



BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARITIMA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA MARITIMA Y CIENCIAS DEL MAR

Tópico de Graduación:

CALIDAD DE AGUA EN EL ESTERO COBINA

**“Características Físicas y Cálculo del Prisma de
Marea en el Estero Cobina”**

Previa a la Obtención del Título de:
O C E A N O G R A F O

Presentada por:

JORGE GUILLERMO NATH NIETO

Guayaquil - Ecuador.

1 9 9 3

DEDICATORIA

A MIS PADRES, por el amor y sacrificio que supieron brindarme para poder realizar mis estudios.

A MI ESPOSA E HIJO, porque con su cariño y comprensión permitieron hacer que este trabajo sea un éxito.



BIBLIOTECA
IAC, ING.
MARIITIMA

.....
Ing. Nestor Alejandro O.
Presidente Tribunal

.....
Lda. Mercy Borbor C.
Directora del Tópico

.....
Ing. Eduardo Cervantes B.
Miembro Tribunal

.....
Ing. Enrique Sánchez C.
Miembro Tribunal

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL "

(Reglamento de Exámenes y Titulos profesionales de la ESPOL)



BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARITIMA



Jorge G. Nath Nieto

R E S U M E N

El Tópico " Calidad de agua en el Estero Cobina" estudia las características generales, las características de circulación y mezcla, y los parámetros químicos presentes en el estero. Este estudio se lo realizó en el Estero Cobina, ubicado en el estuario interior del Golfo de Guayaquil, Provincia del Guayas - Ecuador, en un periodo comprendido desde los primeros meses del segundo semestre de 1990 hasta fines del primer semestre de 1991. El estero tiene de longitud de 6.870 metros aproximadamente, distancia determinada desde el Puerto Marítimo hasta el Río Guayas.

Este trabajo que constituye parte del Tópico da un conocimiento de las características generales del sector, tales como características geomorfológicas, sedimentarias, meteorológicas e hidrológicas. Además, se realiza el cálculo de el tiempo en que un contaminante es renovado en un cuerpo de agua semicerrada.

Para un mejor estudio del estero fue segmentado en cinco grandes partes, las cuales están divididas en cinco estaciones principales y cuatro estaciones secundarias. Se calcularon las áreas transversales de cada estación, utilizando la carta I.O.A. 107, la cual fue utilizada

VII



INSTITUTO
DE OCEANOGRAFIA Y
PESQUERIAS

para determinar la distancia, ancho y profundidad de cada estación seleccionada.

El cálculo del tiempo de renovación para el 6 de Enero de 1991, se basa en determinar el prisma de marea de un cuerpo de agua, que es la diferencia del volumen total en pleamar con el volumen total en bajamar. El tratamiento del cálculo de áreas transversales consiste en determinar la profundidad y el ancho cada 100 metros a lo largo del estero, mientras, que el cálculo de la altura de marea en un tiempo estimado fue realizado mediante lo expuesto por OSORIO (7), realizar una variación lineal de la altura de la marea a lo largo del estero.

El Área transversal calculada en las estaciones sirvieron para determinar una semejanza con las áreas rectangulares transversales calculadas cada 100 metros de distancia, determinandose algunas constantes de semejanza obtenidas mediante regresiones lineales, obteniendo una mejor aproximación de áreas transversales y sumadas con las áreas por efectos de marea dan a lugar el cálculo de los volúmenes por segmentos, los cuales son creados mediante el principio de ketchum. Otro forma de calcular, es mediante la fracción de agua fresca utilizando la características salinas del lugar y los volúmenes de segmentos previamente seleccionados. También se realizó un cálculo de la distribución longitudinal de un contaminante no

VIII

conservativo (AMONIO).

Los resultados obtenidos indican que las constantes de semeianza son $k_1=0.4$, $k_2=0.6$, $k_3=0.7$ y $k_4=1.2$. Por otra parte, una aproximación muy buena se ha obtenido con estos métodos, 11.03 ciclos de marea mediante el método de ketchum, y por el método de la fracción de agua fresca se obtuvo 10.93 ciclos de marea, determinando por lo tanto, que un cuerpo de agua contaminado se demorará en renovarse en aproximadamente 11 ciclos de marea, se indica que mediante la distribución longitudinal del contaminante se observa que en el sector " Esclusas" la dilución del contaminante es menos activa que la producida en el sector " Puerto", debido a las características propias del sector.



INDICE GENERAL

BIBLIOTECA
FAC. CIEN.
MARITIMA

RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	IX
INDICE DE FIGURAS	XI
INDICE DE TABLAS	XIII
INTRODUCCION	14
I. CARACTERISTICAS FISICAS DEL ESTERO COBINA	
1.1 Características generales	17
1.1.1 Ubicación del área de estudio.....	20
1.1.2 Características geomorfológicas.....	23
Y sedimentarias	
1.2 Meteorología e hidrología	29
1.2.1 Condiciones climáticas generales ...	29
1.2.2 Predominancia del viento	30
1.2.3 Caudales de agua dulce	33
1.3 Procesos de transporte	34
1.4 Características de marea	37
1.4.1 Niveles de referencia	38
1.4.2 Cálculo de marea en el estero cobina	41
1.5 Ubicación de las estaciones	49
1.5.1 Segmentación y estaciones	50
1.5.2 Sección transversal y longitudinal	52
1.5.3 Volúmenes de segmentos	64
II. CALCULO DEL PRISMA DE MAREA	
2.1 Prisma de marea	75
2.1.1 Concepto teórico	76
2.1.2 Métodos para el cálculo del Tiempo	
de renovación del prisma tidal	76
III. RESULTADOS	
	90

CONCLUSIONES	94
RECOMENDACION	98
BIBLIOGRAFIA	100



ENLUTADO
190. 190.
2000 19

I N D I C E D E F I G U R A S

# FIG.	PAG.
1. Ubicación geográfica del área de estudio.	19
2. Ubicación de las estaciones principales y secundarias.	21
3. Frecuencia de la dirección del viento....	32
4. Ubicación de los niveles de referencia de la marea.....	42
5. Curva de marea en el Puerto Marítimo y el Río Guayas.	45
6. Sección transversal (Estación Principal)	54
7. Sección transversal (Estacion Secundaria)	55
8. Variación longitudinal de la profundidad en el estero cobina.....	56
9. Procedimiento para el cálculo de área transversal	59
10. Variación longitudinal de las áreas transversales	63
11. Comparación de las áreas calculadas en el estero cobina	68
12. Comparación de las regresiones lineales con las áreas transversales	73
13. Curva de la distribución longitudinal de un contaminante no conservativo	89

INDICE DE TABLAS



BIBLIOTECA
FAC. CS. PAG.
MACHALA

No.	PAG.
I. Hora y altura de marea predicha en las estaciones mareográficas de Puerto Marítimo y Guayaquil (Río Guayas)	43
II. Hora y altura de marea calculadas en un instante dado en las estaciones mareográficas de Puerto Marítimo y Guayaquil (Río Guayas)	46
III. Altura de marea en la pleamar y bajamar a lo largo del estero cobina (6 de enero de 1991)	49
IV. Coordenadas Geográficas de las estaciones Principales (P) y Secundarias (S) ..	51
V. Sección Transversal - Estación Principal	60
VI. Sección Transversal - Estación Secundaria	61
VII. Area Transversal de las estaciones principales y secundarias mediante la formulación mencionada	64
VIII. Sección longitudinal	66
IX. Cálculo de la regresión lineal	69
X. Datos en el estero cobina para el cálculo del prisma de marea	80
XI. Formulas para el cálculo del tiempo de renovación	83
XII. Cálculo del tiempo de renovación por el método de ketchum	84

XIII

XIII.	Cálculo del tiempo de renovación por el método de la fracción de agua fresca ...	84
XIV.	Cálculo de la distribución longitudinal de un contaminante no conservativo	88
XV.	Resultados	93



I N T R O D U C C I O N

DIC 1971
FAC. CIEN.
MAR DEL PLATA

Debido a la gran importancia que constituye un estuario o un río en el desarrollo del hombre, existe la necesidad de conocer algunas propiedades que gobiernan a este medio. Uno de los fenómenos que se presentan en un estero es la renovación de sus aguas, ya que estos se encuentran influenciados por varios factores como: la marea, el viento, aportes de agua dulce y evaporación, lluvias y por agentes artificiales.

El Estero Cobina es una canal que une al Estero Salado y al Río Guayas, siendo utilizado como un canal de navegación para embarcaciones de pequeño calado. En la parte más cercana al río se encuentra Las Esclusas, las mismas que controlan el desnivel producido por la diferencia de niveles de agua. Además, a lo largo del estero se encuentran industrias y pequeños caseríos a orillas del estero, también una pequeña playa denominada "La Playita" se ubica en este sector, siendo un sitio de gran agrado para los habitantes cercanos y visitantes.

Estos cuerpos de agua son grandes receptores de desechos industriales y domésticos, contaminando en forma descontrolada este medio, por lo que es necesario obtener conocimiento de los grados de contaminación existentes.

Prst

Cuando el contaminante esta presente, inicialmente se diluirá según sus propiedades físicas y la forma que se ha vertido, este cuerpo de agua al estar influenciado por la circulación, finalmente tardara un período en ser renovado.

El tiempo de renovación es el factor que se requiere para estimar el tiempo que se reemplazaría un determinado porcentaje de agua por una misma cantidad de agua fresca. La renovación de esta agua es una solución natural que ofrece la naturaleza ante una contaminación por desechos.

El principal objetivo que presenta este trabajo es determinar el tiempo de renovación e indicar las características principales del sector, siendo detalladas en los capítulos 1.1 y 1.2. Una introducción teórica de los procesos de transporte se presenta en el capítulo 1.3, presentandose el desarrollo de la ecuación de balance para un estuario de Tipo B (mezclado parcialmente).

En el capítulo 1.4 se presenta el cálculo de las alturas de marea a lo largo del estero, mediante una proporción lineal entre las alturas obtenidas del Puerto Marítimo y el Río Guayas.

En el capítulo 1.5 se determinaron las áreas transversa-

les de las estaciones y áreas cada 100 metros de distancia, que serán utilizadas para el cálculo del prisma de marea, utilizando las profundidades y anchos obtenidos cada 100 metros de distancia.

Mediante los cálculos realizados en los anteriores capítulos se determinara en el capítulo 2 el tiempo que tardarian estas aguas en renovarse, obteniéndose mediante el método de ketchum y el método de fracción de agua fresca y la distribución longitudinal de un contaminante no conservativo (AMONIO).

CAPITULO I

CARACTERISTICAS FISICAS DEL ESTERO COBINA

1.1. CARACTERISTICAS GENERALES

El estuario del Golfo de Guayaquil, está localizado entre los $79^{\circ}40$ - $81^{\circ}00$ de longitud oeste y $2^{\circ}10$ - $3^{\circ}25$ de latitud sur. Stevenson(1981), indica que el Golfo de Guayaquil, se divide en un estuario interior y exterior.

El estuario exterior limita con la costa occidental de la Isla Puná y se extiende hasta los $81^{\circ}00$ de longitud oeste.

Borbor (1985), manifiesta que en el estuario se encuentran dos ramificaciones, el Canal de Jambelí y el Canal del Morro, ubicados al sur y norte de la Isla Puná, estos al unirse van a

formar el Canal de Cascajal constituyendo parte del Golfo de Guayaquil, ver fig. 1.

El estuario interior se desarrolla desde la Isla Puná, a lo largo del Canal de Cascajal extendiéndose con dirección noreste por dos ramales, el Río Guayas y el Estero Salado.

Nuestro mayor interés se orienta al canal que une al Estero Salado y al Río Guayas, el Estero Cobina siendo considerado un canal de navegación para embarcaciones de poco calado y un pequeño sumidero de agua dulce del Estero Salado. En este canal es controlado el aporte de agua dulce por Las Esclusas que une al Río Guayas con el Estero Cobina.

El estudio total a realizar consiste en:

- Características Generales del sector .
- Características de Circulación del sector.
- Parámetros Físicos y Químicos del sector.
- Parámetros Biológicos y Microbiológicos del sector.

