

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS

"CONTROL DEL AZOLVAMIENTO EN UNA  
OBRA DE TOMA DE AGUA MARINA"

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
O C E A N O L O G O  
PRESENTA  
MARIO MARMOLEJO LARA

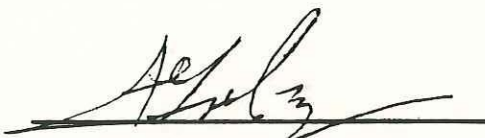
ENSENADA, B. C., MAYO DE 1985

"CONTROL DE AZOLVAMIENTO EN UNA  
OBRA DE TOMA DE AGUA MARINA"

T E S I S  
QUE PRESENTA:

MARIO MARMOLEJO LARA

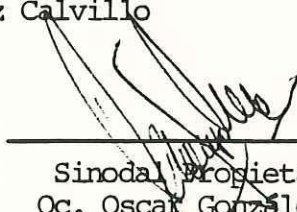
Aprobada por:



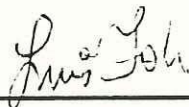
Presidente del Jurado  
M.C. Adolfo González Calvillo



Sinodal Propietario  
Oc. Roberto Pérez Higuera



Sinodal Propietario  
Oc. Oscar González Y.



Sinodal Suplente  
M.C. Luis Fok Pun



Sinodal Suplente  
Oc. Alfredo Chee Barragán

A mi madre

A mi esposa

A mis hermanos

## INDICE GENERAL

	Pág.
1. Introducción .....	1
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Objetivo .....	9
2. Materiales y Métodos .....	9
2.1. Materiales .....	9
2.2. Métodos .....	10
2.2.1. Oleaje .....	10
2.2.2. Corrientes costeras .....	11
2.2.3. Corrientes litorales .....	12
2.2.4. Perfiles de playa .....	12
2.2.5. Transporte de sedimentos .....	15
3. Resultados .....	17
3.1. Oleaje .....	17
3.2. Corrientes costeras .....	19
3.3. Corrientes litorales .....	24
3.4. Perfiles de playa .....	32
3.5. Transporte de sedimentos .....	47
4. Discusiones .....	54
5. Conclusiones .....	58
6. Recomendaciones .....	59
7. Referencias .....	60

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla I. Rumbos y elevaciones de las secciones para los perfiles de playa.....	13
Tabla II. Datos de oleaje promedios mensuales obtenidos de todos los registros en el sitio de estudio por apreciación visual	18
Tabla III. Frecuencia de dirección de incidencia del oleaje reportada por Macdonel y Torres-Coto, 1962.....	18
Tabla IV. Corrientes costeras medidas con crucetas de deriva. Las velocidades y direcciones de estas corrientes se encuentran graficadas en la Fig. No. 8 .....	25
Tabla V. Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de octubre de 1980 a abril de 1981 .....	36
Tabla VI. Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de octubre de 1980 a noviembre de 1981 .....	37
Tabla VII. Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de abril a noviembre de 1981 .....	38
Tabla VIII. Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de abril de 1981 a abril de 1982 .....	39
Tabla IX. Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de noviembre a diciembre de 1981 .....	40
Tabla X. Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de diciembre de 1981 a enero de 1982 .....	41
Tabla XI. Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de enero a febrero de 1982 .....	42

	Pág.
Tabla XII. Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de febrero a marzo de 1982 .....	43
Tabla XIII. Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de marzo a abril de 1982 .....	44
Tabla XIV. Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de abril a mayo de 1982 .....	45
Tabla XV. Relación de volúmenes gruesos y netos transportados - en la playa incluyendo todos los periodos considerados en las Tablas de la V a la XIV .....	46

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura No. 1. Localización y distribución general de la Obra de Toma de la Central Termoeléctrica "Tijuana" en Rosarito, B. C. ....	3
Figura No. 2. Movimiento de los sedimentos en zig-zag a lo largo de la cara de la playa (Komar, 1976) .....	5
Figura No. 3. Secciones de los perfiles de playa .....	14
Figura No. 4. Frecuencia de ocurrencia de alturas para olas registradas durante el periodo de abril de 1981 a mayo 1982	20
Figura No. 5. Frecuencia de ocurrencia de periodos para olas registradas durante el periodo de abril de 1981 a mayo 1982	20
Figura No. 6. Incidencia del oleaje. Datos de la Tabla II medidos frente a la escollera de la Planta Termoeléctrica en Rosarito, B. C. ....	21
Figura No. 7. Dirección y frecuencia de incidencia del oleaje frente a Rosarito, B. C. (Macdonel y Torres-Coto, 1962) .	22
Figura No. 8. Velocidad y frecuencia de incidencia de corrientes costeras .....	23
Figura No. 9. Corrientes litorales: octubre 1980 .....	26
Figura No. 10. Corrientes litorales: abril 1981 .....	27
Figura No. 11. Corrientes litorales: noviembre-diciembre 1981 .	28
Figura No. 12. Corrientes litorales: enero-febrero 1982 .....	29
Figura No. 13. Corrientes litorales: marzo 1982 .....	30
Figura No. 14. Corrientes litorales: abril-mayo 1982 .....	31

Figura No. 15. Perfiles de playa: octubre de 1980, abril, noviembre y diciembre de 1981.....	33
Figura No. 16. Perfiles de playa: enero a mayo de 1982 .....	34
Figura No. 17. Medición de transporte de sedimentos con arena fluorescente: octubre de 1980 .....	48
Figura No. 18. Medición de transporte de sedimentos con arena fluorescente: abril de 1981 .....	49
Figura No. 19. Medición de transporte de sedimentos con arena fluorescente: febrero de 1982 .....	50
Figura No. 20. Medición de transporte de sedimentos con arena fluorescente: marzo de 1982 .....	51
Figura No. 21. Medición de transporte de sedimentos con arena fluorescente: abril de 1982 .....	52
Figura No. 22. Medición de transporte de sedimentos con arena fluorescente: mayo de 1982 .....	53

## RESUMEN

La Central Termoeléctrica "Tijuana" en Rosarito, B.C. es una Planta generadora de electricidad y desaladora de agua de mar al mismo tiempo. El agua para enfriamiento de los condensadores y para la Desaladora es tomada del mar por medio de un canal de llama da construído en la playa.

Las características generales de esta Obra de Toma provocan que se presente acumulación de arena en la zona protegida, lo que hace preveer el peligro de que se interrumpa el suministro del agua en las cantidades requeridas.

El objetivo de este trabajo es determinar el transporte neto de sedimentos y las épocas de mayor depositación.

El cálculo de los volúmenes de arena transportada en la playa se hace en base a los perfiles de playa medidos, la dirección y sentido del transporte se determina en función del oleaje, las corrientes litorales y experimentos con trazadores fluorescentes.

Los resultados obtenidos indican que para el periodo de mediciones considerado aquí (octubre de 1980 a mayo de 1982), predomina el transporte hacia el sur y en la mayor parte del año la arena tiende a penetrar y a acumularse en la zona protegida de la Obra de Toma. Esto último independientemente de la dirección de propagación del oleaje y a pesar de los espigones existentes.

## 1. INTRODUCCION.

La central Termoeléctrica "Tijuana" es una planta generadora de electricidad y desaladora de agua de mar al mismo tiempo.

Esta Central necesita grandes cantidades de agua para enfriamiento de los condensadores y para suministro de la Desaladora. Esta agua es obtenida del mar mediante un canal de llamada construido en la playa (Fig. No. 1). Pero surgen problemas de mantenimiento, y uno de esos problemas es el azolamiento por arena de este canal, lo cual presenta la necesidad de mantenerlo libre de la acumulación de esa arena que reduce el volumen del agua que entra.

Y por que la energía eléctrica no se puede almacenar para otro día, sino que se debe generar en el momento en que se está consumiendo, entonces ese suministro de agua no se debe interrumpir en ningún momento: este abastecimiento de agua debe ser continuo y oportuno en cuanto a los volúmenes requeridos.

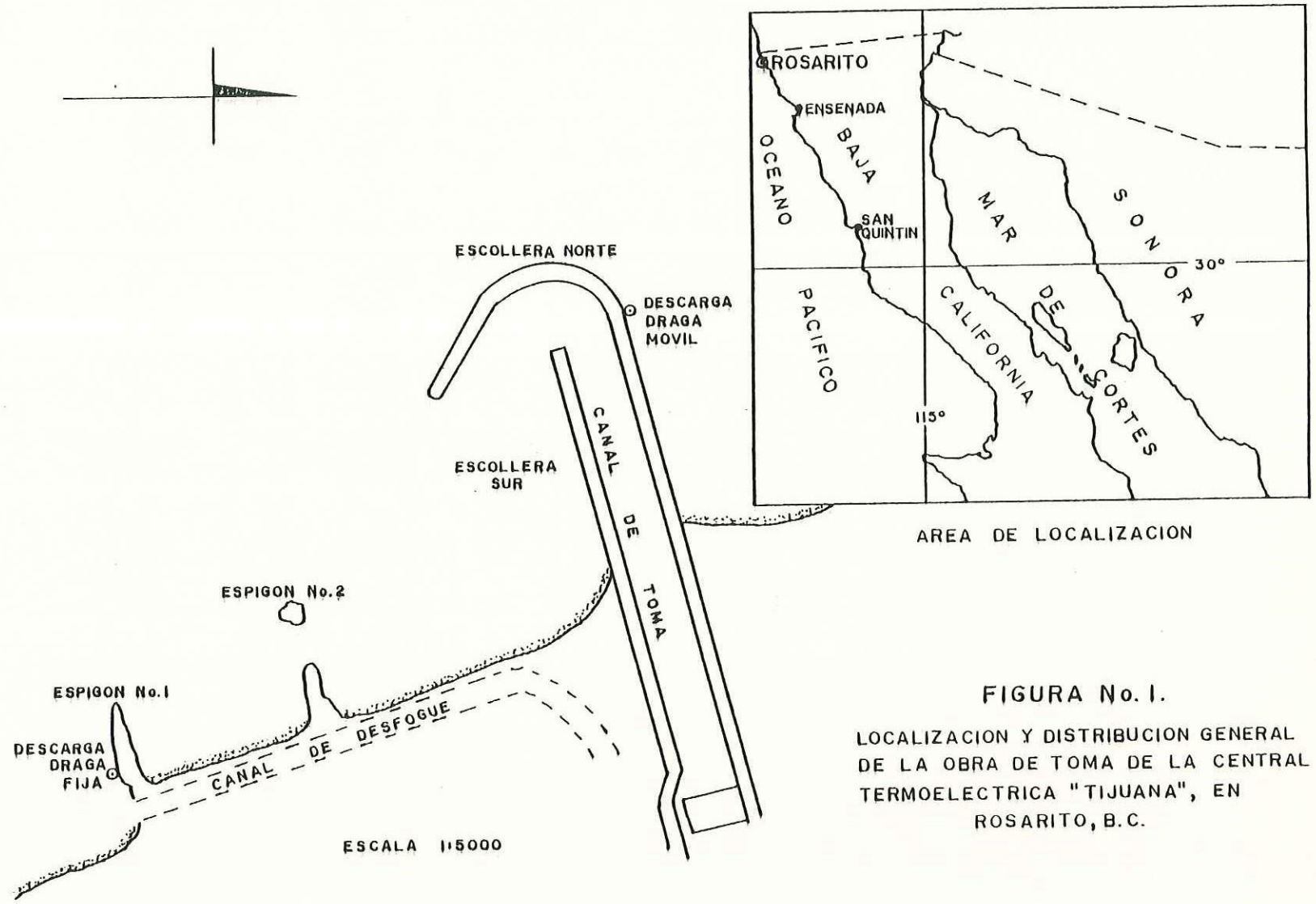
La construcción de obras costeras como los rompeolas o escolleras, alteran el equilibrio del transporte sedimentario litoral ocasionando depósito y erosión de material en las zonas cercanas que resienten el efecto de estas obras. Cuando una playa es estable con respecto al balance de material y se interpone una barrera perpendicular al movimiento de este material, la playa sufre las siguientes transformaciones: Depositación en el lado de procedencia de la arena con tendencia a una perfil de equilibrio, esto provoca carencia de material en el lado hacia donde va el transporte y se presenta erosión que tiende también al equilibrio (Coastal Engineering Research Center, 1977).

Cuando en la zona de depositación se logra el perfil de equilibrio el material tiende a moverse bordeando la punta exterior de la estructura en cuestión y se deposita en donde las aguas están relativamente tranquilas.

Actualmente se tiene el problema de la acumulación de arena en la entrada del canal de toma. Puesto que el agua de enfriamiento que se utiliza para los condensadores es determinante para el funcionamiento óptimo de la Termoeléctrica, el canal debe estar libre de material que impida el libre flujo del agua hacia las bombas de extracción, y para tal efecto se tienen dos dragas: una fija y otra móvil. La draga fija descarga la arena en la parte sur del espigón No. 1, y la draga móvil descarga en la parte norte de la escollera norte (Fig. No. 1).

#### 1.1. ANTECEDENTES.

Cuando se habla de corrientes marinas en aguas someras, se debe diferenciar entre corrientes costeras y corrientes litorales. Se denominan corrientes costeras a las que se manifiestan fuera de la zona de rompientes, y corrientes litorales a las que se registran en el área de influencia de la zona de rompientes. El origen del primer tipo de corrientes, que generalmente fluyen paralelas al litoral, pueden estar relacionadas con las mareas, vientos o distribución de masas; y las segundas están relacionadas con efectos de oleaje (C.E.R.C., 1977).



**FIGURA No. 1.**  
 LOCALIZACION Y DISTRIBUCION GENERAL  
 DE LA OBRA DE TOMA DE LA CENTRAL  
 TERMoeLECTRICA "TIJUANA", EN  
 ROSARITO, B.C.

Es importante conocer el comportamiento de estas corrientes para predecir la influencia que puedan producir sobre la dinámica de la plya y sus repercusiones sobre estructuras que se construyen en la zona litoral (muelles, rompeolas, espigones, etcétera).

Las olas ponen en suspensión grandes volúmenes de arena que luego son arrastrados por las corrientes litorales generadas por las mismas olas (Komar, 1976). Entonces, si conocemos por observaciones hechas en el sitio de estudio la incidencia de las olas, su difracción y las corrientes litorales que se forman, podemos asumir la dirección y el sentido del transporte de la arena.

Cuando las olas se acercan a la costa, la velocidad y la longitud de onda disminuyen (Komar, 1976), y la energía es reducida ligeramente por fricción del fondo (Ippen, 1966). Cuando se acercan oblicuamente también sufren lo antes descrito, además de desviación o refracción debida al efecto del fondo. Aunque tienden a hacerse paralelas a la costa como consecuencia de la refracción, generalmente rompen oblicuamente con respecto a la orilla generando una corriente litoral que es efectiva en mover a lo largo de la playa a una masa de agua y sedimentos. Este transporte se presenta principalmente por arrastre con un movimiento en zig-zag (Fig. No. 2) a lo largo de la cara de la playa (Komar, 1976).

Las playas sufren diversas transformaciones en su configuración debidamente a los fenómenos dinámicos que en ellas se presentan. El oleaje, las corrientes marinas y el viento provocan que la arena tenga diversos movimientos paralelos y perpendiculares a la costa (Komar, 1976).

Estos movimientos de arena provocan a su vez diversos desniveles - en los perfiles de la playa y un transporte de sedimentos, cuyas mani

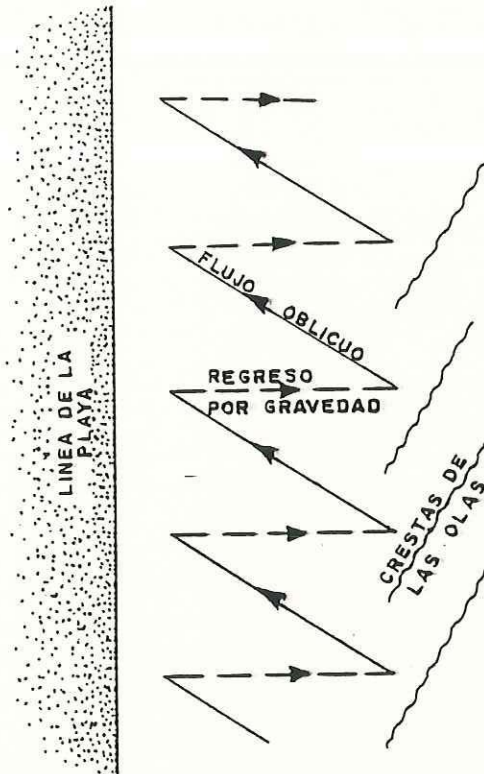


FIGURA No. 2.

