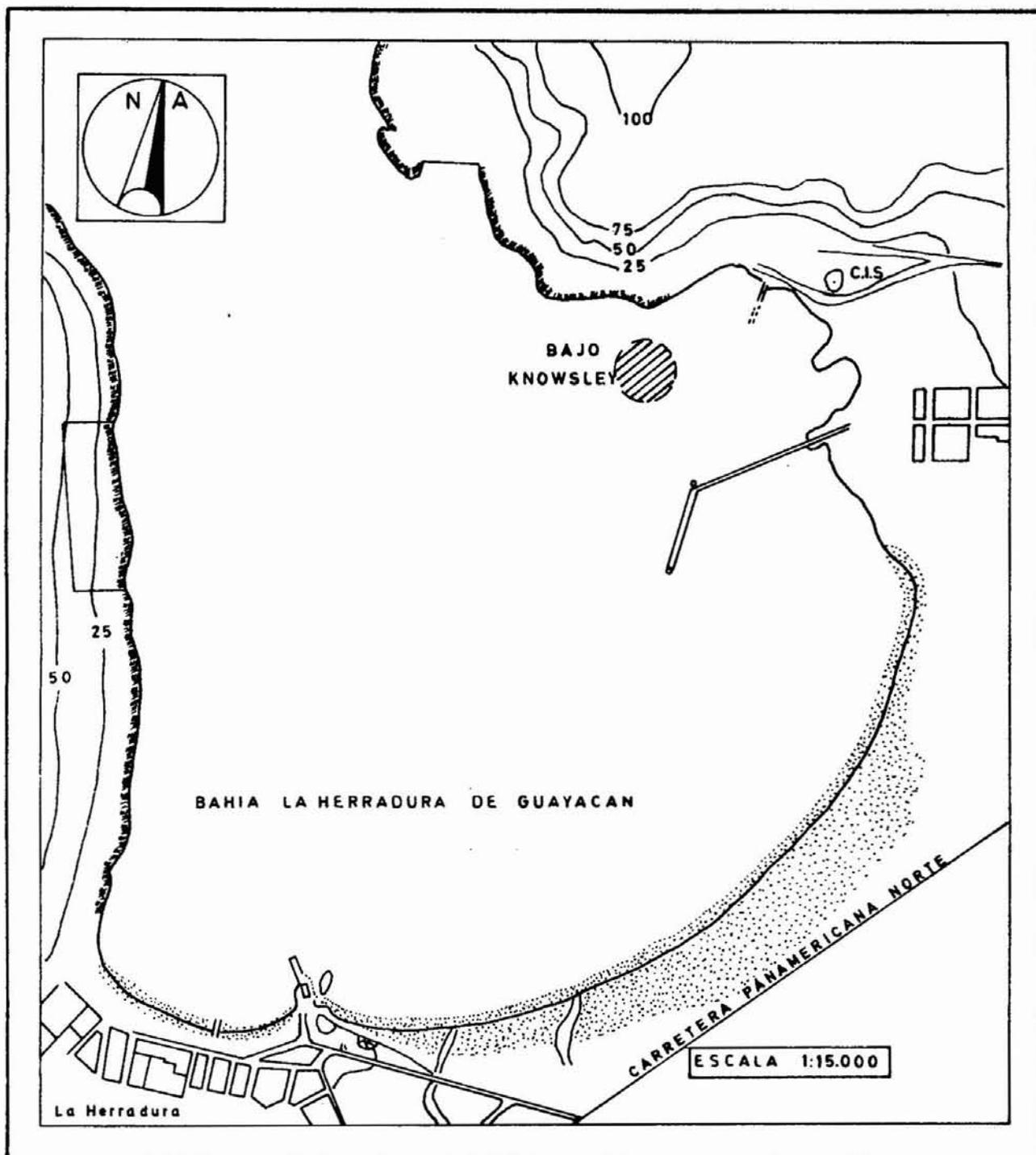


Fig.1 - Ubicacion Bajo Knowsley

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 tripode, 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