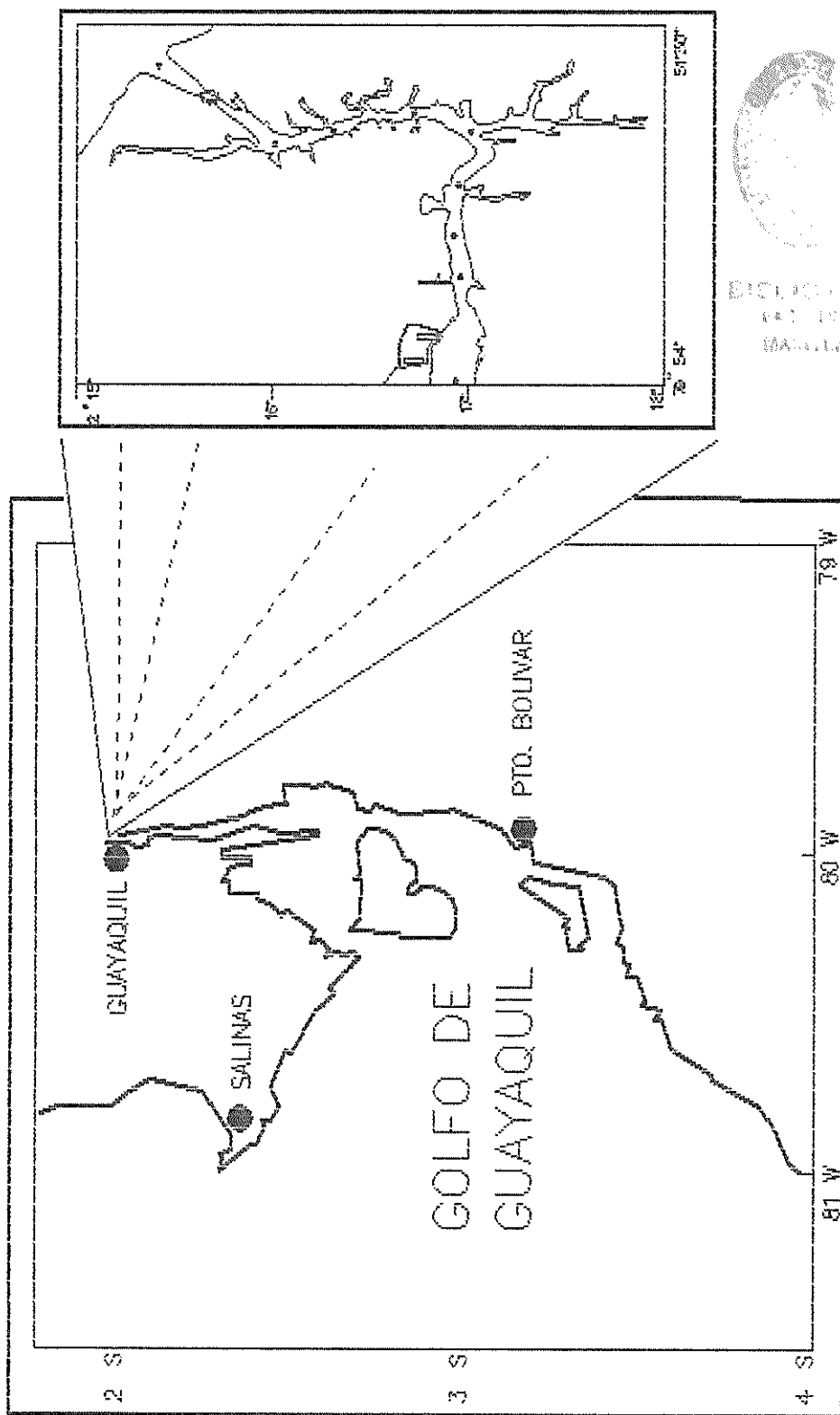


FIG. 1 UBICACION GEOGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO

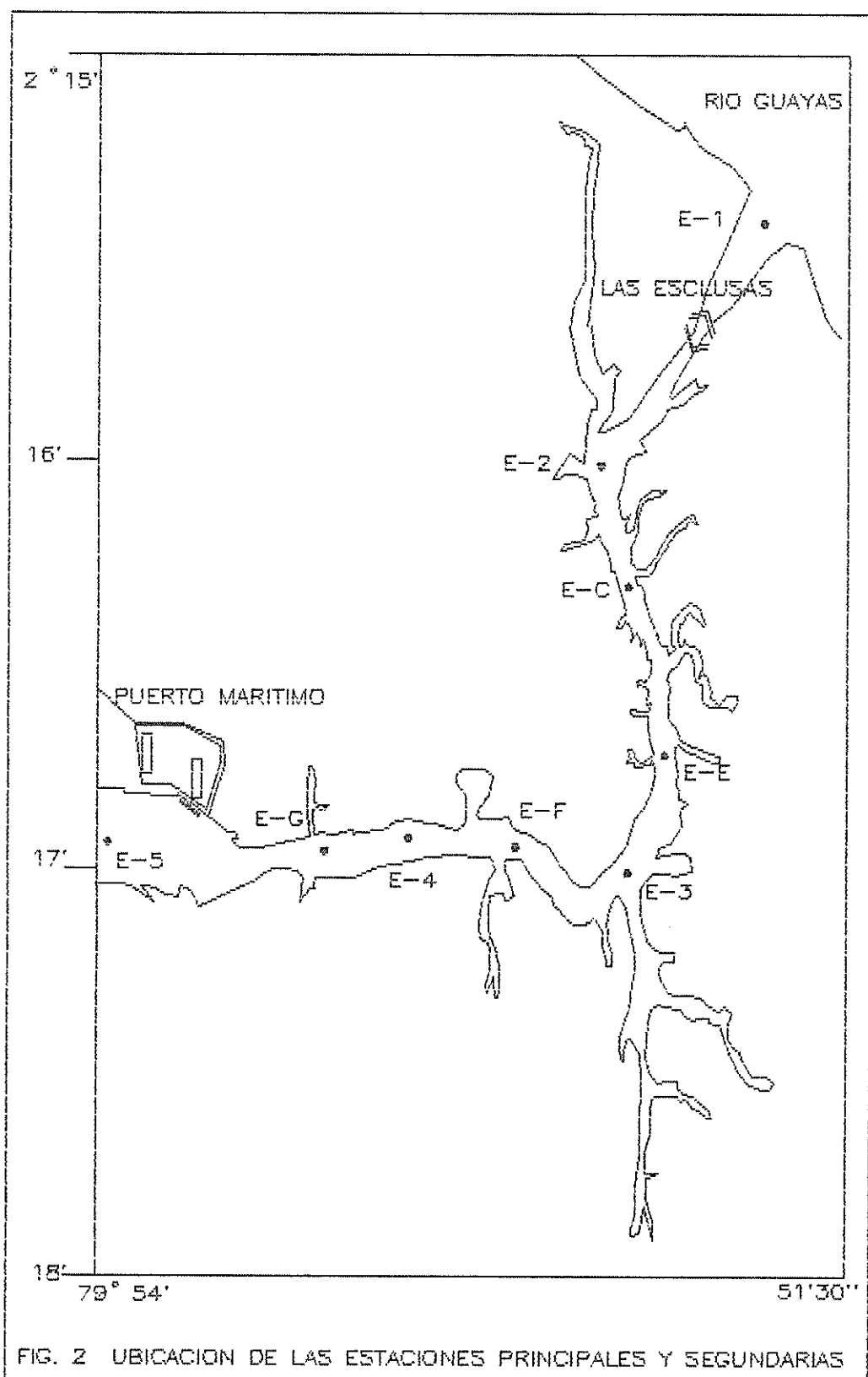
- Características de las aguas de descargas sobre el sector.

En este documento se llevo a cabo el desarrollo de las Características Generales del Sector, así mismo, el cálculo del tiempo de renovación en el Estero, mediante el cálculo del prisma de marea.

1.1.1. UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO.

El Estero Cobina, constituye parte del sistema estuarino del Golfo de Guayaquil, encontrándose en el estuario interior del mismo, entre los $2^{\circ}15'$ - $2^{\circ}18'$ de latitud sur y $79^{\circ}54'$ - $79^{\circ}51'45''$ de longitud oeste, como podemos apreciar en la fig. 2.

Este canal propiamente dicho, es una unión artificial entre el Estero Salado y el Río Guayas, facilitando así, la navegación a embarcaciones pequeñas que navegan por el Río Guayas hacia el estero, pero por otro lado dificulta el tránsito de embarcaciones de mayor



calado, debido a la poca profundidad existente.

Una de las características importante del sector son:

- La diferencia que existe entre los niveles de marea del río y el estero, son controlada por unas compuertas (Las Esclusas) ubicadas a 300 metros de la entrada de agua dulce provenientes del río.

- Por encontrarse en sus alrededores viviendas, y un centro turístico denominado "la Playita", los cuales no poseen las necesidades sanitarias correspondientes, por lo que es necesario determinar el grado de contaminación en la zona de estudio.

- Asentamiento de fábricas industriales, que utilizan el agua del estero, y son devueltas al medio sin previo tratamiento químico.

- La utilización de dichas aguas para

la alimentación de las piscinas camarónicas.

- Las Esclusas regulan la entrada de agua dulce, dejando fluir solo una porción del caudal total de entrada.

1.1.2 CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS Y SEDIMENTARIAS

El sistema estuarino consta en dos ramales, el estuario del Río Guayas y el estuario del Estero Salado, el primero se inicia en el Canal de Jambelí que posee un ancho de 25 Km. extendiéndose por el Río Guayas unos 125 Km. hasta la ciudad de Guayaquil, donde posee un ancho de 1.5 km. y una profundidad de 10 a 15 m. El estuario del Estero Salado tiene su inicio en el Canal del Morro que tiene 3 Km. de ancho y se extiende aproximadamente 75 Km. con dirección noreste hasta llegar a la ciudad de Guayaquil.

El Canal de Jambelí y algunas canales pequeños que conectan a ambos estuarios,

un pequeño suministro de agua dulce es aportado por el Estero Cobina.

El estuario del Estero Salado es la principal ruta de navegación por poseer grandes profundidades y por ser de rápido acceso desde el mar.

Los procesos morfogenéticos actuales que se observa en el área de estudio, son :

- La descarga de agua dulce y sedimentos desde el río (mínimo aporte).
- La intrusión de agua salada y los movimientos de la marea desde el océano (máximo aporte).
- La acción de las olas entrando desde el océano y las generadas por los vientos locales.
- Los movimiento de agua y sedimentos dentro de la geometría del mismo sistema.

Los efectos causantes de grandes profun-

dades en el estero Salado son :

- Suministros pequeños de sedimentos finos provenientes del río.
- Débiles corrientes de densidad.
- Grandes áreas de sedimentación cerca del estuario.
- Fuertes corrientes de marea en el canal.

Las características geológicas están diferenciadas por dos partes, la parte superior (noreste) que consta la entrada de flujo de agua dulce proveniente del río (restringida por las esclusas), y la parte inferior (suroeste), que consiste en la entrada de agua salina proveniente del Estero Salado.

Respecto a la parte sedimentaria, se considera dos ambientes netamente diferenciados por sus suministros (río - estero).

Rada (1986), indica:

Las diferencias son notables debido al mayor aporte de sedimento de el río y sus cargas adicionales, por tala de manglares y por camaroneras.

Indica, que el Estero Salado, está constituido por dos grupos de sedimentos.

a. Limo-arcilloso, mal clasificado, con tendencia a localizarse en flancos del canal.

Diámetro:	0.01 mm.
arena :	1.99 %
limo :	82.59 %
arcilla :	15.42 %

b. Arena-limoso, moderadamente clasificado, localizado en el eje del canal

Diámetro:	0.28 mm.
arena :	98.55%
limo :	1.45%



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
BAHÍA DE LOS ANGELES
B.C.S.

Mientras, que en el río, se encuentra, como sedimento medianamente clasificado, con diámetros que están entre los finos y gruesos, siendo una proporción muy variable entre arena, limo y arcilla.

Además, información obtenida por trabajos realizados por Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) en el estero, indica, que el sedimento varía desde arena en las zonas de alta energía con fuertes corrientes a arcillas limosas en las zonas de baja energía. Por lo que la mayor parte de estos sedimentos pueden ser movidos fácilmente, éstos pueden ser transportados en suspensión.

Los procesos de marea y su asimetría puede inducir a un mayor transporte de sedimentos suspendidos en pleamares que en bajamares orientados hacia la cabecera del estero (las esclusas), determinados por la desigualdad entre el flujo y el refluo dominante

Mediante un informe técnico presentado por INOCAR a la Autoridad Portuaria de

Guayaquil (APG 1961-1962) se indica que el sedimento depositado en el fondo del estuario es fácilmente removido, observándose grandes concentraciones cerca del fondo de 0.8 a 1.8 kg/m^3 , mientras que en la superficie se encuentran concentraciones de hasta 0.6 kg/m^3 .