MOVIMIENTO DE LOS SEDIMENTOS EN ZIG-ZAG A LO LARGO DE LA CARA DE LA PLAYA (KOMAR, 1976).

festaciones más visibles son depositación o erosión locales cuando en la playa se construyen obras como rompeolas o espigones. El Shore Protection Manual (C.E.R.C., 1977) menciona que en el transporte perpendicular a la playa actúan tanto las olas como las corrientes marinas originadas por el viento. En condiciones de tormenta las olas de pendiente grande mueven arena hacia el mar, y las olas bajas de longitud grande mueven arena hacia la playa. También se presentan vientos fuertes hacia la playa los cuales originan flujos de retorno por compensación de masas, los cuales pueden transportar arena hacia el mar, y viceversa, vientos fuertes hacia el mar pueden producir corrientes superficiales en el mismo sentido y una corriente de fondo hacia la playa, la cual puede transportar arena hacia la misma.

La Obra de Toma de la Central Termoeléctrica en Rosarito, B.C. (Figura No. 1), está constituida por un canal de llamada que proporciona agua marina para enfriamiento de los condensadores y la Planta Desaladora. Este canal mide 50.00 metros de ancho, aproximadamente 550.00 metros de largo y tiene una profundidad media de 4.00 metros.

Otros elementos constituyentes de la Obra son los siguientes:

- Una escollera del lado norte en forma de bastón hacia el sur con una longitud de 730.00 metros y con una orientación de S 75° W.

- Una escollera del lado sur a 77.00 metros a centro de línea entre escolleras para permitir el gasto de 250.00 Metros cúbicos por segundo, con velocidad de 0.35 metros por segundo.

- Un espigón (No. 2) a 313.00 metros del centro de línea de la escollera sur, con el fin de retener acarrees provenientes del sur.

- Un espigón (No. 1) a 172.00 metros a centro de línea del anterior espigón para proteger el canal de descarga.

Para el diseño de estas estructuras se usaron datos de oleaje incidente del SW y del NW con altura de 3.00 metros y periodo de 12.0 segundos (Macdonel y Torres-Coto, 1962). Las mediciones actuales indican que estas condiciones prevalecen, aunque cabe aclarar que predomina el oleaje del NW comparado con el oleaje del SW, resultando éste último de importancia secundaria (Macdonel y Torres-Coto, 1962).

La longitud de la prolongación sur de esta escollera permite que grandes volúmenes de arena se depositen en la entrada del canal, pero si fuera más larga entonces se convertiría en una trampa cuando la arena tiende a ser removida hacia el mar por efectos de marea y oleaje en invierno (Macdonel y Torres-Coto, 1962).

Con la construcción de las escolleras y los espigones se lograban dos objetivos:

a) se protegía el canal evitando que estuviera directamente expuesto al oleaje y corrientes marinas, y b) se controlaba el movimiento y depositación de la arena en esa zona de la playa. La función específica del espigón No. 1 es impedir que sedimentos y agua caliente provenientes de la zona de descarga del canal de desfogue, se desplacen hacia la zona protegida en épocas en que el oleaje incidente predominante sea del suroeste (Macdonel y Torres-Coto, 1962).

Suponiendo que el transporte neto sea hacia el sur, entonces los puntos de mayor depositación serán los que están al norte de la escollera norte y de los espigones, teniendo como consecuencia una erosión en el lado sur del espigón No. 1 de la misma magnitud que la depositación

en el lado norte de la escollera norte, más la depositación en la entrada del canal (Macdonel y Torres-Coto, 1962).

La depositación se realiza principalmente por dos causas: 1) debido a que se interponga un obstáculo al desplazamiento de los sedimentos, y 2) debido a que disminuya la velocidad de las corrientes del agua. Estos fenómenos los provoca la escollera norte comportándose como una barrera retenedora de arena, y protegiendo la zona de entrada del canal en donde las corrientes pierden sensiblemente su velocidad y además generan una celda de circulación con corrientes levóginas provocando la depositación de los sedimentos en suspensión (Macdonel y Torres Coto, 1962).

Según Wiegel (1964), la parte de las olas que inciden sobre una estructura como esta escollera rompen o son reflejadas, y la parte de las olas que pasan por la punta son difractadas de tal manera que su energía se propaga lateralmente a lo largo de las crestas dispersándose en una forma aproximadamente circular en la zona protegida.

Para encontrar una posible solución al problema del azolvamiento de la obra de toma, se presentan aquí los resultados de mediciones de oleaje, corrientes costeras y litorales, perfiles de playa y transporte de sedimentos. Se hace un análisis de los parámetros del oleaje prestando especial atención a la incidencia del mismo; se determinan velocidades y direcciones predominantes de las corrientes marinas; se claculan volúmenes gruesos y netos de arena transportada en la playa en base a perfiles levantados; y para conocer la dirección del desplazamiento de esta arena se realizan experimentos con trazadores fluorescentes. Todo esto con el fin de encontrar las relaciones del transporte en función-

del oleaje y las corrientes litorales.

### 1.2. OBJETIVO.

Determinar el transporte neto de arena en la playa así como las épocas de mayor depositación de esta arena en la zona protegida de la obra de Toma de la Central Termoeléctrica "Tijuana".

## 2. MATERIALES Y METODOS.

### 2.1. MATERIALES.

La siguiente es una lista de los aparatos y materiales mas importantes que se utilizaron para realizar las mediciones programadas.

- 1) Lancha con motor.
- 2) Tránsitos de topografía.
- 3) Radios transmisores portátiles.
- 4) Crucetas de deriva.
- 5) Cronómetros.
- 6) Escala graduada para oleaje.
- 7) Brújula tipo "Brunton".
- 8) Estadal.
- 9) Cinta métrica.
- 10) Bolsas de plástico y ligas.
- 11) Pinturas fluorescentes.
- 12) Lámpara ultravioleta.

## 2.2. METODOS.

Para poder cumplir con el objetivo planteado se programaron y realizaron las siguientes actividades:

- Medición de oleaje (periodo, altura y ángulo de incidencia).
- Medición de corrientes fuera de la zona de rompientes con crucetas de deriva.
- Medición de corrientes dentro de la zona de rompientes.
- Medición de perfiles de playa.
- Medición de transporte de sedimentos en forma cualitativa.

La realización de las actividades se programó en función de las necesidades y del equipo humano y material con que se contaba.

El periodo de mediciones que se deseaba fuera más prolongado, así como también la frecuencia de la toma de datos, estuvieron limitados por los recursos económicos, puesto que esta limitante no permitía que se empleara más personal de apoyo.

A continuación se da una relación de los procedimientos que se siguieron para la toma de datos en el campo, así como también el procedimiento para calcular los volúmenes de arena transportados.

### 2.2.1. OLEAJE.

Para la medición del oleaje se instaló en un punto frente a la escollera norte una escala graduada como punto de referencia para registrar el periodo, determinando el tiempo promedio entre una onda y la siguiente. Se tomó nota también de la altura y el ángulo aproximado de

la procedencia de las olas. Esto último se determinaba con ayuda de una brújula obteniendo la diferencia entre el rumbo magnético del frente del oleaje y el correspondiente a la línea de la playa.

Las sesiones de medición que duraban el tiempo necesario como para observar el paso de un mínimo de cien crestas, se hacían por lo menos tres veces por semana.

En base a todos los datos registrados se calcularon los valores -- promedios de la altura, el periodo y la longitud de onda sumando todos los datos y sacando la media aritmética; también se calcularon la altura y el periodo significativos obteniendo el promedio de un tercio de las olas más altas (Komar, 1976, pág. 67). Según este mismo autor (pág. 68) la altura de la ola observada y estimada visualmente es aproximadamente igual a la altura significativa.

#### 2.2.2. CORRIENTES COSTERAS.

En la zona de estudio que se considera en este trabajo, se registraron las corrientes costeras utilizando crucetas de deriva dos días de cada mes. Se utilizaron dos crucetas superficiales, las cuales se posicionaban por triangulación desde tierra con dos tránsitos que registraban los ángulos simultáneamente. Con ayuda de una lancha estas crucetas se lanzaban en el agua en un punto frente a la escollera norte, esto con el fin de determinar el sentido predominante de las corrientes en esa hora del día. Las lecturas simultáneas de los ángulos se hicieron cada cinco minutos. Tanto el lancharo como los observadores en los

tránsitos contaban con radios transmisores para coordinar las lecturas.

### 2.2.3. CORRIENTES LITORALES.

El procedimiento para determinar la magnitud y dirección de las co  
rrientes consistió, en este caso, en arrojar flotadores de esponja o bo  
tellas de plástico marcadas con el número correspondiente al evento, y  
seguir su trayectoria a lo largo de la playa. Para conocer el avance -  
se marcaban líneas a cada diez metros sobre la playa, obteniéndose el -  
tiempo de la distancia recorrida en las marcas. De esta manera se incia  
ba a cronometrar cuando las piezas eran arrojadas, y se tomaba la lectu-  
ra a cada 10 m, 20 m, etcétera, anotándose también el sentido del despla-  
zamiento. Estos eventos se realizaban tres días de cada semana.

### 2.2.4. PERFILES DE PLAYA.

Para conocer los desniveles de la playa se pueden utilizar varios -  
métodos, dentro de los cuales está el usado en este trabajo, y que con  
siste en medir tales desniveles por medio de un aparato topográfico - -  
(tránsito o nivel), un estadal y una cinta métrica. Estos levantamientos  
se hicieron en secciones con unas ciertas orientaciones a la playa pre  
viamente establecidas (Fig. No. 3) una vez cada mes. Cada una de estas-  
secciones empezaban en mojoneras de referencia que pertenecían a una po  
ligonal de apoyo, y por lo tanto se conocían sus coordenadas horizonta  
les, así como su altura con respecto al nivel del mar (Tabla I). Al-  
sur del Canal de Toma se tenían nueve mojoneras denominadas 1D, 2D, 3D,-  
4D, 5D, 6D, 7D, 8D y 9D, y al norte siete mojoneras denominadas 1I, 2I,

TABLA I.

Rumbos y elevaciones de las secciones  
para los perfiles de playa.

Estación	Rumbo	Elevación *
1-D	S 35° W	4.44
2-D	S 36° W	3.51
3-D	S 53° W	3.98
4-D	S 66° W	4.69
5-D	S 74° W	5.73
6-D	S 64° W	5.91
7-D	S 73° W	5.63
8-W	S 78° W	4.91
9-D	S 85° W	4.30
1-I	S 78° W	3.95
2-I	S 74° W	4.20
3-I	S 73° W	4.20
4-I	S 69° W	4.09
5-I	S 68° W	4.29
6-I	S 63° W	4.66
7-I	S 57° W	4.58

\*Elevaciones en metros referidas al Banco de Nivel de la Planta (B.N.-1) con elevación de 7.21 metros sobre el nivel de bajamar media inferior.

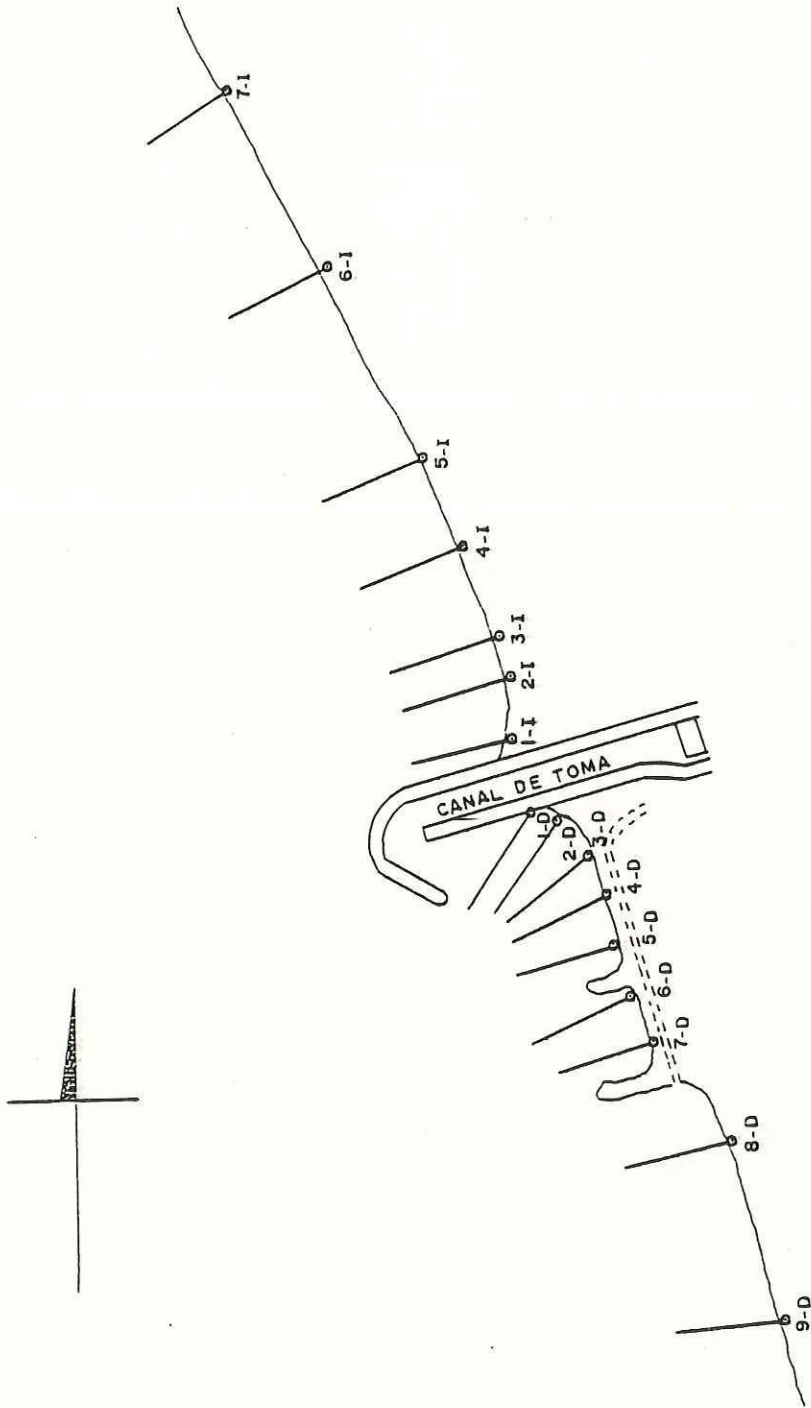


FIGURA No. 3.  
SECCIONES DE LOS PERFILES DE PLAYA.

Escala 1:10000

3I, 4I, 5I, 6I y 7I.

Las distancias entre mojoneras es menor en las zonas cercanas a la Obra de Toma porque estas son las de mayor interés. Se hicieron levantamientos mensuales en las dieciséis secciones, con una longitud limitada por el nivel de marea y las características del oleaje (altura).

Para calcular los volúmenes de arena transportados se sobreponían dos perfiles de fechas consecutivas. Se determinaba el área entre los dos perfiles y se le asignaba un signo positivo si representaba depositación, y un signo negativo si representaba erosión. La depositación o la erosión se determinaba con respecto al primero de los dos perfiles considerados. Luego esta área se multiplicaba por la distancia que había entre los puntos medios entre las secciones anterior y posterior a la sección para la cual se estaba calculando el volumen transportado.

#### 2.2.5 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.

Se supone que justo al norte de la Obra de Toma se produce un transporte perpendicular por la acumulación de arena que busca un perfil de equilibrio, debido a que la escollera se opone a su movimiento natural a lo largo de la playa. Este transporte puede ser ayudado por las corrientes de retorno que son muy comunes en esta zona al norte de la escollera. Al sur frente a la salida del canal de desfogue se aprecia que la playa está siendo erosionada.

En los meses de octubre de 1980 y abril de 1981 se empezó a medir cualitativamente el movimiento de sedimentos usando arena pintada con pintura fluorescente. Se pintaban volúmenes de arena de entre 25 y 30 kilogramos, y se lanzaban en el sitio donde descarga la draga móvil. Al principio se decidió por esta cantidad de arena a manera de prueba, y al descubrir que era suficiente para obtener resultados positivos, se continuó pintando cantidades semejantes.

En los meses de octubre de 1980, abril de 1981 y febrero de 1982, se lanzó arena pintada sólo en la descarga de la draga móvil, porque el objetivo específico era el de determinar si la arena que la draga tiraba al norte se regresaba a la zona protegida. Aquí no se pretendía conocer cantidades de arena transportada sino sólo el sentido del movimiento y los lugares de depositación. Por esto sólo se muestreaba enfrente de las mojoneras 1I, 2I, 3I, en la zona protegida frente a las mojoneras 1D, 2D y 3D, y en los rubos de las descargas de ambas dragas.

En los meses de marzo, abril y mayo de 1982 se lanzó arena tanto en la descarga de la draga móvil como en la descarga de la draga fija. En el primer sitio se lanzaba arena de color rojo, y en el segundo arena de color verde; además se tomaban muestras de una zona más amplia de la playa. Esta zona se extendía hasta 150.0 metros al sur de la mojonera 8D, y al norte hasta la mojonera 5I.

Las muestras se analizaban visualmente con ayuda de una lámpara de luz ultravioleta.

### 3. RESULTADOS.

#### 3.1 OLEAJE.

En el área mencionada en el presente trabajo y durante el periodo de mediciones considerado, se observaron olas con las características siguientes y cuyos valores fueron obtenidos considerando los datos registrados durante el periodo de abril de 1981 a mayo de 1982 (Tabla II).