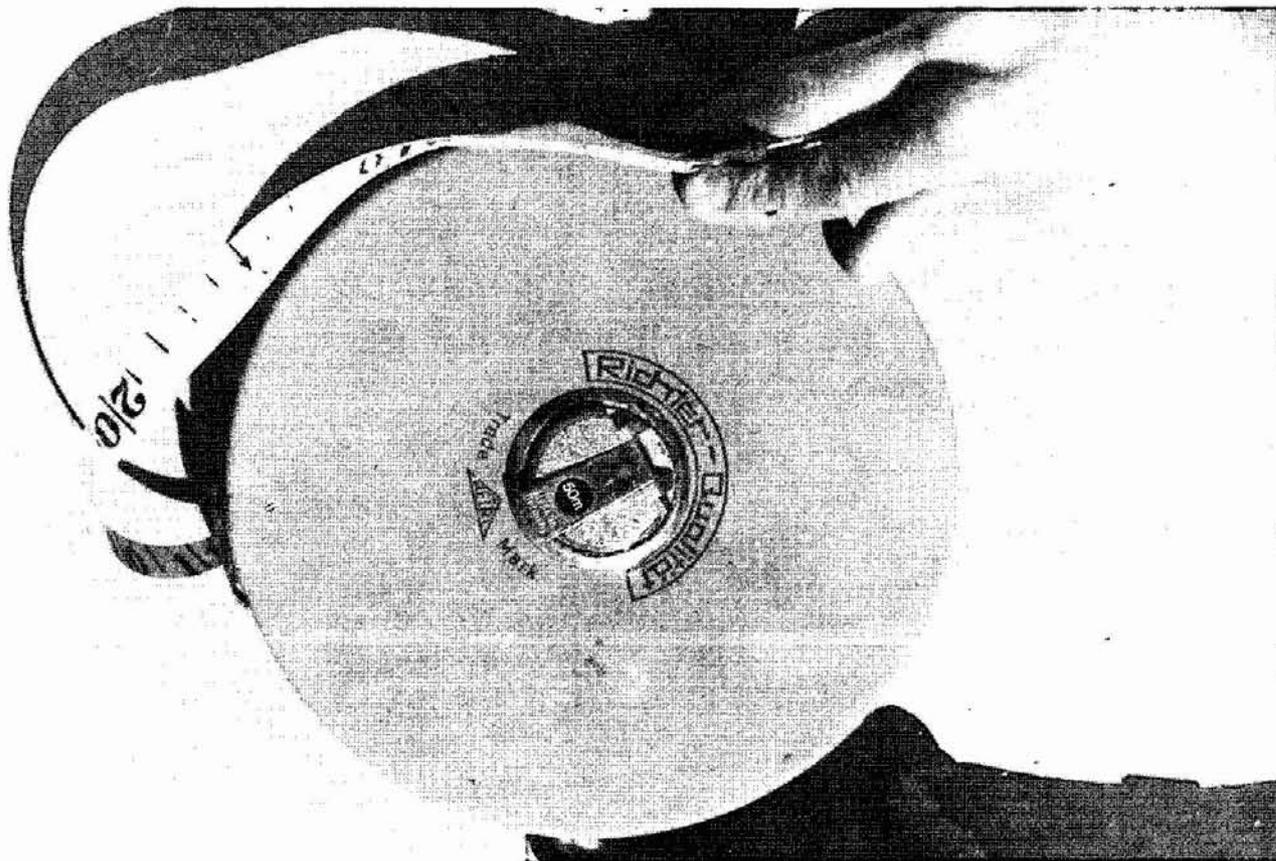


Fig. 5.- Huincha



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 huincha 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 huincha. 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