En la parte norte del Estero Cobina, donde se encuentra ubicado las Esclusas, este sector sufre serios problemas de sedimentación desde su construcción, por lo que ha dificultado la navegación.

Esta sedimentación se produce debido a la diferencia de densidades de las dos tipos de agua, que se aproxima a 10 Kg/m^3 , produciendo así corrientes de densidad y la poca cantidad de sedimento que transporta las aguas del Estero Cobina hacia el río, y viceversa, por lo cual se debe considerar estos efectos como fuentes de sedimentación.



1.2. METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

1.2.1 CONDICIONES CLIMATICAS.

La zona costera del Ecuador se caracteriza por presentar dos estaciones bien definidas:

- La estación invernal o también llamada época lluviosa, se presenta desde Enero hasta Abril, se caracteriza por constituir alrededor del 95% de la precipitación anual, asociadas con altas temperaturas y un alto índice de humedad, presencia de cúmulosnimbus, cúmulos y estratoscúmulos.

- La estación de verano o también llamada época seca, se presenta desde Junio hasta Octubre, se caracteriza por la presencia constante del Frente Ecuatorial , ausencia total de lluvias, temperatura baja y la formación de nubes estratos.

1.2.2 PREDOMINANCIA DEL VIENTO.

Para poder determinar la predominancia de la dirección y velocidad del viento, se ha recopilado información de una serie de tiempo desde 1977 - 1990 de la Estación Guayaquil (Aeropuerto), proporcionados por el departamento de Meteorología de la Subdirección de Aviación Civil. Estos datos son mostrados en el Climatológico Aéreo que publica dicha entidad.

La estación invernal muestra una predominancia de vientos del SSW (sur - suroeste), con una velocidad media de 5.3 nudos, presentandose su máxima velocidad en Marzo, con velocidad de 25 nudos cuya dirección es ENE (este - noreste), mientras, que en la estación de verano muestra un predominio similar a lo expuesto para invierno, con una velocidad media de 7.8 nudos y velocidades máximas de 26 nudos, cuya dirección es del SSW para los meses de Septiembre y Octubre.

La presencia anual de vientos del SSW - SW se estima en un 45%, con velocidades que oscilan entre 0 - 20 nudos, observándose un gran porcentaje de estas velocidades en el rango de los 6 - 10 nudos, un 7% se atribuye a vientos del E, el 6% corresponde al total de Calmas (vientos cuyas velocidades son cercanas a 0) y el 42% restante son vientos de varias direcciones, dominando vientos del ESE - SSE. (fig. 3)

En 1990, los vientos del SW muestran un 26.3 % de ocurrencia y los vientos del SSW un 17.7% .Por lo que, los vientos del SW prevalecieron a los vientos del SSW con más del 30%, observándose esta presencia en el verano, cuya velocidad máxima fue de 26 nudos para Octubre , mientras que, en invierno se mostraron menos intensos, prevaleciendo en un 20% de Calmas y 13.5% para vientos del SW.

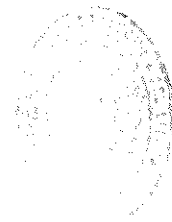
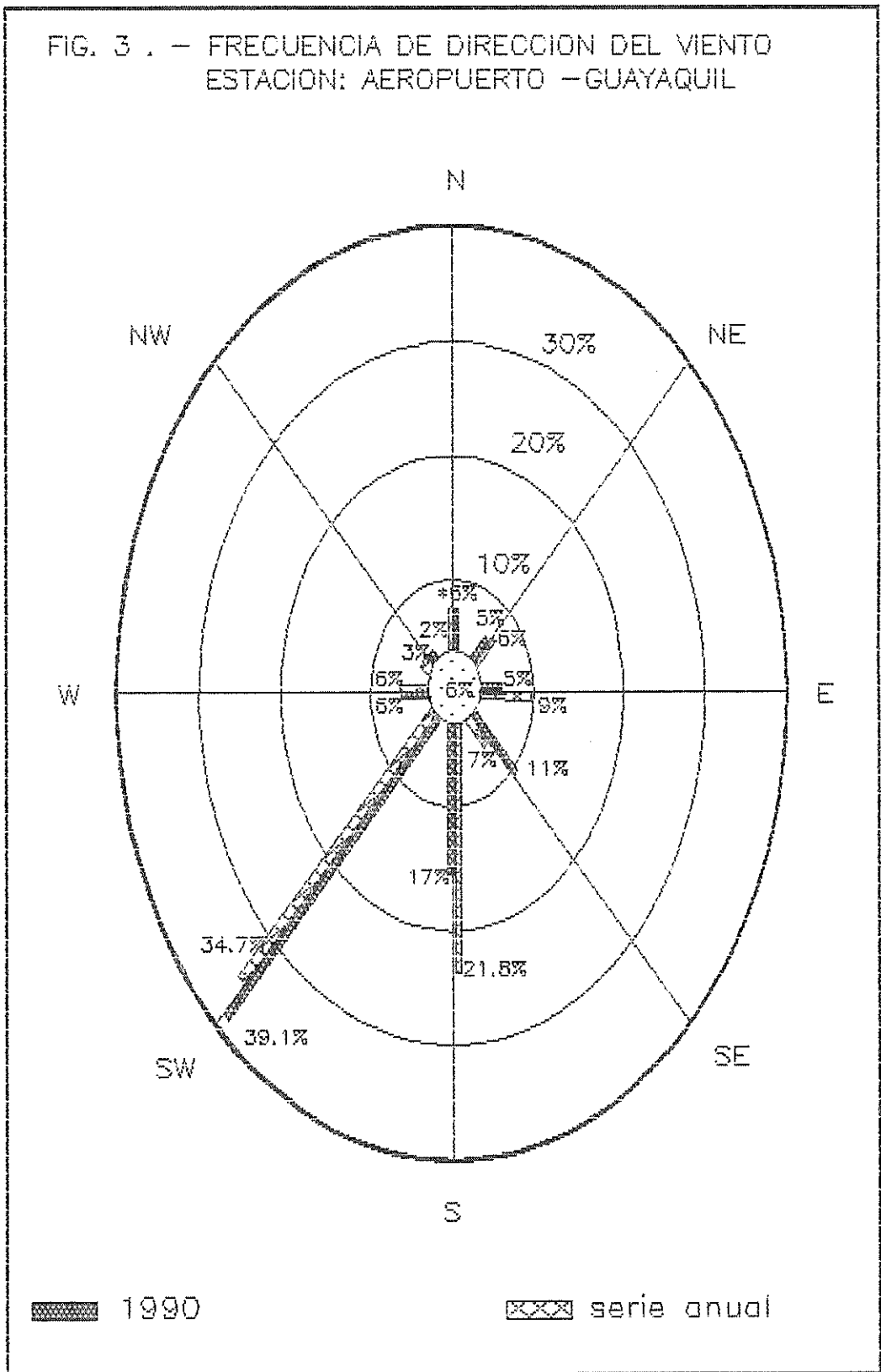


FIG. 3 . - FRECUENCIA DE DIRECCION DEL VIENTO
ESTACION: AEROPUERTO - GUAYAQUIL



1.2.3 CAUDALES DE AGUA DULCE.

Chavarría, indica que existe una variación estacional bien marcada de la descarga, lo cual, se observa que en la estación seca la descarga no posee variaciones diurnas significativas, diferente ocurre en la estación lluviosa, dependiendo directamente su aumento a la precipitación ocurrente en el área de la cuenca del río.

Una de las mayores descargas en el río fueron causadas por grandes precipitaciones generadas por el evento "El Niño", obteniendo un máximo caudal de $3.227 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes de Enero de 1983.

En 1990 se evidencia un año seco, ya que este año no alcanzó sus niveles normales de precipitación, ocurriendo un total anual de precipitación de 592.1 mm. comparativo a 924 mm. del total de los promedios mensuales de una serie de tiempo de 1962 a 1988, excepto 1982-83.

Los caudales en el Estero Cobina son muy pequeños en comparación con los del Río

Guayas debido al control de las Esclusas.

1.3 PROCESOS DE TRANSPORTE

Todo proceso el cual contribuye a mezcla y dispersión en un fluido se describe como en forma de movimiento. Estos son clasificados por flujos medios, turbulentos y moleculares.

En el caso molecular, los efectos del movimiento dinámico de un flujo se introduce un coeficiente de viscosidad, similarmente los efectos de mezcla son representados por el coeficiente de difusión, este coeficiente de difusión es una propiedad física del flujo, dependiendo de la temperatura, de la salinidad y de la presión.

Los procesos de turbulencia responsables de la mezcla vertical son generados por el esfuerzo del viento en la superficie del flujo, por movimientos pequeños de corriente o generados por olas. Los procesos de mezcla horizontal dependen de la escala del proceso observado.

El flujo de las concentraciones de una propie-

dad S es proporcional a su gradiente $\delta S/\delta n$. Los componentes del flujo turbulento en las direcciones x , y y z pueden ser expresados de la siguiente forma:

$$F(x) = -A(x) \cdot \delta S/\delta x \quad ; \quad F(y) = -A(y) \cdot \delta S/\delta y$$

$$F(z) = -A(z) \cdot \delta S/\delta z$$

Los coeficientes $A(x)$, $A(y)$ y $A(z)$, son los coeficientes de intercambio en x , y y z para la concentración de la propiedad S .

La ecuación clásica que gobierna la difusión turbulenta pueden ser fácilmente obtenidas de los flujos turbulentos como lo es dado por $F(x)$, $F(y)$ y $F(z)$. Sin embargo, adicional a la mezcla turbulenta, la difusión molecular se convierte en importante en la presencia de fuertes gradientes que producen una mezcla continua.

Si se considera un volumen, el transporte de agua neta por unidad de tiempo a través de los planos dy , dz a lo largo de la dirección de x es:

$$\delta S/\delta t = \delta[A(x)/J \cdot \delta S/\delta x]/\delta x + \delta[A(y)/J \cdot \delta S/\delta y]/\delta y$$



DIVISION
FAC. ENG.
MANILA

$$+ \delta[A(z)/J \cdot \delta S / \delta z] / \delta z$$

El coeficiente de difusión K_x es igual a $A(x)/J$ donde J es la densidad del fluido, ingresada en forma cinemática debido a que las concentraciones han sido definidas como cantidades por unidad de volumen, si adicional a la difusión existe una corriente promedio, se producirá un cambio neto en la concentración producto de la diferencia de advección.

Los cambios de concentraciones debido a la advección son

$$-(\delta S_u / \delta x) dx, \quad -(\delta S_v / \delta y) dy \quad \text{y} \quad -(\delta S_w / \delta z) dz.$$

Así, el cambio neto local de concentración debido a la difusión arremolinada y advección por unidad de tiempo y unidad de volumen, denominada **ECUACION DE BALANCE** es:

$$\begin{aligned} \delta S / \delta t = & \delta[K_x \cdot \delta S / \delta x] / \delta x + \delta[K_y \cdot \delta S / \delta y] / \delta y + \\ & \delta[K_z \cdot \delta S / \delta z] / \delta z - \delta(S_u) / \delta x - \delta(S_v) / \delta y \\ & - \delta(S_w) / \delta z \end{aligned}$$

donde los últimos tres términos se pueden escribir de la siguiente manera:

$$- u\delta S/\delta x - v\delta S/\delta y - w\delta S/\delta z - S[\delta u/\delta x - \delta v/\delta y - \delta w/\delta z]$$

El Estero Cobina lo consideramos como un ESTUARIO DE TIPO B, ya que existe una gran importancia de la marea y el río, siendo la marea la más predominante. Los tres términos más importantes que representan para este caso en particular son: los términos advección longitudinal y vertical, y el término de difusión vertical, considerando, además que se encuentra en estado estable, obtendremos la siguiente ecuación de balance.

$$0 = \delta[Kz.\delta S/\delta z]/\delta z - u\delta S/\delta x - w\delta S/\delta z$$

1.4 CARACTERISTICAS DE MAREA Y ALTURAS DE MAREA.

Un estuario es un cuerpo costero de agua semicerrada que tienen gran influencia con el océano, donde el agua de mar se mezcla con el agua dulce proveniente de un drenaje terrestre. La acción de la marea es el responsable de las intensidades de mezcla existente en un estuario.

El predominio de mareas semidiurnas en la costa ecuatorial y a lo largo del estuario, va a

producir 4 mareas cada día lunar, produciéndose dos pleamares y dos bajamares.

