

RECORDATORIO DE DEVOLUCION

OK




"TRANSPORTE LITORAL EN GENERAL VILLAMIL (PLAYAS)"

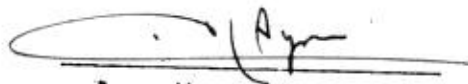
84



D-2968

84
066365


ENRIQUE SANCHEZ CUADROS
AUTOR


ING. HECTOR AYON J.
DIRECTOR DE TESIS

" El Patrimonio Intelectual de esta Tesis pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL ".

" La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta Tesis, corresponden exclusivamente a su Autor ".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la Escuela Superior Politécnica del Litoral en la especialidad de Oceanografía Física).

A MIS PADRES

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis agradecimientos a mi Director de Tesis, Ing. HECTOR AVON, por todos los consejos e indicaciones recibidas, así como por su sugerencia de investigar sobre el tema presentado en este trabajo.

Mis agradecimientos también a mis compañeros de Oceanografía de la ESPOL, Señores CIRO CORDERO, JOSE CHANG, CARLOS TAPIA, CARLOS ROJAS, ALFREDO SANCHEZ e IVAN SOLORZANO, así como al Lcdo. HUGO PEÑA, por su desinteresada ayuda en la realización del trabajo de campo. Al Sr. JULIO GARCIA por su colaboración en los análisis granulométricos de las muestras. Al Ing. Geólogo STALIN BENITEZ, vaya también mi sincero agradecimiento por su ayuda en el análisis mineralógico de las muestras, así como por sus útiles indicaciones. Igualmente al Geólogo VICENTE CORONEL, en lo referente, a los datos de sedimentación en el Estuario.

Agradezco también al Instituto Oceanográfico de la Armada por los datos meteorológicos suministrados de la estación de Playas.

Un especial reconocimiento a la valiosa ayuda prestada por mi Profesor, el Dr. ROBERT HOLDEN, durante la realización de este trabajo, y durante los últimos años de mi Carrera.

A la Srta. MARITZA RODRIGUEZ CAMBA, por el tipeado de esta Tesis.

.../...

Este trabajo no hubiera sido posible realizar sin la valiosa y siempre dispuesta ayuda del Ing. CRISTOBAL MARISCAL, Director del Departamento de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar de la ESPOL, quien apoyó en todo momento la realización de esta investigación.

Finalmente, deseo agradecer a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA-DEL LITORAL, por haber financiado íntegramente la realización de este Proyecto, y por haber permitido introducirme en el aún poco conocido campo de las Ciencias del Mar.

I N D I C E

Página

1.	INTRODUCCION	
1.1	Objetivo y justificación	1
1.2	Antecedentes	2
1.3	Generalidades del área de estudio	6
1.-3.1	Localización	6
1.-3.2	Aspectos Geológicos	6
	a.-Descripción de costas	6
	b.-Material de las playas	7
1.-3.3	Condiciones Oceanográficas	9
1.-3.4	Corriente litoral	12
1.-3.5	Transporte litoral	13
	a.-Análisis Hidrodinámico	13
	b.-Desplazamiento del material de la playa.	13
2.	METODOLOGIA	
2.-1	Exposición de métodos	21
2.-2	Metodología adoptada	22
2.-2.1	Análisis previos	24
2.-2.2	Colección de Datos	25
	a.-Nivelación de la playa	25
	b.-Cuadrículado del área de estudio	26
	c.-Instrumental	26
2.-2.3	Análisis de datos	28
2.-2.4	Procesamiento de datos	36
3.	RESULTADOS	
3.-1	Dirección del Movimiento	38
3.-1.1	Dirección del Movimiento de la co- rriente.	38
3.-1.2	Dirección del Movimiento del mate- rial de la playa.	40

.../..

3.-2	Sedimentos en suspensión	42
3.-3	Carga de fondo	44
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46

FIGURAS:

1	Factores ambientales	48
2	Localización del área estudiada	49
3	Mapa ampliado de la zona de estudio	50
4	Sedimentos superficiales del Golfo de Guayaquil.	51
5	Perfil P1	52
	Perfil P2	52
	Perfil P3	53
	Perfil P4	53
6	Esquema estructura de protección	54
7	Representación de métodos equivalentes	55
8	Relación profundidad de rompiente-altura	56
9	Relación entre Q y E_a	57
10	Relación entre Transporte Litoral y Componente Litoral.	57
11	Límite máximo del Transporte Litoral	58

APENDICES:

(1a)	59
(1b)	60
(2)	61
(3)	62
(4)	64
(5)	65
(6)	66
(7)	67
(8)	70

i.i.i.

(9)

71

(10)

73

5. REFERENCIAS

75

RESUMEN

Se realizaron mediciones simultáneas de parámetros de olas, corrientes y sedimentos en suspensión en la zona de surf, durante aproximadamente ocho horas, en un sector de playa de 750 metros de longitud, en el balneario de General Villamil (Playas). Además se tomaron muestras de sedimentos superficiales en las líneas de alta y baja marea en cinco lugares distintos del sector estudiado. Se determinó el transporte litoral de ese día (17 de Diciembre de 1977) a base de 2 métodos: medición *in situ* de las concentraciones de carga suspendida y aproximaciones matemáticas de los parámetros de olas y de la playa. Los resultados indican que el volumen del transporte litoral de sedimentos está entre 1000 y 2000 yardas cúbicas por día. De esta cantidad la carga suspendida representa un máximo de 20 por ciento del volumen total transportado. Los resultados de los análisis granulométricos de las muestras superficiales así como de las mediciones de corriente litoral parecen indicar la existencia de zonas de depositación y de erosión del área a la izquierda y derecha del espigón presente en la zona estudiada. El viento predominante en la zona estudiada viene del suroeste, lo que produce un transporte de las arenas secas de la alta playa, las cuales son las que alimentan las dunas que existen en toda la parte recta de la playa rumbo a Data. Los análisis de minerales pesados demuestran un porcentaje relativamente alto (20 a 25%) de minerales pesados de las arenas de ciertos lugares del sector de playa estudiada.

1. INTRODUCCION

1.-1 Objetivos y justificación

El rápido desarrollo que han experimentado los Balnearios y centros turísticos de la costa ecuatoriana, en especial los de la Península de Sta. Elena, ha traído como consecuencia el establecimiento de edificaciones cada vez más cercanas del mar. Siendo la Ingeniería de Costas un campo relativamente ~~esoto~~ corto en el ámbito científico, y mucho más en el Ecuador, se ha realizado este trabajo en un tema desarrollado por primera vez en el país. Para esto se escogió el balneario de General Villamil (Playas), el cual presentaba ciertas características importantes en relación al tema estudiado. La morfología de la playa, y la de los lugares adyacentes a ella, así como la presencia de una estructura típica de Ingeniería Costera, como es el espigón ("groin") de esa playa, hacía que la investigación a desarrollarse fuera algo más compleja.

El propósito de este trabajo es pues estudiar los procesos litorales que influyen en el sector de 750 mts. de playa estudiado, en especial el transporte litoral, así como el efecto de la estructura de protección de ese sector de playa sobre la misma.

En la Fig. (1), se muestran los factores ambientales que afectan a una playa, y puede notarse que la gran cantidad de factores que la afectan, producto de las principales fuerzas oceanográficas y meteorológicas, ha obligado a un cuidadoso análisis de los datos obtenidos en esta investigación, para obtener así resultados y conclusiones que puedan servir en el futuro para el buen manejo y protección de esta playa.

1.2 ANTECEDENTES

Generalidades

- En la actualidad existen muchos métodos por los cuales se puede determinar el transporte litoral. Hasta ahora el método más ampliamente utilizado por científicos e ingenieros, es el de aproximaciones matemáticas a base de parámetros de olas y de la playa. Este método está basado en las relaciones que se han establecido al computar el flujo de energía de las olas en el sentido longitudinal o paralelo a la playa, que es además función de ciertos parámetros de la playa, con respecto a mediciones directas de la cantidad de transporte de sedimentos. De esta interrelación resultan una serie de fórmulas empíricas. Entre los investigadores que han usado este método están Savage (1962), Komar e Inman (1970), Das (1972), y otros. Un segundo método es el de los trazadores, los cuales pueden ser naturales y artificiales. Este método no fue posible aplicarlo en este estudio debido a la gran dificultad de conseguir los productos químicos necesarios para preparar los granos ya usados como trazadores. Entre los investigadores que han usado este método están Zenkovitch (1960), Ingle (1966), Teleki (1966) y otros.

Un tercer método para estimar la dirección y volumen de transporte litoral, es a base de una estructura natural o artificial que haya atrapado al mismo. En ambos casos es absolutamente necesario que aquella estructura penetre al océano hasta una profundidad tal que detenga en su casi totalidad a la deriva litoral. Un rompeolas artificial que penetre bien atrás de la zona de surf podría servir para este método. Un "groin" difícilmente lo haría pues está considerado como una estructura de retención parcial del sedimento. Entre los investigadores que han usado este método están Trask (1955), Bruun (1953), Johnson y Eagleson (1966) y otros.

Un cuarto método es el del uso de cartas consecutivas de sondaje del área en estudio, pero este es un método muy laborioso y depende principalmente de la precisión con que fue realizado el sondaje. Entre los investigadores que han usado este método están Saville y Caldwell (1953), Dietz (1963), y otros.

➤ Un quinto método, y quizás uno de los más antiguos es el de las mediciones directas de la concentración del sedimento en la zona de surf. Una derivación del mismo método es el del uso de trampas de sedimentos colocadas en la zona de transporte. Entre los investigadores que han usado este método están Watts (1953), Cunningham (1974) entre otros.

Cada uno de estos métodos posee una validez relativa, son basados en parámetros estadísticos, lo que implica la necesidad de un gran volumen de datos, para tener una mayor confiabilidad en los resultados.

En este trabajo, por las circunstancias que rodeaban a la realización del mismo, se han usado el primero y el quinto de los métodos mencionados. El método de los trazadores, ha sido aplicado con éxito en proyectos importantes como en los estudios de construcción del Puerto de Aguas Profundas de Buenos Aires (Lanfredi, 1977), y parecía el más indicado para nuestro estudio por ser precisamente un estudio a corto plazo, pero la gran dificultad en encontrar en el país las sustancias necesarias y apropiadas, nos obligó a postergarlo para alguna otra investigación. Sin embargo vale citar que se realizaron algunas pruebas con antraceno como tinte, mezclado con silicón como pegamento, los cuales fueron aplicados al sedimento en la forma que se recomienda en el trabajo de Teleki (1966), pero al querer observar, al microscopio, el grano ya pintado con el tinte fluorescente, se notó que no presentaba la fluorescencia necesaria como para seguir utilizándolo. La causa más probable de esto podría ser la rápida oxidación del colorante. Sin embargo la Rodamina B con Formaldehído úrico (de difícil obtención en el país) podrían ser los productos más adecuados, debido a su bajo precio y resistencia a la oxidación.

El tercer método no fue posible utilizarlo en nuestro estudio debido a que la estructura de protección del lugar (groin), es solo una estructura de retención parcial del sedimento, pues no penetra totalmente a la zona de surf.

En cuanto al método del uso de cartas sondajes, fue descartado de ante mano, pues no se han realizado sondajes prolijos en el área estudiada. Inclusive la no existencia de una carta de sondaje hasta aguas profundas, confiable, impidió el trazar diagramas de refracción para la zona. La única carta batimétrica que abarca toda la plataforma continental es la presentada por Benítez en su Tesis (1975), pero fue hecha a base de datos de diversas fuentes, la cual por tanto, es valedera para estudios donde no se precise mucha exactitud. Sin embargo la asunción de tomar beriles batimétricos paralelos a la costa sería una aproximación bastante buena debido a la topografía regular de la plataforma del Golfo de Guayaquil.

El trabajo de Rodolfo Cruz (1974) tampoco considera una batimetría precisa del Golfo de Guayaquil.

ESTUDIOS PREVIOS

Las playas de la Península de Sta. Elena, así como la de todo el país han sido muy poco estudiadas. Los procesos sedimentarios en la zona han sido estudiados por unos pocos investigadores, pero el transporte litoral no. Los aspectos netamente geológicos de la zona del Golfo de Guayaquil han sido estudiados en forma amplia, especialmente las principales características estratigráficas, con el fin de utilizarlos en la explotación petrolera de la región.

Murray, Conlon, Siripong y Santoro realizaron en 1970 un estudio sobre la distribución de salinidad y la circulación en el estuario del río Guayas. Frente a Playas realizaron mediciones de corrientes, y en Data y cerca de Engabao (18 Kmts al noroeste de Playas) tomaron lecturas de marea. Cruz (1974) determinó la carga sedimentaria arrojada por el río y la relación con datos de marea, velocidad de la corriente, etc. La mayor información que se ha podido obtener es de los trabajos de Benítez (1975) sobre la morfología y sedimentos de la plataforma continental del Golfo de Guayaquil. En esta tesis, se han tomado como guía los resultados logrados en ese estudio especialmente en el aspecto de relacionar las arenas de la zona de nuestro estudio con los sedimen-

tos arrojados por el río y encontrados en la plataforma continental especialmente en la zona cercana a la playa.

Existe además otro estudio hidrográfico hecho por Stevenson-Pesán - tes y Santoro, realizado en 1970, en el cual se midieron corrientes a varios niveles, así como otros parámetros físicos.

La más reciente investigación en el Golfo de Guayaquil fue la que se realizó en el buque "Eastward" de la Universidad de Duke, en 1976. Rowe presentó en 1977 los resultados de los análisis de los ciclos de nitrógeno y carbono de los sedimentos de plataforma estudiados en aquella investigación. En el Canal del Morro se han realizado así mismo 2 trabajos de investigación (por contrato) por parte del Instituto Oceanográfico de la Armada. Los resultados de aquellas investigaciones han sido difíciles de obtener, y las referencias que se hacen sobre ellos en esta Tesis son del tipo de "comunicación personal".

Más, quizás ninguno de estos estudios ha relacionado los procesos sedimentarios que ocurren, con los aspectos oceanográficos que son los factores dinámicos que producen el movimiento del sedimento.

1.3 GENERALIDADES DEL AREA DE ESTUDIO

1.-3.1 Localización

General Villamil (Playas) está localizado a 98 Km al Suroeste de Guayaquil (ver Fig. 2). Es un centro pesquero (pesca artesanal) de la región. El sector de playa estudiado tiene una longitud de 750 m, se encuentra en la curvatura de lo que constituye la "Bahía de Playas", aproximadamente a los $02^{\circ}39'$ Sur, $080^{\circ}23'$ Oeste. En realidad el sector estudiado presenta dos ambientes distintos debido a la presencia de una estructura de protección (groin), de 75 m de longitud, en forma de L invertida, que penetra parcialmente a la zona de surf. El ataque de las olas ocurre siempre con una cierta inclinación respecto a la línea de playa del sector estudiado. Esto produce como resultado la presencia de fuertes corrientes litorales, siempre hacia la izquierda de un observador que se encuentre mirando de frente hacia al mar. (Ver Fig. 6). El tipo de marea es semidiurna, con un rango aproximado de 2 metros.

1.-3.2 Aspectos Geológicos

a.- Descripción de costas

Aunque en general la línea de costa entre la Puntilla de Santa Elena y la Punta del Morro (cerca a Posorja) tiene una orientación Noroeste-Sureste, el sector de playa estudiado tiene un alineamiento de 47° con respecto al Norte.

El tipo de costa del sector estudiado corresponde al tipo B de la clasificación de Ottman (1963), es decir con playas al pie de los acantilados, donde predomina la erosión marina. Pero ya casi en la estación P4 se puede decir que el tipo de costa cambia. Desde ese punto hacia el Sureste, en dirección a Data y Posorja la costa se vuelve del tipo E de Ottman, es decir una costa baja con playas arenosas, de acreción.

Atendiendo a la clasificación de Sheppard (1973), se puede decir que en general las playas del lugar y de los sectores cercanos son del tipo de costas secundarias, es decir aquellas que han sido el producto de la erosión y depositación marina.

La Geología de los sectores rocosos indica que existen areniscas, arcillas y conglomerados endurecidos. Los clastos contienen grandes cantidades de material arcilloso; son pobremente sorteados, subangulares; cementados con sílice. La porosidad y la permeabilidad de las rocas son bajas. Afloran especialmente en las salientes rocosas de las playas - (Dirección General de Geología, hoja Geológica de Playas, escala 1:100.000).

b.- Material de las playas

El material de la playa en la zona estudiada corresponde al de arenas finas de entre 0.13 a 0.20 mm, moderadamente sorteadas, platicúrticas en su gran mayoría. Para la clasificación del suelo, en esta tesis se ha usado la clasificación de la Unified Soil Classification (USC) en la que las arenas finas están comprendidas entre 0.42 mm (tamiz No. 10 de la U.S. Standard Sieve Size) y 0.074 mm (tamiz No. 200). De todas formas estas arenas corresponden a las arenas finas de la escala de Wentworth o sea entre 2 ϕ y 3 ϕ .

Los parámetros granulométricos que se han determinado en este trabajo son: el diámetro promedio (en mm y en unidades ϕ), la desviación estandar inclusiva, asimetría inclusiva y la kurtosis.

Las fórmulas utilizadas para los parámetros granulométricos han sido las de Folk y Ward:

M_z = Diámetro promedio (gráfico)

σ_i = Desviación standard inclusiva (gráfica)

K_i = Asimetría inclusiva (gráfica)

K_g = Curtosis (gráfica)

$$M_z = \frac{16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$$

$$\sigma_i = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6.6}$$

$$K_i = \frac{\phi 16 + \phi 84 - 2 \phi 50}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 95 - 2 \phi 50}{2(\phi 95 - \phi 5)}$$

$$K_g = \frac{\phi 95 - \phi 5}{2.44 (\phi 75 - \phi 25)}$$

A pesar que el material de la playa estudiada es arena fina, existen hacia la derecha (mirando hacia el mar) de la estructura de protección y a lo largo de todas las playas inundadas, en la alta marea, que se encuentran al pie de los acantilados que existen al Suroeste de la estructura, (ver Fig. 3), gran cantidad de rodados de aproximadamente 5 a 20 cm de diámetro, que han sido el producto de la erosión de las formaciones rocosas que abundan entre Playas y Punta Chapolla. Sin embargo, estos rodados son detenidos en su avance probablemente, en parte, por la poca energía de las olas que llegan al lugar donde está la estructura, comparada con lo que existe, en las salientes rocosas del Suroeste del sector de playa estudiado, así como a la pendiente lateral (en el sentido longitudinal de la playa) que existe debido a la acumulación de arena del lado de ataque de la ola, o sea al lado derecho de la estructura.

En cuanto a su composición se encontró que las arenas del lugar estudiado están compuestas principalmente de cuarzo y poco feldespato, aunque, dependiendo del lugar, son ricas en minerales pesados (ver Apéndice 6, los cuales llegan a constituir el 25% o más del material de la playa. Existe también aunque en menor porcentaje (4 a 5%), carbonatos de calcio como restos esqueléticos de moluscos (conchillas fragmentadas).

1.-3.3 Condiciones Oceanográficas

Existen dos factores dinámicos dominantes que afectan directamente a la playa estudiada que son el Viento y las Olas. Los datos recogidos de la estación metereológica de Playas (Apéndice 2) del Instituto Oceanográfico de la Armada entre 1963 y 1971 indican que los vientos predominantes son los del suroeste, y en menor proporción los del este y los del norte. Estos vientos del suroeste son los alisios del sudeste que soplan con mayor intensidad en el invierno del hemisferio sur, entre los meses de Junio a Noviembre, los cuales se deflexionan en las salientes del Norte Peruano para arribar a las costas de la Península de Sta. Elena por el Suroeste. Los datos de campo (Apéndice 1b) concuerdan con los registrados por la estación metereológica de Playas en cuanto a la dirección, más no así en la velocidad; esto es debido a que los datos del Apéndice(2) son los promedios mensuales, a tres horas distintas (0700, 1300, 1900), mientras que los datos registrados en este estudio son datos de velocidad del viento para una determinada hora del día, es decir datos de velocidad instantánea y no promedio como los de la estación metereológica.