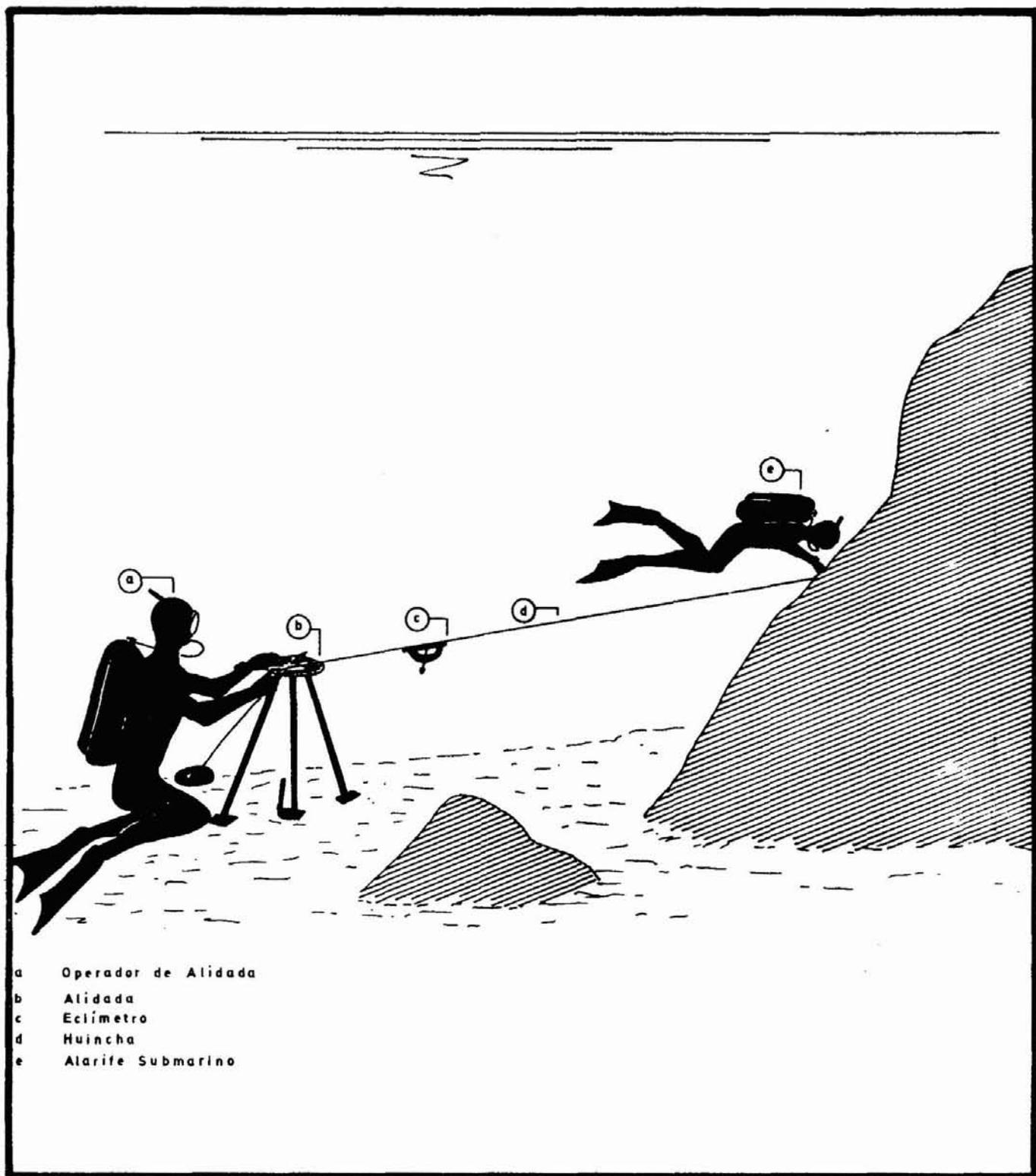


Fig. 7.- Esquema descriptivo del levantamiento del Bajo Knowsley.