En estuarios, las variaciones longitudinales, el ancho y la profundidad provocan la presencia de varias ondas de mareas al mismo tiempo, existiendo en estos casos disipación de energía. Este comportamiento dinámico en el Estero Salado se presenta con ondas de marea de tipo estacionario, mientras en el Río Guayas se manifiesta con un comportamiento de tipo progresivo, debido que sus fases o crestas se trasladan con el tiempo en la dirección de su propagación.

La amplitud de marea en el Golfo de Guayaquil en sicigia es de 2.3 metros, además, la amplitud se incrementa gradualmente a 2.5 metros y 3.6 metros cerca de la ciudad y del Puerto Marítimo.

1.4.1 NIVELES DE REFERENCIA.

Chavarría, indica que los niveles de referencia pueden ser obtenidos, mediante un procesamiento directo de los

formularios de las pleamares y bajamares, mientras que otros fueron calculados de las constantes armónicas, y obtenidas del análisis armónico.

En el Ecuador los niveles de referencia más conocidos son: El nivel medio de mar (NM) y el nivel de bajamares de sicigia (MLWS).

Las principales constantes armónicas son mostradas a continuación.

- MHWS.(Mean High water spring). Nivel medio de pleamares en sicigia, es la altura media deducida de una serie de observaciones de las alturas de pleamares de sicigia.
- MHHW.(Mean high higher water). Nivel medio de las mayores pleamares, se calcula promediando las mayores pleamares diarias.
- MHW.(mean high water). Nivel medio de las pleamares, se obtiene del promedio de las pleamares de una serie.



BIBLIOTECA
INIA
MARITIMA

- MHWN.(Mean high water neap). Nivel medio de pleamares en cuadratura, es la altura media deducida de una serie de observaciones de las pleamares de cuadratura.
- MTL.(Mean tidal level). Nivel medio de marea, es el promedio de un número determinado de pleamares y bajamares.
- NM. Es la media aritmética de los niveles del mar determinado a intervalos iguales durante una serie.
- MLWN.(Mean low water neap). Nivel medio de bajamares en cuadratura, es la altura media de una serie de las bajamares en cuadratura.
- MLLW.(Mean low lower water). Nivel medio de las mayores bajamares, se calcula de las mayores bajamares diarias.
- MLWS.(Mean low water spring). Nivel medio de las bajamares en sicigia.

El nivel utilizado en las cartas náuticas proporcionadas por INOCAR es el MLWS (ver fig. 4) en la cual, las profundidades obtenidas para el cálculo de las áreas transversales y el prisma de marea están referidas al nivel de referencia mencionado.

1.4.2 CALCULO DE ALTURA DE MAREA EN EL ESTERO COBINA

El cálculo de las alturas de marea en pleamar y bajamar son necesarias para obtener los volúmenes de los segmentos, los cuales que serán utilizados para determinar el tiempo de renovación por el método de Ketchum.

Utilizaremos las tablas de marea, publicadas por el INOCAR, obteniendo la hora y altura predicha en la pleamar y bajamar para un día tipo, en las estaciones mareográficas fijas que se encuentran cerca de la zona de muestreo (

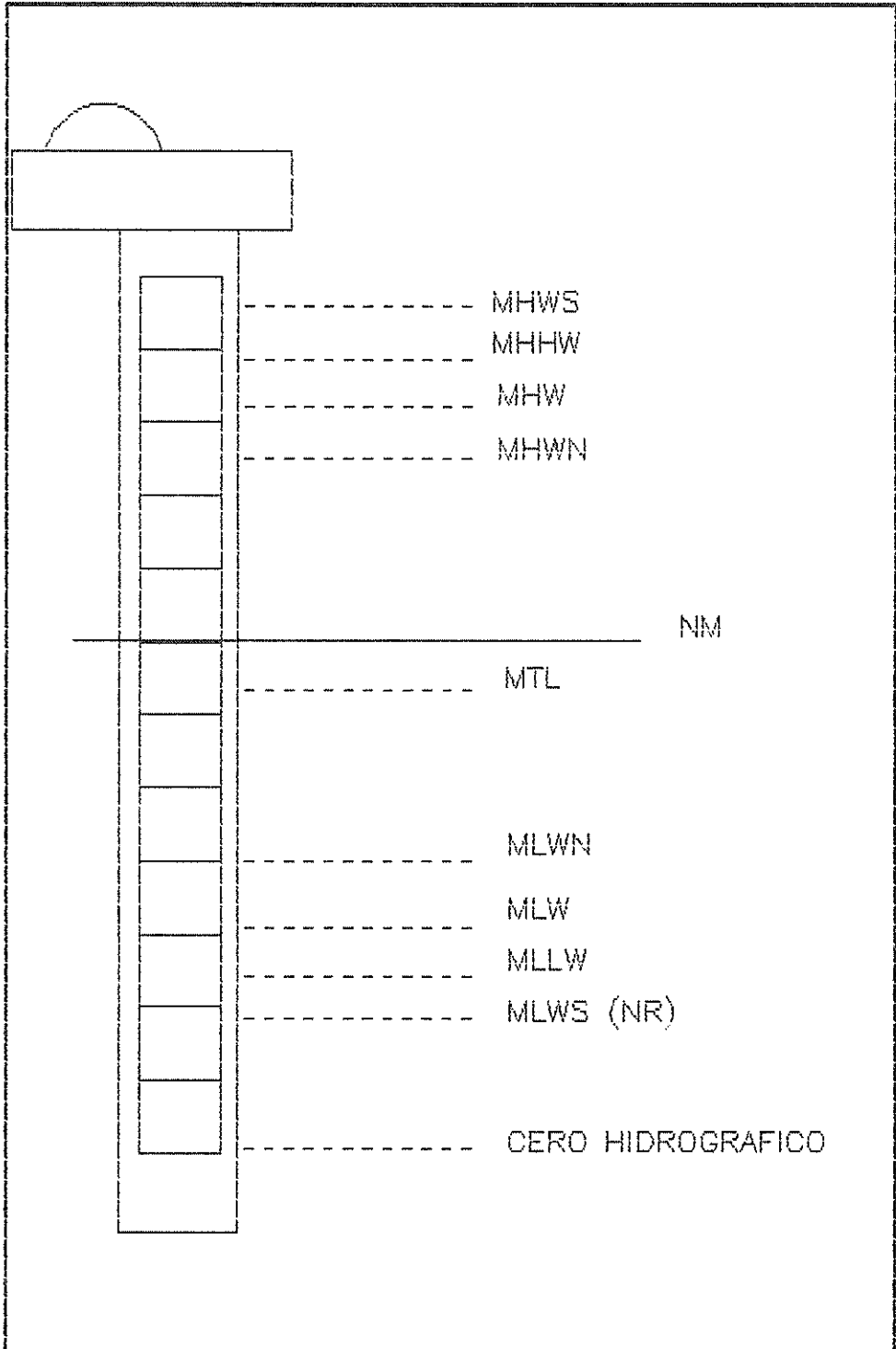
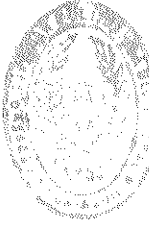


FIG. 4. UBICACION DE LOS NIVELES DE REFERENCIA DE LA MAREA.



BIBLIOTECA
 P. O. S.
 MARITIMA

referidas al MLWS).

El Estero Cobina, es un canal que une el Río Guayas y el Estero Salado, las estaciones mareográficas más cercanas son el Puerto Marítimo y la Capitania de Puerto en Guayaquil, los cuales están mencionadas en la tabla de marea como Puerto Marítimo y Río Guayas (Guayaquil).

Tomamos como día tipo, el 6 de Enero de 1991, siendo este por ser el segundo salida de muestreo en el Estero Cobina, las alturas y horas predichas de la pleamar y bajamar se presenta en la Tabla I.

TABLA I

HORA Y ALTURA DE MAREA PREDICHA EN LAS ESTACIONES MAREOGRAFICAS DE PUERTO MARITIMO Y GUAYAQUIL (RIO GUAYAS) REFERIDAS AL MLWS

PUERTO MARITIMO		RIO GUAYAS	
ALTURA (m)	HORA	ALTURA (m)	HORA
0.6	04h54	0.5	06h05
4.0	10h58	3.8	11h27
0.7	17h02	0.5	18h12
4.3	23h30	4.1	23h53

Las curvas de marea de las estaciones mareográficas se las presenta en la fig. 5, se observa que existe un desfase en la altura y hora predicha en la pleamar y bajamar entre las estaciones, por lo que para nuestro análisis de alturas de marea a lo largo del estero, recurrimos a un instante común entre ambas estaciones, por lo que utilizaremos la tabla III de las tablas de marea, mediante la cual obtenemos la altura de marea en un instante dado.

Los instantes que se utilizan para conocer las alturas en la pleamar y bajamar del día 6 de enero de 1991, serán, a las 05h30 para la pleamar y 11h15 para la bajamar.

Los datos necesarios para ingresar a la tabla III, son:

a) Duración existente entre el tiempo de la pleamar o bajamar en que se encuentra el instante considerada.

b) Diferencia entre la hora de la

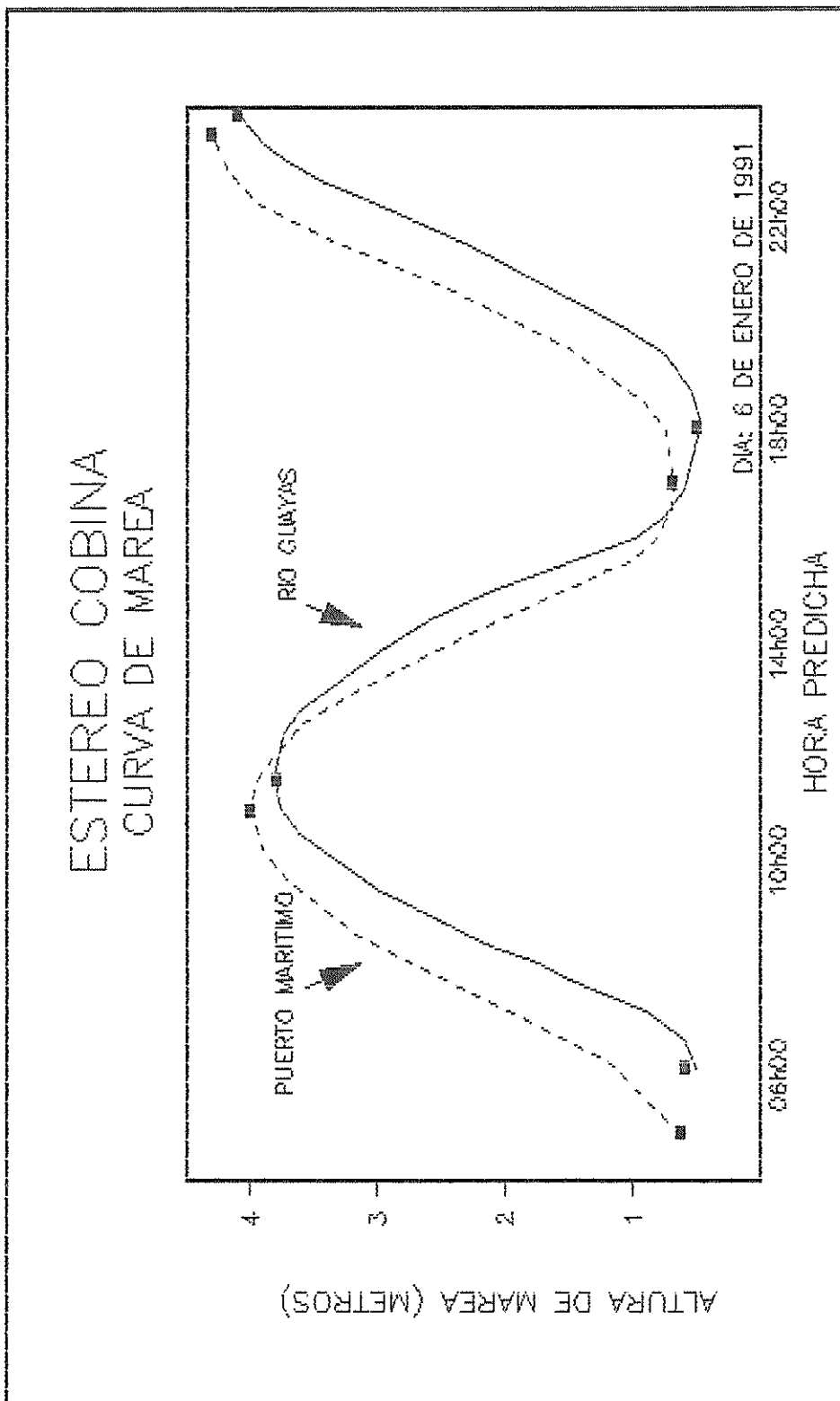
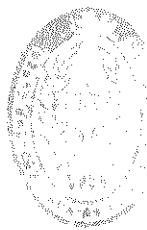


FIG.5 CURVA DE MAREA EN EL PUERTO MARITIMO Y EL RIO GUAYAS



INSTITUTO
COSTARRICENSE
DE ECOLOGIA Y
RECURSOS NATURALES

pleamar bajamar y la hora dada.

c) Diferencia entre las alturas en la pleamar y bajamar en que se encuentra el instante considerado.

d) Los valores de corrección calculado, se sumarán a los alturas predicha de la pleamar o bajamar.