Según el Apéndice (2), para el mes de Diciembre que es el mes en que se realizó este estudio, los vientos predominantes son los del suroeste, y soplan con mayor intensidad a las 1300 con una fuerza promedio de 4.3 m/s.

Los datos de campo registrados en este estudio indican, que el viento sopla con mayor intensidad aproximadamente a la misma hora, pero con una fuerza de 12 m/s. La diferencia ya ha sido explicada.

El ambiente de olas ("wave climate") predominante en el área estudiada, y en general en la costa ecuatoriana, es el de mar de leva ("swell") con largos períodos. Estas olas que llegan a las playas del sector, han sido generadas por tormentas lejanas del Pacífico Sur y Central probablemente, y alcanzan períodos de 15 segundos y más.

A pesar de ser quizás el principal factor que afecta a las playas, aún en el Ecuador no se ha realizado ningún estudio sobre las características de las olas en agua profunda. La Inter American Tropical Tuna Commission en unión del Instituto Nacional de Pesca (INP), realizó entre 1962 a 1964 una serie de observaciones de parámetros oceanográficos en el Golfo de Guayaquil, pero sólo registró observaciones visuales de la dirección del oleaje. El Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) también realizó durante sus primeros Cruceros Oceanográficos, observaciones visuales de oleaje en alta mar. El único estudio confiable que se ha realizado en el país sobre olas, es el que hizo INOCAR en Esmeraldas (1976), en los estudios oceanográficos para la construcción del Terminal Petrolero de Balao, pero estos datos no han podido ser utilizados en este estudio por ser de una zona muy lejana al área estudiada.

Davies (1964) en su trabajo "A morphogenic approach to world Shorelines" ha propuesto una clasificación de las costas en base al ambiente de olas predominante en la zona.

La costa ecuatoriana en general, aparece en su trabajo, clasificada como un ambiente donde predomina el mar de leva del suroeste ("southwesterly swell"), con períodos de 14 a 20 segundos. Las aseveraciones de Davies concuerdan muy bien con los datos de período de olas observadas, por este autor, en distintos lugares de la Península de Sta. Elena y de la provincia de Manabí. Esta dirección predominante del suroeste de las olas, explica el por qué las playas de entre la Puntilla de Sta. Elena y Punta del Morro son sometidas a oleajes mayores que las de Salinas, por ejemplo, que se encuentra protegida por la Puntilla de Sta. Elena de olas que provengan de esa dirección. Esto es comprobado aún más por los fuertes oleajes ocurridos el 12 de Enero de 1978 en las playas ecuatorianas, a excepción de las de la Península de Sta. Elena, entre la Puntilla y Punta del Morro, en las que olas que venían de una dirección no acostumbrada (290°) y con un período de 18 seg., viajando durante 120 horas (según los datos observados por Satélite por el ITIC y enviados al Instituto Oceanográfico de la Armada), alcanzaron a las playas ecuatorianas, produciendo enormes daños en lugares como Salinas,

Manta, Bajoalto (Provincia de El Oro). Las playas entre la Puntilla de Sta. Elena y Punta del Morro (incluida la de la zona estudiada) no sufrieron el impacto de este oleaje debido a que estaban protegidas por la Puntilla de Sta. Elena. En realidad aquel fue un caso crítico, digno de tomarse en cuenta para futuros estudios en aquellas zonas, debido a que aquel día, aparte del oleaje de una dirección no acostumbrada, ocurría también la marea de sicigia, rompiendo por tanto las olas más cerca de la playa. Los períodos registrados por este autor para el día siguiente al de la llegada de las olas de aquella tormenta, en el área estudiada, son del orden de los 18 segundos, con alturas de rompiente, de 1 a 1.5 metros, que son normales para aquellos días, según el decir de los habitantes de la zona, quienes coincidieron en afirmar que el día 12, no se habían registrados grandes oleajes como había ocurrido en Salinas y otros sitios ya mencionados. Lo único, que se había registrado es la subida normal del nivel medio del mar debido a la marea de sicigia.

Existen además otros factores que afectan, aunque indirectamente a la zona estudiada. En primer lugar las corrientes de marea y en segundo, las corrientes de densidad.

Murray, Conlon, Siripong y Santoro (1975), a base de mediciones de velocidad hechas con correntómetros a unas 3 millas frente a las costas de Playas encontraron que existe una deriva neta en dirección oeste-noroeste de aproximadamente 11 cm/s para el mes de Noviembre, en que fueron realizadas esas mediciones. Stevenson, Pesantes y Santoro (1973) realizaron mediciones de velocidad, con correntómetros, y encontraron que a unas 8 millas frente a las costas de Chanduy, existía una deriva hacia el noroeste, con mayores velocidades en el fondo, llegando a tener hasta 23 cm/seg a 20 mts de profundidad, para el mes de Julio en que fue realizada aquella investigación.

Benitez (1975) relacionando la presencia de glauconita en los sedimentos del estuario del Guayas y en los de la plataforma frente a Playas y Chanduy, concluye que las aguas que salen por el Canal del Morro y el

de Jambell son empujadas en dirección norte y noroeste. Comenta además que existen fuertes corrientes de fondo de dirección norte y noroeste - que predomina a profundidades mayores de 40 m.

Una mayor explicación de esto se verá en el numeral 3.-1

1.-3.4 Corriente Litoral

Las corrientes litorales han sido reconocidas como el principal agente - formador y destructor de playas. Las corrientes litorales fluyen paralelas a la playa y están restringidas principalmente en la zona de surf, es decir entre la rompiente más lejana y la línea de agua. Su formación es debida al ángulo con que se aproximan las olas a la playa, por tanto es - éste el factor principal que influye en la dirección y magnitud de la corriente litoral. La velocidad de la corriente litoral varía tanto a lo largo como a lo ancho de la zona de surf. Así mismo, la presencia de un obstáculo, tal como un "groin", que penetre en la zona de surf, provoca una desaceleración de la corriente al llegar a la estructura, y una aceleración una vez que se va alejando de ella (Shore Protection Manual - Vol. I, 1975).

Se han intentado así mismo llegar a aproximaciones matemáticas que permitan predecir la velocidad de la corriente litoral. Numerosos son los investigadores que han trabajado en esto (Brunn 1963, Galvin 1963, Inman y Komar 1970, Longuett-Higgins 1970, etc.).

En este estudio se han encontrado velocidades de corriente litoral de - hasta 0.47 m/s con ángulos de rompiente de hasta 15°, dirigidas siempre hacia la izquierda. En realidad, parece ser que esta no es la situación máxima, ya que en observaciones realizadas por el autor en otras épocas, se encontró que el ángulo con que rompen las olas es mayor, pudiendo tener hasta 45°o más para la estación P1, resultando por tanto, en corrientes litorales de mayor magnitud, dirigidas como siempre hacia la izquierda.

1.-3.5 Transporte Litoral

a.-Análisis Hidrodinámico

Transporte litoral es el movimiento de material sedimentario en la zona litoral debido a la acción de olas y corrientes. La zona litoral, de acuerdo a la clasificación del Shore Protection Manual (1975) está comprendida entre justo atrás de la rompiente más lejana, y la línea de playa.

El transporte litoral está clasificado en: Transporte hacia mar adentro ("onshore-offshore transport") y Transporte litoral propiamente dicho ("long shore transport"). El transporte hacia mar adentro tiene una dirección neta promedio perpendicular a la playa, en cambio el transporte litoral propiamente dicho o "long shore transport" tiene una dirección neta paralela a la playa. Fuera de la zona de surf, es decir de la rompiente más lejana hacia mar adentro ("offshore zone"), el transporte hacia mar adentro es usualmente el más significativo, excepto en regiones de fuertes corrientes de marea, pero en la zona de surf tanto el transporte hacia mar adentro como el transporte a lo largo de la playa son importantes.

b.-Desplazamiento del material de la playa

El transporte litoral ocurre de dos formas: Transporte de carga de fondo ("bed load transport") y Transporte de carga suspendida ("suspended-load transport"). El transporte de carga de fondo es el movimiento de los granos del sedimento rodando sobre el fondo debido al esfuerzo producido por el agua moviéndose sobre el fondo. El transporte de carga suspendida es el transporte de los granos del sedimento debido a la acción de las corrientes después que éstos han sido levantados del fondo por la turbulencia. Ambas formas de transporte están presentes usualmente, pero es difícil distinguir donde termina la carga de fondo y donde comienza la carga suspendida. Es más fácil por tanto identificar dos zonas de transporte basadas en la clase de movimiento del fluido que inicia el movimiento del sedimento: la zona de mar adentro o de fuera de la rompiente ("offshore zone") donde el transporte es iniciado por el movimiento inducido por las olas sobre los "ripples" (ondulas sobre el fondo marino de longitud de onda menor a 30 cm y alturas menores

a 3 cm), y la zona de surf donde el transporte es iniciado por la rompiente que pasa. En general, el transporte neto de sedimentos es el producto de dos procesos: el movimiento periódico del fluido inducido por las olas que es el que inicia el movimiento del sedimento, y la corriente superimpuesta (corriente litoral en el caso de la zona de surf, o la corriente de transporte de masa producida por las olas, si es que no existe otro factor, en la zona de atrás del surf) que transporta al sedimento puesto en movimiento.

Existe una profundidad en la que las olas pueden iniciar el movimiento de sedimentos del fondo. Esta profundidad es función del período y de la altura de las olas, y está dada en la relación:

$$\frac{u_x \cdot T}{H} = \frac{\pi}{\text{Senh} \frac{2\pi d}{L}}$$

en que u_x = Velocidad orbital de las olas a la profundidad d

T = Período de la ola

L = Longitud de onda

d = Profundidad a la que las olas pueden iniciar el movimiento del sedimento.

Komar y Miller (1975 a) han graficado esta velocidad orbital de las olas respecto al diámetro de grano del sedimento, para distintos períodos.

Es necesario aclarar la diferencia entre Transporte Litoral y Deriva Litoral ("Littoral drift"). La deriva litoral es el sedimento (usualmente arena) movido en la zona litoral por la acción de las olas y corrientes. La razón Q , a la cual esta deriva se mueve paralela a la playa, es lo que se llama Transporte litoral propiamente dicho ó Transporte litoral simplemente. Debido a que este movimiento es paralelo a la playa, entonces sólo hay dos posibles direcciones de movimiento, hacia la derecha o hacia la izquierda, relativas a un observador, parado en la playa,

mirando hacia el mar.

El transporte litoral bruto ("gross longshore transporte rate"), Q_g , es la suma de las cantidades de deriva litoral transportada hacia la derecha y hacia la izquierda, pasando por un punto de la playa en un determinado período de tiempo:

$$Q_g = Q_{rt} + Q_{lt}$$

Q_{rt} = Transporte hacia la derecha (right)

Q_{lt} = Transporte hacia la izquierda (left)

Así también, el transporte litoral neto, Q_n , ha sido definido como la diferencia entre las cantidades de deriva litoral transportadas hacia la derecha y hacia la izquierda, pasando por un punto de la playa en un determinado período de tiempo.

$$Q_n = Q_{rt} - Q_{lt}$$

En el área estudiada el transporte litoral se produce siempre hacia la izquierda, por tanto:

$$Q_g = - Q_{lt} = Q$$

Debido a la dificultad de medir directamente el transporte litoral, se han hecho aproximaciones matemáticas con el fin de predecir los valores de Q . En esta tesis se tomarán en cuenta dos métodos: el método del flujo de energía y el método empírico de predicción del transporte litoral bruto o de Galvín.

METODO DEL FLUJO DE ENERGIA

Este método está basado en la suposición de que el transporte litoral Q , depende de la componente litoral del flujo de energía en la zona de surf. La componente litoral del flujo de energía en la zona de surf ha sido aproximada asumiendo que existe conservación de la energía de -

las olas en aguas someras, usando además la teoría de las ondas de pequeña amplitud, para después evaluar el flujo energético en la rompiente.

El flujo de energía de una ola es la velocidad a la cual su energía es transmitida en la dirección de la propagación a través de un plano vertical perpendicular a su dirección de avance, extendida además en su profundidad.

La densidad de energía de una ola es la energía total promedio por unidad de área superficial y ha sido definida por Kinsman (1965) como:

$$\bar{E} = \frac{\rho g H^2}{8} \quad (1)$$

en que ρ es la densidad del agua, g es la aceleración de la gravedad y H es la altura de la ola.

El flujo de energía promedio por unidad de ancho de cresta a través de un plano perpendicular a la dirección de avance de la ola está dado por:

$$\bar{P} = \bar{E} \cdot C_g = \frac{\rho g}{8} H^2 C_g \quad (2)$$

en que \bar{P} es llamado frecuentemente la potencia de la ola.

Si la cresta de la ola hace un ángulo α con relación a la playa, el flujo de energía en su dirección de avance por unidad de longitud de playa será:

$$\bar{P} \cos \alpha = \frac{\rho g H^2}{8} C_g \cos \alpha \quad (3)$$

y la componente litoral será:

$$P_L = \bar{P} \cos \alpha \sin \alpha = \frac{\rho g}{8} H^2 C_g \cos \alpha \sin \alpha \quad (4)$$

como $\cos \alpha \sin \alpha = \frac{1}{2} \sin 2\alpha$

$$P_L = \frac{\rho g}{16} H^2 C_g \sin 2\alpha \quad (5)$$

La aproximación de P_L en la zona de surf se la ha denominado P_{Ls} .

$$P_{Ls} = \frac{\rho g}{16} H_b^2 C_g \text{ Sen } 2\alpha \quad (6)$$

Para llegar a una ecuación de P_{Ls} en términos sólo de H_b y α se han hecho algunas aproximaciones por parte de algunos investigadores. La principal aproximación que se ha hecho es en evaluar C_g y H en la zona de rompiente. Se ha acostumbrado a aproximar la velocidad de grupo por la velocidad de fase C en la rompiente. La velocidad de fase puede ser aproximada usando la teoría de olas de pequeña amplitud (o de Airy) o con la teoría de la onda solitaria.

Bruno e Hippakka (1973) usando la velocidad de fase de acuerdo a la teoría de Airy y la relación profundidad de rompiente-altura de rompiente con la teoría de la onda solitaria (Munk 1949) llegaron a una ecuación de la componente litoral del flujo de energía (o flujo de energía litoral) de la forma:

$$P_{Ls} = \frac{\sqrt{1.28}}{8} \rho g^{3/2} H_b^{5/2} \text{ Sen } \alpha \text{ Cos } \alpha \quad (7)$$

"Shore Protection Manual" (1975, Vol. I) usando la teoría de la onda solitaria para la velocidad de fase y haciendo algunas pequeñas aproximaciones, da:

$$a) \quad \bar{E} = (\rho g H_b^2) / 8 = \frac{2 \times 32.2}{8} H_b^2 \approx 8 H_b^2 \quad (8)$$

b) La velocidad de grupo es igual a la velocidad de la ola en la rompiente. La velocidad en la rompiente está dada por la teoría de la onda solitaria de acuerdo a la aproximación (Galvin, 1967, ecuación 11):

$$c_g = C \approx (2gH_b)^{1/2} = 8.02 (H_b)^{1/2} \quad (9)$$

Reemplazando las ecuaciones (8) y (9) en la (6) da:

$$P_{Ls} = 32.1 H_b^{5/2} \text{ Sen } 2\alpha \quad (10)$$

La ecuación (7) usada por Bruno e Hiipakka en sus cálculos puede reducirse a:

$$P_{ls} = \frac{\sqrt{1.28}}{16} \times 2.0 \times 32.2^{3/2} \times H_b^{5/2} \text{ Sen } 2\alpha$$

$$P_{ls} = 25.8 H_b^{5/2} \text{ Sen } 2\alpha \quad (11)$$

En que P_{ls} está dado en pié-lbs/seg/pié de frente de playa.

Aparentemente existe discrepancia en el significado de E_a . Para Bruno e Hiipakka el E_a que usan en sus cálculos está dado en las unidades arriba mencionadas, mientras que Das (1972) al igual que el Shore Protection Manual anotan que el E_a viene dado en pié-lbs por pié de playa por día.

Das (1972) ha preferido trabajar con el flujo de energía litoral por pié de playa por día (E_a), que está relacionado con P_{ls} por la ecuación:

$$E_a = (8.64 \times 10^4) P_{ls} \quad (12)$$

en que $8.64 \times 10^4 =$ segundos en un día

Vale anotar entonces que lo que Bruno e Hiipakka llaman E_a , corresponde al P_{ls} que se menciona en los trabajos de Das y en el Shore Protection Manual, y viene expresado en pié-lbs por pié por seg.

En este trabajo se seguirán las consideraciones de Das y del Shore Protection Manual al denominar E_a en pié-lbs por pié por día.

Das (1972), reuniendo la información de 6 estudios de laboratorio con 177 observaciones y de 4 estudios de campo con 25 observaciones determinó relaciones empíricas entre la velocidad de transporte litoral (Q) y el flujo de energía litoral (E_a), así como de la velocidad de transporte litoral del peso sumergido (I_p) y el flujo de energía litoral (E_a).

Las relaciones a las que llegó Das fueron:

$$Q = 1.93 \times 10^{-4} E_a \quad (13)$$

$$I_\ell = 0.35 E_a \quad (14)$$

en que Q está dado en yardas cúbicas por día, E_a en pie-lbs por día por pie de playa e I_ℓ en libras por día.

Las figuras (9) y (10) muestran los resultados de Das.

En la figura (9) se han graficado 3 curvas. Una de ellas es la propuesta por el CERC (Coastal Engineering Research Center-USA.) en su Technical Report No. 4(1966). La curva más representativa es la que cumple con la relación (13), ya que se han excluido los datos de observaciones realizados con materiales ligeros. Bruno e Hiipakka han usado esta última relación con resultados satisfactorios.

En la figura (10) se presentan también tres curvas. Una de ellas es propuesta con los datos de Inman y Frautschy (1966). La curva superior corresponde a los resultados de Komar (1969). Podría decirse que la relación entre I_ℓ y E_a está dada por:

$$I_\ell = K \cdot E_a$$

$$0.25 < K < 0.77$$

Shore Protection Manual (1975, Vol. II) en los cálculos para el diseño de una isla artificial en la boca de la Bahía de Delaware usa el valor de $K = 0.35$ que es el propuesto por Das (1972). Bruno e Hiipakka (1973) en su Programa de observaciones litorales en Michigan, usa el valor de $K = 0.25$ de acuerdo a Inman y Frautschy.

En este trabajo se usará la relación (14), es decir con $K = 0.35$.

METODO EMPIRICO DE PREDICCIÓN DEL TRANSPORTE LITORAL BRUTO

Debido a que el transporte litoral depende mayormente de la altura de rompiente, Galvín (1972) graficó los valores del transporte litoral de una serie de observaciones de campo de más de 1 año de duración versus la altura de rompiente promedio, para una misma localidad, y encontró que el transporte litoral Q estaba relacionado con la altura promedio de rompiente, de la forma: (ver Fig. 11).

$$Q = 2 \times 10^5 H_b^2 \quad (15)$$

en que Q viene dado en yardas cúbicas por año y H_b en pies.