Altura media = 1.40 m.

Rango de altura = 3.30 m.

Altura significativa = 1.80 m.

Periodo medio = 13.70 seg.

Rango de periodo = 10.5 seg.

Periodo significativo = 13.70 seg.

Longitud de onda media = 65.00 m.

Rango de longitud de onda = 123.00 m.

Esta información está basada en más de 120 sesiones de observación de oleaje, en las cuales se midieron más de diez mil olas en diferentes horas del día. En las zonas alrededor de 150.00 metros de la escollera se podían observar con mucha frecuencia olas de aproximadamente 3.00 metros cuando en zonas alejadas la altura de la ola no excedía los 2.00-metros, por lo que las mayores alturas registradas fueron de aproximadamente 4.00 metros con periodo de 17.5 segundos a unos 200.00 metros frente a la escollera en el mes de noviembre de 1981, en el cual se presentó la marejada más fuerte del periodo de mediciones considerado aquí.

TABLA II.

Datos de oleaje promedios mensuales obtenidos de todos los registros en el sitio de estudio por apreciación visual.

Mes-año	T(seg.)	H (m)	Incidencia
10-80	13.9	1.28	W
04-81	13.7	1.28	WSW
05-81	14.4	1.14	SW
06-81	13.7	1.20	SW
07-81	12.6	1.20	W
08-81	11.8	1.08	WSW
09-81	13.0	1.09	SW
10-81	15.0	1.28	SW
11-81	14.1	1.71	W
12-81	15.0	1.70	W
01-82	13.2	1.60	W
02-82	13.5	1.52	W
03-82	13.7	1.49	W
04-82	13.3	1.21	WSW
05-82	14.3	0.97	SW
06-82	13.6	1.00	SW

TABLA III.

Frecuencia de dirección de incidencia del oleaje reportada por Macdonel y Torres-Coto, 1962.

Oleaje distante generado en el Hemisferio norte		Oleaje distante gen. en el Hmisferio sur		Oleaje generado localmente.	
Rango (grados)	Frec. (%)	Rango (grados)	Frec.(%)	Rango(grados)	Frec.(%)
270 - 279	2.8	155 - 164	16.2	214 - 236	1.9
280 - 289	6.9	165 - 174	9.1	237 - 258	1.5
290 - 299	21.4	175 - 184	8.1	259 - 281	6.6
300 - 309	25.2	185 - 194	1.9	282 - 303	5.9
310 - 319	13.8	195 - 204	6.2	304 - 326	35.9
320 - 329	8.3	205 - 214	8.9		
		215 - 224	11.4		
		225 - 234	11.4		

En la Fig. No. 4 se muestra que la frecuencia de ocurrencia de olas con alturas mayores de tres metros fue de 2.5 %, y en la Fig. No 5 se muestra que la frecuencia de ocurrencia de olas con periodos mayores de 17.0 segundos fue de 8.0 %.

En la Tabla II se muestra un resumen tanto de los datos de olas registradas en el mes de octubre de 1980, como en el periodo comprendido entre abril de 1981 y junio de 1982. Se muestran los valores promedios del periodo y la altura de ola, así como la incidencia predominante del oleaje para cada mes.

En la Fig. No. 6 aparecen los datos de la Tabla II graficados en forma de rosa de direcciones, y la Fig. No. 7 es una rosa de frecuencias y direcciones de los datos contenidos en la Tabla III tomados de la Ref. 3 con datos anteriores a 1962. Cabe aclarar, que en el trabajo de la Ref. 3 se mencionan porcentajes de incidencia del oleaje para los dos Hemisferios, pero no reportan las épocas o meses del año en que predominan tales condiciones. La Tabla III que aquí se incluye sólo contiene los valores cuyas frecuencias son las más elevadas de las reportadas en el trabajo mencionado, puesto que el resto corresponde a condiciones de calma.

### 3.2. CORRIENTES COSTERAS.

En abril de 1981 se hicieron los primeros tiros de crucetas, y se reiniciaron en noviembre del mismo año realizándose campañas mensuales de dos días cada una hasta mayo de 1982. En la Tabla IV está contenida-

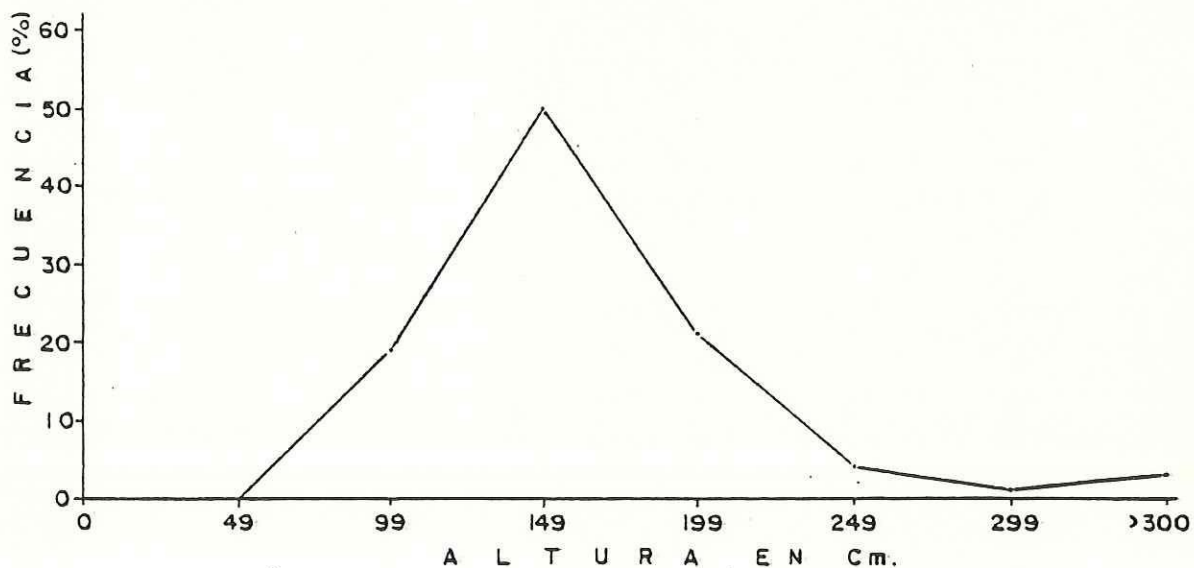


FIG. No. 4.  
 FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE ALTURAS  
 PARA OLAS REGISTRADAS DURANTE EL  
 PERIODO DE ABRIL DE 1981 A MAYO DE 1982.

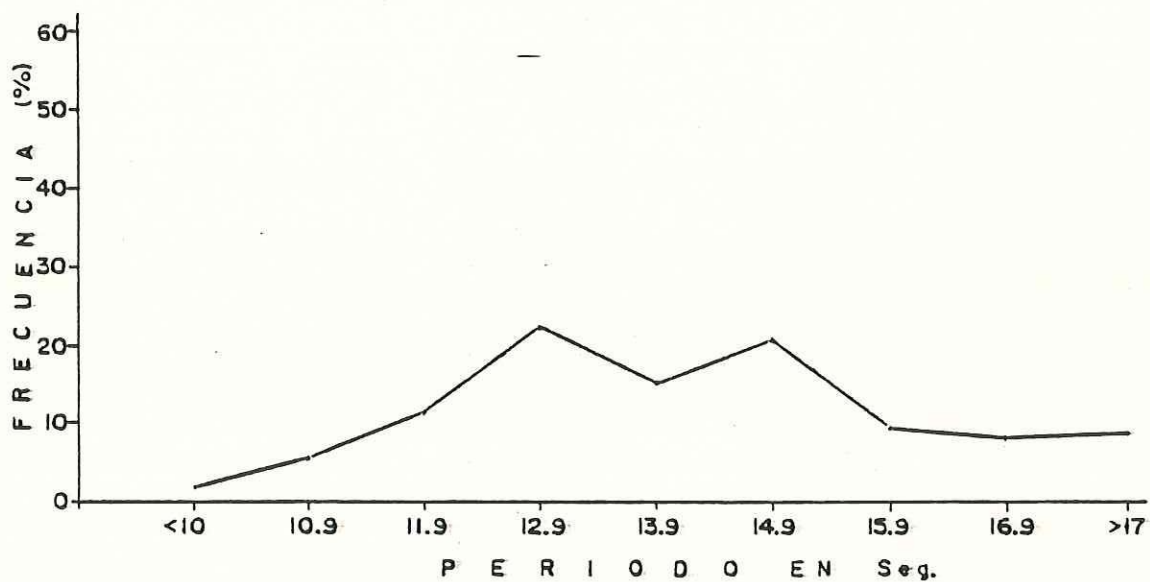


FIG. No. 5.  
 FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE PERIODOS  
 PARA OLAS REGISTRADAS DURANTE EL  
 PERIODO DE ABRIL DE 1981 A MAYO DE 1982.

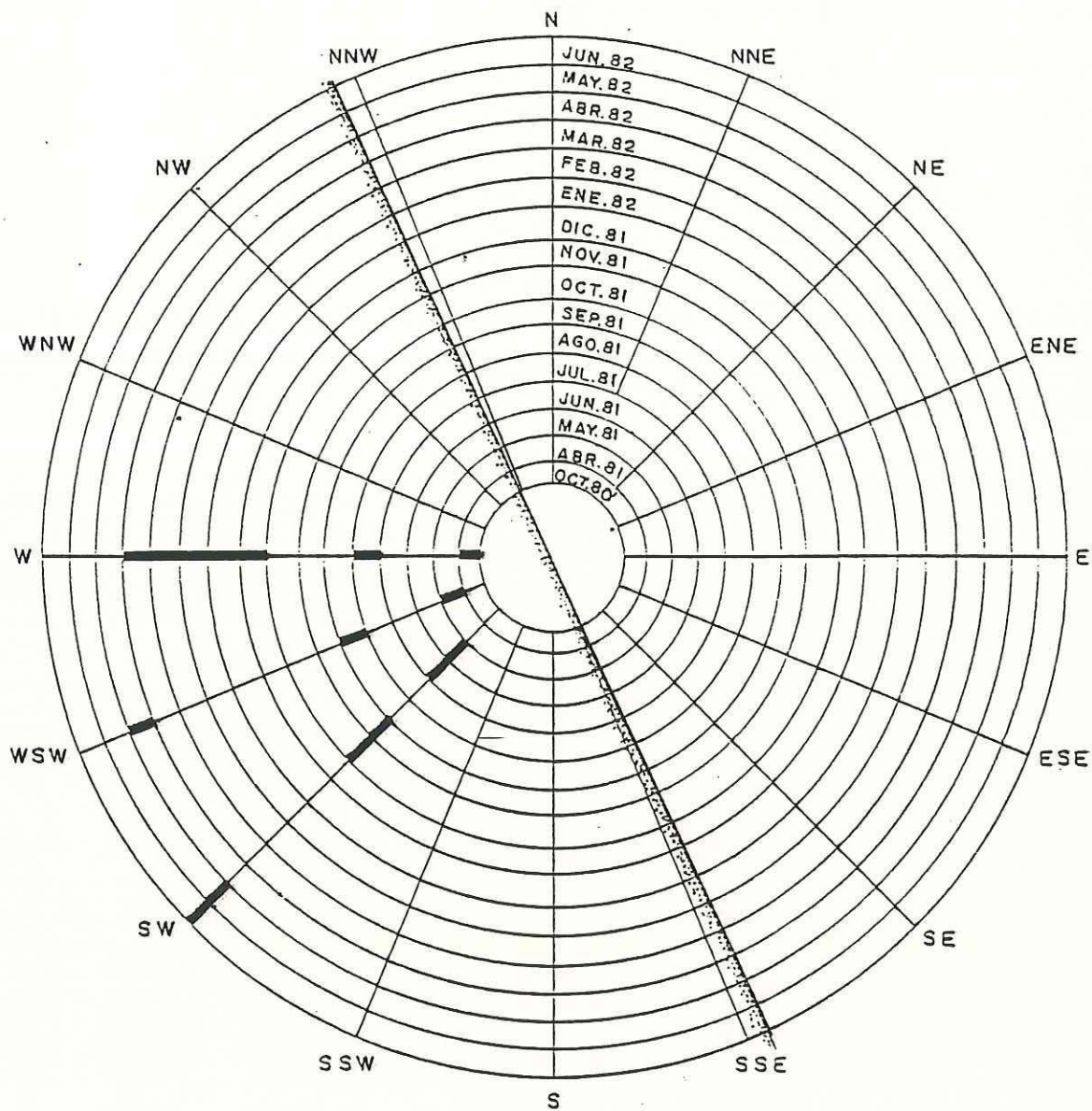


FIGURA No. 6.  
 INCIDENCIA DEL OLEAJE. DATOS DE LA TABLA II  
 MEDIDOS FRENTE A LA ESCOLLERA DE LA PLANTA  
 TERMoeLECTRICA EN ROSARITO, B. C.

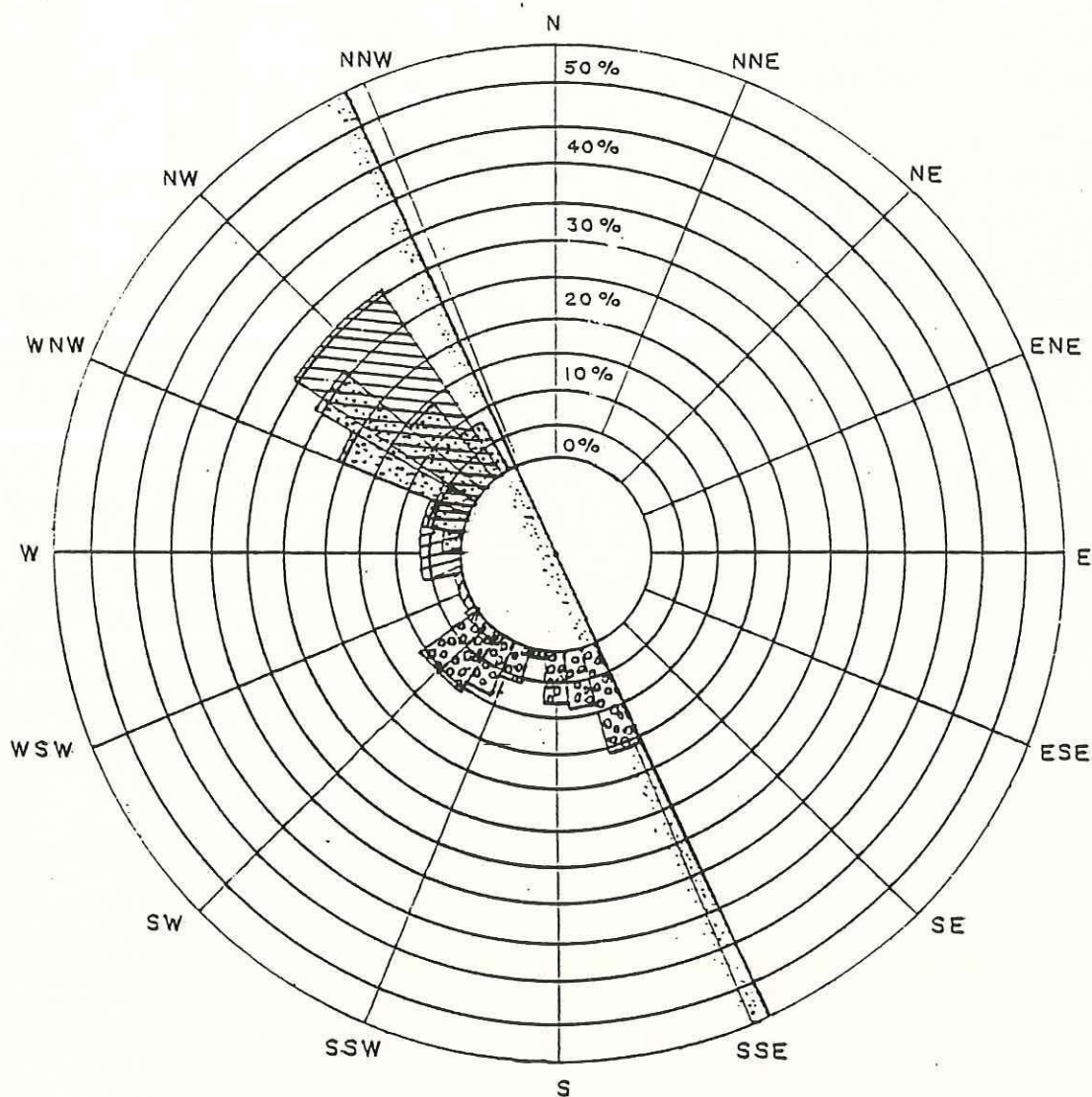


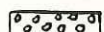


FIGURA No. 7.

DIRECCION Y FRECUENCIA DE INCIDENCIA DEL OLAJE  
 FRENTE A ROSARITO, B. C. (MACDONEL Y TORRES-COTO,  
 1962)

-  OLAJE DISTANTE GENERADO EN EL HEMISFERIO NORTE.
-  OLAJE LOCAL.
-  OLAJE DISTANTE GENERADO EN EL HEMISFERIO SUR.