Obteniendo así, la altura de marea en un instante dado, los resultados se presentan en la tabla II.

TABLA II.

INSTANTE DADO EN LAS ESTACIONES MAREOGRAFICAS DE PUERTO MARITIMO Y GUAYAQUIL (RIO GUAYAS).

PUERTO MARITIMO		RIO GUAYAS	
ALT.(m)	HORA	ALT.(m)	HORA
0.75	05h30	0.57	05h30
4.02	11h15	3.80	11h15

Determinadas las alturas de marea en pleamar y bajamar para el Puerto Marítimo y Guayaquil, podemos emplear el cálculo de la altura de marea a lo largo del estero.

Osorio (1984), manifiesta: " El cálculo de la altura de marea en cada uno de las estaciones durante el período de muestreo, se obtuvo considerando como lineal la variación entre Puná y Guayaquil. ".

Con lo asumido por Osorio, trabajaremos a lo largo del Estero Cobina con una variación lineal entre el Puerto Marítimo y Guayaquil. Asumiendo, además que no existe alguna diferencia entre la altura leída en la Capitania de Puerto y la altura en la entrada de agua dulce al Estero Cobina. Por lo que se utilizará los valores de altura en un instante dado, independientemente para la pleamar y bajamar, para el cálculo de alturas de marea a lo largo del estero.

La fórmula para realizar estos cálculos es:

$$Y_E = \{ (Y_P - Y_G) * X_E \} / X$$

donde:



BIBLIOTECA
DEL INE
QUITO

Y_E = Altura de marea en pleamar o bajamar
en un lugar deseado.

Y_G = Altura de marea en pleamar o bajamar
de Río Guayas.

Y_F = Altura de marea en pleamar o bajamar
del Puerto Marítimo.

X_E = Distancia entre el Puerto Marítimo
y entrada de agua dulce al Estero Cobina

X = Distancia entre la entrada de agua
dulce hasta el lugar deseado.

Los valores obtenidos se presentan cada
500 metros en la tabla III, para el caso
del cálculo del tiempo de renovación se
calcularon cada 100 metros mediante una
interpolación de datos.

TABLA III.

ALTURA DE MAREA EN LA PLEAMAR Y BAJAMAR
A LO LARGO DEL ESTERO COBINA (6 DE
ENERO DE 1991).

DIST. (m)	ALT.FLEA. (m)	ALT.BAJA. (m)
0	3.80	0.57
500	3.82	0.58
1.000	3.83	0.60
1.500	3.85	0.61
2.000	3.86	0.62
2.500	3.88	0.64
3.000	3.90	0.65
3.500	3.91	0.66
4.000	3.93	0.68
4.500	3.95	0.69
5.000	3.96	0.69
5.500	3.98	0.72
6.000	4.00	0.73
6.500	4.02	0.74

1.5 UBICACION DE LAS ESTACIONES.

El Estero Cobina posee una longitud aproximada de 6.7 kilómetros, se encuentra en el interior del estuario del Golfo de Guayaquil al norte del Estero Salado, iniciándose a unos 200 metros de la compuerta norte de Las esclusas y finalizando en el Puerto Marítimo de Guayaquil.

Las estaciones están ubicadas con referencias a accidentes geográficos, estructuras portuarias, descarga de industrias, etc. Para su mayor

estudio se ha segmentado en cinco partes, en las que constan 5 estaciones principales y 4 estaciones secundarias.



BIBLIOTECA
NACIONAL
MEXICO

1.5.1 SEGMENTACION Y ESTACIONES.

El número de segmentos que se han utilizado son cinco, sirviendo de base para determinar el tiempo de renovación, mediante el uso del prisma de marea, el cual, se obtiene de la diferencia de los volúmenes en pleamar y bajamar del segmento n , solo si el volumen en pleamar del segmento n es igual al volumen en bajamar del segmento $n+1$.

Las estaciones principales y secundarias, suman un total de 9 estaciones, las coordenadas geográficas están dadas en grados, mientras que en la distancia en metros, los datos obtenidos se observan en la tabla IV.

En las estaciones principales se han realizado análisis de nutrientes, oxígeno

no disuelto (O_2), demanda de oxígeno disuelto (DBO), temperatura (TBC), salinidad (S‰) y corriente, estos parámetros fueron muestreados en 3 niveles; superficial, media agua y fondo.



TABLA IV.

COORDENADAS GEOGRAFICAS DE LAS ESTACIONES
PRINCIPALES (P) Y SECUNDARIAS(S).

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN
PÚBLICA
MARITIMA

ESTACION	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA
1P	2°15'26.5 S	79°51'45.0 W	0
2P	2°16' 2.5 S	79°52'16.0 W	1.505
C.S	2°16'21.8 S	79°52'10.9 W	2.150
E.S	2°16'44.4 S	79°52' 5.6 W	2.900
3P	2°17' 0.0 S	79°52'17.0 W	3.580
F.S	2°16'57.9 S	79°52'36.6 W	4.290
4P	2°17' 0.0 S	79°53' 0.0 W	5.150
G.S	2°17' 0.0 S	79°53'17.0 W	5.600
5P	2°17' 0.0 S	79°54' 0.0 W	6.780

Para las estaciones secundarias, se han analizado los mismos parámetros, con la diferencia que se han muestreado sólo en la superficie.

La estación 1, se encuentra a unos 200 metros de la compuerta norte de Las

Esclusas, cerca de la entrada de agua dulce del río al estero.

La última estación o la estación 5, se ubica a la altura de los muelles del Puerto Marítimo, donde las profundidades varían de 10-15 metros de fondo.

Las estaciones 2, 3, 4 están localizadas cerca de las viviendas que se encuentran cerca de la orilla, a 100 metros del centro turístico "La Playita", y a 100 metros de la Cartonera, respectivamente, con profundidades que varían desde los 3 hasta los 9 metros, como observamos en las fig.2.

1.5.2 SECCION TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL.

Una herramienta importante para el análisis de cambios Físicos y Químicos en una columna de agua, es el perfil de estos cambios, considerándose como tal, la variación de un parámetro respecto con la profundidad en un punto dado, la unión sucesiva de varios perfiles a lo largo de un canal o en el océano, van a

formar una sección transversal o longitudinal. Para nuestro estudio la sección transversal de las estaciones principales y secundarias se grafica a lo ancho del canal, mientras que, la sección longitudinal se grafica a lo largo del canal, las secciones transversales y longitudinal se presentan en las figuras 6 (a, b, c, d y e), 7 (a, b, c, y d) y 8, respectivamente.

Observando las figuras 6, 7 y 8 podemos indicar:

- El delta que se produce debido a la intrusión de agua dulce, cargado con sedimento del río, produce una alta depositación, obteniendo escasas profundidades que superan a 1 metro, este efecto es observado con mayor detalle en bajamar.

- En las compuertas de Las Esclusas existen profundidades de 3-4 metros, debido al efecto de lavado, esto se debe a la mezcla de agua a diferentes niveles, impidiendo así la sedimentación,