En la ecuación (15), la altura de rompiente es la única variable independiente, y la explicación física que da Galvín es que las olas son el factor predominante en el transporte.

Esta fórmula, en nuestro estudio, ha sido tomada sólo como una guía para indicar el máximo transporte que podría ocurrir para una determinada altura promedio, de la zona estudiada, asumida.

2.- METODOLOGIA

2.-1 Exposición de métodos

El trabajo de campo fue realizado el día 17 de Diciembre de 1977. Se realizaron mediciones simultáneas de velocidad de la corriente litoral y sedimentos en suspensión en cada una de las cuatro estaciones mostradas en la Figura(6), aproximadamente cada dos horas, a partir de las 0845 hasta las 1645, pudiéndose de esa forma muestrear durante la alta y la baja marea. Además un observador tomaba lecturas de velocidad y dirección del viento, así como medía altura de rompiente, períodos de las olas y ángulos de rompiente. Se intentó además realizar observaciones de olas con ayuda de una regla instalada a la altura de la isóbata de 5 mts. (ver Fig. 3). Esta "regla de olas" consistía en una regla graduada cada 10 cmts apoyada sobre un pedazo de madera de balsa, y unida a él por un eje longitudinal, el cual al mismo tiempo estaba unido por un cable a un muerto que descansaba sobre el fondo. El sistema, es bueno, pues se leen las alturas de olas en base a la diferencia del valor tapado por la cresta, del valor tapado cuando pasa el seno de la misma ola. Los períodos, se pueden medir con este método, tomando un cronómetro y midiendo el tiempo que transcurre entre dos senos o dos crestas consecutivas. Este sistema falló, especialmente en la tarde, cuando el mar estaba agitado debido al viento local existente, debido a que la regla oscilaba en sentido vertical, ya que las sucesivas crestas de olas con períodos muy pequeños la sumergían casi totalmente, por tanto, debido a la falta de mayor boyantez de la madera utilizada como flotador, se optó por despreciar los datos medidos con aquel sistema.

En la baja marea de la tarde, se realizaron 4 perfiles, espaciados cada 100 mts, a excepción del P4 que distaba 450 mts del P3. Estos perfiles comenzaban en la línea de más alta marea para P2 y P4, en el muro de contención para P1 y P3. Estos muros de contención han sido construídos por los propietarios de las residencias de ese sector afectado, debido a la erosión de que ha sido objeto la playa. Finalmente, se recogieron dos muestras, una en la línea de alta marea y otra en la

de baja marea, en cada perfil, a la misma hora en que ellos fueron realizados.

2.-2 Metodología adoptada

El trabajo de campo fue realizado con la intervención de los estudiantes de Oceanografía de la ESPOL. Previamente se preparó en la oficina todo el equipo a utilizarse. Se proyectó muestrear todo el ciclo de marea del día 17, a partir de las 06:00 hasta las 18:00, pero debido a inconvenientes de última hora, se empezó el muestreo recién a las 0845. Se prepararon planillas estandarizadas (Apéndices 3 y 4), para facilitar el trabajo de los observadores. Un tipo de planilla (Apéndice 3) contenía los casilleros para anotar los datos de olas y viento que se medirían. El tipo de olas de rompiente está de acuerdo a la clasificación propuesta por el Shore Protection Manual (1975). El otro tipo de planilla (Apéndice 4) contenía los casilleros para anotar los datos referentes a la medición de corrientes litorales y del muestreo de sedimentos. Estas planillas fueron adaptadas de las utilizadas por Bruno y Hivakka (1973) en un Programa de Observaciones Litorales en Michigan, USA.

Al empezar el trabajo lo primero que se hizo fue ubicar las marcas donde iban a instalarse las cuatro estaciones (P1, P2, P3 y P4). De acuerdo a lo planificado, la estación P1 se fijó, a 200 mts, a la derecha de la estructura de protección (groin). P2 fue fijada 100 mts. a la derecha de la estructura, P3 a 100 mts, a la izquierda, de la estructura y P4 a 350 mts. a la izquierda de P1, o sea a 450 mts. de la estructura. La ubicación de P4 era debido a que se quería estudiar el "área de influencia" de la estructura, sobre la sedimentación en ese sector de playa. Una vez fijadas las marcas donde estarían las estaciones, empezó la recolección de datos. En cada estación trabajaban dos personas quienes tomaban primero las muestras de sedimentos en suspensión y después medían la velocidad de la corriente litoral. Para la observación de olas y viento fue necesario un solo observador. La velocidad y dirección de la corriente litoral fue medida con flotadores, los cuales con-

sistían en unas botellas de boca ancha, octogonales, de 12 centímetros de diámetro por 14 cmts. de largo, llenadas hasta 3/4 de su capacidad con agua dulce, lo cual hacía que las botellas se sumergieran casi en su totalidad, midiéndose de esa forma la velocidad promedio de los primeros diez centímetros de agua. Estas botellas (una para cada estación) eran arrojadas justo después que la ola rompía, a una distancia más cercana a la rompiente que de la playa, y se anotaba la distancia recorrida por ellas en un tiempo de tres minutos medido con un cronómetro. Sin embargo, en algunas ocasiones fue necesario repetir la medición, debido a que eran arrojadas hacia la playa por el run-up (trepada de la última capa de agua a la playa) de la ola. La distancia que se anotaba era paralela a la playa, aunque el movimiento del flotador era en zig-zag, siempre había un avance lateral.

Las mediciones de sedimentos en suspensión se realizó con la ayuda de una botella del tipo Van Dorn, de 2 litros de capacidad, la cual era operada manualmente por dos observadores (a veces sólo uno era necesario), colocada horizontalmente, paralela a la playa. El observador se colocaba de tal manera de no obstaculizar el flujo de agua y de sedimentos a través de la botella. Esta era dejada por un momento en la posición anotada para que el flujo se normalizara una vez que había sido introducida en el agua, para después ser cerrada. Inmediatamente la muestra de agua era pasada a unas botellas de 1 litro de capacidad, numeradas convenientemente, que eran las mismas usadas para la medición de la corriente litoral, para ser finalmente almacenadas, una vez que su número de código era anotado en las planillas ya mencionadas. El muestreo estaba planificado de tal forma que se recogerían dos muestras de sedimentos, pero finalmente se optó por recoger sólo una en cada estación, cada dos horas aproximadamente.

Los perfiles fueron hechos en la baja marea de la tarde, con la ayuda de un nivel de mano y una regla graduada cada 5 cmts. Fueron empezados en la línea de más alta marea (P2 y P4) y en el muro de contención (P1 y P3), se tomaba una lectura cada dos metros de ancho de playa, en dirección perpendicular a ella, hasta cerca a la línea de rompientes.

En los perfiles 100 y 200 en cambio no se adoptó una separación constante de 2 mts, sino que la separación era variable, dependiendo de la configuración de la playa. Este método ha sido considerado como el más útil, y fue propuesto en 1961 por Emery, y ha sido utilizado con muy buenos resultados por Cunningham (1974), Aguilar (1977) y otros, debido a que solo precisa de dos personas, una regla de aproximadamente 1.5 mts., graduada cada 5 cms., un nivel de mano y un pedazo de piola graduado para medir las distancias de separación entre cada lectura.

Las muestras superficiales de la playa fueron tomadas en las líneas de alta y baja marea, en cada estación, y corresponden a la capa de los primeros diez centímetros desde la superficie. Se tomaron por tanto dos muestras en cada estación, y dos adicionales en el interior del área protegida por la estructura (ver Fig. 6), con el fin de poder compararlas con las de las zonas no protegidas.

La altura de olas fue estimada visualmente en metros, aproximando al decímetro más cercano, por un observador parado en la playa mirando de frente al mar y la altura que medía era la de la primera rompiente; además observaba el tipo de olas, las cuales consistieron siempre del tipo "spilling" ó "plunging" (ver Apéndice 1b). El ángulo de rompientes fue estimado en grados con la ayuda de una brújula, ya que previamente se había tomado la orientación del sector de playa estudiado; este parámetro es quizás el más difícil de medir, pero la labor del observador se facilitaba debido a la existencia de una pequeña torre sobre la estructura de protección, de aproximadamente 6 mts de altura, desde la cual se mejoraba la visión del ángulo de rompiente. La velocidad y dirección del viento fueron medidas con la ayuda de un anemómetro manual.

2.-2.1 Análisis previos

Para la planificación del trabajo de campo, previamente se habían tomado muestras de arena superficial de la playa para tener una idea del tamaño de grano y composición mineralógica de la playa. Del análisis mineralógico, con ayuda del estereomicroscopio, realizado en el laborato-

rio de Mineralogía de la ESPOL por el Egresado de Geología Alberto Meneses, se determinó que la arena tomada en el lugar que después correspondió a la estación P2, en la línea de agua cerca de la bajamar, del día 9 de Enero de 1977 a las 14:30, tenía la siguiente composición: Cuarzo en abundancia (~80%), Magnetita - Ilmenita (= 10 %) y Halita (sal común) y pequeños fragmentos de conchas de moluscos, entre los principales componentes (muestra # 11, Apéndice 5). Su diámetro de grano era 0.13 mm (2.93 ϕ). El día 24 de Mayo del mismo año se tomó otra muestra en el mismo sitio, a las 12:45, y las características granulométricas de esta muestra se encuentran en el Apéndice [5], muestra # 12.

Además en los análisis previos se hacían estimaciones de las condiciones de oleaje y dirección de la corriente litoral, para de esta forma poder planificar mejor el trabajo final a desarrollarse.

Los análisis previos también incluyeron el posible uso de trazadores fluorescentes, pero como ya se escribió en el numeral 1.-2, esto no fue posible debido a la gran dificultad que existe en el país por conseguir los productos químicos adecuados, aparte de que las compañías de transporte aéreo se resisten a traer este tipo de productos, por ser estos fácilmente inflamables.

2.-2.2 Colección de datos

- a.- Nivelación de la playa .- La nivelación de la playa fue hecha tomando como referencia la línea de más alta marea; se asumió que una línea base que pasara por las cuatro estaciones estaba nivelada respecto a un plano horizontal que pasaba por los vértices de ella. En realidad, para un futuro estudio, de mayor duración, deben construirse un par de hitos de concreto que indiquen los vértices de una línea base no menor a 200 metros lineales de longitud; además que estos hitos deberán tener un testigo referencial de la cota de altura respecto a algún nivel, quizás respecto al nivel medio del mar.

- b.- Cuadrículado del área .- La separación entre cada una de las estaciones fue realizada con ayuda de una piola graduada en metros. Se clava-
ron estacas, una en cada estación, que hagan las veces de los hitos de-
referencia, pero estas estacas, a pesar de haber sido enterradas lo sufi-
ciente como para no ser removidas, sin embargo, durante el transcurso -
del estudio fueron sacadas, en un descuido de los observadores, por gen-
te del lugar. Afortunadamente quedaba la marca donde habían estado ente-
rradas y se pudo continuar el estudio sin mayores inconvenientes. La -
orientación de los perfiles fue siempre perpendicular a la playa.
- c.- Instrumental.- El instrumental usado en el trabajo de campo fue el si-
guiente:
- Botellas de tipo Van Dorn, de 2 litros de capacidad, de la Kahl Scien-
tific Instrument Corporation.
 - Cronómetros de mano marca Omega
 - Brújulas de mano
 - Botellas boconas octogonales (servirán después como flotadores y para
almacenar las muestras de agua con sedimentos).
 - Estacas (reglas) numeradas cada 5 cmt. de 1.5 mts. de altura, para la
realización de los perfiles.
 - Niveles de mano
 - Estacas de 1.8 mts. que servirán como hitos de referencia en cada una
de las estaciones.
 - Flexómetros y piolas graduadas cada diez metros
 - Una "regla de olas" graduada cada 5 cmts. con su respectivo muerto de
aproximadamente 60 lbs. de peso (en el aire), para las mediciones de-
olas en la isóbata de 5 mts., pero este método falló.
 - Un anemómetro de mano modelo No. 03AM120, de la Kahl Scientific Ins-
trument Corporation, para las mediciones de la velocidad y dirección-
del viento.

- Varios: binoculares, cartas (topográficas y batimétrica), cámara fotográfica, herramientas, etc.

2.-2.3 Análisis de datos

Las únicas mediciones que precisaron un trabajo analítico fueron las muestras *in situ* de sedimentos en suspensión. Estas muestras tuvieron que ser filtradas para determinar su concentración. El filtrado se realizó utilizando papel filtro Machery-Nagel 640 D de 11 cm. de diámetro, los cuales previamente habían sido secados y pesados en una balanza analítica, con una aproximación de 0.0001 g. Después del filtrado, estos papeles con el sedimento fueron secados y pesados en la misma balanza, obteniéndose así la concentración en gramos por litro. Esta labor fue realizada en el Instituto de Química de la ESPOL.

Los datos de la nivelación manual de la zona de surf fueron tomados para cada perfil. De la nivelación a mano en cada uno de los perfiles, se sacó la pendiente media de la playa, que después entraría en los cálculos del área transversal.

Las muestras de sedimento de la capa aproximada de los primeros diez centímetros, tomadas en cada estación, tanto en la línea de alta marea como en la de baja, más dos adicionales en el área protegida por la estructura (Fig. 6), fueron primeramente secadas a una temperatura de 105°C, para después ser utilizadas en el análisis granulométrico de cada una de ellas.

La granulometría de los sedimentos se realizó por tamizaje en seco, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la ESPOL. Los tamices utilizados fueron los Nos. 4, 10, 20, 40, 80, 100 y 200 de la clasificación de la "U.S. STANDARD SIEVE SIZE". Los resultados de la granulometría fueron graficados en papel semilogarítmico para obtener así las curvas acumulativas de cada una de las muestras. De estas curvas acumulativas se obtuvieron los parámetros granulométricos de Folk (1969).

Debido al interés que existía por relacionar las arenas de la región estudiada con las arrojadas por el río Guayas al Golfo de Guayaquil, así como la de los sectores cercanos al área en estudio se tomaron dos muestras de las arenas de Chanduy. Una de ellas la # 15 (Apéndice 5), fue

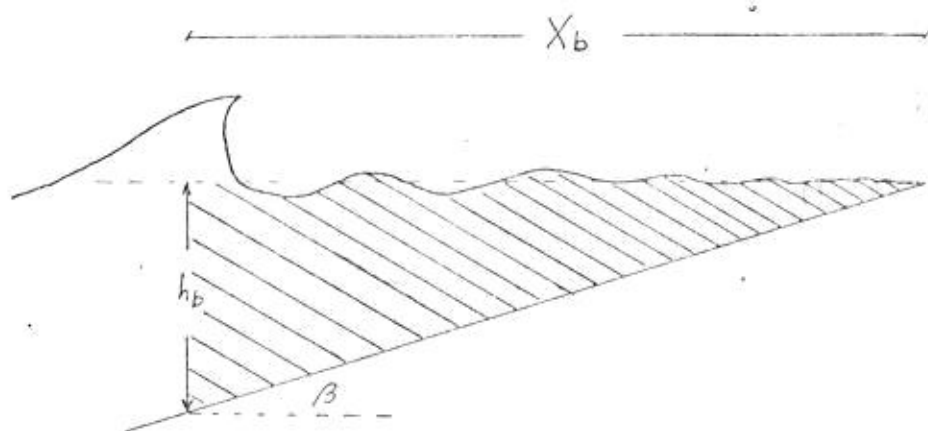
tomada 100 m a la izquierda del Estero de Chanduy, que en realidad no es un estero sino la desembocadura de dos ríos (Verde y Zapotal) de invierno, el día 17 de Enero de 1978, a las 17:30, en la línea de agua cuando recién empezaba a subir la marea. La otra muestra (#16 del Apéndice 5) fue tomada a la misma hora en la punta donde se encuentra el faro del Puerto de Chanduy, en la línea de agua.

Se determinó el contenido de minerales pesados y carbonato de calcio de dos muestras típicas de la zona estudiada (# 3 y # 7); una de cada lado de la estructura. Además se realizó el mismo análisis a la muestra (#16) tomada en la punta del Puerto de Chanduy con propósitos de compararlas posteriormente. El porcentaje de minerales pesados y de ilmenita-magnetita y el contenido de carbonato de calcio de las muestras fue determinado con el método propuesto por Morin (1973).

Así también, se determinó la gravedad específica de una de las muestras de la zona estudiada (# 007), y de la del Puerto Chanduy (# 16) con fines comparativos. La determinación de la gravedad específica se realizó en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la ESPOL por medio del picnómetro o método de volumen constante, de acuerdo a la técnica que aconseja Taylor (1969). Se realizaron dos pruebas para cada muestra, se notó que la diferencia en los resultados de ambas no era mayor al 1%, así que se adoptó el promedio de las dos como el valor de la gravedad específica de esa muestra (Apéndice 6).

Para estimar el transporte litoral a base del método de las mediciones *in situ* de la concentración se siguió el siguiente tratamiento de datos:

Primeramente se calculó el área transversal en cada una de las estaciones. Para hacerlo se la aproximó a un triángulo de la forma siguiente - (Komar 1976):



En que los lados del triángulo son, X_b , el ancho de la zona de surf, y h_b , la profundidad de rompiente. Luego el área de la sección transversal es:

$$A = \frac{1}{2} X_b \cdot h_b = \frac{1}{2} \cdot \frac{h_b^2}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{h_b^2}{2m} \quad (16)$$

en que $m = \operatorname{tg} \beta =$ pendiente de la playa.

La profundidad de rompiente ha sido relacionada con la altura de rompiente de acuerdo a la teoría de la onda solitaria. Munk (1949) determinó que esta relación era de la forma:

$$\frac{db}{Hb} = 1.28 \quad \delta \quad \frac{Hb}{db} = 0.78 \quad (17)$$

Estudios experimentales realizados por algunos investigadores como Galvín (1969), permitieron establecer que la relación $\frac{Hb}{db}$ depende tanto de la pendiente de la playa como de la pendiente de la ola.

A fin de llegar a una expresión de $\frac{Hb}{db}$ en términos de la pendiente m de la playa y de la pendiente de la ola, $\frac{Hb}{T^2}$, Weggel (1972), a base de datos presentados en estudios realizados, en gran parte en tanques de olas, por otros autores como Iversen (1952), Galvín (1969), Weggel y Maxwell -

(1970), Reid y Bretschneider (1953), y otros, llegó a una expresión empírica en la que relacionó $\frac{H_b}{db}$ y $\frac{H_b}{T^2}$ para una pendiente de playa determinada. Esta expresión era de la forma:

$$\frac{H_b}{db} = b(m) - a(m) \cdot \frac{H_b}{T^2} \quad (18)$$

en la que $b(m)$ y $a(m)$ son funciones de la pendiente m de la playa:

$$a(m) = 1.36 (1 - e^{-19m}) \quad (19)$$

$$b(m) = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5m})} \quad (20)$$

Shore Protection Manual (1975, Vol. II) ha presentado la ecuación (18) en forma gráfica, para distintos valores de m (Fig. 8), así como relacionando $\frac{db}{H_b}$ versus $\frac{H_b}{gT^2}$.

Este gráfico ha sido usado en este trabajo para el cálculo de la profundidad de rompiente en las estaciones de muestreo, que después sería usada en el cálculo del área transversal de la zona de transporte litoral.

Una vez obtenidas las áreas transversales del transporte litoral para cada una de las veces que se realizó el muestreo, se determinó primero la descarga, multiplicando la velocidad a esa hora por el área transversal. Esta descarga hallada en metros cúbicos por segundo, fue multiplicada por 1.000 litros que tiene un metro cúbico, obteniéndose así litros por segundo. Este valor se lo multiplicó por la concentración a esa hora y dió el transporte en gramos por segundo. Este valor instantáneo se lo consideró representativo del transporte para todo el día, por tanto se lo multiplicó por 86400 segundos que tiene un día, para obtener así el transporte en gramos por día.