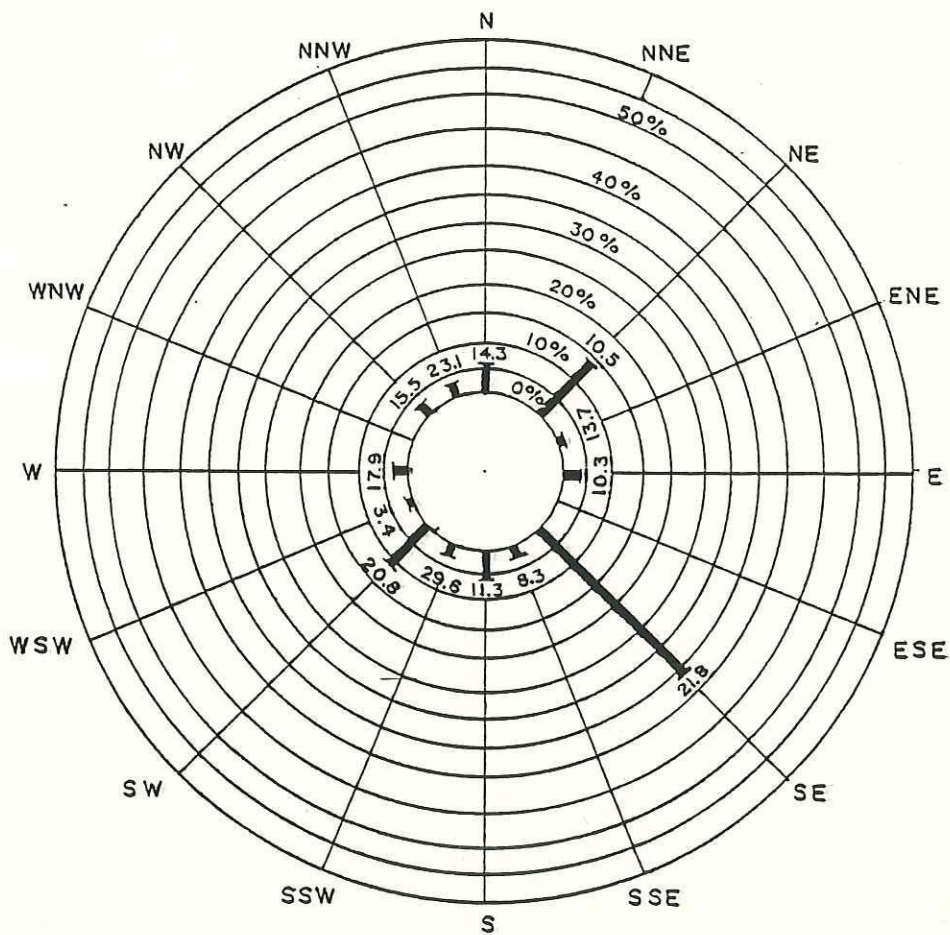


FIGURA No. 8.

VELOCIDAD Y FRECUENCIA DE INCIDENCIA  
DE CORRIENTES COSTERAS.

→ 21.8 Cm/s.

la información concerniente a todas las mediciones hechas en abril de 1981 y en los meses comprendidos entre noviembre de 1981 y mayo de 1982. La velocidad media de estas corrientes superficiales calculada a partir de los datos de la Tabla IV es de 17.6 cm/s, y el sentido de desplazamiento predominante es hacia el sureste. Estos datos están graficados en la Figura No. 8 en forma de rosa de frecuencias de direcciones.

### 3.3. CORRIENTES LITORALES.

En las Figuras de la No. 9 a la No. 14 se encuentran las trayectorias de las corrientes litorales medidas en los puntos de interés, tanto al norte como al sur de la Obra de Toma. En estas figuras se incluyen también las direcciones de incidencia del oleaje predominante en el mes correspondiente.

Para el mes de octubre de 1980 (Fig. No. 9) se encuentra que el -- sentido predominante de las corrientes fue hacia el sur.

En abril de 1981 (Fig. No. 10) se presentaron corrientes con desplazamiento tanto hacia el sur como hacia el norte.

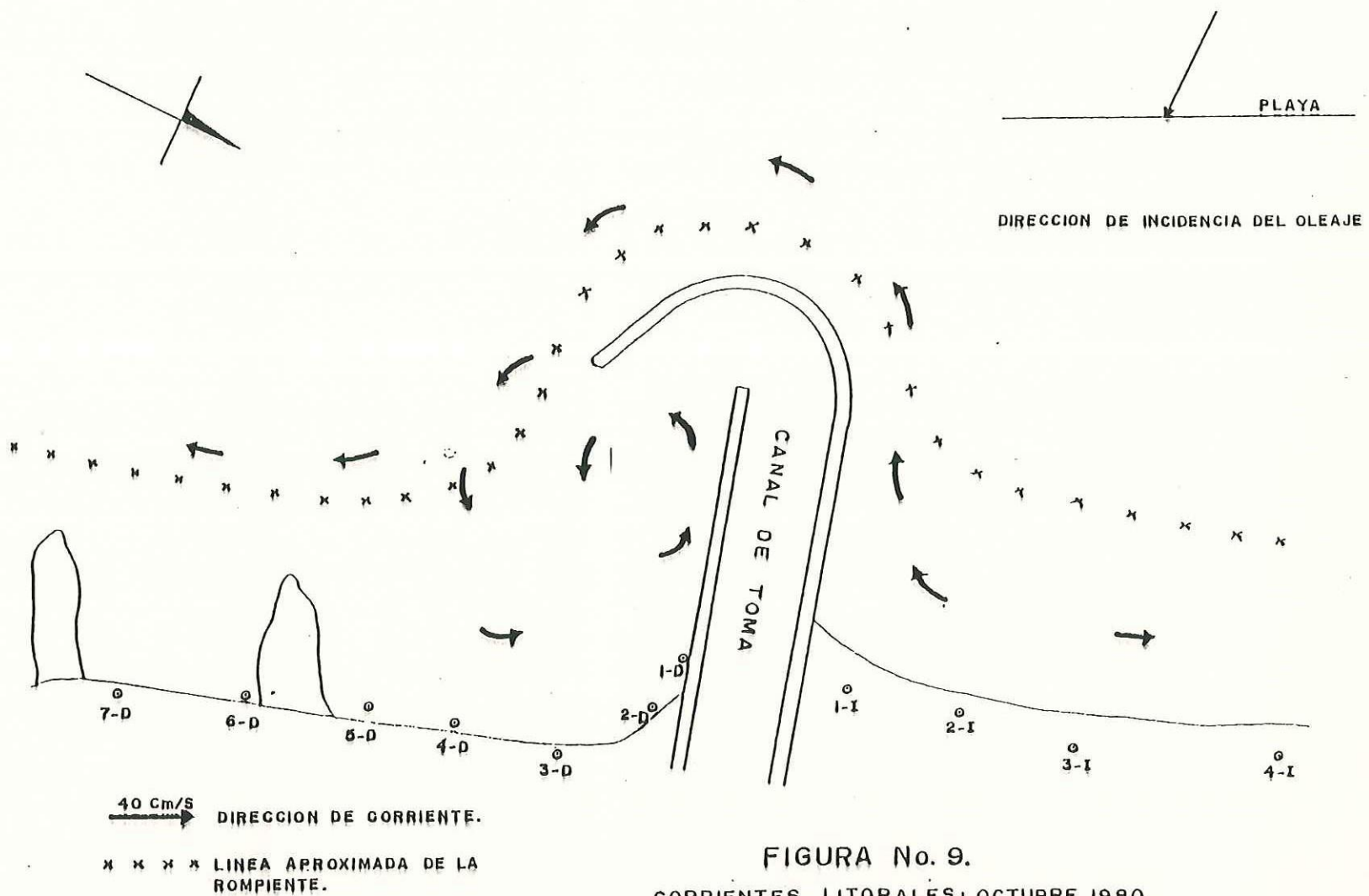
Al final de 1981, en noviembre y diciembre (Fig. No. 11), la dirección predominante enfrente de la escollera norte y de los espigones fue hacia el sur, pero en la playa al norte de la escollera, se registraron corrientes con trayectorias hacia el norte y corrientes de retorno. Es to último se presentó en el mes de noviembre.

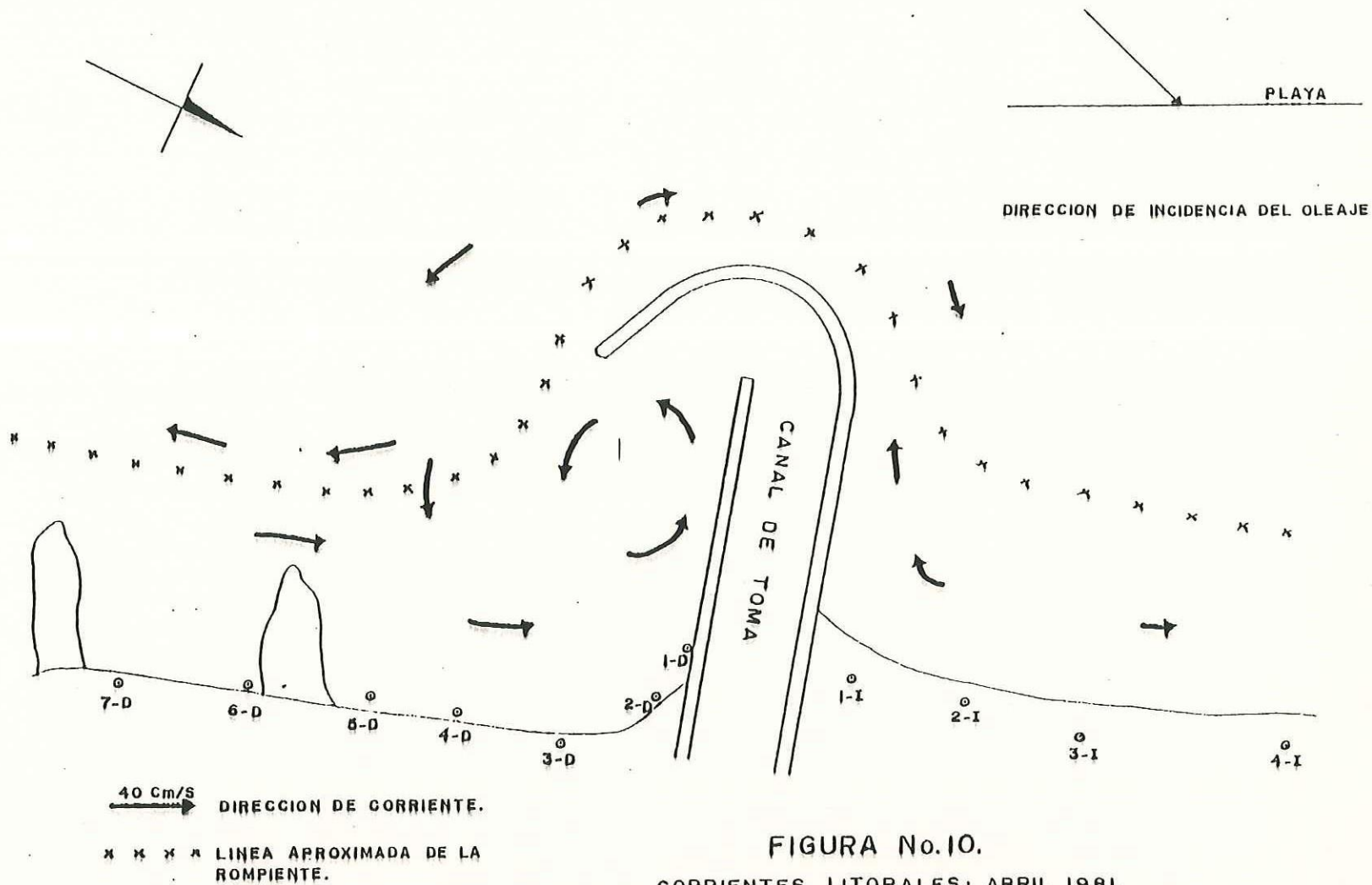
TABLA IV.

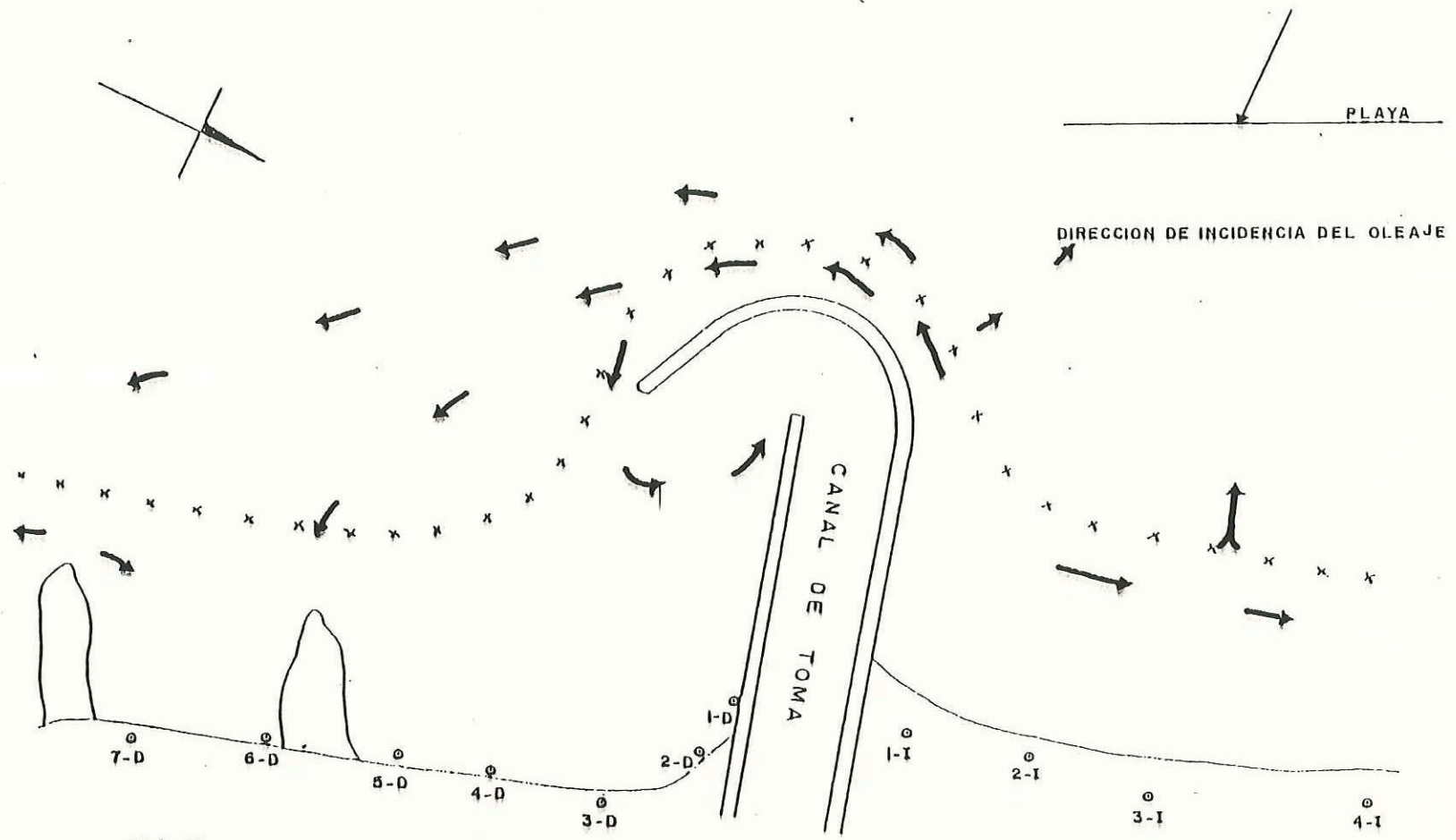
Corrientes costeras medidas con crucetas de deriva.  
Las velocidades y direcciones de estas corrientes  
se encuentran graficadas en la Fig. No. 8.