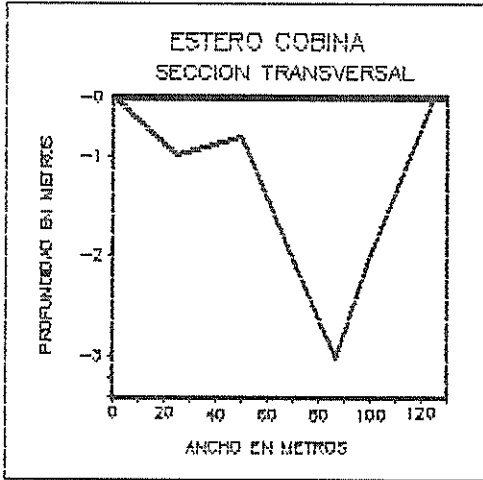


FIG. 6 A ESTACION PRINCIPAL # 1

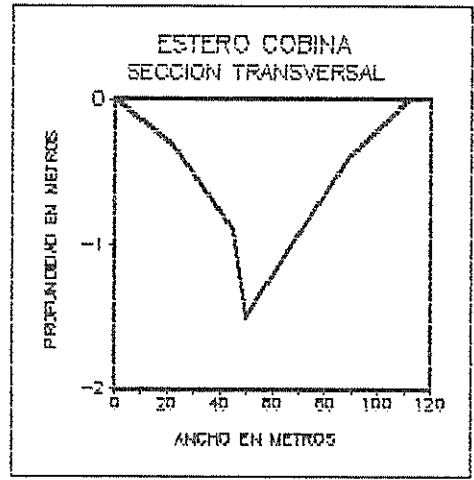


FIG. 6 b ESTACION PRINCIPAL # 2

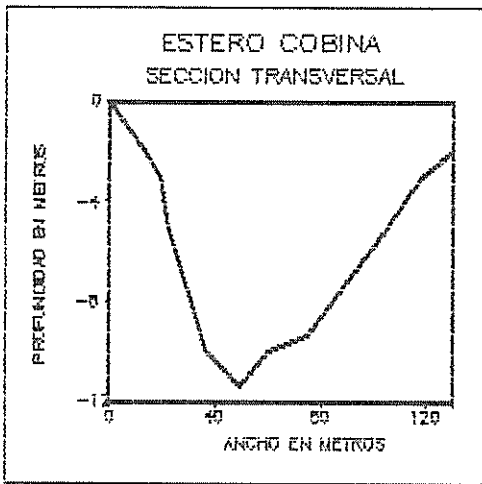


FIG. 6 C ESTACION PRINCIPAL # 3

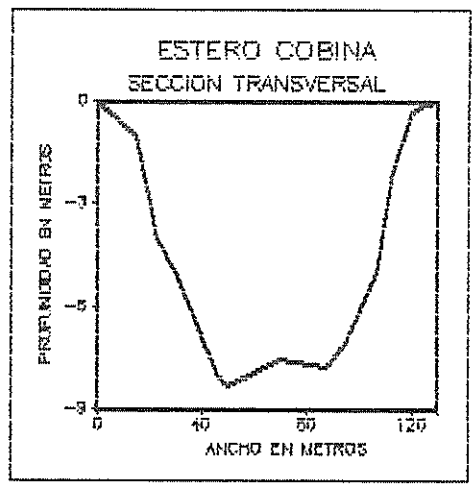


FIG. 6 d ESTACION PRINCIPAL # 4

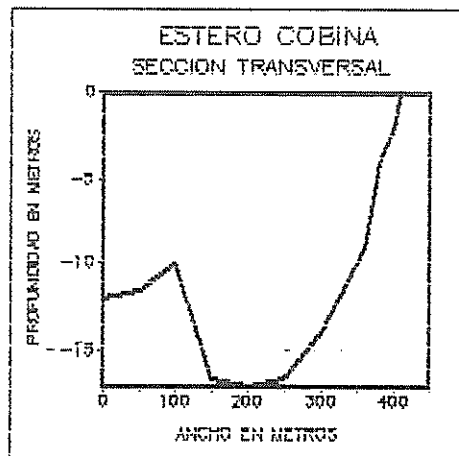


FIG. 6 e ESTACION PRINCIPAL # 5



BIBLIOTECA
NACIONAL
MEXICO

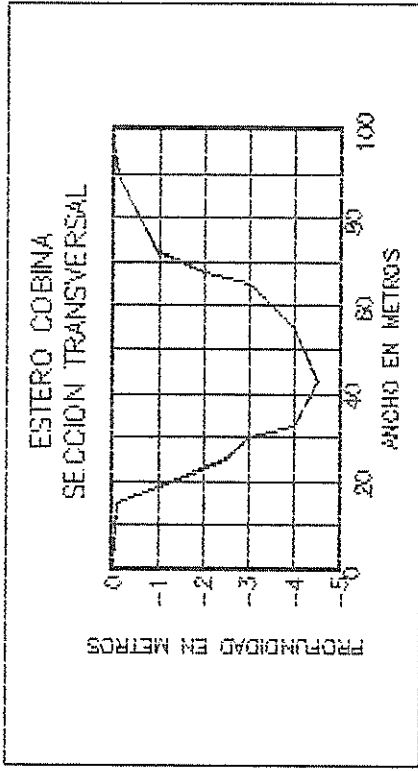


FIG. 7,b. ESTACION SEGUNDARIA E

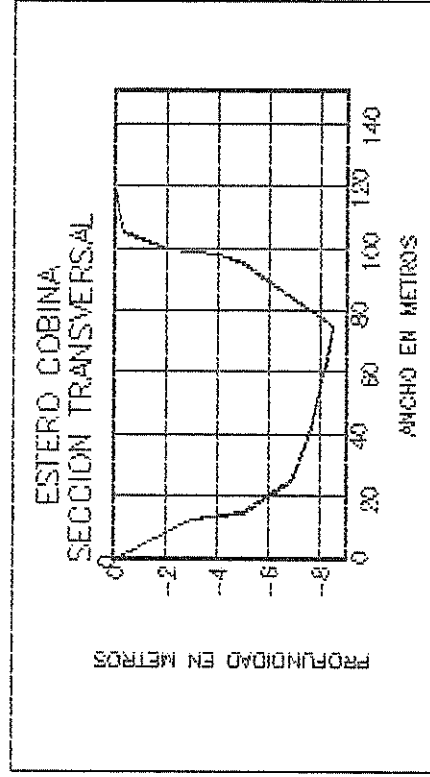


FIG. 7,d. ESTACION SEGUNDARIA G

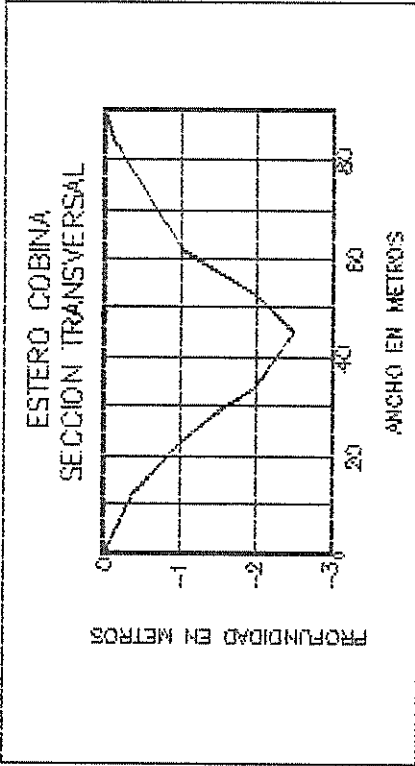


FIG. 7,a. ESTACION SEGUNDARIA C

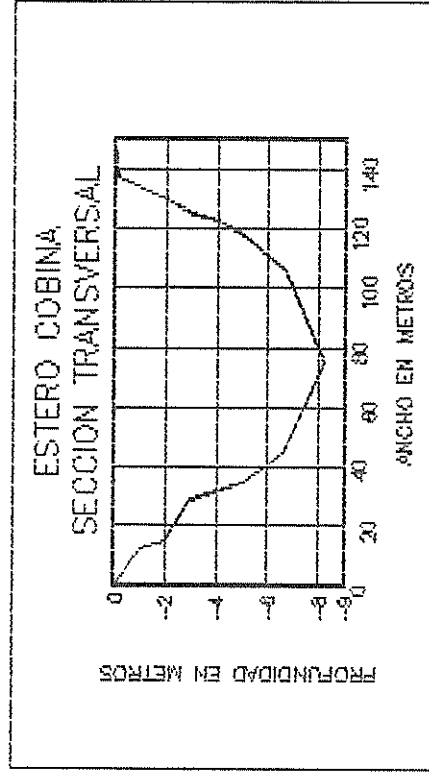


FIG. 7,c. ESTACION SEGUNDARIA F



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

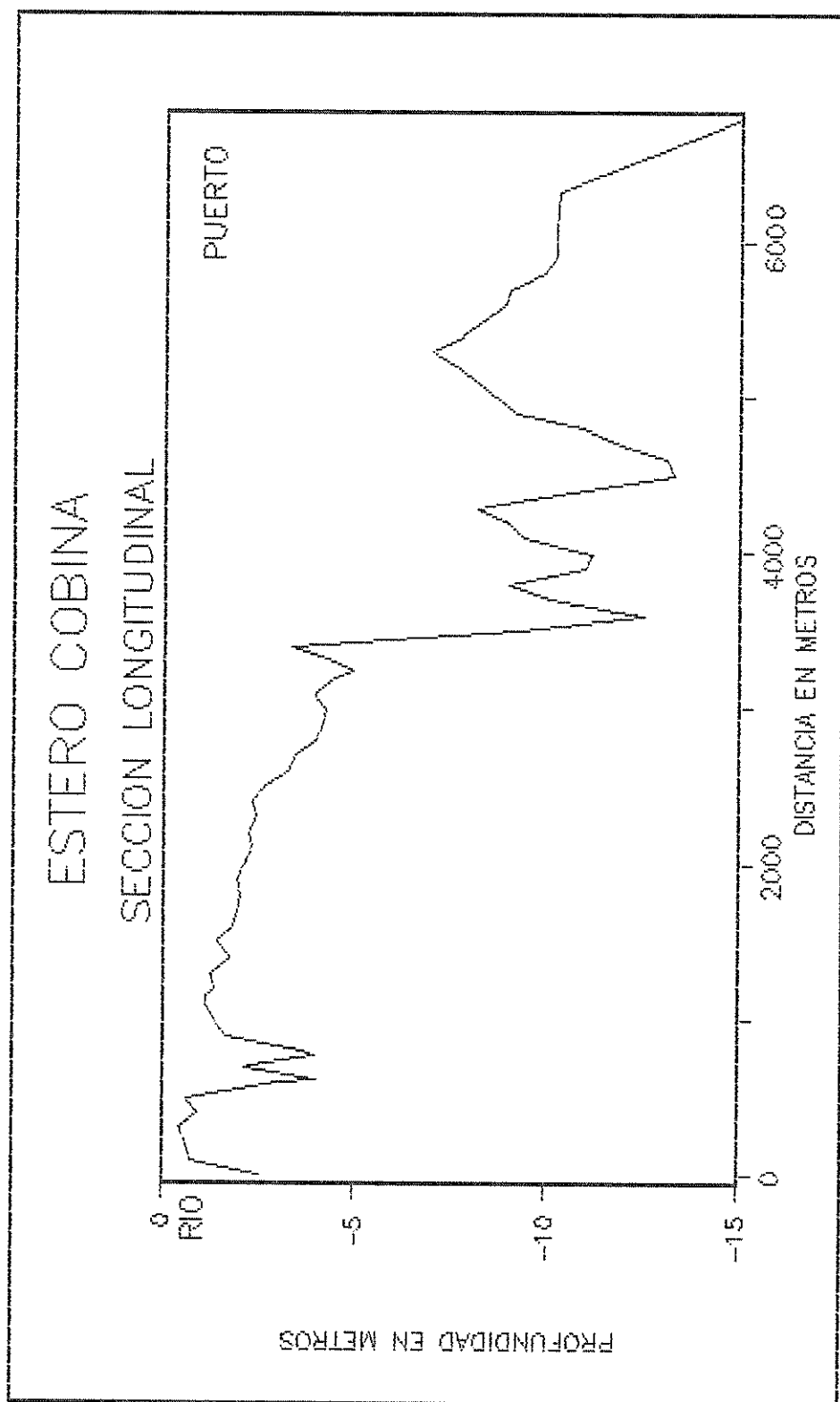


FIG.8 VARIACION LONGITUDINAL DE LA PROFUNDIDAD EN EL ESTERO COBINA

mientras, que en el centro de Las Esclusas se encuentran profundidades de 2 metros, claramente vistas en el área transversal de la estación 1.

- A partir de la estación 2 hasta la estación 5, presentan profundidades dentro del canal de navegación que varían entre los 2 a 14 metros.

- Las estaciones 1, 2 y 3 no sobrepasan profundidades de 5 metros.

- Las profundidades observadas en las estaciones 3, 4 y 5, son características del estero, esto se debe a la carencia de agua dulce proveniente del río, las débiles corrientes de densidad, a las fuertes corrientes de marea en los canales, y al mantenimiento del canal.

Además, estas secciones sirven para la interpretación de parámetros a lo ancho de un canal (para nuestro caso de estudio), esta sección nos facilita el cálculo del área transversal, ya que posee la profundidad dada en un punto a

lo ancho del canal.

Los datos para el cálculo de las áreas transversales, son compilados de las cartas náuticas proporcionadas del departamento hidrográfico del INOCAR de la zona del Estero Cobina - Río Guayas, cuya escala es 1:25.000, las profundidades presentadas en las cartas náuticas están reducidas al nivel medio de las bajamares de sicigia (MLWS), las cuales se presentan en las tablas V (a, b) y las tablas VI (a, b).

El cálculo de las áreas de las estación principales y secundarias, se los obtuvomediante la sumatoria de las áreas parciales de los polígonos, siendo la manera más fácil, ya que éstos polígonos se dividen en figuras geométricas conocidas, el triángulo rectángulo y el rectángulo, por lo que solo se utilizará la profundidad y la diferencia de un punto a otro a lo ancho del canal, como se observa en las fig. 9.

Se utilizará la siguiente fórmula para

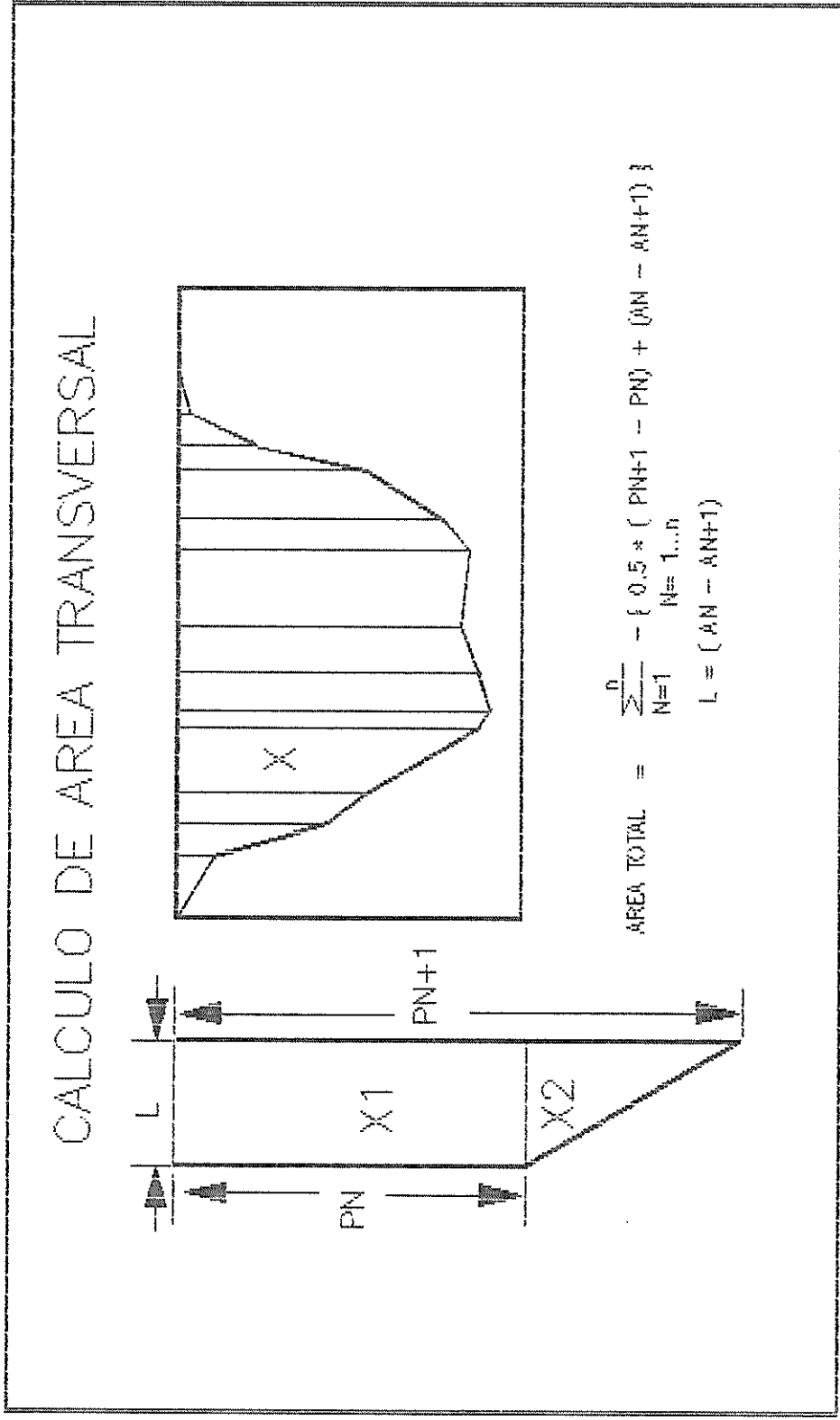


FIG. 9. PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE AREA TRANSVERSAL

el cálculo de una área parcial entre dos puntos a lo ancho del canal.