Este procedimiento, al cual se lo llamará "método simplificado", se lo siguió para todas las veces que se muestreó y se halló un valor promedio del transporte en el día en cada estación, al promediar cada uno de los valores en gramos por día hallados en cada ocasión de muestreo, para cada estación. Para poner estos valores en yardas cúbicas por día, se multiplicó el valor obtenido en gramos por segundo por el inverso de la densidad del sedimento ($\rho_s = 2.97 \text{ g/cm}^3$) obteniéndose así centímetros cúbicos por día. Este resultado se lo multiplicó a la vez por uno menos la porosidad promedio (47 %) de las arenas finas (Lee, 1919), que son las arenas de la zona estudiada, dividida para 100, para finalmente multiplicar este último resultado por 1.308×10^{-6} yardas cúbicas que tiene un centímetro cúbico, dando así el valor del volumen de sedimento transportado en un día. (Yardas cúbicas por día).

Debido a la existencia de ciertas dudas de la validez de este método se procedió a comparar los resultados hallados con el mismo, con aquellos hallados suponiendo:

- a) Promedios de velocidad, concentración y área para cada estación, realizando las mismas operaciones aritméticas del anterior, hasta llegar a un valor de yardas cúbicas por día para cada estación (método de los promedios), y
- b) Utilizando un "método de los tiempos equivalentes representativos".

Este último está basado en la suposición de que la concentración de carga suspendida de una muestra tiene un tiempo para la cual esa muestra "promedio" es representativa. Este "tiempo representativo" está en función de la diferencia de tiempo que exista entre la toma de una muestra y la siguiente. La Figura (7) muestra un diagrama donde están los tiempos representativos para cada muestra (expresada en sentido figurado por un punto negro). Supóngase el caso de la estación P3. El primer muestreo se realizó a las 0855 y el segundo a las 1045, significa que hay 1 hora 50 minutos (6600 segundos) de diferencia.

Se asume que la primera muestra es representativa hasta la mitad del tiempo entre ella y la de las 10:45, o sea sólo hasta 3300 segundos después que fue tomada. Si eso es así también valdría decir que es equivalente de los 3300 segundos anteriores a ser tomada. Por tanto, la muestra de las 0845 será representativa de 6600 segundos ($3300 + 3300$), que es su tiempo equivalente representativo. Entre la segunda muestra (10:45) y la tercera (13:00) existen 2 horas 15 minutos de diferencia (8100 segundos). La muestra de las 10:45 será por tanto representativa de los 3300 segundos anteriores a ella, que no "ocupó" la anterior más los 4050 segundos que le siguen, que es la mitad de los 8100 segundos ya mencionados. O sea el "tiempo equivalente representativo" de la muestra de las 10:45 es 7350 segundos ($3300 + 4050$), y así sucesivamente para todas las muestras.

Estos tiempos equivalentes representativos de cada una de las muestras entrarán en los cálculos del transporte litoral para cada estación. Un ejemplo del cálculo completo para la estación P3 se ha expuesto en el Apéndice (7).

Los resultados de estos 3 métodos de tratamiento de los datos de las mediciones *in situ*, constan en el Apéndice (8), y dan resultados similares. El método de los promedios es el que da resultados algo diferentes, especialmente para la estación P2. Esto es debido al par de valores (Apéndice 1a) altos de la concentración que se registraron, al mediodía y en las primeras horas de la tarde en aquella estación, que desvía el promedio hacia los valores altos. La existencia de grandes concentraciones de sedimento se debían a la presencia de corrientes de resaca en ó cerca a la estación P2, debidas a la interferencia del flujo de la corriente litoral, por parte de la estructura existente. En el Apéndice (8), el promedio del transporte en cada una de las 4 estaciones, va acompañado de su desviación standard, y se podrá notar que los resultados de los otros dos métodos caen dentro de su rango de confiabilidad.

En definitiva, se concluye que bastaría con medir una sola vez al día la concentración de la carga suspendida, velocidad de la corriente litoral y

área transversal (usando el valor de altura de rompiente y pendiente de la playa), como para poder estimar el transporte litoral de carga suspendida en el día. Esto, evidentemente, es válido para el sector de playa estudiado, para ese día que se realizó el estudio. En este trabajo se tomarán en cuenta los resultados del primer método, o sea del "método simplificado".

Estas tres formas de tratamiento de los datos de las mediciones in situ de la concentración han dado resultados parecidos. Los resultados del "método simplificado", que son los que han sido tomados en cuenta en este trabajo para posteriores conclusiones, han sido comparados con los resultados obtenidos con dos formas distintas de aproximación matemática al problema del transporte litoral. Estas aproximaciones son las denominadas "método del flujo de energía" y "método empírico de predicción del transporte litoral bruto".

Las características del viento durante el tiempo de muestreo, han sido tabuladas en el Apéndice (1b), donde la velocidad del viento ha sido dada en metros por segundo (m/s) y su dirección en grados. La altura de rompiente (H_b) ha sido expresada en metros y en pies. Esto es debido al desacuerdo que existe en el ambiente científico de estandarizar el sistema de unidades a usarse, que ha dificultado en cierta forma los cálculos realizados en este trabajo. El período de la ola, T , en la rompiente (promedio de once crestas correspondientes a 10 olas consecutivas) ha sido expresado en segundos (s), y el ángulo que forma la ola respecto a la playa (α_b) en el momento de romper, en grados.

Los datos de campo de las corrientes litorales y sedimentos en suspensión medidos han sido presentados en el Apéndice (1a). La velocidad de la corriente litoral observada está dada en metros por segundo (m/s), y su dirección hacia la izquierda (Izq.) o derecha, con respecto a un observador que se encuentre mirando de frente hacia el mar. Los sedimentos en suspensión han sido expresados en gramos por litro (g/l).

Los parámetros granulométricos de Folk han sido presentados en el Apéndice (5), donde las muestras # 1 a # 10 corresponden al muestreo del mismo día 17 de Diciembre de 1977 y el sitio de donde fueron colectadas, consta en la figura (6). Las muestras # 11, 12 y 13 fueron tomadas en la estación P2 en diversas épocas del año 1977 y de 1978. La # 11 fue tomada el día 9 de Enero de 1977, en la línea de agua, cerca a la línea de baja marea. La # 12 fue tomada el día 24 de Mayo de 1977 a las 12:45 en la línea de agua cerca de la línea de baja marea. La # 13 fue colectada el día 13 de Febrero de 1978, a las 14:00, en la línea de agua, también cerca a la línea de baja marea. Es decir, se tienen entonces 4 muestras de sedimentos de la playa, en distintas épocas del año, para un mismo sitio, que es la estación P2.

Las muestras # 15 y # 16 corresponden a la playa de Chanduy, aproximadamente a 100 m a la izquierda del estero, la primera, y a la playa de la punta del Puerto de Chanduy (junto al faro), del día 17 de Enero de 1978, a las 17:30, cerca a la línea de baja marea (arena negra).

En el Apéndice (6), se han presentado los porcentajes de minerales pesados y de carbonato de calcio, respecto a la muestra total, así como el de ilmenita-magnetita, de 2 muestras típicas (# 3 y # 7) del sector estudiado. Así también se analizó la muestra # 16 de Chanduy, y se calculó la gravedad específica de la muestra # 3 del sector estudiado y la # 16 de Chanduy.

En el Apéndice (8) se han colocado los resultados del transporte litoral por las 3 formas de tratamiento de los datos del método de las concentraciones *in situ*. El transporte litoral ha sido expresado en yardas cúbicas por día ($\text{yard}^3/\text{día}$).

Además en las Figuras (5 A, B, C, D), se han colocado los valores de la pendiente promedio m de los perfiles realizados en la playa estudiada. La exageración vertical que se ha presentado es X5 (1 metro del eje vertical = 5 metros del eje horizontal). Los perfiles en las estaciones P1 y P3 fueron comenzados en el muro de contención de esas zonas, pues no

existía berma. En las estaciones P2 y P3 si había berma, por tanto fueron comenzados en la línea de más alta marea.

Los resultados del uso del método de aproximaciones matemáticas constan en los Apéndices (9a) y (9b). En el Apéndice (9a) consta el procedimiento y resultado del uso de las aproximaciones matemáticas con el método del flujo de energía, y en el (9b) con el método empírico de predicción del transporte bruto. Una derivación del método del flujo de energía es el uso del peso sumergido del sedimento transportado, en el que entran, las características físicas del mismo, en juego, tal como la porosidad y la densidad. El procedimiento y el resultado del uso de este método ha sido presentado en el Apéndice (10).

Además en el Apéndice (2) constan los datos de vientos tomados por la estación meteorológica de Playas del Instituto Oceanográfico de la Armada entre 1963 y 1971. Estos datos han sido presentados en porcentajes de frecuencia al mes para las principales direcciones, a tres horas distintas del día (0700, 1300, 1900). La fuerza del viento ha sido expresada en metros por segundo (m/s).

2.-2.4 Procesamiento de datos

Todos los cálculos realizados en este trabajo han sido hechos en una calculadora TEXAS SR-56 programable. Para el cálculo de la pendiente media en cada uno de los perfiles, se programó la máquina para efectuar los cálculos por el método de mínimos cuadrados.

Así también, se calcularon los valores medio y su desviación standard de las muestras de las concentraciones in situ, para cada una de las estaciones, en el cálculo del transporte litoral por el método simplificado, y se los compararon con los resultados obtenidos con el método de los promedios, notándose resultados parecidos, así como con los obtenidos con el método de los tiempos equivalentes representativos.

Todos estos cálculos así como los de los parámetros granulométricos fueron realizados en la misma máquina. Los resultados de los mismos han sido presentados en los Apéndices mencionados en el numeral 2.-2.3.

3. RESULTADOS

3.-1 Dirección del movimiento

3.-1.1 Dirección del movimiento de la corriente

Es indudables que la morfología de la playa estudiada, así como la de los sectores a la derecha de ella, ha influido en la dirección del movimiento de la corriente litoral. La existencia de las salientes rocosas ("Headlands") que existen hasta Punta Chapolla, ha provocado la concentración de altas energías de olas. Estas se han concentrado en aquellas salientes, debido a fenómenos de refracción (convergencia). Al arribar entonces el oleaje con un ángulo bastante grande, respecto a las playas de la derecha del sector estudiado, se han producido fuertes corrientes litorales, siempre hacia la izquierda. Esto es debido a que es conocido que las olas tratan de alinearse perpendiculares a la playa, por tanto, debido a la orientación del sector de playa estudiado, el oleaje que viene del Suroeste aproximadamente, trata de colocarse perpendicular a ella, y solo lo consigue probablemente en el centro de la bahía o sea en la parte ya recta de la playa, es decir a la altura de la Escuela María Luisa de Sotomayor (Fig. 3). Al irse alineando la playa en sentido paralelo a las crestas de las olas de rompiente, disminuye la velocidad de la corriente litoral, disminuyendo así la erosionabilidad de la playa.

Por otro lado, el espigón (groin) de protección detiene en mucho, el avance de la corriente litoral. Esto está plenamente demostrado al examinar los valores de velocidad de la corriente litoral obtenidos en la estación P2. Las observaciones de Galvin y Eagleson (1965) concuerdan muy bien en este sentido al afirmar que la presencia de un obstáculo, como el espigón de la zona en estudio, que penetre en la zona de surf, provoca una disminución en el flujo de la corriente del lado que ésta se aproxima, pero que una vez que la corriente se aleja del obstáculo se vuelve a acelerar hasta alcanzan su pleno desarrollo. Revisando los valores medidos de la velocidad de corriente litoral se ha observado que las mayores velocidades se encuentran en la estación P1, es decir del lado de donde viene la co

riente. En el perfil P2 se desacelera por la presencia del espigón ; además por la existencia de corrientes de resaca, inducidas por la misma estructura. En la estación P3 se vuelve a acelerar la corriente , para en la estación P4 ir perdiendo fuerza, debido a que en ese sitio ya el ángulo que forman la playa con las olas de rompiente es muy pequeño comparado con el que formaban en la estación P1. Las consecuencias de esto se verán en el siguiente punto (3.-1.2).

En cuanto a la dirección de la corriente costera ("coastal current") , es decir la de la plataforma adyacente de la playa, todos los datos de las investigaciones realizadas frente a la zona estudiada (Murray , Conlon, Siripong y Santoro (1975); Stevenson, Pesántes y Santoro (1973) indican que la dirección neta de la corriente costera es hacia el noroeste. Más aún, Murray, Conlon, Siripong y Santoro encontraron que las aguas del Canal del Morro y del de Jambelí derivan en dirección noroeste. Según ellos la corriente costera frente a Playas tiene una velocidad neta de 11 cm/seg., para el mes de Noviembre de 1970, fecha en que se realizó aquel estudio. Stevenson, Pesántes y Santoro (1973) encontraron que frente a las costas de Chanduy, existían fuertes corrientes de fondo, a profundidades de 30 mts. Sin embargo la corriente litoral en la zona estudiada tenía una dirección contraria, pues inclusive a la altura de Data (Fig. 2) se ha observado que la corriente litoral fluye hacia la izquierda. La prueba de ello es la presencia del cordón litoral en la boca del Estero de Data, el cual es alimentado -- principalmente por sedimento transportado por la corriente litoral. Es probable que exista una relación entre los sedimentos transportados en el área estudiada, y los que alimentan a este cordón litoral.

3.-1.2 Dirección del movimiento del material de la playa

La dirección neta del material de playa, es hacia la izquierda. Las grandes energías de olas presentes en las salientes que se encuentran entre el sector de playa estudiado y Punta Chapoya, levantan gran cantidad de sedimentos los cuales son transportados por las fuertes corrientes litorales que existen en esas zonas, hacia el centro de la Bahía. Al llegar al espigón del sector estudiado, dependiendo del nivel de la marea, estos sedimentos son depositados del lado derecho de la estructura. Debido a la forma de L invertida de la estructura, en la alta marea, se produce la rotación de la ola incidente en la punta del espigón por fenómenos de difracción, lo que produce un movimiento del fluido en el sentido contrario de las manecillas del reloj; el cual produce cierta erosión del sector de la alta playa que se encuentra donde fue tomada la muestra # 5 (Fig.4) y una depositación en el área dentro de la estructura, que está protegida del efecto del oleaje lugar donde se tomó la muestra # 6 . Pero debido al ángulo con que llegan las olas a la playa gran parte del material es transportado hasta los lugares donde la corriente litoral disminuye en magnitud; donde una parte se depositará y otra seguirá en suspensión.

Del análisis de los parámetros granulométricos se deduce que la asimetría negativa de la muestra # 2, que es de la línea de baja marea, refleja un ambiente netamente erosivo. El valor positivo de la muestra # 1, tomada en la línea de alta marea se debe probablemente a la existencia de unas pequeñas salientes rocosas, y a la curvatura de un muro de contención de un Club del lugar, que protege a aquel sitio de donde fue tomada la muestra, de las fuertes corrientes litorales de esa zona.

Así mismo la asimetría hacia los gruesos de la muestra # 4, que corresponde a la parte baja de la playa (línea de baja marea) de la estación P2 induce a pensar que, a pesar de que la corriente litoral ha perdido fuerza en ese sitio por efectos de la presencia de la estructura, todavía hay un ambiente erosivo provocado más que nada por el

"backwash" de la ola debido a la elevada pendiente de la playa en ese sitio. Esta elevada pendiente ha sido el producto de la depositación del lado de ataque de la ola. En la línea de alta marea de esa misma estación se tomó la muestra # 3, y demuestra el ambiente de depositación (fuerte asimetría hacia los finos) de ese sector de playa. Esto induce a pensar que en aquella estación cuando ha subido la marea, y debido a la gran pendiente de la playa en ese sitio, se produce la depositación del sedimento, mientras que en la parte baja de la playa debido a la presencia de la estructura y al "backwash" de la ola que rueda con mucha fuerza en el sentido de la pendiente se produce la erosión de la playa. Cuando baja la marea, el área de influencia del "backwash" cambia y probablemente se produzca la realimentación de la parte baja de ese sector de playa.

La asimetría hacia los finos de la muestra #6 y hacia los gruesos de la # 5 apoya la hipótesis del movimiento en sentido contrario de las manecillas del reloj, que erosiona la parte alta de esa playa y deposita sedimentos cerca al vértice de la L invertida, que es la forma de la estructura. En el lugar en que fue recogida la muestra # 6 ya empieza a fluir con cierta fuerza la corriente litoral, por tanto la asimetría hacia los gruesos de esa muestra lo confirma, así como las mediciones tomadas de la corriente litoral en esa estación P3. Ya las muestras tomadas en la estación P4 permiten observar un ambiente de depositación, lo que se confirma con la existencia ya en ese sector, de la berma.

En cuanto a los resultados de los análisis de minerales pesados de las muestras # 3 y # 7, demuestran la depositación de los mismos en las zonas de mayores energías.

La existencia de berma, ya en la estación P4, empieza a indicar un cambio de ambiente de la playa, ya que además hasta ahí avanzan las formaciones rocosas, tornándose de ahí en adelante un ambiente de costas bajas y arenosas. El viento predominante del suroeste sopla con mayor

intensidad cerca del mediodía, y transporta los granos más finos de la arena de la playa que se ha secado por el fuerte sol de la mañana. Esto produce la alimentación constante de las dunas que se encuentran a partir de la estación P4 hasta el estero de Data, aún más al sureste de la zona estudiada. A la altura del sitio denominado Botadero, Figura (3), el ambiente es netamente de deposición. La subida del nivel del mar en las mareas de sicigias parece ser uno de los principales factores indirectos de erosión de estas playas rectilíneas, debido al sobrepasamiento ("overtopping") de las olas, ayudadas en condiciones críticas por fuertes vientos, que resultan en la destrucción de la berma de esa playa.

3.-2 Sedimentos en suspensión

Debido a que el material transportado en la zona estudiada es arena fina, la carga suspendida juega un papel importante en el transporte total de sedimentos. Según Benítez (1975) los sedimentos que descarga el río Guayas pasan al Canal del Morro a través del Canal de Puná Norte, es decir entre las islas Verde, Mondragón y la isla Puná. Esto ha sido confirmado por los estudios de sedimentación para las obras portuarias del Puerto de Guayaquil, realizado por el Instituto Oceanográfico (1978), en donde se probó el paso de los sedimentos hacia el Canal del Morro (Coronel, 1978).

Los sedimentos que salen por el Canal del Morro y de Jambell son empujados hacia el noroeste por las corrientes predominantes de la región. Viendo la Fig. (4), la presencia de fondos rocosos frente a Data indican claramente el efecto de las fuertes corrientes de marea de esa zona. Ya frente a Playas no existen probablemente esas fuertes corrientes de marea, pero sin embargo las olas mantienen en suspensión al sedimento.

Cuando existen condiciones mínimas de oleaje seguramente se producirá la depositación de los sedimentos finos (arenas limosas de la plataforma adyacente a Playas). Cuando esto no ocurre, y por las corrientes de transporte de masa debido a las olas, los sedimentos en suspensión y quizás las arenas finas de la plataforma que se encuentran junto a las arenas limosas Fig. (4), y que han sido removidas por el dragado de fondo de las olas de mayor altura y período, son transportados hacia la playa, donde en lugares como Punta Chapolla no se sedimentan, sino los más gruesos. Los más finos son llevados por las corrientes litorales, hasta ir a depositarse en algún punto donde la energía del lugar no sea suficiente como para tenerlos en suspensión, o volver a la plataforma adyacente a la playa como corrientes de resaca.