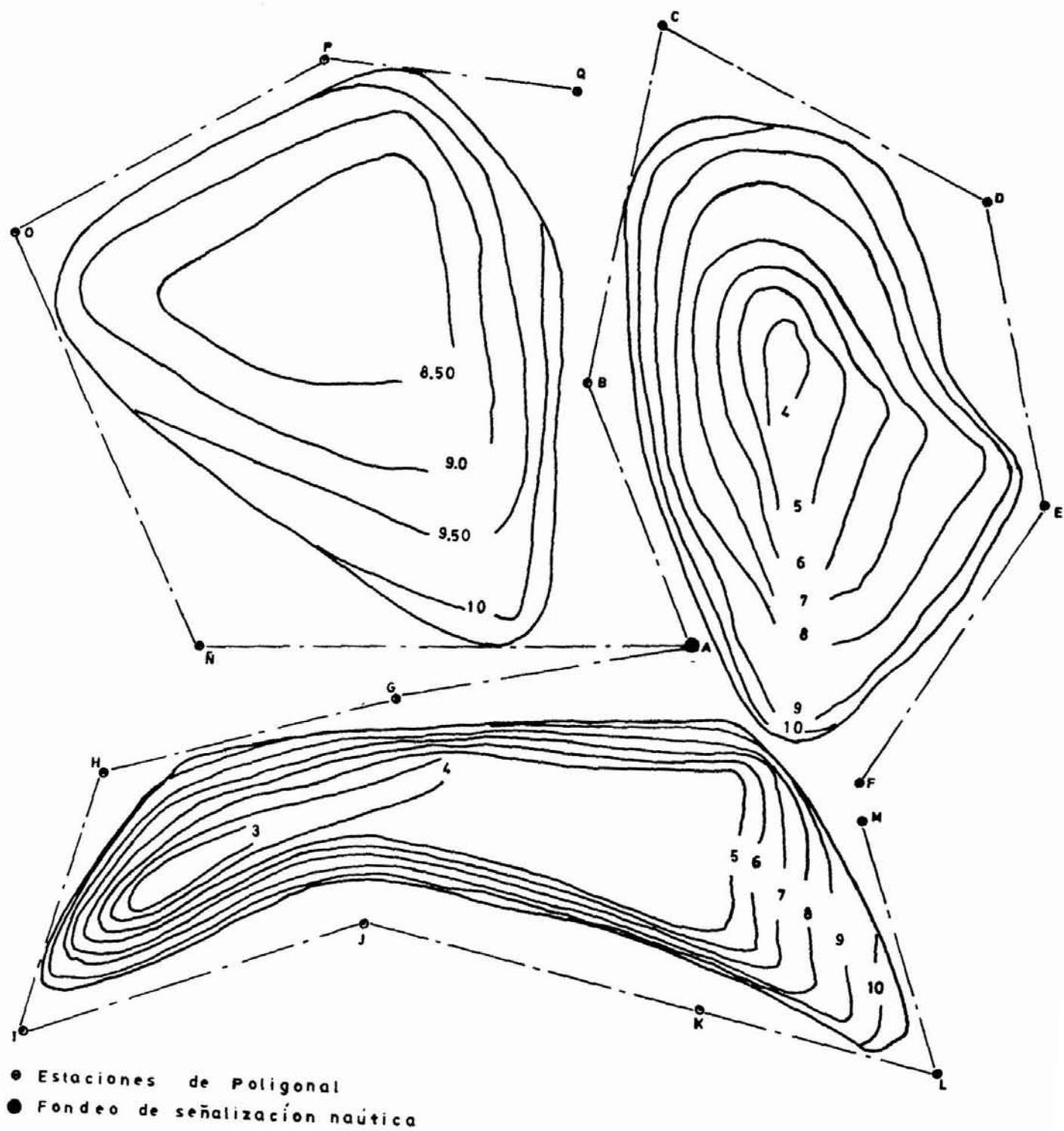


Fig. 8 - Poligonales Topográficas

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.