Tiro No.	Fecha	Vel. med.	Dirección	Tiro No.	Fecha	Vel. med.	Direc.
1	810408	41.75	SE	36	820112	6.67	WSW
2	08	44.00	SE	37	13	12.45	W
3	09	14.08	NE	38	13	7.50	SE
4	09	13.70	ENE	39	13	16.67	E
5	10	18.34	NNW	40	13	8.33	E
6	10	20.87	NNW	41	13	8.33	S
7	10	19.44	N	42	820209	13.17	N
8	10	26.00	NW	43	09	13.88	N
9	11	25.37	W	44	09	9.43	NE
10	811110	30.17	NNW	45	09	10.78	NE
11	11	19.32	SW	46	12	15.83	SW
12	11	19.85	SW	47	12	7.17	NE
13	11	29.78	SSW	48	12	7.08	NW
14	11	29.36	SSW	49	12	5.83	E
15	17	24.63	SW	50	12	6.67	S
16	17	28.52	SW	51	820322	17.80	SE
17	17	24.05	SW	52	22	22.22	SE
18	17	26.50	SW	53	22	20.00	SE
19	26	21.13	SE	54	22	27.00	SE
20	26	6.56	S	55	22	32.22	SE
21	811210	23.13	SE	56	23	16.25	SE
22	10	20.83	SE	57	23	23.05	SE
23	10	24.77	SE	58	23	19.00	SE
24	10	20.23	SE	59	23	24.22	SE
25	11	15.55	SE	60	23	28.85	SE
26	11	12.00	SE	61	820525	11.33	NE
27	11	22.22	SE	62	25	10.00	NE
28	11	20.37	SE	63	25	8.08	NE
29	18	13.33	NW	64	25	9.33	NE
30	28	28.33	SE	65	25	12.73	NE
31	29	23.70	S	66	25	11.90	NE
32	820107	15.83	W	67	26	10.83	N
33	12	10.00	SSE	68	26	6.47	SE
34	12	6.67	SSE	69	26	7.08	SE
35	12	7.62	SW				

\* Velocidad en centímetros por segundo.







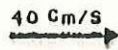

- 
 DIRECCION DE CORRIENTE.
- x x x x LINEA APROXIMADA DE LA ROMPIENTE.
- 
 CORRIENTE ASOCIADA A CORRIENTES DE RETORNO.

FIGURA No. II.  
CORRIENTES LITORALES: NOV.-DIC. 1981.

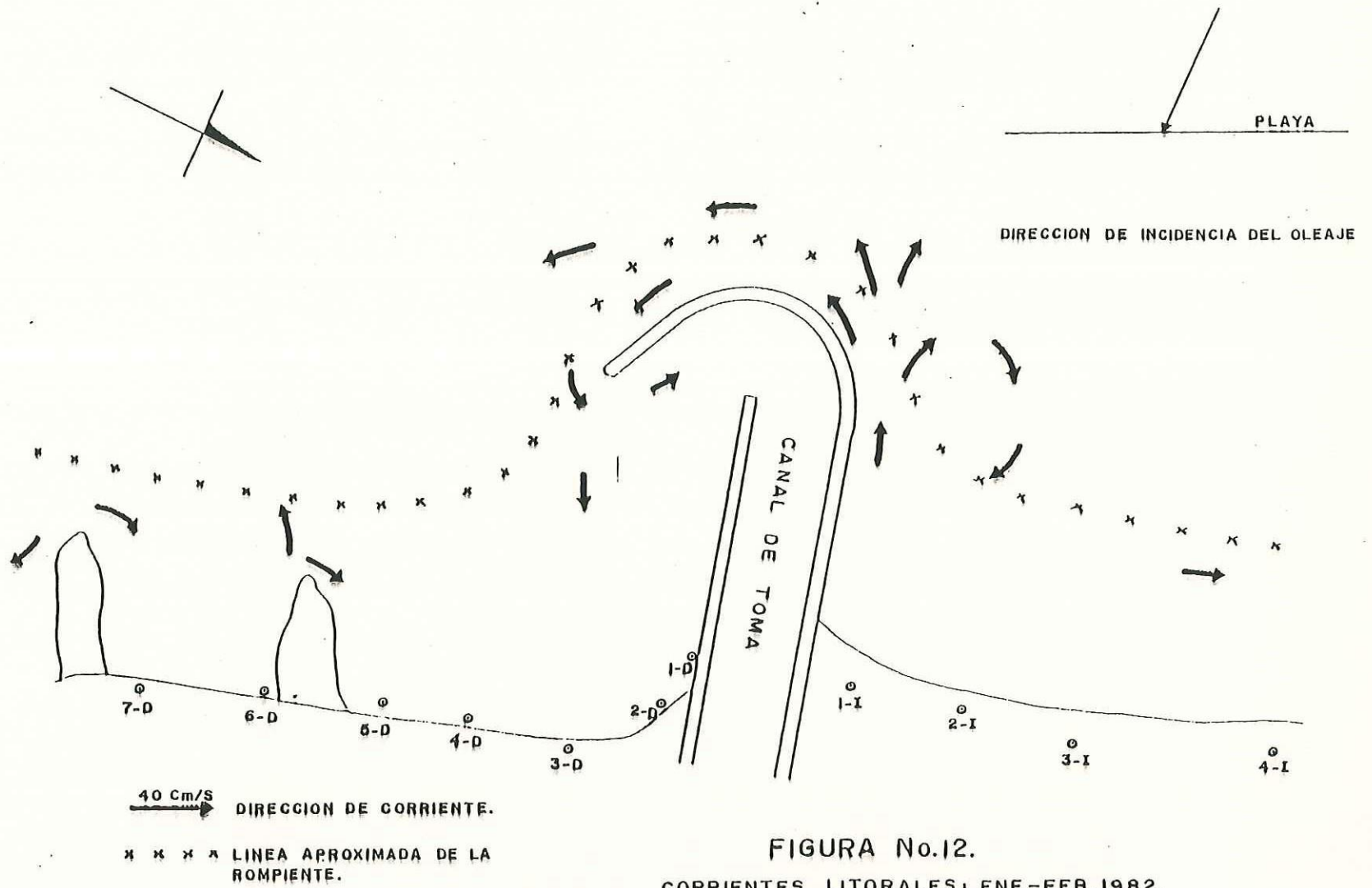


FIGURA No.12.  
 CORRIENTES LITORALES: ENE.-FEB. 1982.

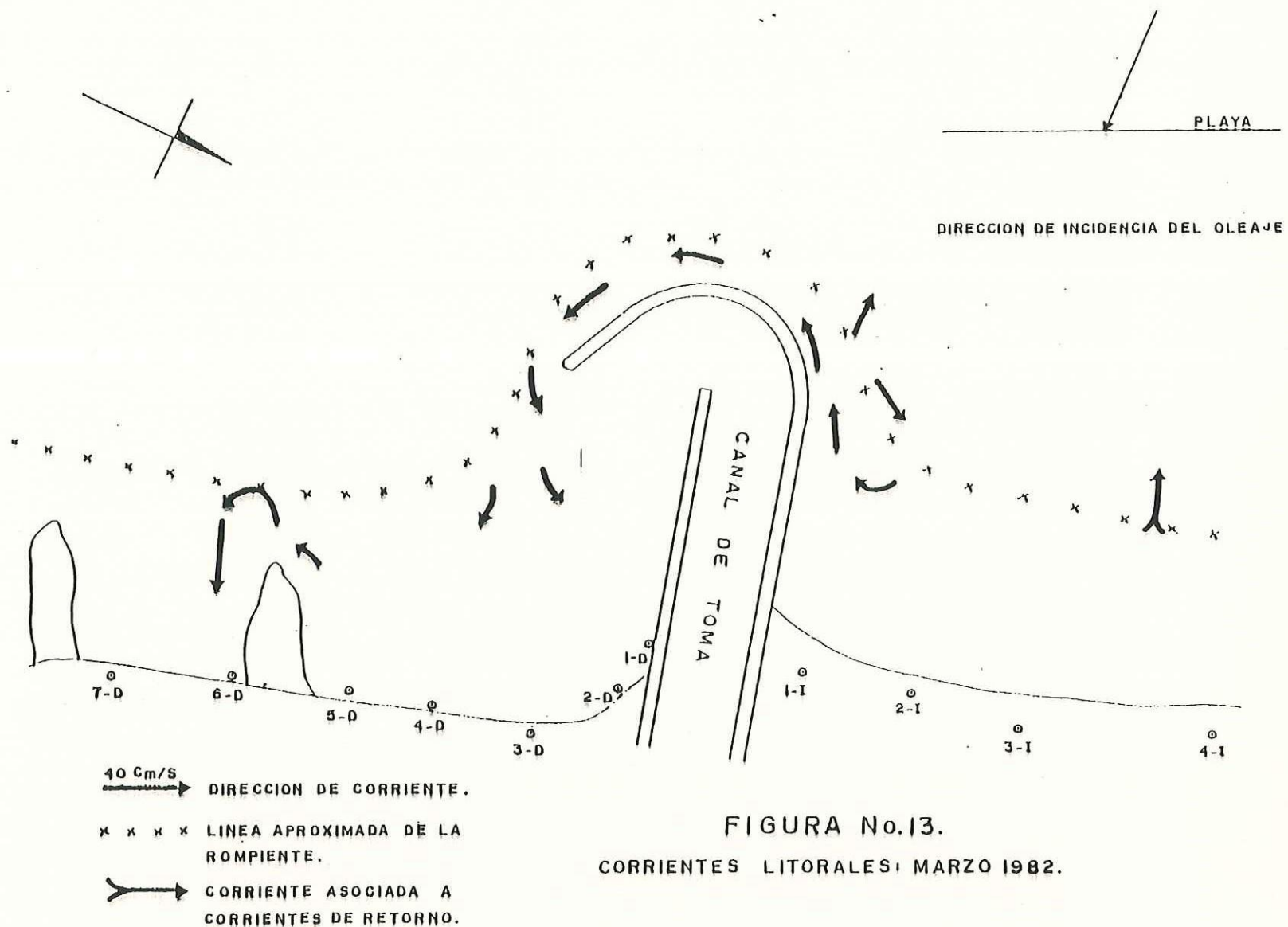


FIGURA No.13.  
CORRIENTES LITORALES, MARZO 1982.

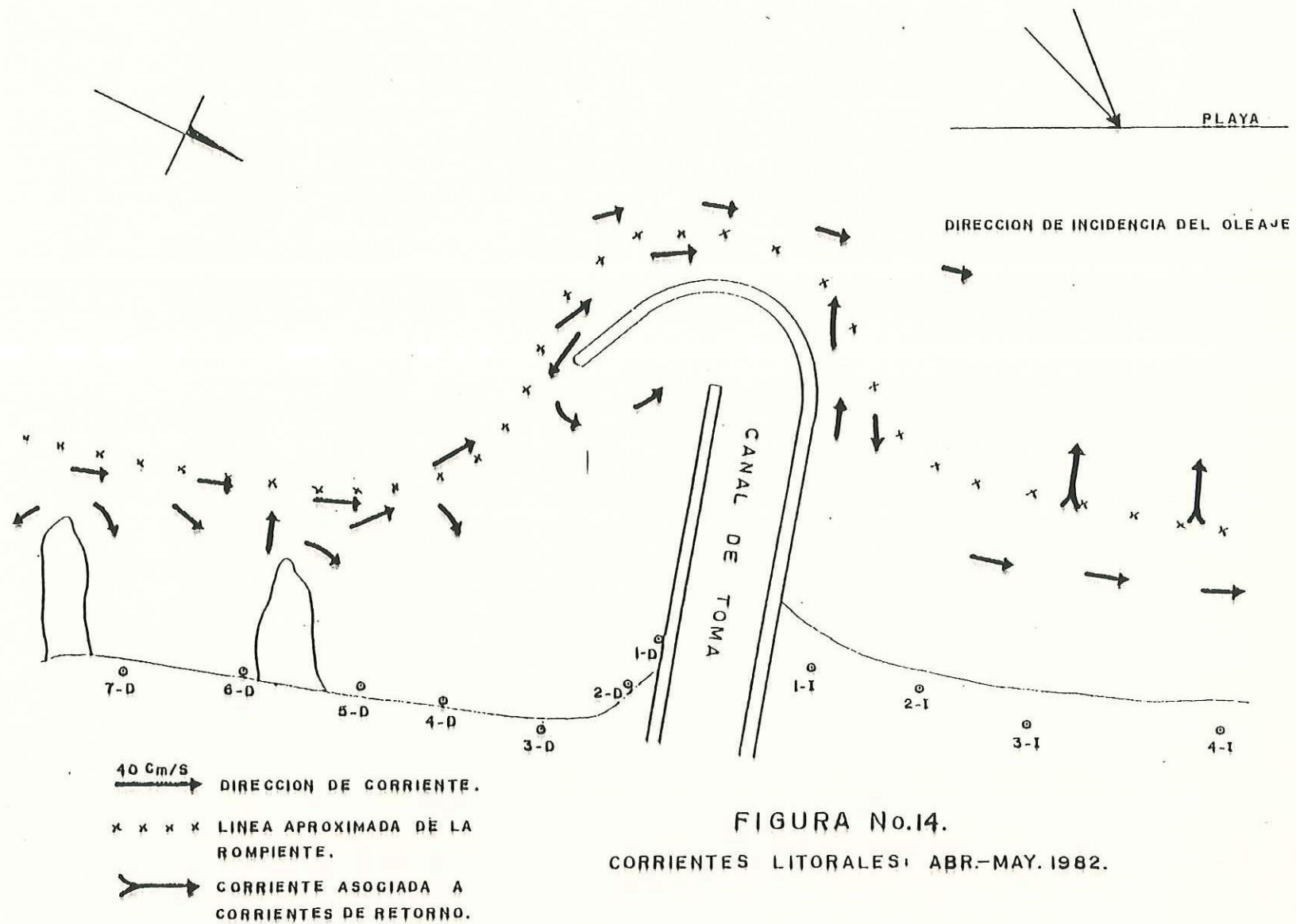


FIGURA No.14.  
CORRIENTES LITORALES: ABR.-MAY. 1982.

En enero y febrero de 1982 se presentaron corrientes con desplazamiento hacia el norte en las puntas de los espigones y en el norte de la escollera como muestra la Fig. No. 12.

La Fig. No. 13 contiene los resultados de las mediciones hechas en marzo de 1982. Se presentaron corrientes hacia el sur que rodean la escollera norte y penetran a la zona protegida. Se observaron también corrientes de retorno en la zona de playa al norte de la Obra.

En la Fig. No. 14 se muestran los resultados de las mediciones hechas en abril y mayo de 1982. Mayo fue el último mes en el que se hicieron registros.

La velocidad media de estas corrientes litorales fue de 23.0 cm/s.

En general, las magnitudes de las velocidades de las corrientes hacia el norte son muy semejantes a las magnitudes de las corrientes hacia el sur.

#### 3.4. PERFILES DE PLAYA.

En las Figuras No. 15 y No. 16 se encuentran graficados sólo los perfiles de las secciones 3D, 9D, 3I y 7I, obtenidos en las siete campañas de seccionamientos topográficos de la playa. Se tomaron estos perfiles como representativos de las condiciones "alteradas" y "normales" del sur y norte respectivamente. Estos levantamientos se iniciaron en noviembre de 1981 y el último se hizo en mayo de 1982. En la Fig. No. 15 están dibujados los perfiles de octubre de 1980, los de abril de - -

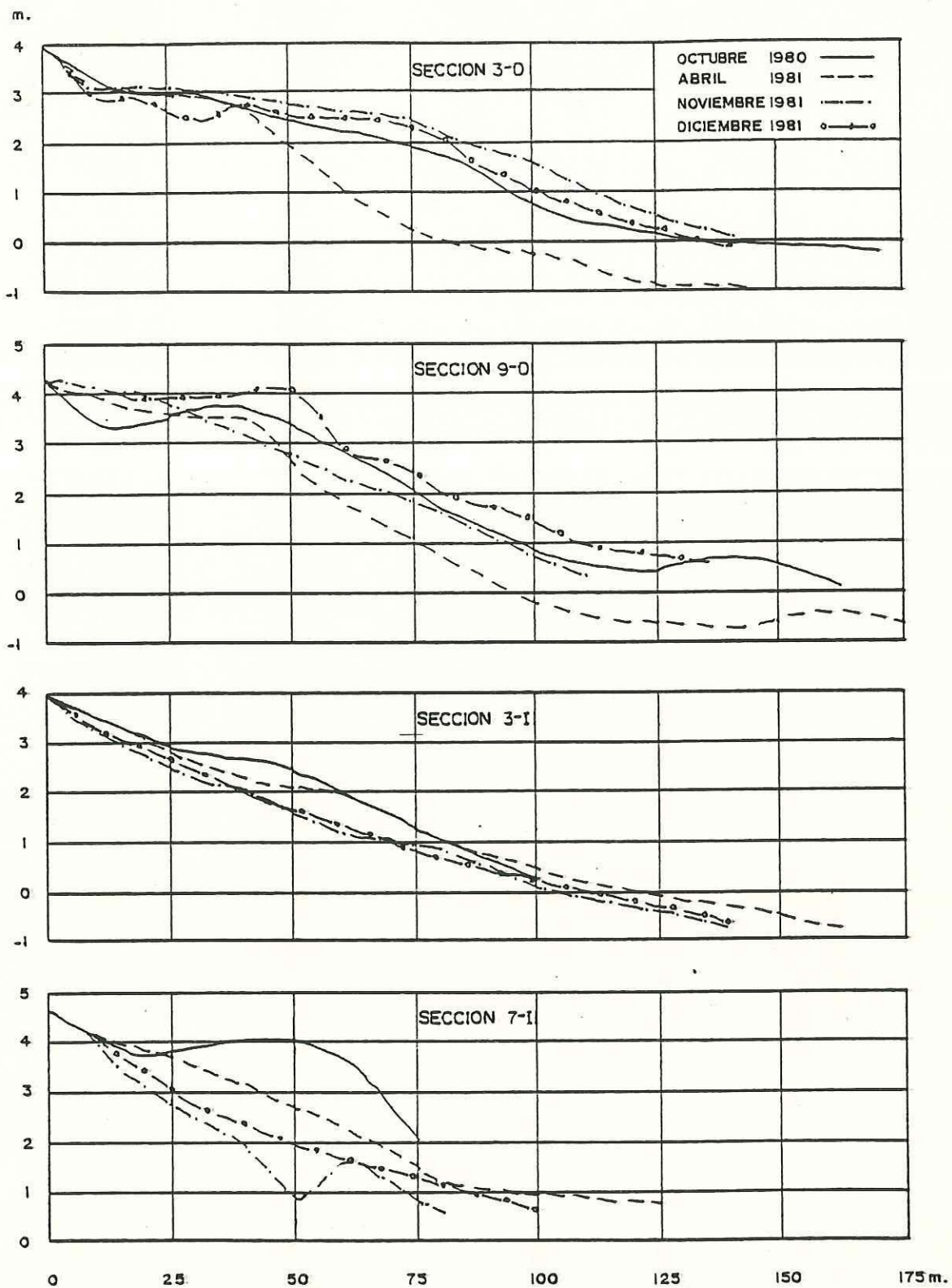


FIG. No. 15.  
PERFILES DE PLAYA.