Los resultados del transporte litoral por el método de las concentraciones *in situ* son menores que los determinados por el método de las aproximaciones matemáticas. Esto es debido a que lo que se muestreó en el área estudiada, fue el transporte de carga suspendida, y no la carga de fondo. Los argumentos a favor de esto son los siguientes: Aunque es conocido en el ambiente científico que la carga de fondo es más significativa que la carga suspendida en las estimaciones del transporte litoral, es cierto también que esta carga de fondo, que se transporta en, la capa, de máximo, los primeros 10 centímetros, como fue comprobado por Brenninkmeyer (1975), sobre el fondo, en una lámina donde el movimiento se produce por la interacción grano a grano ("grain-grain interaction"). Por tanto esta carga de fondo se moverá a una velocidad mucho menor que la de la corriente litoral. Aunque la carga suspendida, tampoco se mueve a la velocidad de la corriente litoral como se ha supuesto en este trabajo, para todos los métodos empleados en los cálculos del transporte, su tiempo de retraso respecto a la misma es mucho menor que el de la carga fondo. Además la dificultad de medir la carga de fondo con métodos convencionales, como las trampas de sedimentos de fondo ("bed-load traps"), las cuales han sido cuestionadas por Komar, 1976 ("Beach Processes and Sedimenta -

tion". Cap. VIII), por tender a obstaculizar, enterrar, y por tanto a no atrapar la carga de fondo, indujeron a la no utilización de las mismas en este estudio.

En cuanto a los resultados del transporte litoral de la zona estudiada, por el método de la medición de las concentraciones *in situ*, se ha notado la diferencia entre los valores obtenidos en cada una de las estaciones. Tomando en cuenta, como ya se anotó anteriormente, los valores obtenidos por el "método simplificado" (Apéndice 8), se ha notado que - existe un mayor volumen de sedimentos transportados del lado izquierdo - de la estructura. Esto es debido a que dicho volumen está en función - del área sobre la que se transportan los sedimentos, y analizando los - perfiles tomados en cada una de las estaciones (Fig. 5), así como el - esquema de la Fig. (6), se puede notar que la pendiente mucho menor - de la playa al lado izquierdo del espigón, produce que la ola rompa mu - cho más lejos de la playa, ampliando así la zona de surf, y por tanto - del transporte litoral. Esta suposición presenta ciertas dudas en el - sentido de que el volumen de transporte litoral depende principalmente - de la altura de rompiente, como la afirma Galvín (1972), este parámetro, como es conocido por todos los bañistas y pescadores que frecuentan la zona, es mayor del lado derecho de la estructura que del izquierdo.

3.-3 Carga de fondo

Examinando entonces, los resultados obtenidos con las dos formas de estimar el transporte litoral que se han usado en esta tesis; es decir con - las mediciones de las concentraciones *in situ* y con las dos formas de - aproximaciones matemáticas, se puede pensar que la carga suspendida me - dida representa un máximo del 20 al 25% del transporte litoral total - diario de esa zona. Los resultados del uso del método del flujo de ener - gía (Apéndice 9a) concuerdan muy bien con los obtenidos con el mismo - método pero en base al peso sumergido del sedimento (Apéndice 10), dan - do valores de 1055 y 1065 yardas cúbicas por día respectivamente, los - cuales representan unas 5 veces el valor del transporte litoral máxime-

obtenido en la estación P3, con el método de las concentraciones in situ. Los resultados del uso del método empírico de Galvin dan un valor de 2091 yardas cúbicas por día, el mismo que sólo podría ser tomado como una referencia, ya que se lo obtuvo en base a un supuesto de altura de rompiente promedio en el año de 2 piés, el cual fue tomado a base de observaciones no muy frecuentes del autor, y de referencias de personas que frecuentan la zona durante todo el año.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los datos obtenidos en este estudio son válidos para el día en que fueron realizadas las mediciones. Debido a la gran variabilidad de los parámetros oceanográficos y su interacción sobre la playa estudiada, estos datos sólo deben ser tomados como una referencia. Sin embargo se pueden sacar ciertas conclusiones del estudio realizado.

En primer lugar la existencia de fuertes corrientes litorales en la zona estudiada y a la derecha de ella, producidas por el ángulo de inclinación que forman las olas al arribar a la playa. La morfología de los sectores de playa a la derecha de la estructura de protección (espigón o "groin"), así como la orientación (47° respecto al Norte), produce que las olas que vienen del suroeste lleguen a la playa con un ángulo más o menos elevado, lo que origina las fuertes corrientes litorales de esa zona. Esto producirá por tanto la erosión de las playas de la derecha del sector estudiado, donde las corrientes litorales son fuertes, y la depositación, en la parte recta a la izquierda de la estación P4, donde la playa tiende a alinearse perpendicular a la dirección de donde arriban las olas, resultando por tanto en corrientes litorales de menor velocidad que las anotadas a la altura de la estación P1 (de hasta casi medio metro por segundo para el día estudiado).

En segundo lugar la presencia de la estructura de protección (espigón) en la zona estudiada ha influido notablemente en la sedimentación de los granos transportados, especialmente en la alta marea, donde el espigón penetra en gran parte de la zona de surf.

En tercer lugar, el viento del suroeste predominante en la región alimenta constantemente las dunas que se encuentran desde la posición de la estación P4 hasta Data y quizás hasta Punta del Morro, al transportar las arenas secas de la alta playa, siendo por tanto un factor de erosión de la playa.

En cuarto lugar, la influencia del río Guayas se hace sentir, en el sentido que todo parece indicar que gran parte de las arenas de Playas provienen de sedimentos arrojados por el Canal del Morro y de Jambelí. Esta suposición se refuerza con la ya aceptada afirmación de que casi toda la plataforma del Golfo de Guayaquil está influenciada con los sedimentos arrojados por el río Guayas a través de los Canales del Morro y de Jambelí.

Por tanto, es recomendable que en general, las playas de esta región sean estudiadas con mayor detenimiento, debido a la gran importancia turística e industrial que tienen, para así tener una mayor información que redundará en una mejor administración y protección de las playas de la región, las cuales han demostrado ser una fuente importante de minerales pesados como magnetita, ilmenita y otros, que bien podrían ser, después de un estudio detallado, explotadas racionalmente, para de esta forma suplir las deficiencias de minerales de hierro, por ejemplo, que tiene el país.

Biblioteca Central

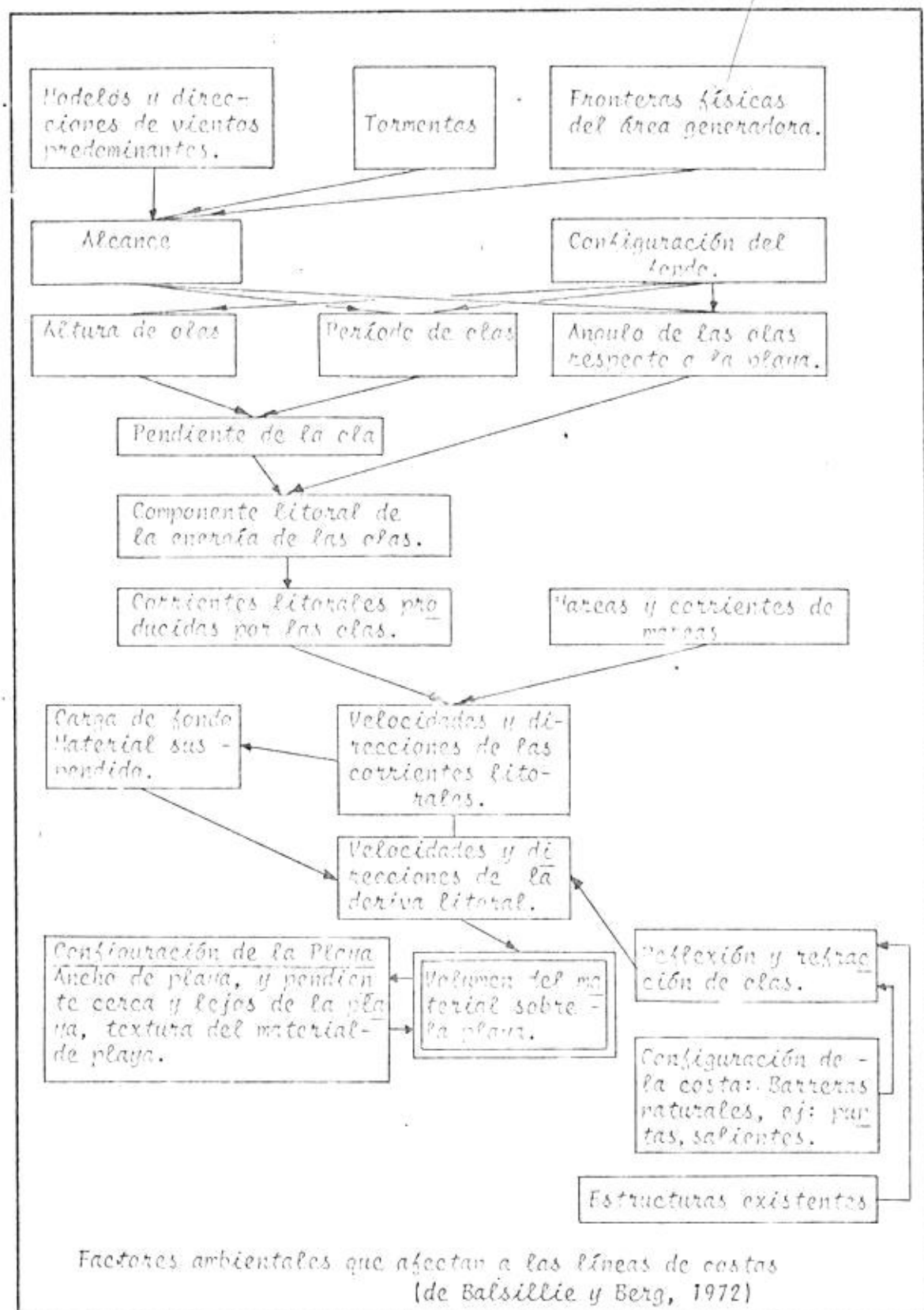


FIG. 1

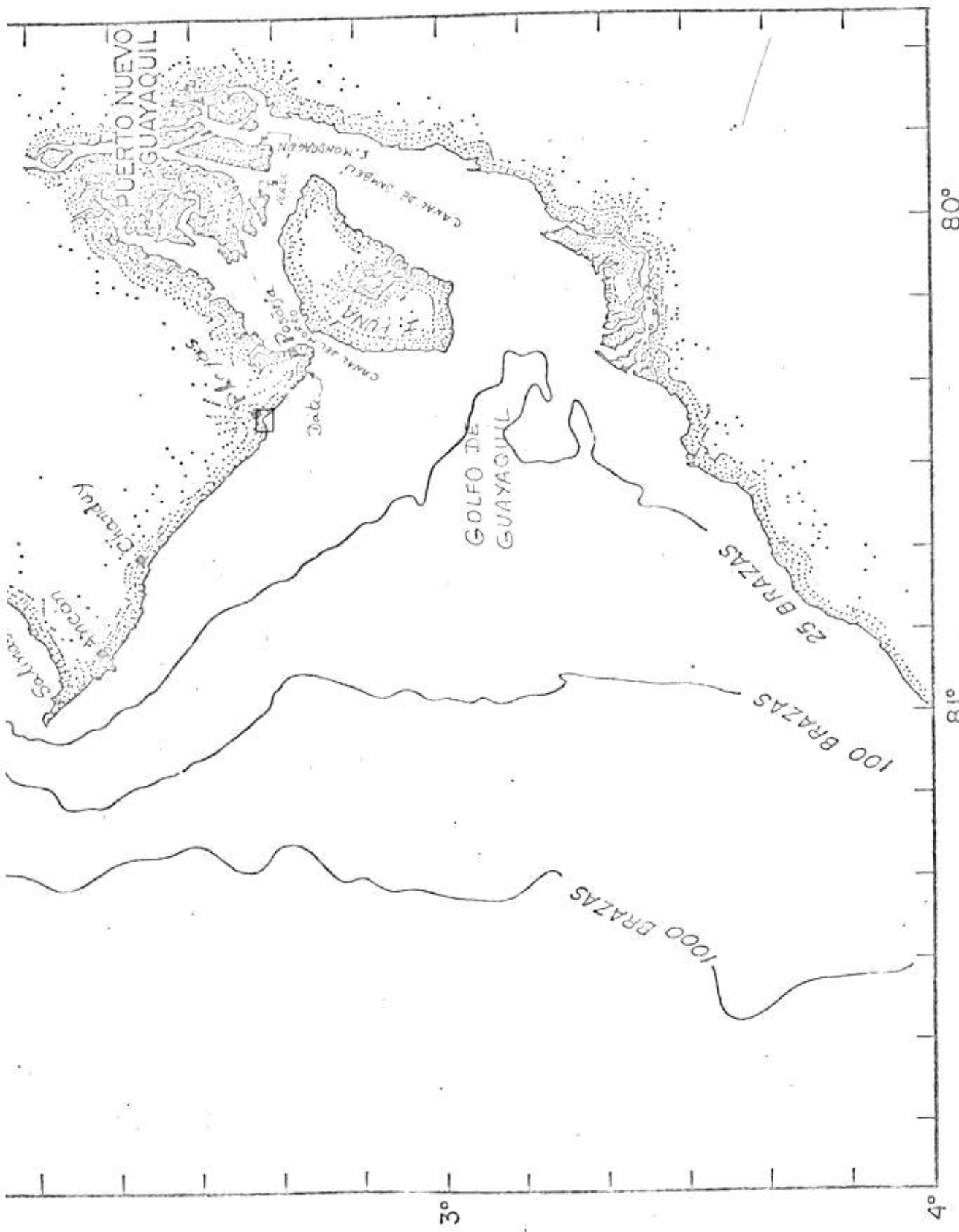
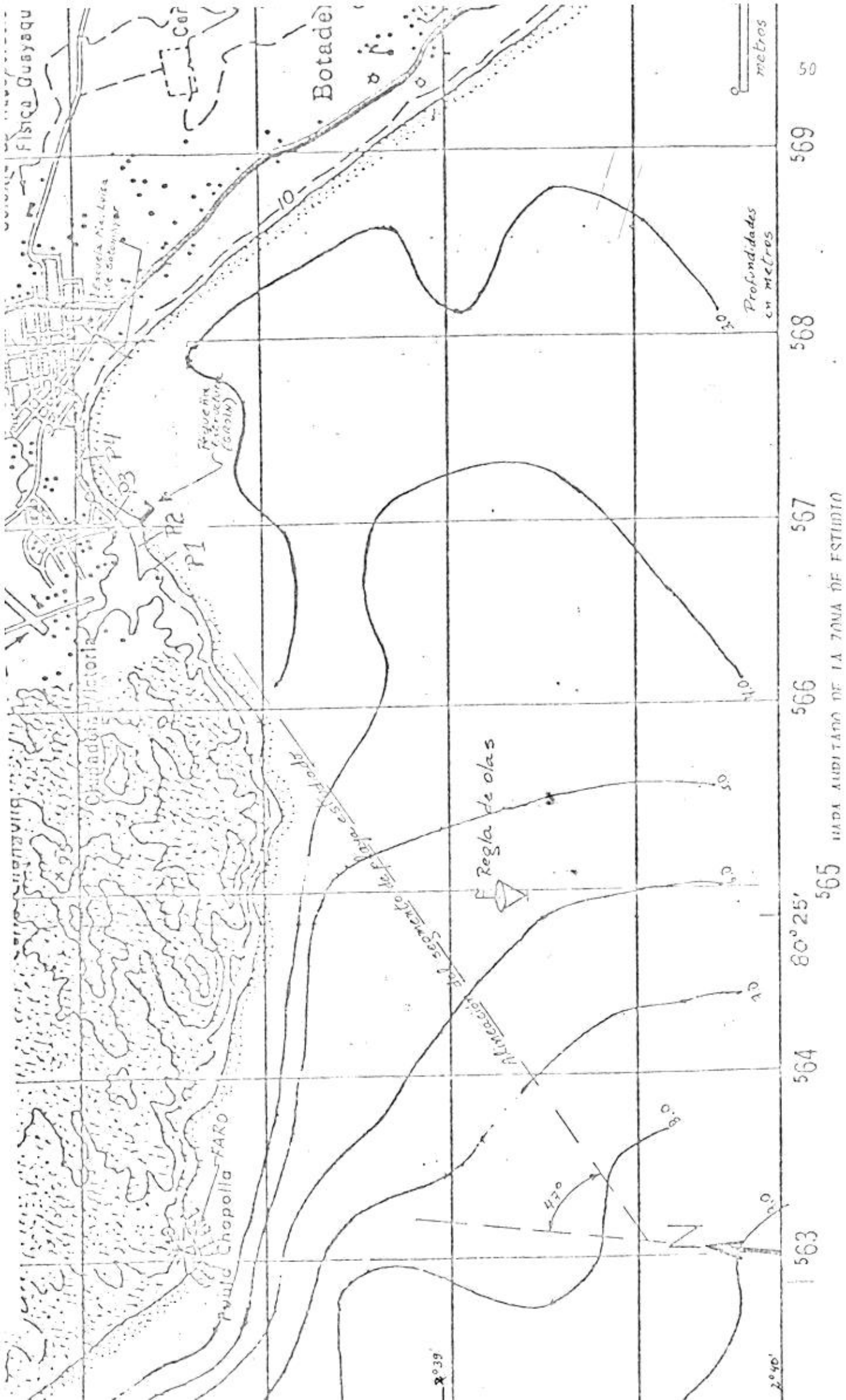


FIG. 7 LOCALIZACION DEL AREA ESTUDIADA



Fisica Cuyasqu

Escuela N. L. L. de Sabonier

Ciudad Victoria

Pueblo Chapolla FARO

Botadè

Fregata (S. 1801)

Regla de olas

Almacedén del segundo almirante

Profundidades en metros

10

20

30

40

50

50

50

P1

P2

P3

P4

P5

P6

P7

2°39'

2°40'

563

564

565

566

567

568

569

80°25'

80°25'

80°25'