TABLA No. V - A

SECCION TRANSVERSAL ESTACION PRINCIPAL		
SECCION	FONDO	ANCHO
1	0.0	0
	0.6	25
	0.4	50
	1.9	75
	2.6	87
	1.6	100
	0.0	125
2	0.0	0
	0.3	22
	0.9	45
	1.5	50
	1.0	67
	0.4	89
	0.0	112
3	0.0	0
	2.0	13
	3.0	19
	5.0	22
	10.0	37
	11.4	50
	10.0	60
	9.3	75
	5.0	105
	4.0	112
	3.0	118
	2.0	130
	1.0	137
0.5	145	
0.1	150	
0.0	157	

TABLA No. V - B

SECCION TRANSVERSAL ESTACION PRINCIPAL		
SECCION	FONDO	ANCHO
4	0.0	0
	1.0	15
	3.0	20
	4.0	23
	5.0	30
	8.0	44
	8.3	50
	8.0	58
	7.5	70
	7.7	88
	7.0	95
5	5.0	107
	2.0	113
	0.3	120
	0.1	125
	0.0	130
	12.0	0
	11.5	50
	10.0	100
	16.5	150
	17.0	200
16.5	250	
14.0	300	
10.0	350	
9.0	360	
4.0	380	
2.0	400	
0.0	410	



ENGINEER
1901
1902

TABLA No. VI - A

SECCION TRANSVERSAL
ESTACION SEGUNDARIA

SECCION	FONDO	ANCHO
C	0.0	0
	0.4	13
	1.0	23
	1.5	29
	2.0	34
	2.5	45
	2.0	53
	1.0	62
	0.2	82
	0.1	84
0.0	90	
E	0.0	0
	0.1	15
	1.0	19
	2.5	25
	3.0	30
	4.0	33
	4.5	43
	4.0	55
	3.0	65
	2.0	68
	1.0	72
	0.2	88
0.1	90	
0.0	95	

TABLA No. VI - B

SECCION TRANSVERSAL
ESTACION SEGUNDARIA

SECCION	FONDO	ANCHO
F	0.0	0
	1.0	13
	2.0	15
	3.0	29
	5.0	35
	6.6	45
	8.2	75
	6.7	106
	5.0	118
	4.0	123
	3.0	125
	2.0	130
0.1	137	
0.0	150	
G	0.0	0
	1.0	4
	3.0	13
	5.0	15
	6.9	25
	7.6	40
	8.0	55
	8.3	65
	8.5	75
	5.0	95
4.0	98	
2.0	100	
0.3	105	
0.1	113	
0.0	120	

$$-\{0.5*(P_{n+1}-P_n)*(A_n-A_{n+1}) + (P_n)*(A_n - A_{n+1})\}$$

donde

P_n = Es la profundidad del punto

A_n = Es la distancia del punto n a la orilla.

$n = 1 \dots N$, :. donde N es el número de punta lo largo del canal.

Los valores de las áreas transversales se muestran en la Tabla VII.

En la figura 10, se ploteó la variación longitudinal de las áreas transversales. Podemos indicar que en las dos primeras estaciones poseen áreas muy pequeñas considerando las restantes, se encuentran influenciadas por el ingreso de agua dulce del río, mientras, que un cambio considerado se observa en la estación 3 influenciado por un amplio ramal de unos 100 metros de ancho del estero y por el cambio de dirección del canal, produciendo una socavación en la

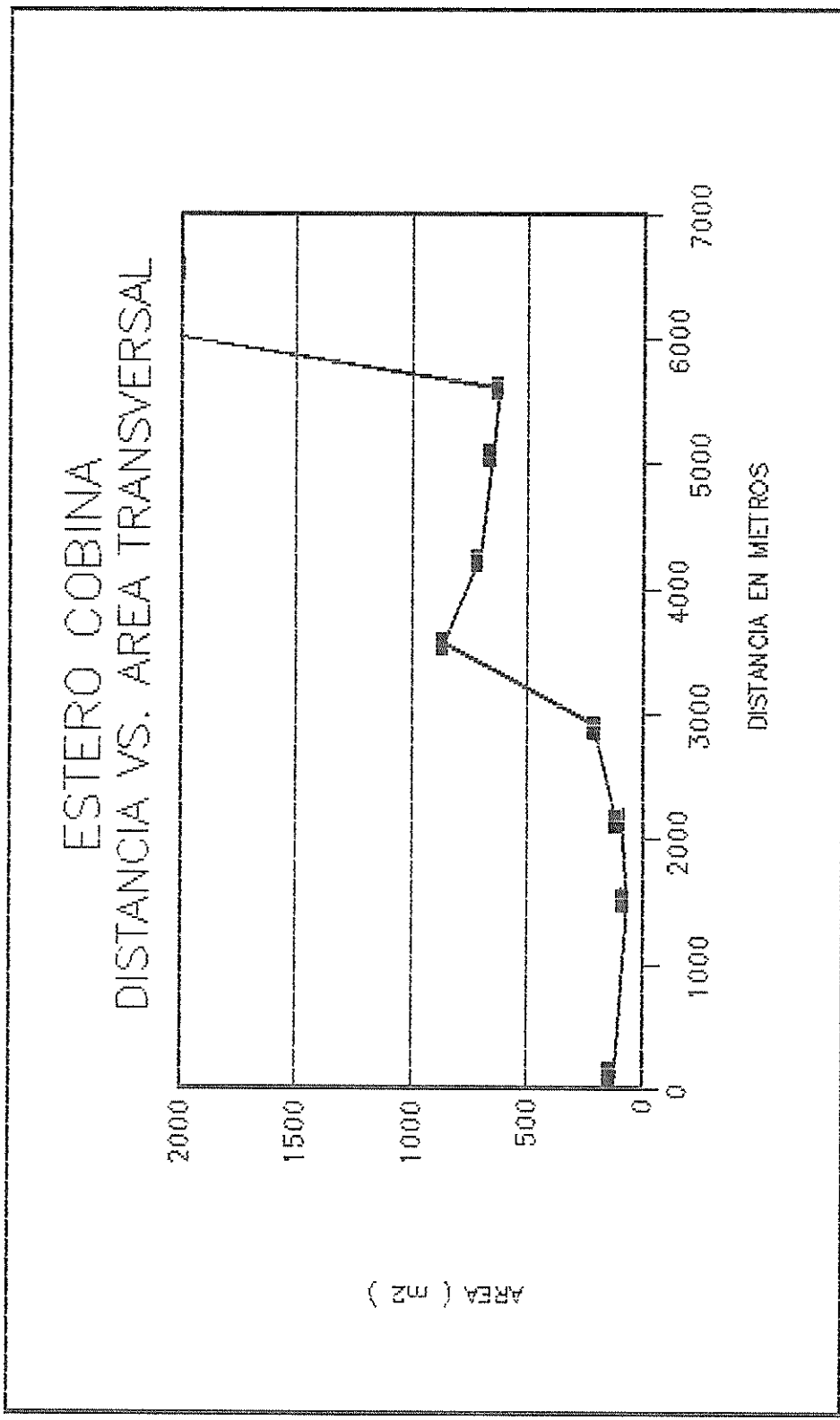


FIG. 10. VARIACION LONGITUDINAL DE LAS AREAS TRANSVERSALES

zona para equilibrar el ingreso y paso de esta columna de agua.

TABLA VII.

AREA TRANSVERSAL (m^2) DE LAS ESTACIONES PRINCIPALES Y SECUNDARIAS MEDIANTE LA FORMULACION MENCIONADA

ESTACION PRINCIPAL		ESTACION SECUNDARIA	
ESTACION	AREA	ESTACION	AREA
$N_{O.}$	(m^2)	$N_{O.}$	(m^2)
1	122.55	C	95.10
2	64.35	E	189.80
3	858.70	F	700.15
4	644.85	G	622.88
5	45323.50		



BIBLIOTECA
INGE
MAR

A partir de la estación 3, las profundidades van a variar raramente desde los 7 a 10 metros, debido a la poca presencia de agua dulce, y porque forma parte de la morfología del estero.

1.5.3. VOLUMES DE SEGMENTOS.

El cálculo de volúmenes de marea en los segmentos n , es utilizado para obtener el tiempo de renovación, por lo que se ha recopilado datos de profundidad y

ancho a lo largo del estuario cada 100 metros, como se presenta en la tabla VIII.

Para calcular los areas transversales se procede de la siguiente forma:

- Se asume que el área se asemeja a un rectangulo, obtenido de la multiplicación del ancho de la sección con la profundidad en el centro del canal, al observar que existe una gran diferencia del área de un rectángulo con el área transversal en el canal, se ajusta el área multiplicándose por un valor que llamaremos constante de semejanza.

- Se obtuvieron algunas constantes de semejanza para el correspondiente ajuste. Cerca del río hasta los 3.500 metros de distancia es de 0.4, en las estaciones 1, 2, C y E. Mientras que, desde los 3.500 hasta los 4.900 metros será de 0.6, en las estaciones 3 y F. Además para el tramo comprendido entre los 4.900 a 5.500 metros, se obtuvo una constante de 0.7, el cual fué verificado con la estación 4.



DEL CIECA
S.A. S.C.
MAGUIBA

TABLA VIII - A

SECCION LONGITUDINAL		
LONGITUD	FONDO	ANCHO
0	-2.6	187
100	-0.8	45
200	-0.7	40
320	-0.5	51
400	-1.0	49
500	-0.7	42
600	-3.1	48
625	-4.1	20
700	-2.2	48
712	-2.4	41
775	-4.0	20
800	-3.7	60
900	-1.7	60
1000	-1.4	78
1100	-1.2	80
1155	-1.2	84
1200	-1.4	90
1300	-1.3	90
1400	-1.8	82
1505	-1.5	107
1600	-1.9	89
1700	-2.0	65
1800	-2.1	70
1900	-2.0	72
2000	-2.2	80
2100	-2.4	84
2200	-2.3	80
2300	-2.5	85
2400	-2.4	85
2500	-2.7	100
2600	-3.3	90
2700	-3.5	82
2800	-4.0	110
2900	-4.2	90
3000	-4.3	105
3075	-4.0	110

TABLA VIII - B

SECCION LONGITUDINAL		
LONGITUD	FONDO	ANCHO
3100	-4.0	125
3200	-4.5	120
3250	-5.0	110
3300	-4.5	110
3400	-3.4	130
3500	-9.3	200
3600	-12.5	155
3700	-10.1	135
3800	-9.0	120
3900	-11.0	125
4000	-11.2	115
4100	-9.4	115
4200	-9.0	115
4287	-8.2	125
4300	-8.5	118
4400	-11.0	135
4500	-13.3	115
4600	-13.1	110
4700	-11.9	110
4800	-10.9	125
4900	-9.2	120
5000	-8.7	120
5100	-8.2	140
5200	-7.6	120
5300	-7.0	118
5385	-7.8	110
5400	-7.8	125
5500	-8.3	120
5600	-8.9	115
5700	-9.0	110
5800	-9.9	98
5907	-10.2	100
6075	-10.2	90
6325	-10.3	150
6785	-14.9	150

Finalmente la constante que ajusta en el tramo desde los 5.600 hasta los 6.750 es de 1.2, el cual fué verificado con las estaciones 6 y 5.

- En la fig. 11, se compara las áreas transversales de las estaciones principales y secundarias con las áreas rectangulares y las áreas calculadas con las constantes.

- Para verificar los valores de las áreas obtenidas, se calculo una regresión lineal para cada tramo de una constante, como se observa en la tabla IX.