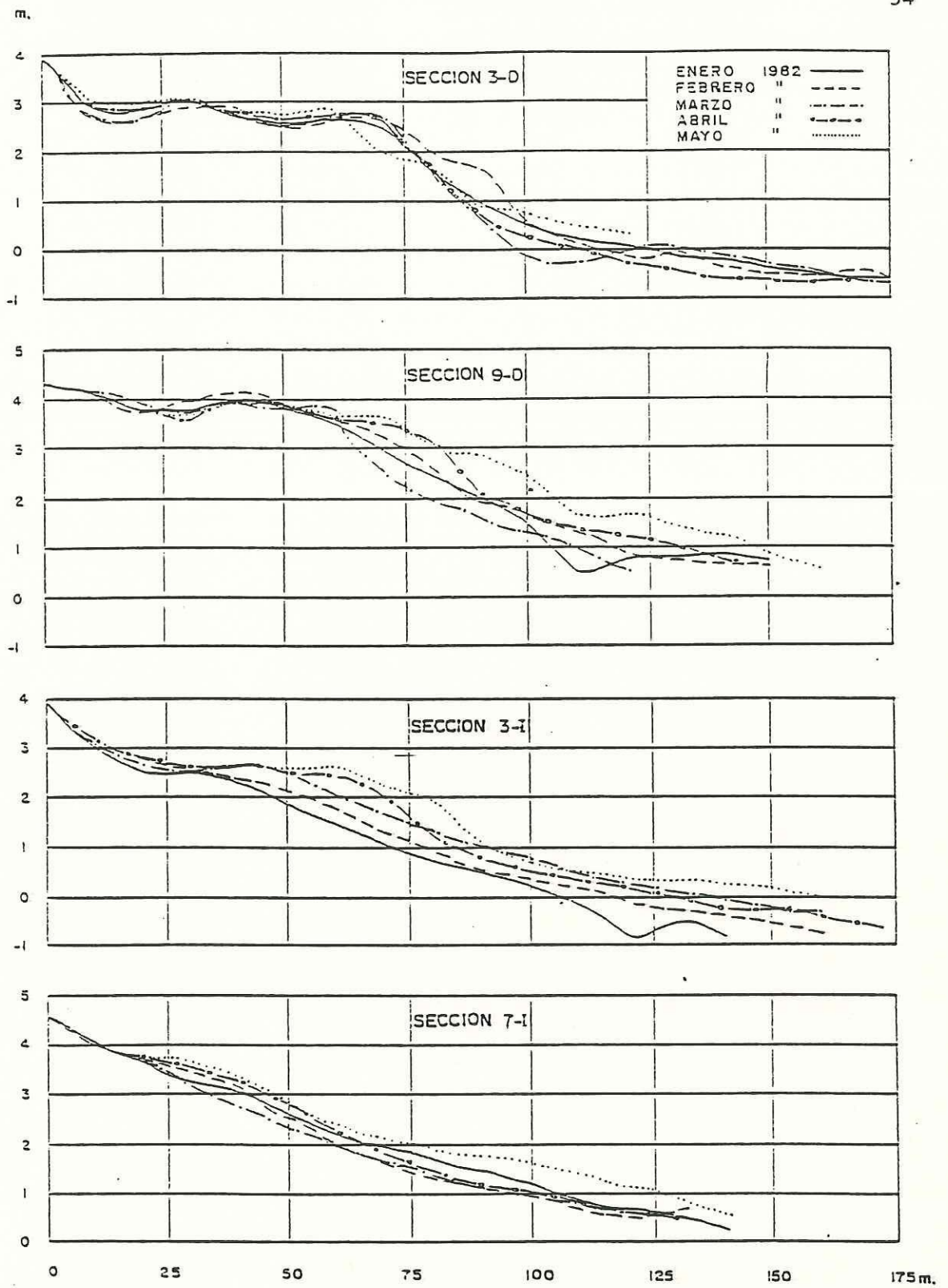


FIG. No. 16.  
PERFILES DE PLAYA.

1981 y los de noviembre y diciembre de 1981; y en la Fig. No. 16 aparecen los perfiles levantados en los primeros cinco meses de 1982, es decir, de enero a mayo.

Los perfiles levantados en octubre de 1980 y en abril de 1981 (Referencias 1 y 4) se tomaron como niveles de comparación.

Los volúmenes calculados en base a todos los perfiles medidos, están contenidos en las Tablas de la V a la XIV. En cada una de estas Tablas se considera el transporte de arena removida en la playa durante el periodo comprendido entre dos levantamiento de perfiles consecutivos, y se anotan los volúmenes parciales por cada sección, así como el volumen grueso y el volumen neto. El volumen grueso es la suma de todos los volúmenes parciales sin considerar su signo, y el volumen neto es la suma algebraica de los mismos volúmenes.

En las primeras cuatro Tablas se consideran periodos mayores de un mes. En la primera (Tabla V) se dan los volúmenes calculados para el periodo comprendido entre octubre de 1980 y abril de 1981, en la Tabla VI los volúmenes entre octubre de 1980 y noviembre de 1981, en la Tabla VII los volúmenes entre abril de 1981 y nov. de 1981, y en la cuarta (Tabla VIII) se proporcionan los volúmenes del periodo comprendido entre abril de 1981 y abril de 1982.

Las otras seis Tablas (de la IX a la XIV) contienen los volúmenes calculados para periodos de un mes cada uno, comprendidos entre noviembre de 1981 y mayo de 1982.

La Tabla XV contiene una relación de los volúmenes gruesos y netos transportados en la playa en cada uno de los periodos considerados.

TABLA V.

Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de octubre de 1980 a abril de 1981.

Sección	Volumen *
1-D	- 2508.00
2-D	- 5456.00
3-D	- 7492.00
4-D	- 12650.00
5-D	- 5425.00
6-D	- 5462.00
7-D	- 13920.00
8-D	- 15625.00
9-D	- 38400.00
—	
1-I	- 5440.00
2-I	- 2625.00
3-I	- 862.00
4-I	- 9300.00
5-I	- 9000.00
6-I	- 167.00
7-I	- 15300.00

Vol. grueso	149632.00
-------------	-----------

Vol. neto	- 131032.00
-----------	-------------

\*Volumen en metros cúbicos en donde un signo positivo (+) indica depositación, y un signo negativo (-) indica erosión.

TABLA VI.

Volúmenes de arena Transportados en la playa durante el periodo de octubre de 1980 a noviembre de 1981.

Sección	Volumen *
1-D	+ 550.00
2-D	+ 72.00
3-D	+ 4556.00
4-D	- 3737.00
5-D	+ 2247.00
6-D	+ 1425.00
7-D	+ 13862.00
8-D	- 6562.00
9-D	- 9750.00
1-I	- 6500.00
2-I	- 300.00
3-I	- 3910.00
4-I	- 4262.00
5-I	- 15600.00
6-I	- 10050.00
7-I	- 39950.00

Vol. grueso 124333.00

Vol. Neto - 76909.00

\* Volumen en metros cúbicos en donde un signo positivo (+) indica depositación, y un signo negativo (-) indica erosión.

TABLA VII.

Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de abril a noviembre de 1981.

Sección	Volumen *
1-D	+ 2706.00
2-D	+ 4753.00
3-D	+ 10800.00
4-D	+ 5635.00
5-D	+ 6820.00
6-D	+ 7600.00
7-D	+ 31900.00
8-D	+ 3250.00
9-D	+ 15900.00
1-I	- 2000.00
2-I	+ 2625.00
3-I	- 4370.00
4-I	- 10540.00
5-I	- 9120.00
6-I	- 18420.00
7-I	- 30600.00

Vol. grueso	167039.00
Vol. neto	+ 16939.00

\* Volumen en metros cúbicos en donde un signo positivo (+) indica depositación, y un signo negativo (-) indica erosión.

TABLA VIII.

Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de abril de 1981 a abril de 1982.

Sección	Volumen *
1-D	+ 1925.00
2-D	+ 5335.00
3-D	+ 5906.00
4-D	+ 4025.00
5-D	+ 3197.00
6-D	+ 4987.00
7-D	+ 21387.00
8-D	+ 22500.00
9-D	+ 64875.00
1-I	+ 6820.00
2-I	+ 4687.00
3-I	+ 5462.00
4-I	- 4262.00
5-I	+ 3000.00
6-I	+ 1675.00
7-I	+ 1700.00

Vol. grueso	161743.00
-------------	-----------

Vol. neto	+ 153219.00
-----------	-------------

\* Volumen en metros cúbicos en donde un signo positivo (+) indica depositación, y un signo negativo (-) indica erosión.

TABLA IX.

Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de noviembre a diciembre de 1981.

Sección	Volumen *
1-D	+ 55.00
2-D	+ 1988.00
3-D	- 2700.00
4-D	+ 2300.00
5-D	- 2712.00
6-D	- 4655.00
7-D	- 2755.00
8-D	+ 7500.00
9-D	+ 18000.00
1-I	- 1400.00
2-I	- 4875.00
3-I	+ 517.00
4-I	+ 511.00
5-I	+ 7200.00
6-I	+ 11725.00
7-I	+ 11900.00

Vol. grueso	80793.00
Vol. neto	+ 42599.00

\* Volumen en metros cúbicos en donde un signo positivo (+) indica depositación, y un signo negativo (-) indica erosión.

TABLA X.

Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de diciembre de 1981 a enero de 1982.

Sección	Volumen *
1-D	- 550.00
2-D	- 266.00
3-D	- 1012.00
4-D	- 2501.00
5-D	- 388.00
6-D	+ 618.00
7-D	- 1088.00
8-D	+ 3500.00
9-D	+ 4200.00
1-I	+ 1000.00
2-I	+ 4875.00
3-I	- 460.00
4-I	+ 7362.00
5-I	+ 38400.00
6-I	+ 5862.00
7-I	+ 17850.00

Vol. grueso	89932.00
Vol. neto	+ 77402.00

\* Volumen en metros cúbicos en donde un signo positivo (+) indica depositación, y un signo negativo (-) indica erosión.

TABLA XI.

Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de enero a febrero de 1982.

Sección		Volumen *
1-D	+	330.00
2-D	-	485.00
3-D	+	608.00
4-D	-	805.00
5-D	-	1937.00
6-D	-	2612.00
7-D	-	5075.00
8-D	-	8125.00
9-D	+	3000.00
1-I	-	1200.00
2-I	+	750.00
3-I	+	3220.00
4-I	-	3100.00
5-I	-	36000.00
6-I	+	5025.00
7-I	-	3740.00

Vol. grueso		76012.00
Vol. neto	-	50146.00

\* Volumen en metros cúbicos en donde un signo positivo (+) indica depositación, y un signo negativo (-) indica erosión.

TABLA XII.

Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de febrero a marzo de 1982.

Sección		Volumen *
1-D	-	638.00
2-D	-	121.00
3-D	-	843.00
4-D	+	805.00
5-D	+	1356.00
6-D	+	2375.00
7-D	+	6162.00
8-D	+	11875.00
9-D	-	7500.00
1-I	+	2000.00
2-I	+	2438.00
3-I	+	6210.00
4-I	-	2325.00
5-I	+	1440.00
6-I	-	838.00
7-I	-	1190.00

Vol. grueso		48116.00
Vol. neto	+	21206.00

\* Volumen en metros cúbicos en donde un signo positivo (+) indica depositación, y un signo negativo (-) indica erosión.

TABLA XIII.

Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de marzo a abril de 1982.

Sección	Volumen *
1-D	- 495.00
2-D	+ 145.00
3-D	- 168.00
4-D	- 288.00
5-D	- 77.00
6-D	+ 1995.00
7-D	- 2900.00
8-D	+ 625.00
9-D	+ 10500.00
1-I	+ 7000.00
2-I	+ 3075.00
3-I	- 149.00
4-I	+ 5038.00
5-I	+ 600.00
6-I	+ 1005.00
7-I	+ 6460.00

Vol. grueso	40520.00
Vol. neto	+ 32366.00

\* Volumen en metros cúbicos en donde un signo positivo (+) indica depositación, y un signo negativo (-) indica erosión.

TABLA XIV.

Volúmenes de arena transportados en la playa durante el periodo de abril a mayo de 1982.

Sección	Volumen *
1-D	+ 992.00
2-D	+ 1940.00
3-D	+ 1012.00
4-D	+ 143.00
5-D	+ 1037.00
6-D	+ 2375.00
7-D	+ 5075.00
8-D	+ 11250.00
9-D	+ 9000.00
1-I	+ 4600.00
2-I	+ 2925.00
3-I	+ 3737.00
4-I	+ 2712.00
5-I	+ 9000.00
6-I	+ 10552.00
7-I	+ 11560.00

Vol. grueso	78808.00
Vol. neto	+ 78808.00

\* Volumen en metros cúbicos en donde un signo positivo (+) indica depositación, y un signo negativo (-) indica erosión.

TABLA XV

Relación de volúmenes gruesos y netos transportados en la playa incluyendo todos los periodos considerados en las Tablas de la V a la XIV

Periodo	Volumen grueso (m <sup>3</sup> )			Volumen neto (m <sup>3</sup> )		
	Sur	Norte	Total	Sur	Norte	Total
oct. 1980 a abr. 1981	106938.00	42694.00	149632.00	- 106938.00	- 24094.00	- 131032.00
oct. 1980 a nov. 1981	43761.00	80572.00	124333.00	+ 3663.00	- 80572.00	- 76909.00
abr. a nov. 1981	89364.00	77675.00	167039.00	+ 89364.00	- 72425.00	+ 16939.00
abr. 1981 a abr. 1982	134137.00	27606.00	161743.00	+ 134137.00	+ 19082.00	+ 153219.00
nov. a dic. 1981	42665.00	38128.00	80793.00	+ 17021.00	+ 25578.00	+ 42599.00
dic. 1981 a ene. 1982	14123.00	75809.00	89932.00	+ 2513.00	+ 74889.00	+ 77402.00
ene. a feb. 1982	22977.00	43035.00	76012.00	- 15101.00	- 35045.00	- 50146.00
feb. a mar. 1982	31675.00	16441.00	48116.00	+ 13471.00	+ 7735.00	+ 21206.00
mar. a abr. 1982	17193.00	23327.00	40520.00	+ 9337.00	+ 23029.00	+ 32366.00
abr. a may. 1982	33722.00	45086.00	78808.00	+ 33722.00	+ 45086.00	+ 78808.00

NOTAS: 1) Las columnas "Sur" y "Norte" corresponden a las secciones "D" e "I" respectivamente.

2) Un signo positivo (+) indica depositación y un signo negativo (-) indica erosión.

### 3.5. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.

Los resultados obtenidos de las mediciones del transporte de sedimentos con arena fluorescente se muestran en las Figuras de la No. 17 a la No. 22.

La Figura No. 17 contiene los resultados obtenidos en octubre de 1980, que fueron las primeras mediciones realizadas. Se encontraron -- partículas de la arena tirada al norte de la escollera en la zona protegida frente a las mojoneras 2D y 4D.

En abril de 1981 se registró una mayor concentración de arena fluorescente al norte de la escollera y muy poca en la zona protegida (Fig. No. 18). Esta cuantificación se basaba en el número de granos pintados encontrados en las muestras. Se tomaba como referencia la muestra en la cual se hubiera encontrado un número mayor de granos pintados.

En la figura No. 19 correspondiente a febrero de 1982, se ve que -- una parte de la arena pintada se desplazó a la parte protegida.