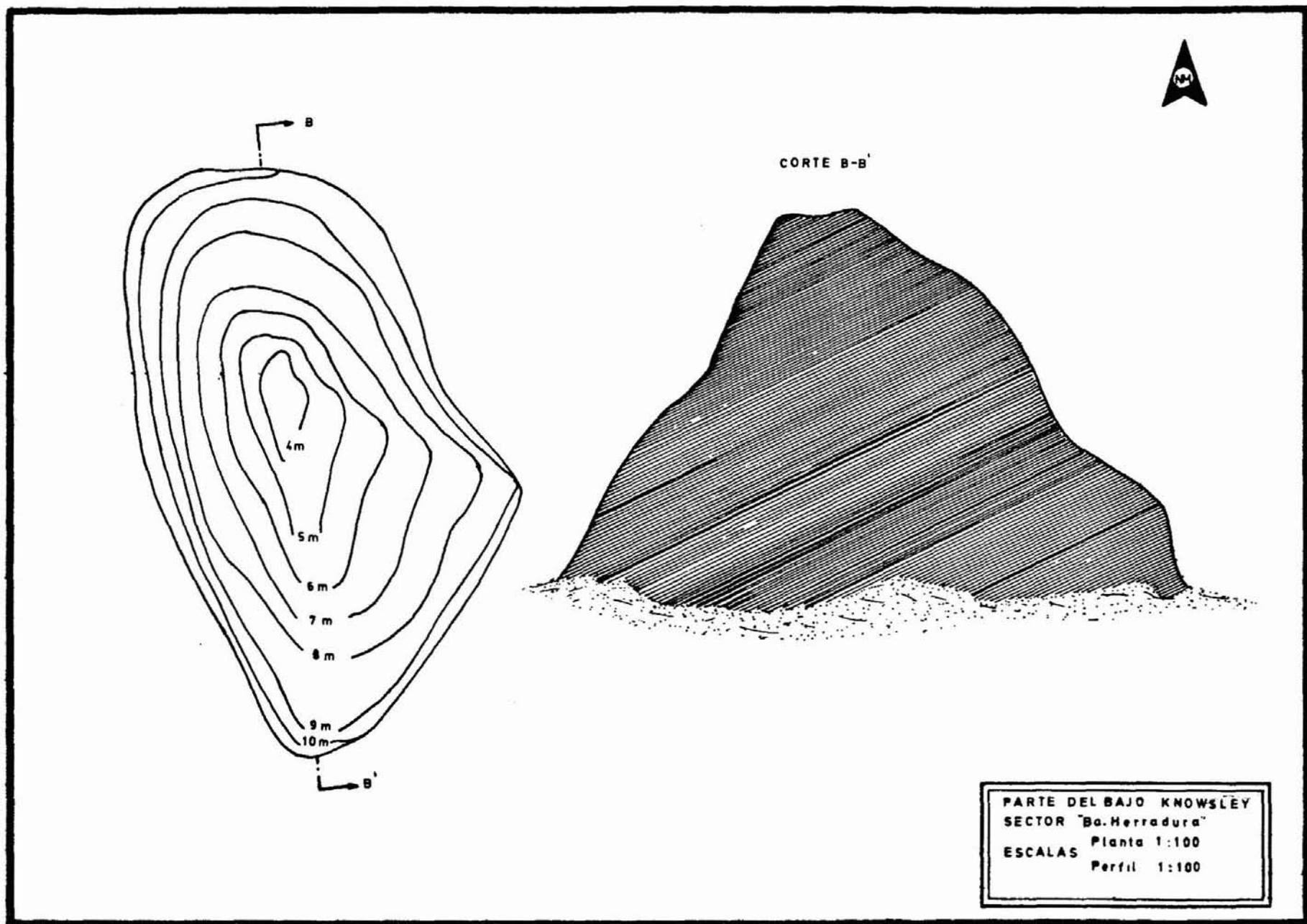


Fig. 10 r Representación Gráfica.

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 sí 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.