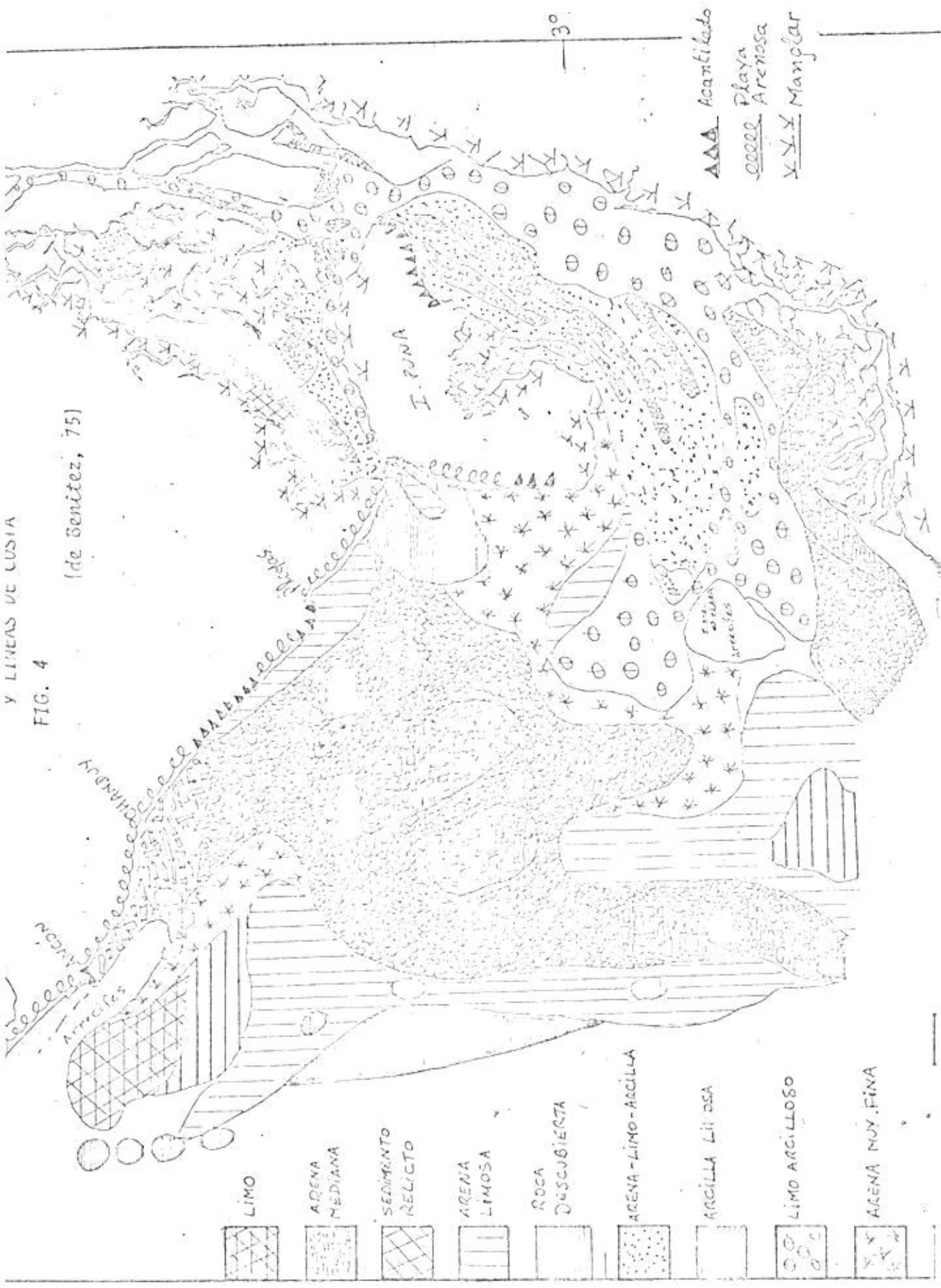
80°25'

80°25'

Y LINEAS DE COSTA

FIG. 4

(de Senítez, 75)



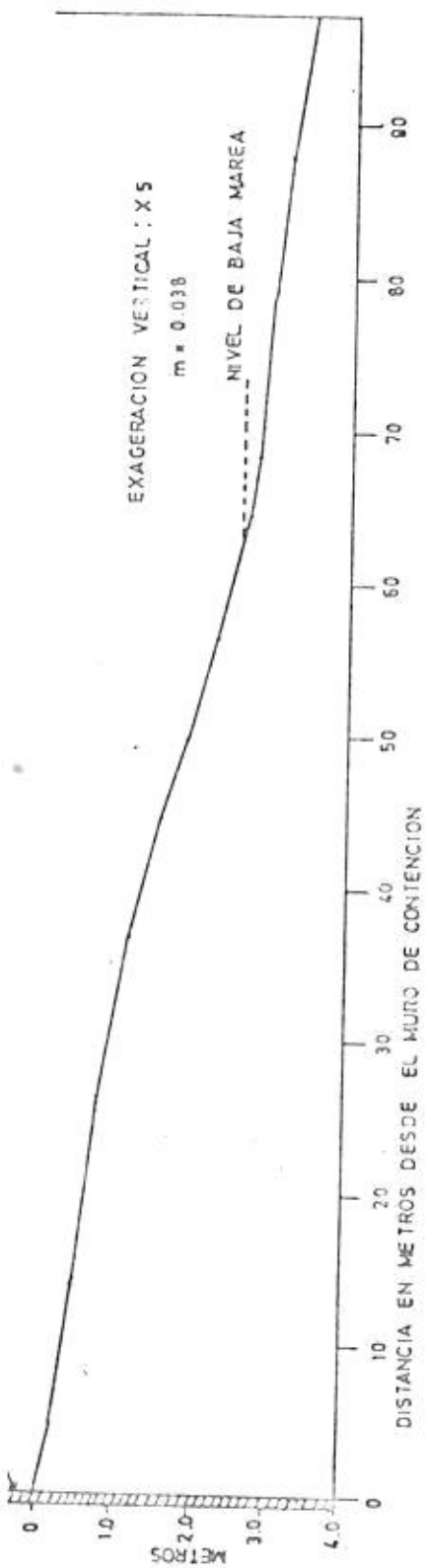
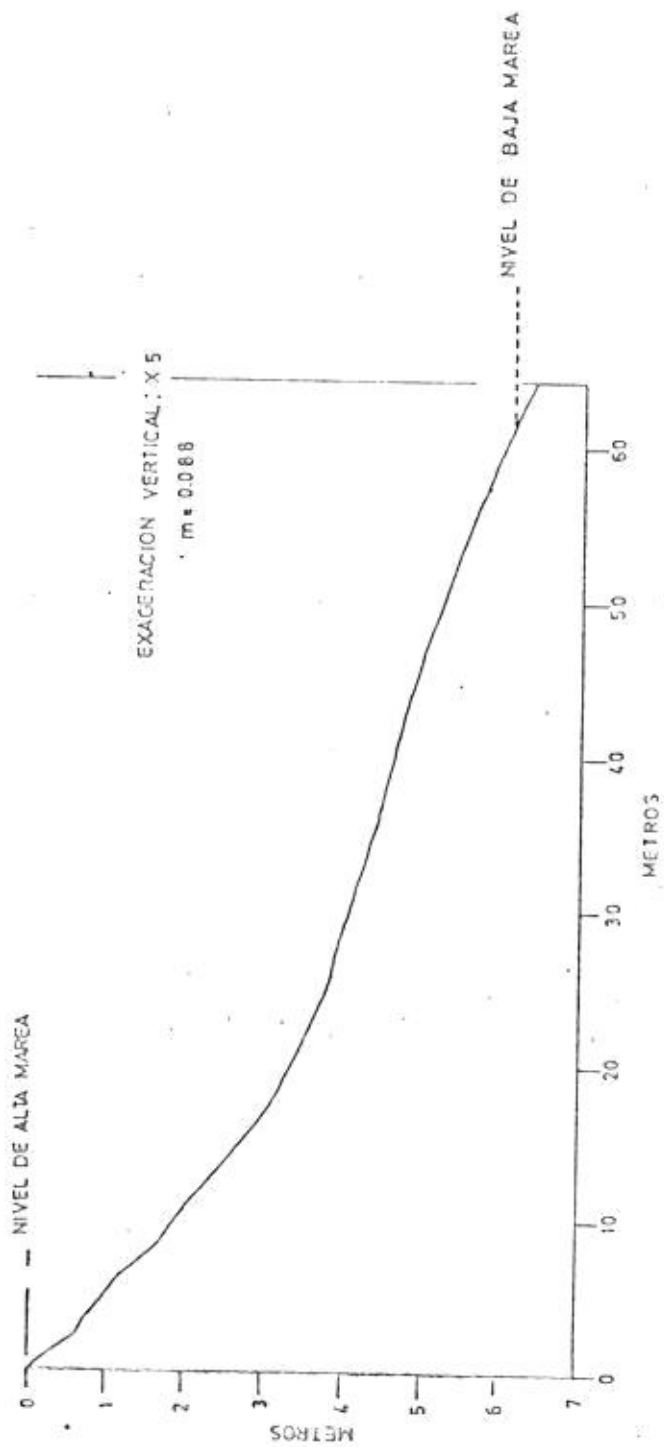
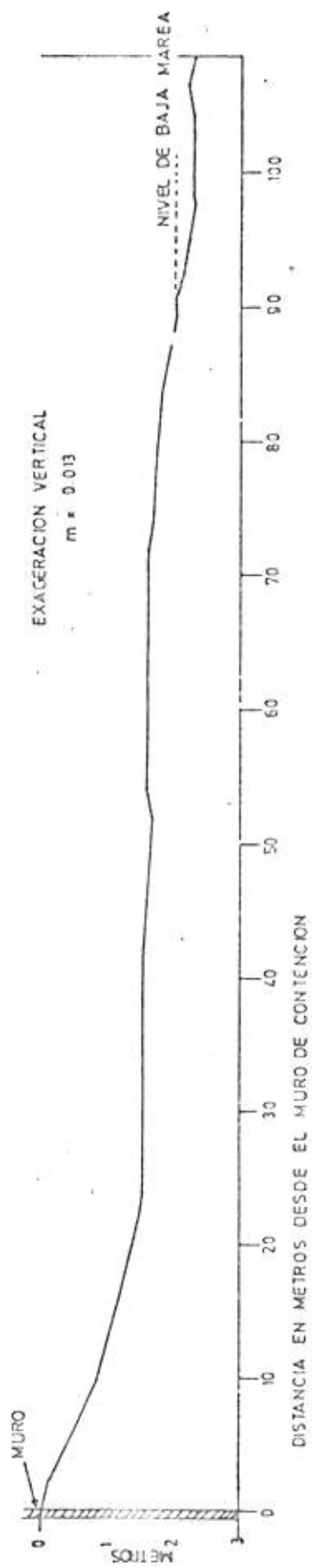
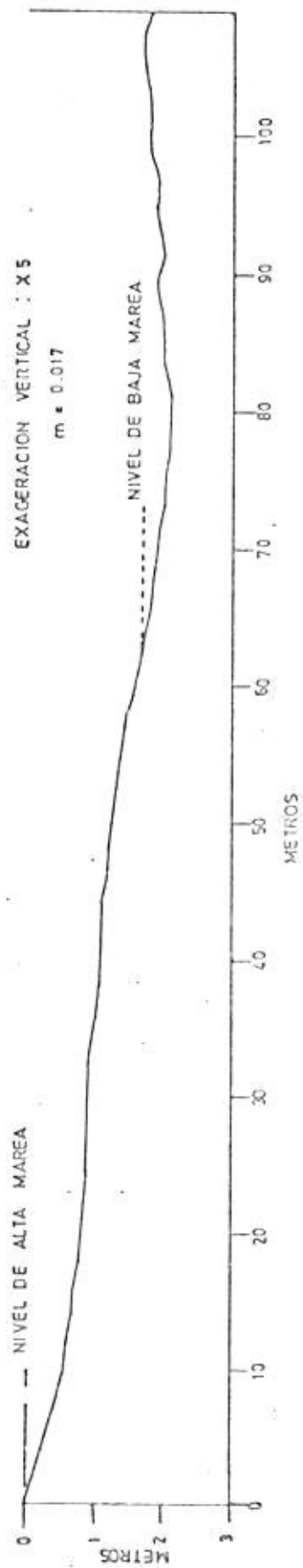


FIG. 5 A) Perfil PI





C) Perfil P3



D) Perfil P4

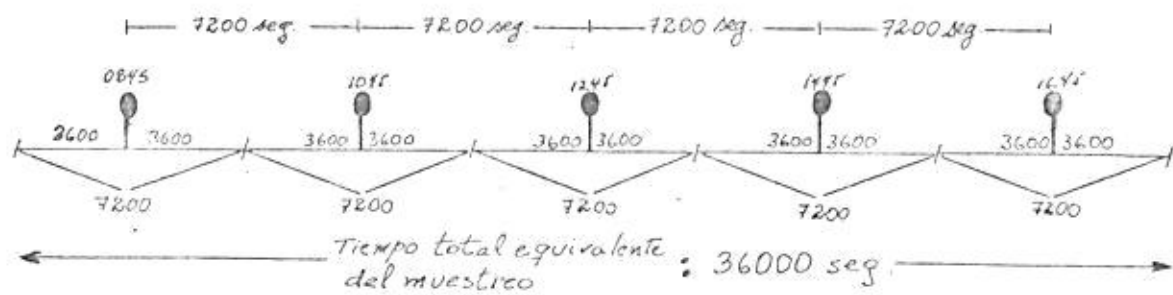
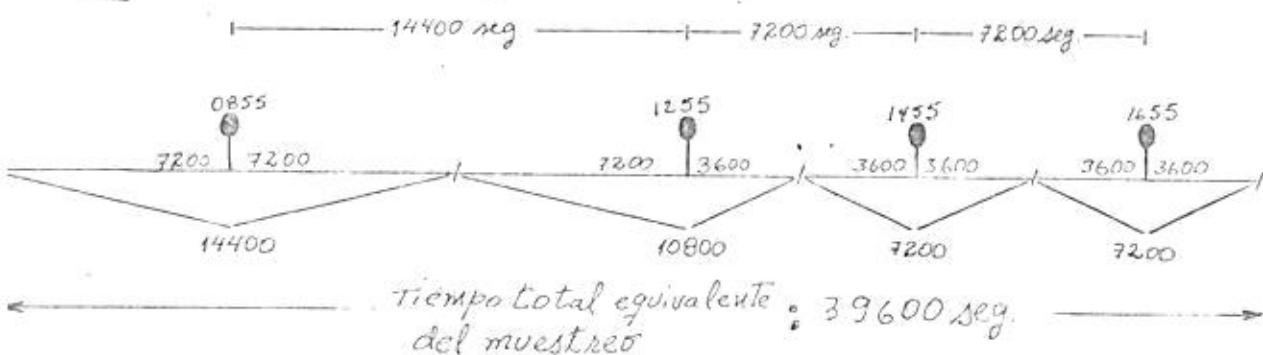
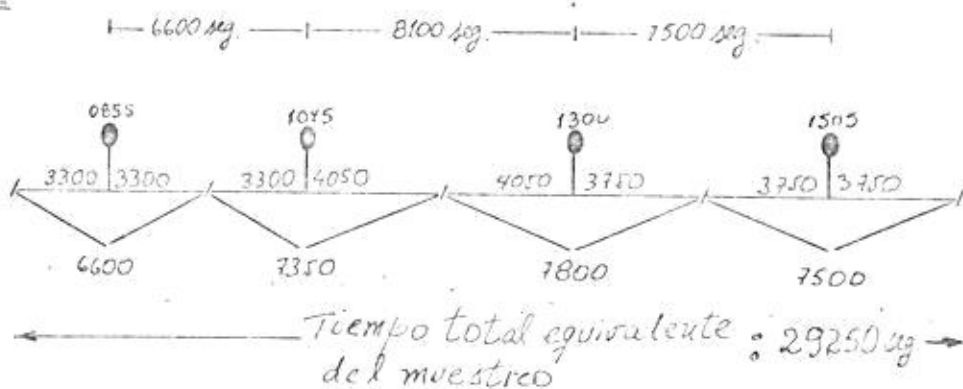
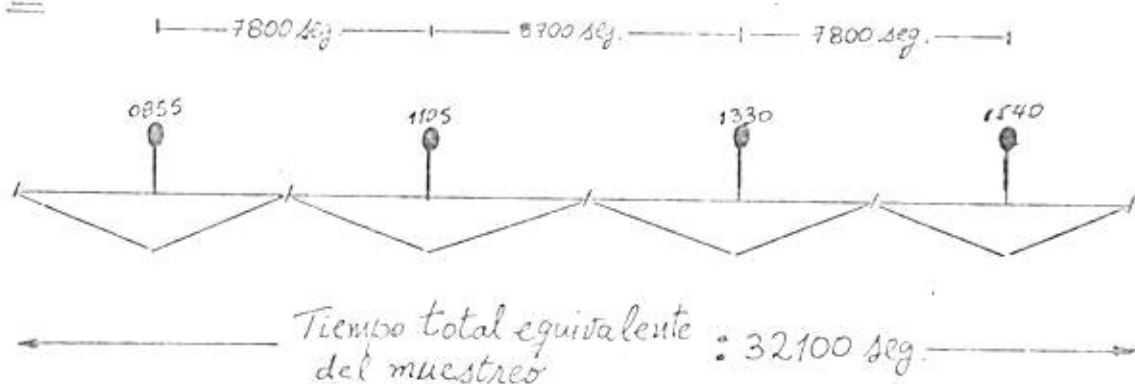
P1P2P3P4

FIG. (7) Representación gráfica del método de los tiempos equivalentes representativos.

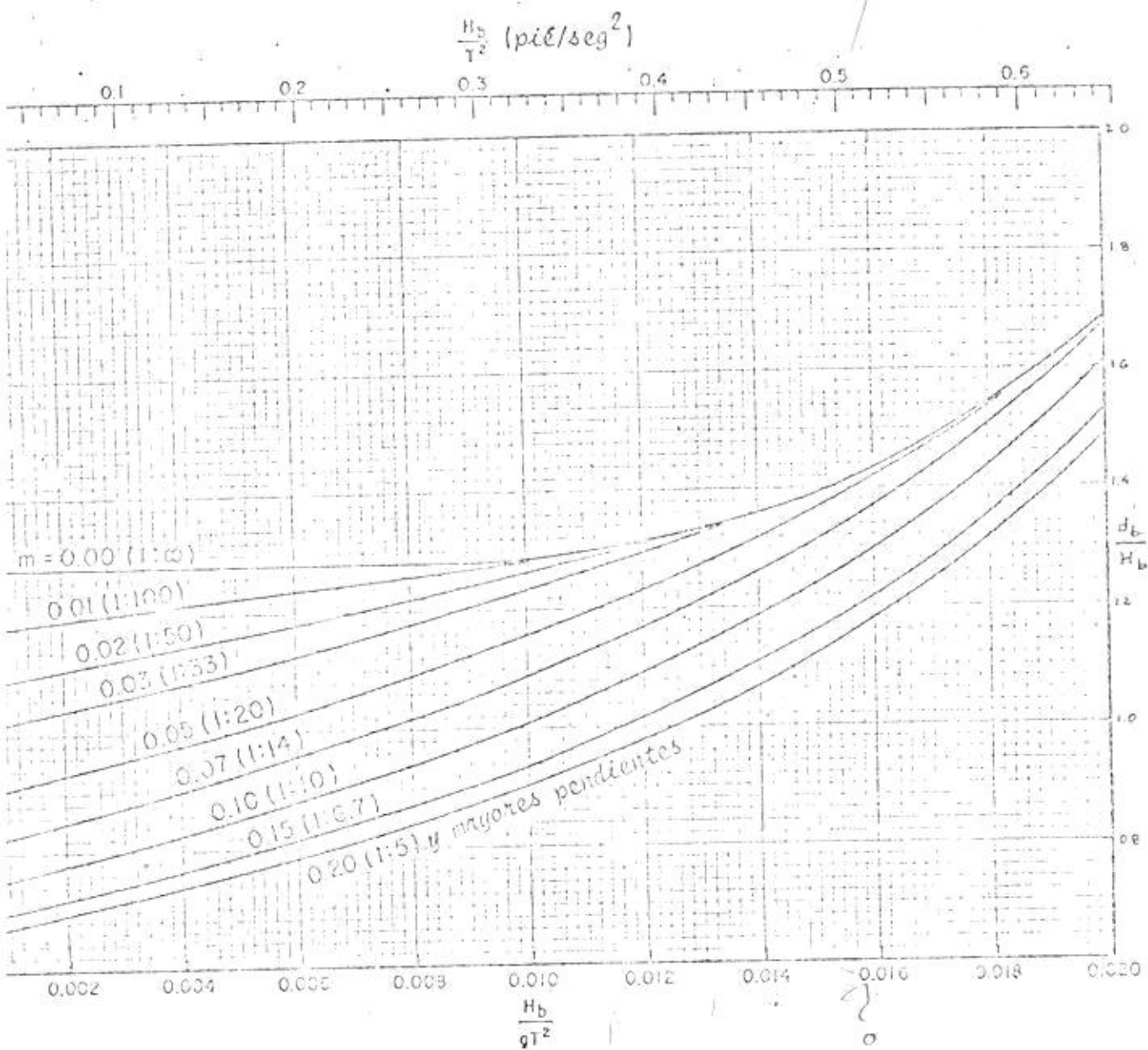
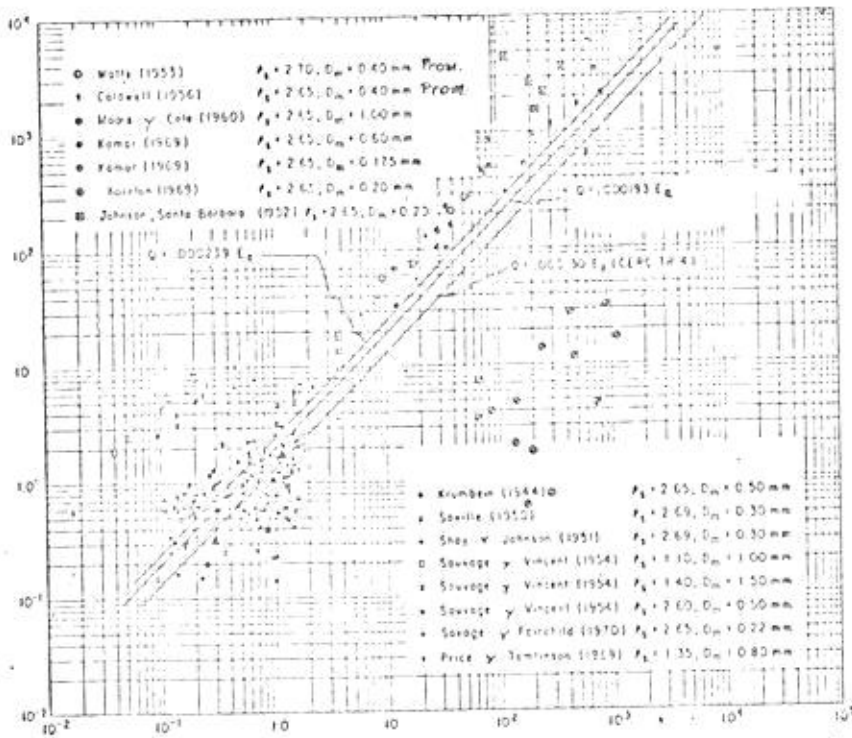


FIG. (8) Relación profundidad de rompiente-altura de rompiente versus pendiente de la ola de rompiente. [de Shore Protection Manual, Vol. I, 1975).