En el mes de marzo se tiró arena pintada al norte y al sur de la -- Obra de Toma, con el fin de conocer también el comportamiento de los se -- dimentos que eran arrojados al sur de la Obra. Se encontraron partícu -- las tanto de arena roja como de arena verde en la zona protegida a un -- lado de la escollera sur y en la zona de dragado, tal como lo muestra -- la figura No. 20.

En las últimas figuras, No. 21 y No. 22 de abril y mayo respectiva -- mente, se muestra que los dos tipos de arena adquirieron desplazamientos -- hacia ambos lados de los sitios de siembra. La arena roja se encontró -- al sur del espigón No. 1 y la arena verde se encontró al norte de la es --

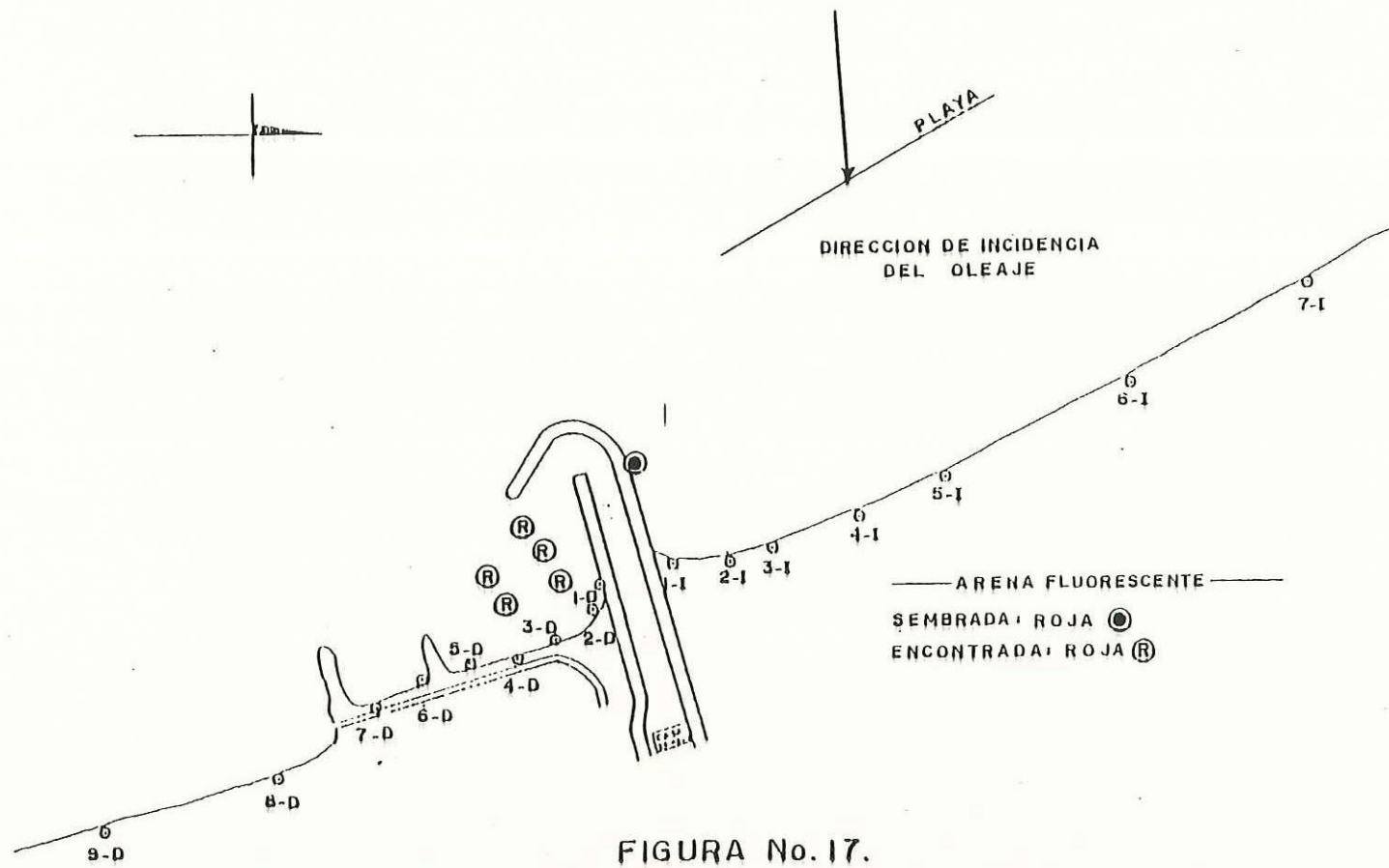


FIGURA No. 17.  
 MEDICION DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS CON  
 ARENA FLUORESCENTE: OCTUBRE DE 1980.

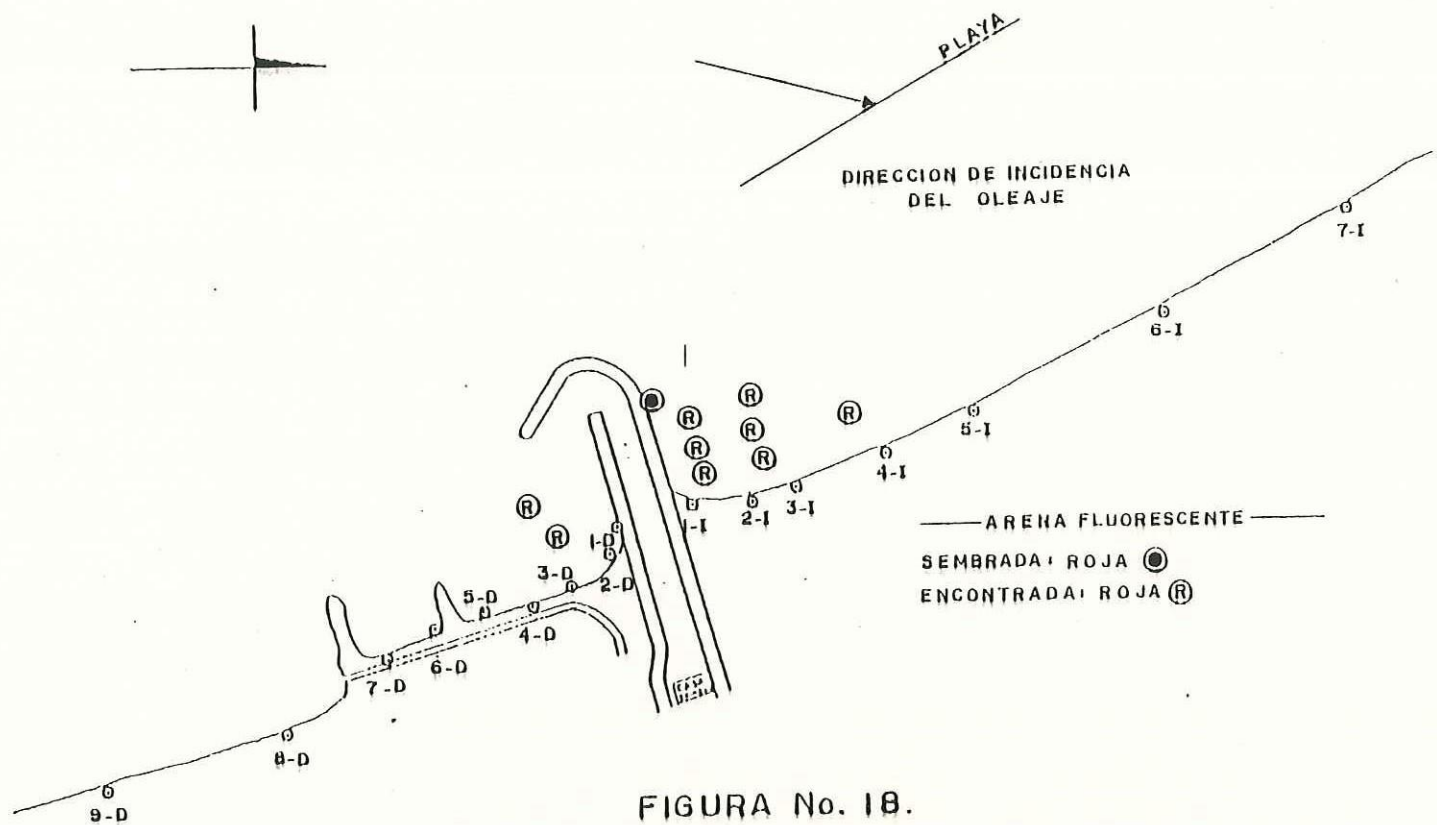
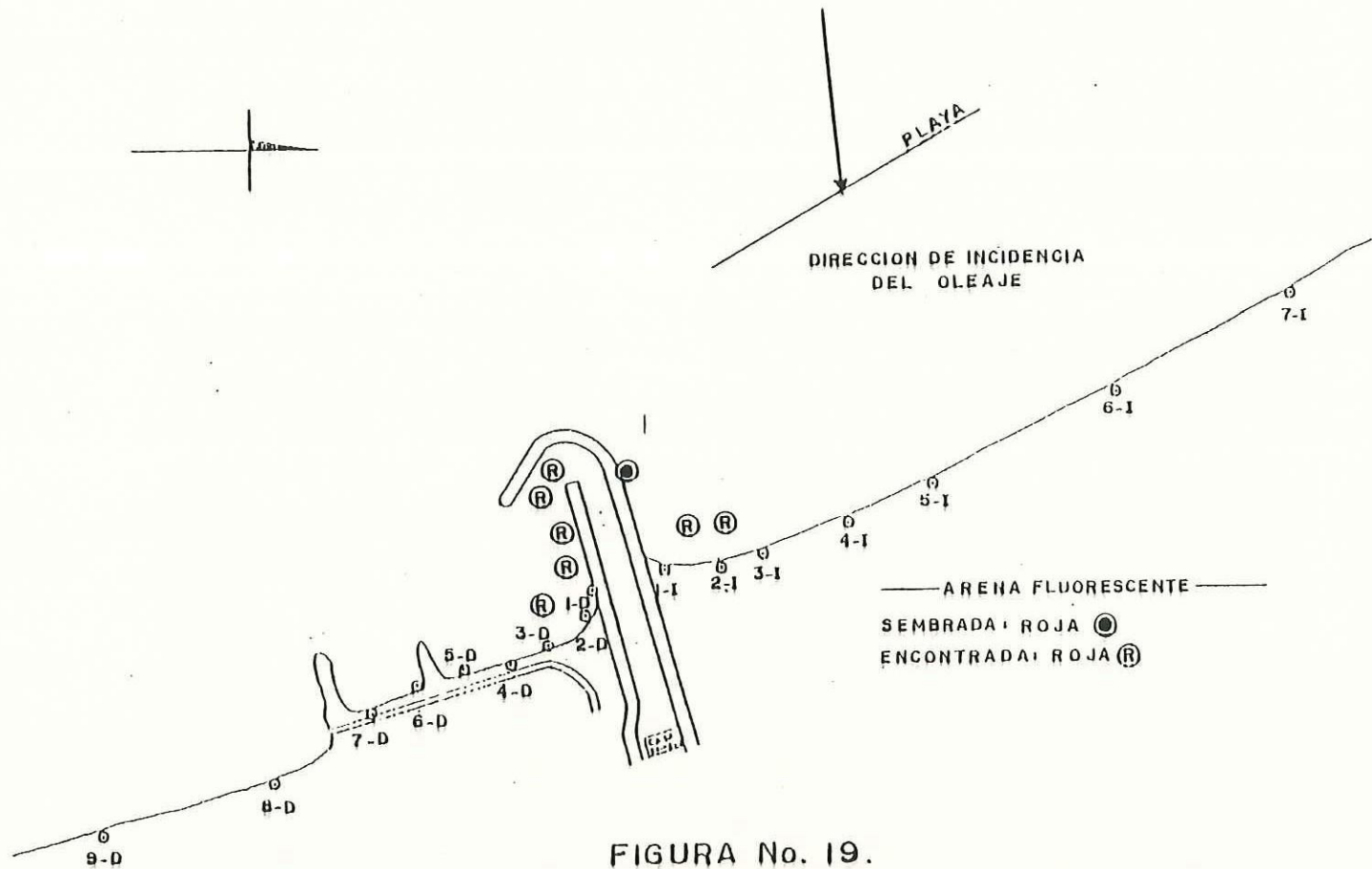


FIGURA No. 18.  
 MEDICION DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS CON  
 ARENA FLUORESCENTE, ABRIL DE 1981.



**FIGURA No. 19.**  
 MEDICION DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS CON  
 ARENA FLUORESCENTE: FEBRERO DE 1982.

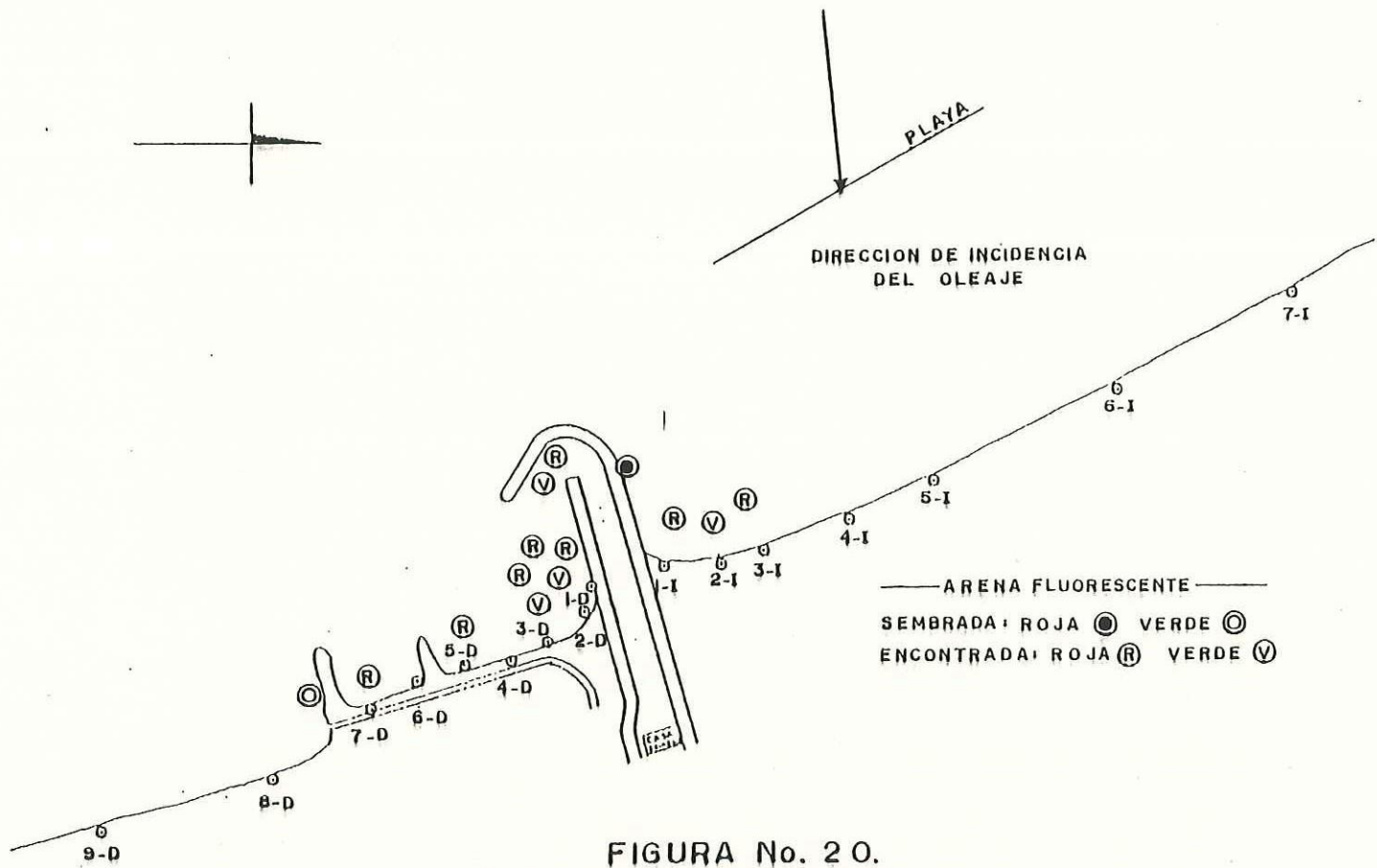


FIGURA No. 20.

MEDICION DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS CON  
ARENA FLUORESCENTE, MARZO DE 1982.

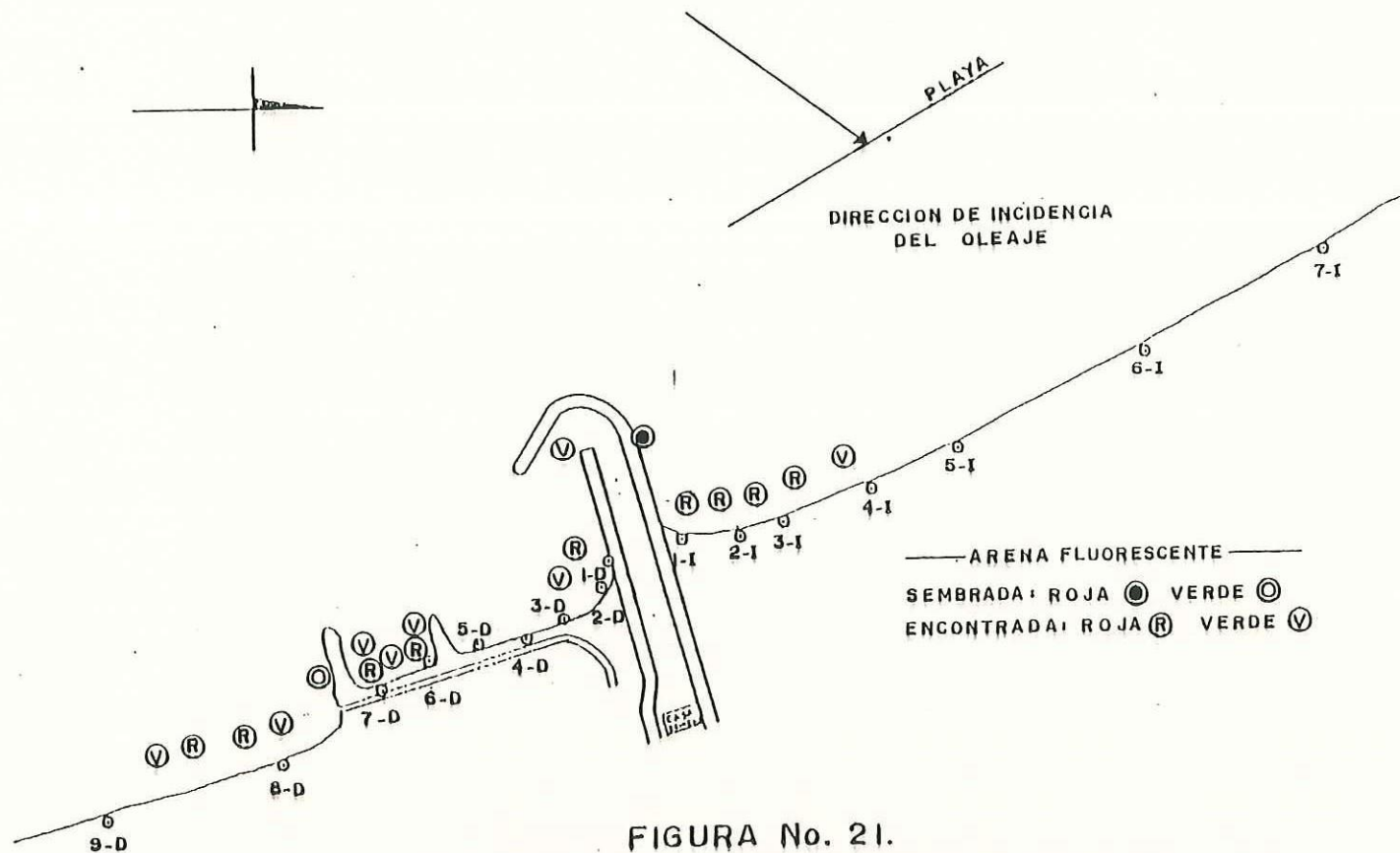


FIGURA No. 21.  
 MEDICION DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS CON  
 ARENA FLUORESCENTE; ABRIL DE 1982.

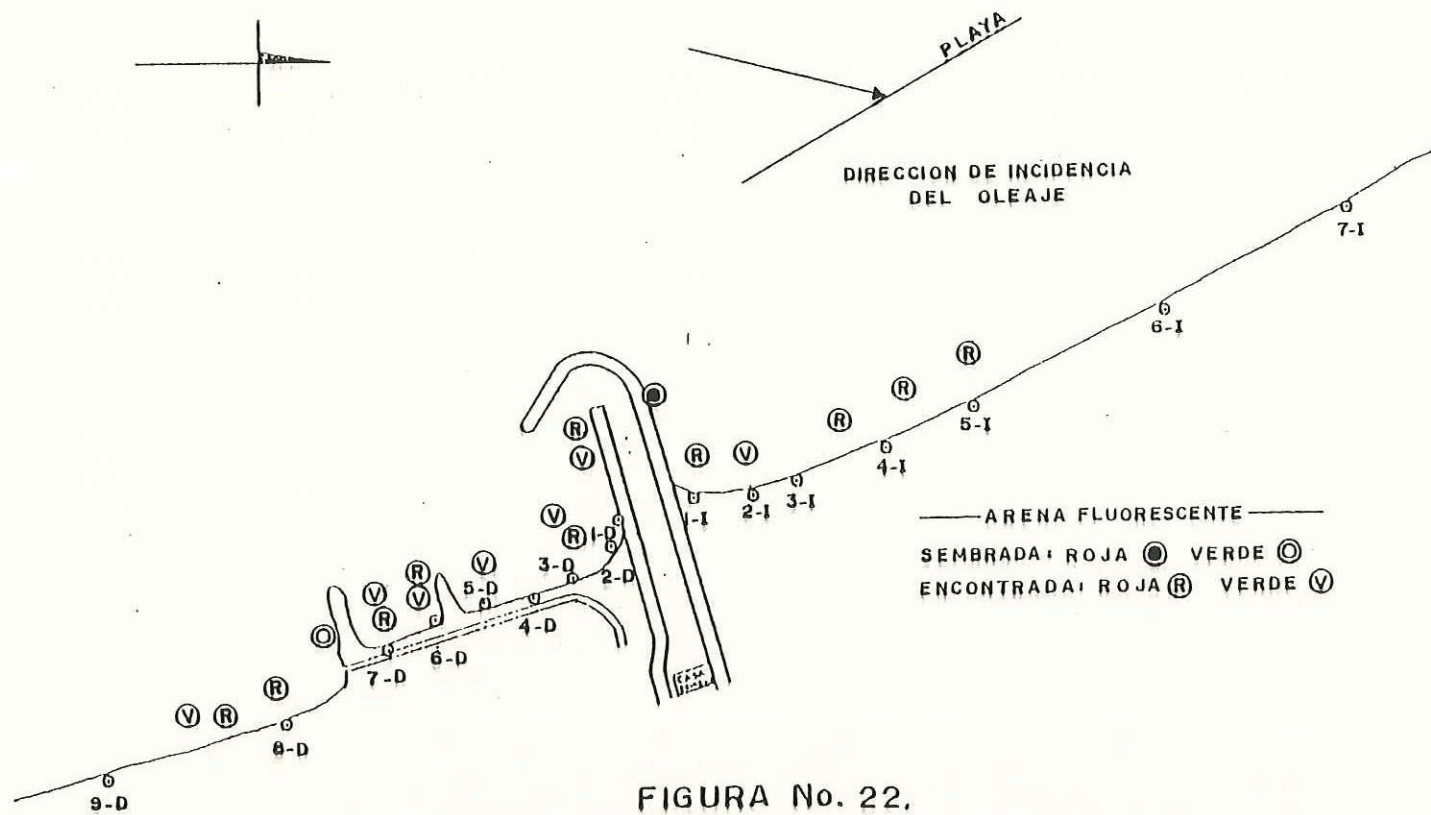


FIGURA No. 22.  
 MEDICION DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS CON  
 ARENA FLUORESCENTE; MAYO DE 1982.

collera norte. Las dos arenas se depositaron en la zona protegida por la escollera norte, y en la porción de playa entre los dos espigones.

#### 4. DISCUSION.

De los datos de oleaje se ve que los valores promedios de altura y periodo, así como sus valores significativos, son características de condiciones de verano para el sitio de estudio en cuestión. Los valores extraordinarios ocurren con muy poca frecuencia. La Fig. No. 4 muestra que la frecuencia de ocurrencia de alturas de ola mayores de 3.00 metros es de 2.5 %, valor muy bajo comparado con la frecuencia de ocurrencia para olas de entre 1.00 y 2.00 metros que es de 54 %. El porcentaje de ocurrencia de olas con periodos mayores de 17 segundos es de 8.0 % (Fig. No. 5).

Los valores significativos de altura y periodo es de 1.80 metros y 13.7 segundos respectivamente.

A lo largo del año cambia el ángulo de incidencia del oleaje el cual está en el rango entre los  $200^{\circ} 00'$  y  $290^{\circ} 00'$ , es decir, entre el SSW y el WNW. Dentro de este rango predominan el oleaje proveniente del oeste y el proveniente del suroeste según la época del año.

Estas condiciones de aproximación de las olas a la playa, la cual tiene una orientación aproximada de NNW-SSE, dependen de las condiciones climatológicas en los dos Hemisferios terrestres. Predominan los oleajes del WNW y del W cuando se tienen tormentas (Invierno) en el Hemisferio -

norte y los oleajes son predominantes del SW y del SSW cuando las tormentas ocurren en el Hemisferio sur.

Estas condiciones alteran también el patrón de corrientes litorales y por ende la dirección del transporte de sedimentos. Aparentemente estas alteraciones en el sentido de desplazamiento de las corrientes -- son más marcadas en las corrientes superficiales, y en mucho menor grado en las corrientes subsuperficiales y en las de fondo.

Los planos de corrientes litorales de las Figuras de la No. 9 a la No. 14, con excepción de la No. 13, muestran corrientes con desplazamiento hacia el norte.

Frente a la escollera norte y muy cerca de la misma, se observan corrientes hacia el sur que se desplazan alrededor de la punta de la escollera penetrando a la zona protegida en donde adquieren un comportamiento tal que forman una corriente circular levógira.

La formación de esta corriente circular puede ser provocada tanto por el fenómeno de difracción del oleaje como por las corrientes generadas cuando baja el nivel del agua por efecto de marea.

En la zona de los espigones se observan algunas corrientes que tienden a desplazarse hacia la zona protegida.

En la Fig. No. 14, que corresponde a las corrientes registradas en abril y mayo de 1982, se puede observar una tendencia predominante de las corrientes a desplazarse hacia el norte con una marcada presencia de corrientes de retorno en la playa norte. Cabe aclarar que estas últimas corrientes se presentan con mayores frecuencia y magnitud en la parte norte cercana a la Obra de Toma; las que se forman al sur son muy esporádicas y alejadas de la Obra.

Las mediciones de corrientes fuera de la zona de rompientes hechas con crucetas de deriva, muestran una tendencia ligeramente mayor del 50 % a desplazarse hacia el sur. Además las velocidades de estas corrientes son las que presentan mayores valores, oscilando éstos entre los 20.00- y 30.00 centímetros por segundo, contrastando con el promedio obtenido de la Tabla IV que es de 17.6 centímetros por seg.

Aunque generalmente se observa una tendencia predominante de las corrientes a desplazarse hacia el sur en la mayor parte del año, en los meses de la primavera se observa que éstas van hacia el norte.

Los primeros cálculos de volúmenes de arena transportada en la playa en base a los perfiles levantados en octubre de 1980 y abril de 1981, indican erosión tanto al norte como al sur del canal: esta erosión es de 131032.00 metros cúbicos.

En la Tabla VI se considera un ciclo de trece meses y el balance entre lo depositado y lo erosionado da como resultado un volumen erosionado de 76909.00 metros cúbico, en cambio el ciclo de abril de 1981 a abril de 1982 contenido en la Tabla VIII proporciona un volumen neto depositado de 153219.00 metros cúbicos de arena.

En la mayoría de los periodos mensuales considerados desde noviembre de 1981 hasta mayo de 1982, los balances totales indican depositación, a excepción del periodo entre enero y febrero de 1982, que muestra erosión.

Este comportamiento de los movimientos de la arena en los que se observa una tendencia general a la depositación, podrían considerarse ilógicos en función de que supuestamente en la época de invierno ocurren predominantemente olas con pendiente grande consideradas como erosivas-

que provocan transporte hacia el mar, y por lo tanto presentarse en la playa condiciones de erosión mayores a las mostradas en los resultados presentados aquí.

Las indicaciones de depositación en el norte de la escollera mostradas por las Tablas X y XII sí se pueden aceptar como lógicas considerando que el movimiento es hacia el sur tal como lo indican las Figuras No. 11 y No. 12 de corrientes litorales, y las Figuras No. 19 y No. 20 de trazadores fluorescentes.

Las tablas XIII y XIV muestran una mayor depositación en el lado-norte del canal. Esto implica que aparentemente el transporte neto es hacia el sur, y no hacia el norte como se podría suponer en base a la incidencia del oleaje que es del suroeste, y las corrientes litorales mostradas por la Fig. No. 14 que van hacia el norte predominantemente. Además en estos meses, abril y mayo, el transporte perpendicular es hacia la playa.

El balance total calculado entre octubre de 1980 y mayo de 1982 es de 125326.00 metros cúbicos depositados, valor muy semejante a los 131032.00 metros cúbicos erosionados en el periodo de octubre de 1980 y abril de 1981.

Finalmente el volumen neto calculado entre abril de 1981 y mayo de 1982 proporciona una depositación de 219177.00 metros cúbicos, los cuales comparados con los 131032.00 metros cúbicos erosionados en el periodo comprendido entre octubre de 1980 y abril de 1981, dan una diferencia de 88145.00 metros cúbicos, lo cual es lógico considerando que es época de transporte hacia la playa.

Las Figuras de la No. 17 a la No. 22, que muestran el comportamiento del desplazamiento de los sedimentos medido con trazadores fluorescentes, indican que la arena roja que se tira en la descarga de la draga móvil penetra a la zona protegida posiblemente siguiendo una trayectoria alrededor de la escollera. Esta arena se encuentra también entre los espigones e inclusive al sur de los mismos.

También se observa que la arena verde tirada al sur en la descarga de la draga fija, se desplaza hacia la zona protegida a pesar de los espigones.

## 5. CONCLUSIONES

En la playa frente a la Central Termoeléctrica la mayor parte del año se presentan corrientes con desplazamiento hacia el sur que penetran a la zona protegida, formando en la entrada del canal una celda de corrientes circular levógira probablemente asociada al efecto de difracción del oleaje provocado por la punta de la escollera norte.

Al sur de la Obra se presentan corrientes con desplazamiento hacia el norte que penetran a la zona protegida debido a que los espigones no cumplen con la función de impedir este fenómeno.

Durante los meses de la primavera se observa un patrón de corrientes con desplazamiento general hacia el norte, sin embargo, los cálculos de volúmenes de arena transportada en la playa indican que el transporte neto es hacia el sur del orden de entre los 130000.00 y los --- 150000.00 metros cúbicos según se muestra para los ciclos entre octubre de 1980 y abril de 1981, y entre abril de 1981 y abril de 1982.

Los experimentos con trazadores fluorescentes y los resultados obtenidos, indican que la arena que la draga móvil tira al norte, penetra otra vez a la zona de entrada del canal en la mayor parte del año, aún en abril y mayo cuando la incidencia del oleaje y las corrientes litorales provienen del sur. Esto posiblemente debido a que la playa norte ya tiene su perfil de equilibrio y la arena agregada por la draga móvil es un excedente fácilmente transportable hacia el sur y luego introducida por el oleaje difractado. También la arena que se tira al sur de la Obra en la desembocadura del canal de desfogue de agua caliente, tiende a penetrar a la zona protegida a pesar de la presencia de los espigones, los cuales presentan un avanzado estado de degradación.

Se muestra que independientemente de la dirección de propagación - del oleaje, en la mayor parte del año la arena tiende a acumularse en la zona protegida de la Obra de Toma.

## 6. RECOMENDACIONES.

La información obtenida acerca del comportamiento de las corrientes dentro de la zona de rompientes y del transporte general de los sedimentos en la playa, demuestran que es recomendable realizar las siguientes obras:

a) Cambiar la descarga de arena de la draga móvil hacia el sur considerando que el transporte neto de la arena es en este sentido, y así se evita la recirculación del material que se tira al norte de la esco--

llera.

b) Reconstruir los espigones hasta su longitud original para evitar el paso de la arena y el agua caliente hacia el norte, cuando la incidencia del oleaje y las corrientes litorales sean del sur.

#### 7. REFERENCIAS.

- 1.- Dávila-Vega, P. y F. Muñoz-Del Río, 1982. Estudio oceanográfico en la C. T. "Tijuana", en Rosarito, B.C., en abril de 1981. C.F.E. (No publicado).
- 2.- Komar, P.D., 1976. Beach Proceses and Sedimentation, Prentice Hall, Inc., p. 168, 196.
- 3.- Macdonel, J.G. y José Torres Coto, 1962. Estudio de corrientes y agitación dentro de la obra de toma marina en la Planta Termoeléctrica de Rosarito, B.C., U.N.A.M., México. (No publicado).
- 4.- Muñoz-Del Río, F. y Pablo Dávila Vega, 1981. Estudio oceanográfico en la C. T. "Tijuana", en Rosarito, en octubre de 1980. C.F.E. (No publicado).
- 5.- U.S. Coastal Engineering Research Center, 1977. Shore Proteccion Manual, 3a. ed., Fort Belvoir, Va. 3 vol.
- 6.- Wiegel, Robert L., 1964. Oceanographical Engineering, Prentice Hall, Inc., p. 180.