Q en yardas cúbicas por día



Componente litoral del flujo de energía $E_a \times 10^4$ en pié-lbs por día por pié de playa. (de DAS, 1972)

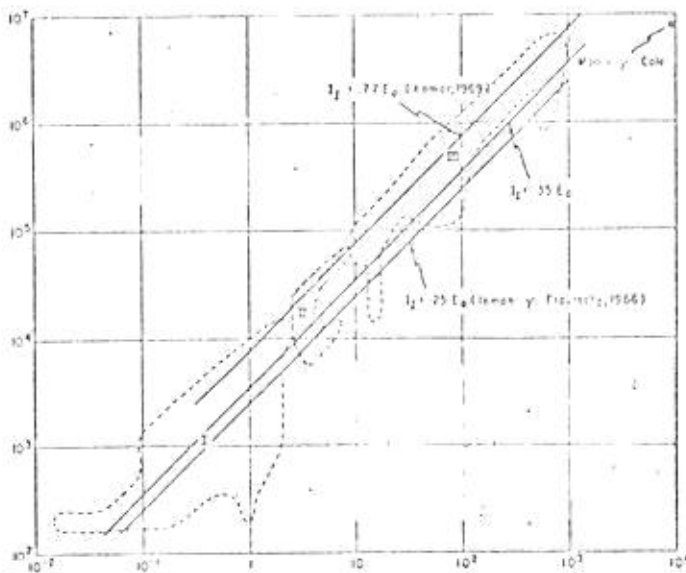
$Q = 0.000193 E_a$
Curva que incluye todos los datos excepto los materiales livianos.

$Q = 0.00023 E_a$
Curva con todos los datos

$Q = 0.000130 E_a$
Curva propuesta por el CERC Technical Report

FIG. 9 Relación entre Q y E_a

El Peso sumergido lbs/día



E_a pié-lbs/pié día $\times 10^4$

I 158 Observaciones excluyendo las 19 observaciones de laboratorio de Fairchild (1969).

II 15 Observaciones de laboratorio de Fairchild (1969).

III 24 Observaciones de campo incluyendo 4 observaciones de Fairchild. La única observación de campo de Moore y Cole (1960) está lejos del rango de los otros datos.

FIG. 10 Relación entre el transporte litoral del peso sumergido I y la componente litoral del flujo de energía de la ola por unidad de longitud de playa E_a . (de DAS, 1972)

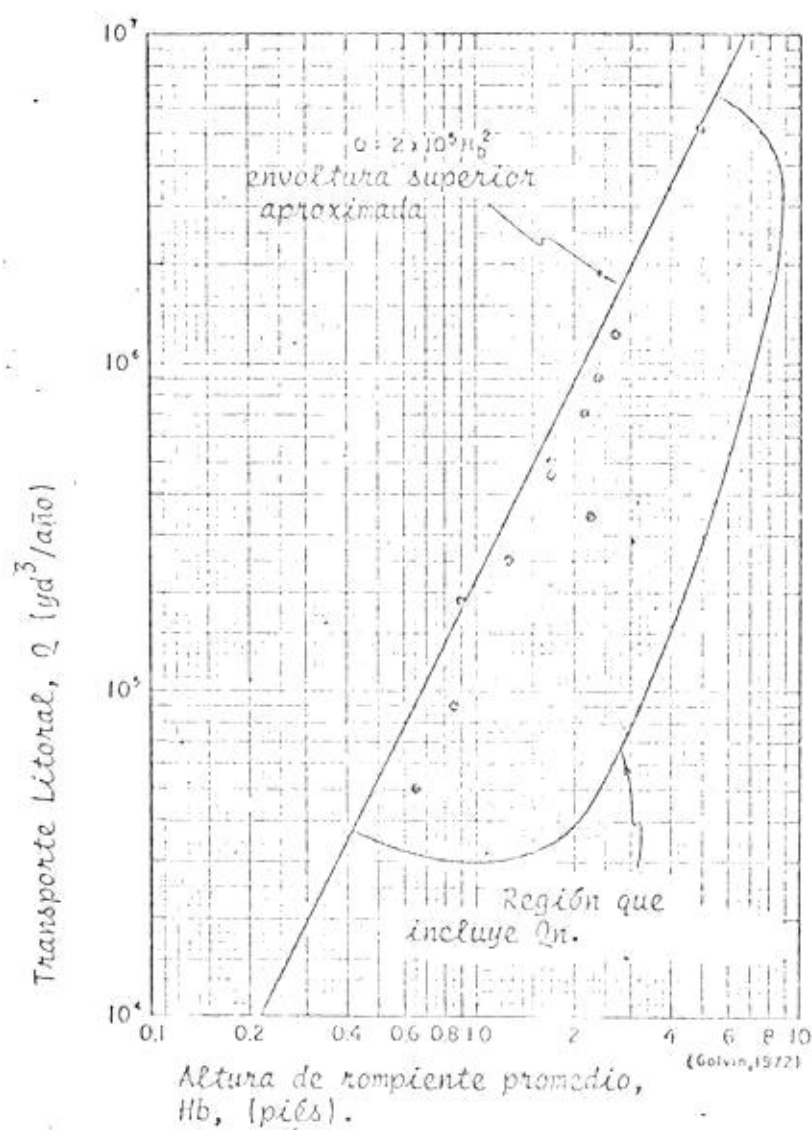


FIG. 11 Límite máximo del transporte litoral.
(La región que incluye Q_n ha sido gra-
ficada a base de las mediciones de campo
del transporte bruto Q_g de más de 1 año
de observaciones.)

CORRIENTES LITORALES OBSERVADAS Y SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN DE LOS CUATRO LUGARES DE OBSERVACIÓN (17/12/77)

ESTAC.	HORA (local)	CORRIENTE LITORAL OBSERVADA (v_b)		SEDIMENTO EN SUSPENSIÓN (g/l)
		Velocidad (m/s)	Dirección (*) (Izq. o derecha)	
<u>P 1</u>	0845	0.47	Izq.	0.6720
	1045	0.36	Izq.	1.7552
	1245	0.52	Izq.	1.1062
	1445	0.28	Izq.	3.6400
	1645	0.29	Izq.	1.5274
<u>P 2</u>	0845	0.10	Izq.	1.8616
	1055	0.17	Izq.	
	1255	0.13	Izq.	15.8884
	1455	0.10	Izq.	54.4856
	1655	0.08	Izq.	1.3748
<u>P 3</u>	0855	0.22	Izq.	1.4500
	1045	0.59	Izq.	1.2780
	1300	0.33	Izq.	1.0048
	1505	0.33	Izq.	0.7580
<u>P 4</u>	0855	0.18	Izq.	1.2500
	1105	0.33	Izq.	1.3500
	1330	0.13	Izq.	1.7000
	1540	0.16	Izq.	1.7000

CARACTERÍSTICAS DEL VIENTO Y DE LA ROMPIENTE DURANTE EL TIEMPO DE MUESTREO (Lugar de observación: Estación P1)

HORA (Local)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento (grados)	Altura de rompiente (H _b) (m)	Altura de rompiente (H _b) (pies)	Período de ola (T) (s)	Angulo de rompiente ($\frac{a}{b}$) grados
0845	6.0	340	1	3.28	15	12
1045	8.5	260	0.9	2.95	14	15
1245	12.0	280	0.7	2.20	15	8
1445	6.0	260	0.6	1.90	14	8
1645	8.0	260	0.5	1.64	12	10

REGISTRO TOTAL DE VIENTOS DESDE 1963 A 1971 DE LA ESTACION METEOROLOGICA EN PLAYAS

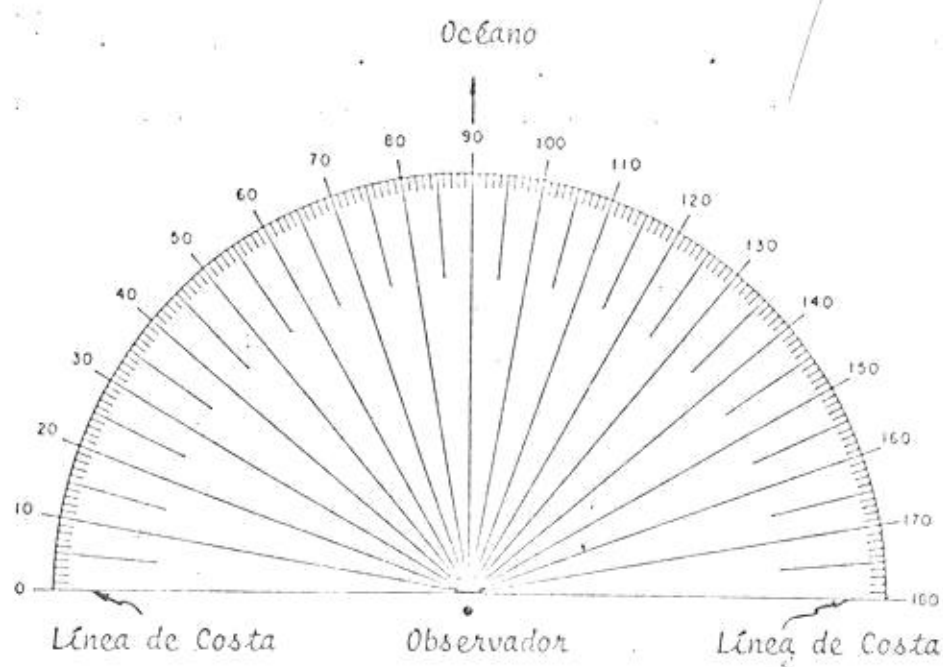
(Fuente: INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA)

MES	FRECUENCIA (%)										FUERZA (M/s)			MED.
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C		07	13	19	
ENERO	0.6	4.7	6.3	8.5	0.0	38.0	20.4	10.5	11.0		1.2	4.7	3.0	3.0
FEBRERO	3.7	3.1	12.5	9.1	5.1	33.9	17.7	6.2	8.8		1.3	4.3	3.0	2.9
NOVIEMBRE	0.7	4.2	4.6	8.9	0.6	42.8	20.4	10.4	7.4		1.3	4.4	3.1	3.0
DICIEMBRE	1.0	2.8	5.1	5.0	0.1	50.3	19.7	7.8	8.2		1.1	4.3	2.9	2.8
MARZO	0.0	3.4	8.3	8.3	0.2	45.1	15.2	10.9	8.6		1.5	4.8	3.1	3.1
ABRIL	1.6	3.0	7.2	9.4	1.1	35.4	21.4	9.8	11.2		1.4	4.9	3.1	3.2
MAYO	0.3	2.4	5.7	8.8	1.0	43.1	19.5	12.5	6.7		1.2	4.5	2.8	2.8
JUNIO	0.0	2.5	6.9	10.0	0.6	42.6	24.1	6.4	6.9		1.1	4.8	3.2	3.0
JULIO	0.0	2.2	2.0	7.6	0.0	44.6	24.2	9.7	9.6		1.3	6.3	3.5	3.7
AGOSTO	0.0	3.1	4.9	6.6	0.0	47.9	23.1	7.8	6.7		1.5	6.2	3.5	3.7
SEPTIEM.	0.0	2.8	1.9	8.1	0.0	44.6	29.8	7.3	5.6		1.4	6.2	3.3	3.6
ÓCTUBRE	0.0	4.7	4.3	5.6	0.0	44.4	24.2	8.2	8.6		1.2	5.8	3.4	3.5
FRECUENCIA (%)										MEDIAS				
	0.6	3.3	5.7	8.0	0.7	42.7	21.6	9.0	8.3		1.3	5.1	3.2	3.2

Apéndice (3)

DESCRIPCIÓN VISUAL DE OLAS Y CARACTERÍSTICAS DEL VIENTO DE SUR LA PLAYA

<p><u>Lugar de Observación</u></p> <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<p><u>Año</u></p> <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>19</td><td>20</td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td> </tr> </table>	19	20	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<p><u>Mes</u></p> <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>8</td><td>9</td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td> </tr> </table>	8	9	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<p><u>Día</u></p> <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>10</td><td>11</td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td> </tr> </table>	10	11	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1	2	3	4	5																					
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																					
19	20																								
<input type="text"/>	<input type="text"/>																								
8	9																								
<input type="text"/>	<input type="text"/>																								
10	11																								
<input type="text"/>	<input type="text"/>																								
<p><u>Período de ola</u></p> <p>Ante el tiempo en sea, para olas (11) crestas de olas consecutivas pasadas por un punto fijo de referencia. Si hay calma ponga cero (0).</p>		<p><u>Tipo de olas</u></p> <p>0 Calma</p> <p>1 Rollins (ondas bajas)</p> <p>2 Espuma sobre la cresta</p> <p>3 Espuma precipitada</p> <p>4 Espuma (ondas altas)</p> <p>5 Surcos (en la parte de la base de la ola hacia la playa antes que las crestas muerdan precipitación)</p>																							
<p><u>Alto de la cresta de rompiente</u></p> <p>Ante una rotación al viento más reciente, la descripción le dará aproximación las olas, o si es calma, use el transbordador adyacente.</p>		<p><u>Velocidad del viento</u></p> <p>En nudos. Si es calma ponga 0.</p>																							
<p><u>Alto de rompientes</u></p> <p>Ante un viento reciente, aproxímate al decímetro más cercano (1/2, 1, 1 1/2) de diez olas de rompiente. Toma en cuenta de aquí allá la ola que rompa por primera vez.</p>		<p><u>Desviación del viento</u></p> <p>De aquí viene el viento en grados. 26 27 28</p>																							
<p><u>Número de Observación</u></p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>1</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>2</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>3</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>4</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>5</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>6</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>7</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>8</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>9</td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td>10</td><td><input type="text"/></td></tr> </table>		1	<input type="text"/>	2	<input type="text"/>	3	<input type="text"/>	4	<input type="text"/>	5	<input type="text"/>	6	<input type="text"/>	7	<input type="text"/>	8	<input type="text"/>	9	<input type="text"/>	10	<input type="text"/>	<p><u>Observaciones</u></p>			
1	<input type="text"/>																								
2	<input type="text"/>																								
3	<input type="text"/>																								
4	<input type="text"/>																								
5	<input type="text"/>																								
6	<input type="text"/>																								
7	<input type="text"/>																								
8	<input type="text"/>																								
9	<input type="text"/>																								
10	<input type="text"/>																								
<p><u>Altura de rompiente</u></p>		<p><u>Nombre del lugar de observación</u></p>																							
<p>Medio (añote en los casilleros 29, 30 y 31).</p>		<p><u>Observaciones</u></p>																							



NOTA: Si se usa un muelle como plataforma de observación: ubique la línea 0-180° paralela al eje longitudinal del muelle y mida el ángulo que hace la línea de crestas con relación al eje longitudinal ya mencionado. Si observa desde la playa coloque la línea 0-180° paralela a la playa y mida el ángulo con que se aproximan las olas a la playa, tal como está en el dibujo. (de Bruno e Hiipakka, 1973).

Transportador para medir la dirección del oleaje adjunto a la planilla del Apéndice (3).

Apéndice (4)

REDUCCIÓN DE COPIAS LATERAL Y MUESTRO DE SEDIMENTOS

Lugar de muestra (código) 1 2 3 4 5 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Año 6 7 <input type="text"/> <input type="text"/>	Mes 8 9 <input type="text"/> <input type="text"/>	Día 10 11 <input type="text"/> <input type="text"/>	Hora (local) 12 13 14 15 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
<u>Arco de la zona de sustr.</u> Indique en metros la distancia desde la línea de agua hasta la superficie del lecho (o hasta el agua profunda). Si es agua poca 0.	16 17 18 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		<u>Medida la marea</u> Indique la distancia en metros desde la línea de agua hasta el vertedero suelta el (1) fondo o desde arriba la marea.		19 20 21 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<u>Velocidad de la corriente lateral</u> Indique en metros la distancia, para tala a la plaza que el flotador o la muestra ha recorrido en un período de 3 minutos. Si no hay movimiento ponga 0.	22 23 24 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		<u>Distancia de la corriente lateral</u> 0. No hay movimiento +1. La marea o el flotador se mueven hacia la derecha - hacia la de frente hacia el mar. -1. La marea o el flotador hacia l - izquierda.		25 26 <input type="text"/> <input type="text"/>
<u>Sedimentos de fondo (0-10 cm)</u> Tome dos muestras de sedimentos de fondo entre el fondo a los 10 cm. Una muestra, - (1). Tome la muestra de las botellas (son dos botellas).	27 28 29 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> 30 31 32 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		<u>Sedimentos en suspensión (10-15 cm)</u> Tome las muestras de sedimentos en suspensión lo limitado de la distancia entre la superficie a los 10 cm. sobre el fondo. Tome el agua de las botellas (son dos botellas).		33 34 35 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> 36 37 38 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<u>Caudales de resaca</u> Si existen caudales de resaca (regresivos hacia mar adentro), indique el caudal en metros. Si no hay, o no se registra por cualquier causa, ponga 0. Si es necesario alguna observación - este caudal se registra en el informe.	39 40 41 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		<u>Observaciones:</u> _____ _____ _____		
Nombre del lugar de muestra: _____ _____ _____			<u>Otorgados</u> _____ _____ _____		

Apéndice (5)

PARAMETROS GRANULOMETRICOS

Muestra No.	Diámetro Promedio (Mz)		Desviación standard inclusiva (σ_i)	Asimetría inclusiva (S_{ki})	Curtosis (Kg)
	ϕ	mm			
1	2.33	0.20	0.75	0.23	0.79
2	2.79	0.14	0.71	-0.25	0.98
3	2.38	0.19	0.79	0.22	0.77
4	2.54	0.17	0.77	-0.07	0.73
5	2.59	0.17	0.76	-0.10	0.75
6	2.47	0.18	0.78	0.09	0.76
7	2.49	0.18	0.78	0.05	0.74
8	2.57	0.17	0.79	-0.04	0.76
9	2.46	0.18	0.78	0.09	0.75
10	2.33	0.20	0.79	0.16	0.79
11	2.93	0.13	0.61	-0.26	1.09
12	2.47	0.18	0.81	-0.01	0.52
13	2.76	0.15	0.86	-0.35	1.2
14	2.27	0.21	0.95	0.04	0.93
15	1.92	0.26	0.89	-0.14	1.25
16	2.73	0.15	0.72	-0.10	1.27

APENDICE (6).

PORCENTAJE DE MINERALES PESADOS (CON EL ESTEREOMICRÓSCOPIO),
Y DE CARBONATO DE CALCIO DE 3 MUESTRAS TÍPICAS.

<u>Muestra No.</u>	<u>% Minerales pesados</u>	<u>% de Ilmenita y magnetita (respecto a la muestra total)</u>	<u>% de Carbonato de Calcio</u>	<u>Gravedad Específica</u>
3	25	3	3.38	2.97
7	16	2	4.37	
16	13	1	5.11	2.76

NOTA: La muestra No. 16 fue tomada cerca a la línea de alta marea, en la punta donde se encuentra el Faro, en el Puerto de Chanduy. La determinación del porcentaje de minerales pesados y de magnéticos fue hecha en el Instituto Nacional de Pesca (INP) por el Geólogo Stalin Benites.

FÓRMULA USADA PARA DETERMINAR CARBONATOS

(Según Morin, 1973)

$$\% \text{ Carbonato} = \frac{P_i - P_F}{P_i} \times 100 \%$$

donde P_i = Peso seco inicial del suelo original (con los carbonatos)

P_F = Peso seco final del suelo (sin los carbonatos, los cuales fueron atacados con ácido clorhídrico durante 24 horas).

HORA	PASO	DESCRIPCION	VALORES	DIMENSIONES
0845	1	Velc. por área transversal de la descarga	$0.22 \times 42.6 = 9.372$	$m/seg \times m^2 = m^3/seg$
	2	Descarga en m^3/seg por 1000 de lit./seg.	$9.372 \times 1000 = 9372$	$m^3/seg \times lit./m^3 = lit/seg$
	3	Multiplico descarga por la concentración del sedimento y dará el transporte.	$9372 \times 1.4500 = 13590$	$lit/seg \times gr/lit = gr/seg$
	4	Multiplico paso 3 por 6600 segs que es el "tiempo equivalente representativo de esa muestra" (ver figura _____), dará la cantidad en gramos que han pasado en los 6600 segs.	$13590 \times 6600 = 89690700$	$\frac{gr}{seg} \times \frac{seg}{\text{"tiempo parcial"}} = \frac{gr}{\text{parte}}$
1045	5	Similar al paso 1	$0.39 \times 34.7 = 13.533$	Similar al paso 1
	6	" " 2	$13.533 \times 1000 = 13533$	" " 2
	7	" " 3	$13533 \times 1.2780 = 17295$	" " 3
	8	Multiplico paso 7 por 7350 seg. que es el "tiempo equivalente representativo de esa muestra" (ver figura _____), dará la cantidad en gramos que han pasado en los 7350 segs.	$17295 \times 7350 = 126906840$	" " 4
1300	9	Similar al paso 1	$0.33 \times 20.8 = 6.864$	Similar al paso 1
	10	" " 2	$6.864 \times 1000 = 6864$	" " 2
	11	" " 3	$6864 \times 1.0048 = 6896$	" " 3
	12	Multiplico paso 11 por 7800 seg. que es el "tiempo equivalente representativo de esa muestra" (ver fig. _____), dará la cantidad en gramos que han pasado en los 7800 segs.	$6896 \times 7800 = 53811500$	" " 4

<u>HCRA</u>	<u>PASO</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>VALORES</u>	<u>DIMENSIONES</u>
1505	13	Similar al paso 1	$0.33 \times 15.4 = 5.082$	Similar al paso 1
	14	" " 2	$5.082 \times 1000 = 5082$	" " 2
	15	" " 3	$5082 \times 0.7580 = 3852$	" " 3
	16	Multiplico paso 15 por 7500 seg. que es el "tiempo equivalente representativo de esa muestra" (ver fig. <u> </u>), dará la cantidad en gramos que han pasado en los 7500 segs.	$3852 \times 7500 = 28890000$	" " 4
	17	Sumo pasos 4, 8, 12, 16 y daré la cantidad en gramos que han pasado en la suma de sus 4 tiempos equivalentes representativos, es decir en 29250 seg.	$89690700 + 126906840 + 53811500 + 28890000 = 299299140$	gramos/29250 seg
	18	Hallo la cantidad total de gramos que pasan en un día (por regla de 3).	$\frac{299299140 \times 86400}{29250} = 883781420$	$\frac{\text{gr}}{29250 \text{ seg}} \times \frac{86400 \text{ seg}}{\text{día}} = \frac{\text{grs}}{\text{día}}$
	19	Multiplico paso 18 por el inverso de la densidad del sedimento ($\rho_s = 2.97 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$)	$883781420 \times \frac{1}{2.97} = 297569501$	$\frac{\text{grs}}{\text{día}} \times \frac{\text{cm}^3}{\text{grs}} = \frac{\text{cm}^3}{\text{día}}$

<u>HORA</u>	<u>PASO</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>VALORES</u>	<u>DIMENSIONES</u>
	20	Multiplico paso 19 por uno menos la porosidad promedio de arenas finas (Lee, 1919) dividida para 100.	$297569501 \left(1 - \frac{47}{100}\right)$ $= 157711836$	$\text{cm}^3/\text{día}$
	21	Multiplico paso 20 por 1.308×10^{-6} $\text{yard}^3/\text{cm}^3$. Me dará la cantidad en volumen transportada por día.	$157711836 \times 1.308 \times 10^{-6} = 206.3$	$\frac{\text{cm}^3}{\text{día}} \times \frac{\text{yard}^3}{\text{cm}^3} = \frac{\text{yard}^3}{\text{día}}$

VOLUMEN DE TRANSPORTE LITORAL DETERMINADO CON LAS MEDICIONES IN SITU DE LA CONCENTRACION

$$\text{Volumen de Transporte (} \frac{\text{yard}^3}{\text{día}} \text{)}$$

<u>ESTACION</u>	<u>METODO SIMPLIFICADO</u>	<u>METODO DE LOS PROMEDIOS</u>	<u>METODOS DE LOS TIEMPOS EQUIVALENTES REPRESENTATIVOS</u>
P1	47,22 + 46.9 %	55.76	47.20
P2	126.25 + 100 %	175.73	111.90
P3	209,67 + 50 %	178.40	206.30
P4	170.55 + 54 %	150.41	171.50

METODO DE APROXIMACIONES MATEMATICAS PARA EL CALCULO
DEL TRANSPORTE LITORAL

a) TRANSPORTE LITORAL USANDO EL METODO DEL FLUJO DE ENERGIA

Datos de entrada:

- Altura promedio de las 5 observaciones (\bar{H}_b) : 2.2 piés (0.7 mts.)
- Angulo de rompiente promedio (α_b) : 10°

$$Pl_s = 25.8 H_b^{5/2} \text{ sen } 2\alpha_b \quad (11)$$

$$Pl_s = 63.3 \text{ pié-lbs./seg/pié de playa}$$

$$Ea = 8.64 \times 10^4 \times Pl_s$$

$$Ea = 8.64 \times 10^4 \times 63.3$$

$$Ea = 546.9 \times 10^4 \text{ pié-lb/pié de playa/día}$$

De la figura (9) o con la ecuación (11) resulta:

$$Q = 1.93 \times 10^{-4} \times 546.9 \times 10^4$$

$$Q = 1055 \text{ yard}^3/\text{día}$$

b) TRANSPORTE LITORAL USANDO EL METODO EMPIRICO DE PREDICCIÓN DEL TRANSPORTE LITORAL BRUTO

Galvín (1972) propuso la ecuación:

$$Q = 2 \times 10^5 H_b^2$$

en que Q = Transporte litoral bruto ($\text{yard}^3/\text{año}$)

$$2 \times 10^5 = \text{Constante que relaciona } H_b^2 \text{ con } Q$$

H_b = Altura de rompiente promedio al año en la zona de estudio (piés).

Suponiendo un valor de H_b promedio de 2.0 piés para la zona en estudio:

$$Q = 2 \times 10^5 \times (2.0)^2$$

o también puedo usar el gráfico de la Figura (11) :

$$Q = 2 \times 10^5 \times 4$$

$$Q = 8 \times 10^5 = 800.000 \text{ yard}^3/\text{año}$$

El valor de Q para un día sería:

$$Q_{\text{día}} = 8 \times 10^5 \left(\frac{\text{yard}^3}{\text{año}} \right) \times \frac{1}{365} \left(\frac{\text{día}}{\text{año}} \right)$$

$$Q_{\text{día}} = 2191 \frac{\text{yard}^3}{\text{día}}$$

Este valor podría ser considerado como un valor máximo del transporte litoral diario.

Apéndice (10)

TRANSPORTE LITORAL POR EL METODO DEL FLUJO DE ENERGIA CON
RELACION AL TRANSPORTE DEL PESO SUMERGIDO

La fórmula aplicada es:

$$I_L = K \times E_a$$

donde:

I_L = Transporte del peso de arena sumergida

E_a = Componente litoral del flujo de energía de la ola por pie por día

K = Constante adimensional = 0.35

Conversión de I_L a Q_L

Q_L = Transporte en volumen

$$Q_L = \frac{I_L}{\left(1 - \frac{P}{100}\right) (P_S - P_W) g}$$

donde:

g = Aceleración de la gravedad

P = Porosidad de la arena del lugar (%)

P_S = Densidad del sedimento

P_W = Densidad del agua

Para el sitio estudiado $P = 47\%$ y la gravedad específica de la arena, $S_S = 2.97$

$$P_S = 2.97 P$$

en que:

$$P = \text{Densidad del agua dulce} = 1.94 \text{ slugs/pie}^3$$

Luego:

$$P_S = 2.97 (1.94) = 5.76 \text{ slugs/pie}^3$$

$$P_W = 2.0 \text{ slugs/pie}^3 \text{ (para agua salada)}$$

$$Q_L \left(\frac{\text{pie}^3}{\text{día}} \right) = \frac{I_L \left(\frac{\text{lb.}}{\text{día}} \right)}{\left(1 - \frac{47}{100}\right) (5.76 - 2.0) (32.2)}$$

$$Q_L \left(\frac{\text{pie}^3}{\text{día}} \right) = 0.0156 \left(\frac{\text{pie}^3}{\text{lb.}} \right) \cdot I_L \left(\frac{\text{lb.}}{\text{día}} \right)$$

$$I_L \left(\frac{\text{lb.}}{\text{día}} \right) = 64.17 \left(\frac{\text{lb.}}{\text{pie}^3} \right) \cdot Q_L \left(\frac{\text{pie}^3}{\text{día}} \right)$$

$$I_L \left(\frac{\text{lb.}}{\text{día}} \right) = 64.17 \left(\frac{\text{lb.}}{\text{pie}^3} \right) \cdot Q_L \left(\frac{\text{pie}^3}{\text{día}} \right) = K \cdot E_a \left(\frac{\text{pie} - \text{lb.}}{\text{pie} - \text{día}} \right)$$

$$Q_L \left(\frac{\text{pie}^3}{\text{día}} \right) = \frac{K}{64.17 \left(\frac{\text{lb}}{\text{pie}^3} \right)} \cdot E_a \left(\frac{\text{pie} \cdot \text{lb}}{\text{pie-día}} \right)$$

Es fue determinado en el Apéndice 9d:

$$Q_L = \frac{0.35}{64.17} \times 546.9 \times 10^4$$

$$Q_L = 29829 \text{ pie}^3/\text{día}$$

como 1 yard cúbica = 27 pies cúbicos

$$Q_L = 1065 \text{ yard}^3/\text{día}$$

5. REFERENCIAS

AGUILAR, N.A., "Beach Profile Changes and Onshore-Offshore Sand Transport on the Oregon Coast", Tesis de Grado de Oceanografía, Universidad de Oregon, Corvallis, 1977.

BALSILLIE, J. H., y BERG, D.W., "State of Groin Design and effectiveness", Proc. of the 13th. Conf. on Coast Eng., Vancouver, B.C., Canada, July 1972.

BENITEZ, S.B., "Morfología y sedimentos de la plataforma continental del Golfo de Guayaquil". Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, 1975.

BRUNO, R.O., e HIIPAKKA L.W., "Littoral Environment Observation Program in the State of Michigan", Proc. 16th. Conf. Great Lakes Res., pp. 492-507. 1973.

BRUUN, P., "Measures Against Erosion at Groins and Jetties", Proc. Third Conf. Coastal Eng., pp. 137-164. 1953.

BRUUN, P., "Longshore Currents and Longshore troughs", Journal of Geophysical Research, Vol. 68, 1963, pp. 1065-1078.

"COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER, "Shore Protection Manual", Vol. I, II, III, Department of the Army Corps of Engineers, 1975 (Segunda edición).

CORONEL, V., Comunicación Personal, Guayaquil, 1978.

CRUZ, R., "Morphodynamics and Sedimentation of the Rio Guayas Delta", University of Louisiana (Ph. D. Thesis), 1974.

CUNNINGHAM, R, Jr., "An investigation of Littoral Transport between Virginia Beach and Sandbridge, Virginia". Tesis de Grado de Oceanografía, Institute of Oceanography Old Dominion University. April (1974).

DAS, M.M., "Suspended Sediment and Longshore Sediment Transport Data . Review", 13th International Conference on Coastal Engineering, Vancouver, B.C., Canada, July 1972.

- DAVIES, J.L. "A morphogenic approach to world shorelines". *Zeits. für Geomorph.* 8 (Sp. No.), 1964, en King, C.A.M., *Beaches and Coast*, Edward Arnold, Ltd., 1972.
- DIETZ, R.S., "Wave Base, Marine Profile of Equilibrium, and Wave-Built Terraces: A Critical Appraisal", *The Geological Society of America Bulletin*, Vol. 74, No. 8, Aug. 1963, pp. 971-990.
- FOLK, R.L., "Petrology of Sedimentary Rocks", Hemphill's, Austin, Texas, 1969.
- GALVIN, C.J., Jr., "Longshore Current Velocity: A review of theory and Data", *Reviews of Geophysics*, Vol. 5, No. 3, Aug. 1967.
- GALVIN, C.J., Jr., "A Gross Longshore Transport Rate Formula", *Proc. of the 13th. Conf. on Coast. Eng.*, Vancouver, B.C. Canada, July, 1972.
- GALVIN, C.J., Jr., "Experimental and Theoretical Study of Longshore currents on a Plane Beach", (Tesis de Grado no publicada, Massachusetts Institute of Technology). Ref. in "Shore Protection Manual", Vol. I, Capt. IV. 1975.
- INGLE, J.C., "The movement of Beach Sand", *Devel. Sediment*, Vol. 5, Elsevier, Amsterdam, 1966.
- IVERSEN, H.W., "Laboratory study of Breakers", *Gravity Waves*, Circ. No. 521, National Bureau of Standards. Washington, D.C. 1952.
- JOHNSON J.W. y EAGLESON P.S., "Coastal Processes", en A.T. Ippen (editor), *Estuary and Coastline Hydrodynamics*, McGraw-Hill, New York, New York. Capt. I. 1966.
- KINSMAN, B., "Wind Waves, their generation and Propagation on the Ocean Surface", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1965.
- KOMAR, P.D. e INMAN, D.L., "Longshore Sand Transport on Beaches", *Journal of Geophysical Research*, V. 75, No. 30, Oct. 20. 1970, pp. 5914-5927.

KOMAR, P.D., y MILLER M.C., "Sediment threshold under oscillatory waves", Proc. 14th. Conf. on Coast. Eng., pp. 756-75, 1975 a.

KOMAR, P.D., "Beach Processes and Sedimentation", Prentice-Hall Englewood Cliffs, N.J., 1976.

LANFREDI, N., Comunicación personal, Buenos Aires, 1977.

LEE, C.H., "Geology and ground waters of the western part of San Diego Country, California" (1919), en Pettijohn F.J., Rocas Sedimentarias, EUDEBA, Buenos Aires, 1963.

LONGUETT-HIGGINS, N.S., "Longshore currents Generated by Obliquely Incident Sea Waves, 1", Journal of Geophysical Research, Vol. 75, No.33, Nov. 1970 a, pp. 6788-6801.

MORIN, F., "Quelques Analyses Physiques Des Sols Methodes de Terrain", Ministère de L'Energie des Mines et des Ressources. Commission Géologique du Canada, Ottawa 1973, Dossier public. 172.

MUNK, W.H., "The Solitary Wave theory and Its Application to Surf Problems", Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 51, 1949, pp. 376-462.

MURRAY, S., CONLON D., SIRIPONG, A., SANTORO, J.", "Circulation and salinity distribution in the Rio Guayas estuary, Ecuador", en Estuarine Research, Vol. II, Academic Press, N.Y., 1975.

OTTOMAN, F.C., "Introducción a la Geología Marina y Litoral". EUDEBA, Buenos Aires, 1967.

SAVAGE, R.P., "Laboratory Determination of Littoral Transport Rates", Journal of the Waterways and Harbors Division, ASCE, No. WW2, May 1962, pp. 69-92.

SAVILLE, T., Jr. y CALDWELL, J.M., "Accuracy of Hydrographic Surveying In and Near the Surf Zone", Vol. 5, Army, Corps of Engineers, Beach Erosion Board, Washington, D.C., Mar. 1953.

SHEPPARD, F.P., "Submarine Geology". Third edition, Harper y Row, Publishers. 1973.

STEVENSON, M.R., PESANTES F., SANTORO J., *Resultados del Crucero de reconocimiento de las mediciones de la corriente. Julio 18-23*". Boletín Científico y Técnico No. 3. (Instituto Nacional de Pesca) . 1973.

TAYLOR, D.W., "Fundamentos de la Mecánica de Suelos", Compañía Editorial Continental, S.A.

TELEKI, P., "Fluorescent Sand Tracers", *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 36., June 1966.

TRASK, P.D., "Movement of Sand around Southern California Promontories", TM-76, U.S. Army, Corps of Engineers, Beach Erosion Board, Washington, D.C., June 1955.

WATTS, G.M., "A study of Sand Movement at South Lake work Inlet, Florida", TM-42, U.S. Army, Corps of Engineers, Beach Erosion Board, Washington, D.C. Oct. 1953.

WEGGEL, J.R., "Maximum Breaker Height", *Journal of the Waterways, Harbors and Coastal Engineering Division, ASCE*, Vol. 98, WW4, Nov. 1972.

ZENKOVITCH, V.P., "Fluorescent substances as tracers for studying the movement of sand on the sea bed; experiments conducted in the U.S. S. R.", 1960, ref. en Zenkovitch, V.P., *Processes of Coastal Development*, Interscience Publishers, N.Y., 1967.