ESTERO COBINA AJUSTE DEL AREA TRANSVERSAL

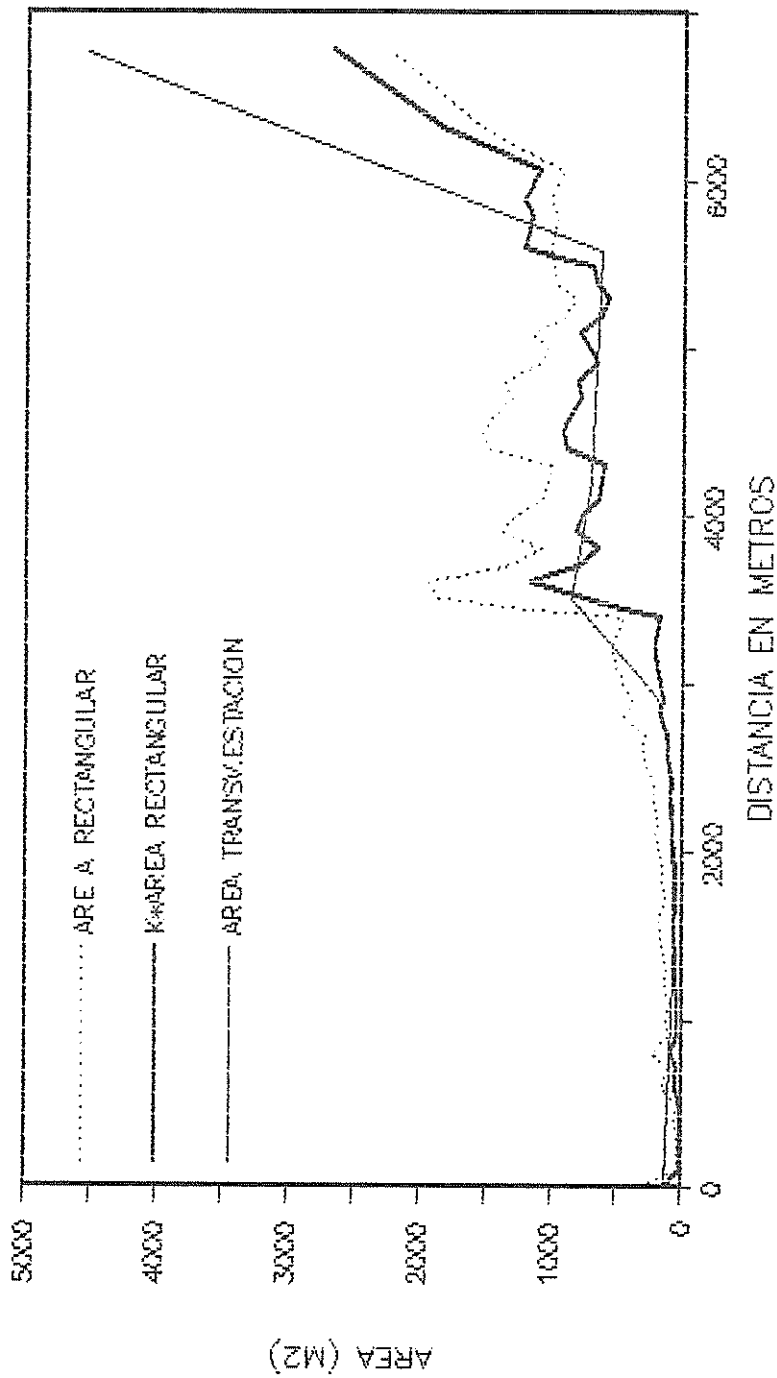


FIG.11 COMPARACION DE LAS AREAS CALCULADAS



BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARTINEZ

TABLA IX - A
CALCULO DE LAS REGRESIONES LINEALES

X	ANCHO	Z	ANCHO RECT.	K	AREA	REGRESION	
						TRANSV.	LINEAL
0	125	-2.6	325.0	0.4	130.0	23.8	
50	85	-1.7	180.5	0.4	72.2	20.2	
100	45	-0.8	36.0	0.4	14.4	16.5	
150	43	-0.8	32.0	0.4	12.8	12.9	
200	40	-0.7	28.0	0.4	11.2	9.2	
250	46	-0.6	26.8	0.4	10.7	5.6	
300	51	-0.5	25.5	0.4	10.2	1.9	
350	50	-0.8	37.3	0.4	14.9	1.7	
400	49	-1.0	49.0	0.4	19.6	5.4	
450	46	-0.9	39.2	0.4	15.7	9.0	
500	42	-0.7	29.4	0.4	11.8	12.7	
550	45	-1.9	89.1	0.4	35.6	16.3	
600	48	-3.1	148.8	0.4	59.5	20.0	
650	48	-2.7	127.2	0.4	50.9	23.6	
700	48	-2.2	105.6	0.4	42.2	27.3	
750	54	-3.0	163.8	0.4	65.5	30.9	
800	60	-3.7	222.0	0.4	88.8	34.6	
850	60	-2.7	162.0	0.4	64.8	38.2	
900	60	-1.7	102.0	0.4	40.8	41.9	
950	69	-1.6	105.6	0.4	42.2	45.5	
1000	78	-1.4	109.2	0.4	43.7	49.2	
1050	79	-1.3	102.6	0.4	41.0	52.8	
1100	80	-1.2	96.0	0.4	38.4	56.5	
1150	85	-1.3	111.0	0.4	44.4	60.1	
1200	90	-1.4	126.0	0.4	50.4	63.8	
1250	90	-1.4	121.5	0.4	48.6	67.4	
1300	90	-1.3	117.0	0.4	46.8	71.1	
1350	86	-1.6	132.3	0.4	52.9	74.7	
1400	82	-1.8	147.6	0.4	59.0	78.4	
1450	95	-1.7	154.1	0.4	61.6	82.0	
1500	107	-1.5	160.5	0.4	64.2	85.7	
1550	98	-1.7	164.8	0.4	65.9	89.3	
1600	89	-1.9	169.1	0.4	67.6	93.0	
1650	77	-2.0	149.6	0.4	59.8	96.6	
1700	65	-2.0	130.0	0.4	52.0	100.3	
1750	68	-2.1	138.5	0.4	55.4	103.9	
1800	70	-2.1	147.0	0.4	58.8	107.6	
1850	71	-2.1	145.5	0.4	58.2	111.2	
1900	72	-2.0	144.0	0.4	57.6	114.9	
1950	76	-2.1	160.0	0.4	64.0	118.5	

TABLA IX - B
CALCULO DE LAS REGRESIONES LINEALES

2000	80	-2.2	176.0	0.4	70.4	122.2
2050	82	-2.3	188.8	0.4	75.5	125.8
2100	84	-2.4	201.6	0.4	80.6	129.5
2150	82	-2.4	192.8	0.4	77.1	133.1
2200	80	-2.3	184.0	0.4	73.6	136.8
2250	83	-2.4	198.3	0.4	79.3	140.4
2300	85	-2.5	212.5	0.4	85.0	144.1
2350	85	-2.5	208.3	0.4	83.3	147.7
2400	85	-2.4	204.0	0.4	81.6	151.4
2450	93	-2.6	237.0	0.4	94.8	155.0
2500	100	-2.7	270.0	0.4	108.0	158.7
2550	95	-3.0	283.5	0.4	113.4	162.3
2600	90	-3.3	297.0	0.4	118.8	166.0
2650	86	-3.4	292.0	0.4	116.8	169.6
2700	82	-3.5	287.0	0.4	114.8	173.3
2750	96	-3.8	363.5	0.4	145.4	176.9
2800	110	-4.0	440.0	0.4	176.0	180.6
2850	100	-4.1	409.0	0.4	163.6	184.2
2900	90	-4.2	378.0	0.4	151.2	187.9
2950	98	-4.3	414.8	0.4	165.9	191.5
3000	105	-4.3	451.5	0.4	180.6	195.2
3050	115	-4.2	475.8	0.4	190.3	198.8
3100	125	-4.0	500.0	0.4	200.0	202.5
3150	123	-4.3	520.0	0.4	208.0	206.1
3200	120	-4.5	540.0	0.4	216.0	209.8
3250	115	-4.5	517.5	0.4	207.0	213.4
3300	110	-4.5	495.0	0.4	198.0	217.1
3350	120	-4.0	468.5	0.4	187.4	220.7
3400	130	-3.4	442.0	0.4	176.8	224.4
3450	165	-6.4	1151.0	0.4	460.4	228.0
3500	200	-9.3	1860.0	0.4	744.0	865.5
3550	178	-10.9	1898.8	0.5	953.3	861.9
3600	155	-12.5	1937.5	0.6	1162.5	858.2
3650	145	-11.3	1650.5	0.6	990.3	854.5
3700	135	-10.1	1363.5	0.6	818.1	850.9
3750	128	-9.6	1221.8	0.6	733.1	847.3
3800	120	-9.0	1080.0	0.6	648.0	843.6
3850	123	-10.0	1227.5	0.6	736.5	840.0
3900	125	-11.0	1375.0	0.6	825.0	836.3
3950	120	-11.1	1331.5	0.6	798.9	832.7

TABLA IX - C

CALCULO DE LAS REGRESIONES LINEALES

4000	115	-11.2	1288.0	0.6	772.8	829.0
4050	115	-10.3	1184.5	0.6	710.7	825.4
4100	115	-9.4	1081.0	0.6	648.6	821.7
4150	115	-9.2	1058.0	0.6	634.8	818.1
4200	115	-9.0	1035.0	0.6	621.0	814.4
4250	117	-8.8	1019.0	0.6	611.4	810.8
4300	118	-8.5	1003.0	0.6	601.8	807.1
4350	127	-9.8	1244.0	0.6	746.4	803.5
4400	135	-11.0	1485.0	0.6	891.0	799.8
4450	125	-12.2	1507.3	0.6	904.4	796.2
4500	115	-13.3	1529.5	0.6	917.7	792.5
4550	113	-13.2	1485.3	0.6	891.2	788.9
4600	110	-13.1	1441.0	0.6	864.6	785.2
4650	110	-12.5	1375.0	0.6	825.0	781.6
4700	110	-11.9	1309.0	0.6	785.4	777.9
4750	118	-11.4	1335.8	0.6	801.5	774.3
4800	125	-10.9	1362.5	0.6	817.5	770.6
4850	123	-10.1	1253.3	0.6	740.0	767.0
4900	120	-9.2	1104.0	0.6	662.4	763.3
4950	120	-8.9	1071.0	0.6	694.5	759.7
5000	120	-8.7	1038.0	0.7	726.6	728.5
5050	130	-8.4	1093.0	0.7	765.1	720.4
5100	140	-8.2	1148.0	0.7	803.6	712.2
5150	130	-7.9	1030.0	0.7	721.0	704.0
5200	120	-7.6	912.0	0.7	638.4	695.9
5250	119	-7.3	869.0	0.7	608.3	687.8
5300	118	-7.0	826.0	0.7	578.2	679.6
5350	122	-7.4	900.5	0.7	630.4	671.4
5400	125	-7.8	975.0	0.7	682.5	663.3
5450	123	-8.1	985.5	0.7	689.9	655.1
5500	120	-8.3	996.0	0.7	697.2	647.0
5550	118	-8.6	1009.8	1.0	962.7	638.9
5600	115	-8.9	1023.5	1.2	1228.2	1601.6
5650	113	-9.0	1006.8	1.2	1208.1	1665.9
5700	110	-9.0	990.0	1.2	1188.0	1730.2
5750	104	-9.5	980.1	1.2	1176.1	1794.5
5800	98	-9.9	970.2	1.2	1164.2	1858.8
5850	99	-10.1	995.1	1.2	1194.1	1923.1
5900	100	-10.2	1020.0	1.2	1224.0	1987.4
6075	90	-10.2	918.0	1.2	1101.6	2212.4
6325	150	-10.3	1545.0	1.2	1854.0	2533.9
6780	150	-14.9	2235.0	1.2	2682.0	3119.1



DEPARTMENT OF
EDUCATION
MANILA

Además, se compara estas regresiones con las áreas transversales de las estaciones principales y secundarias (ver fig. 12), asumiendo que las variaciones en las áreas transversales entre estaciones sean lineales, obtendremos una buena aproximación de las áreas calculadas con las constantes.

Las áreas por efecto de marea (pleamar y bajamar), se calculan con la altura de marea a lo largo del estero y el ancho de la sección, la altura de marea fue calculada en el capítulo 1.4.2.

Siendo el volumen de marea, la suma entre la áreas transversales y las áreas por efecto de marea, todo esto multiplicado por la longitud existente entre las dos lugares o estaciones seleccionadas.

Esta longitud es seleccionada mediante la condición utilizada en el capítulo 1.6.2, que indica : " El largo de cada segmento está determinado para dar el volumen en pleamar en el segmento n aproximadamente igual al volumen en



BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARITIMA

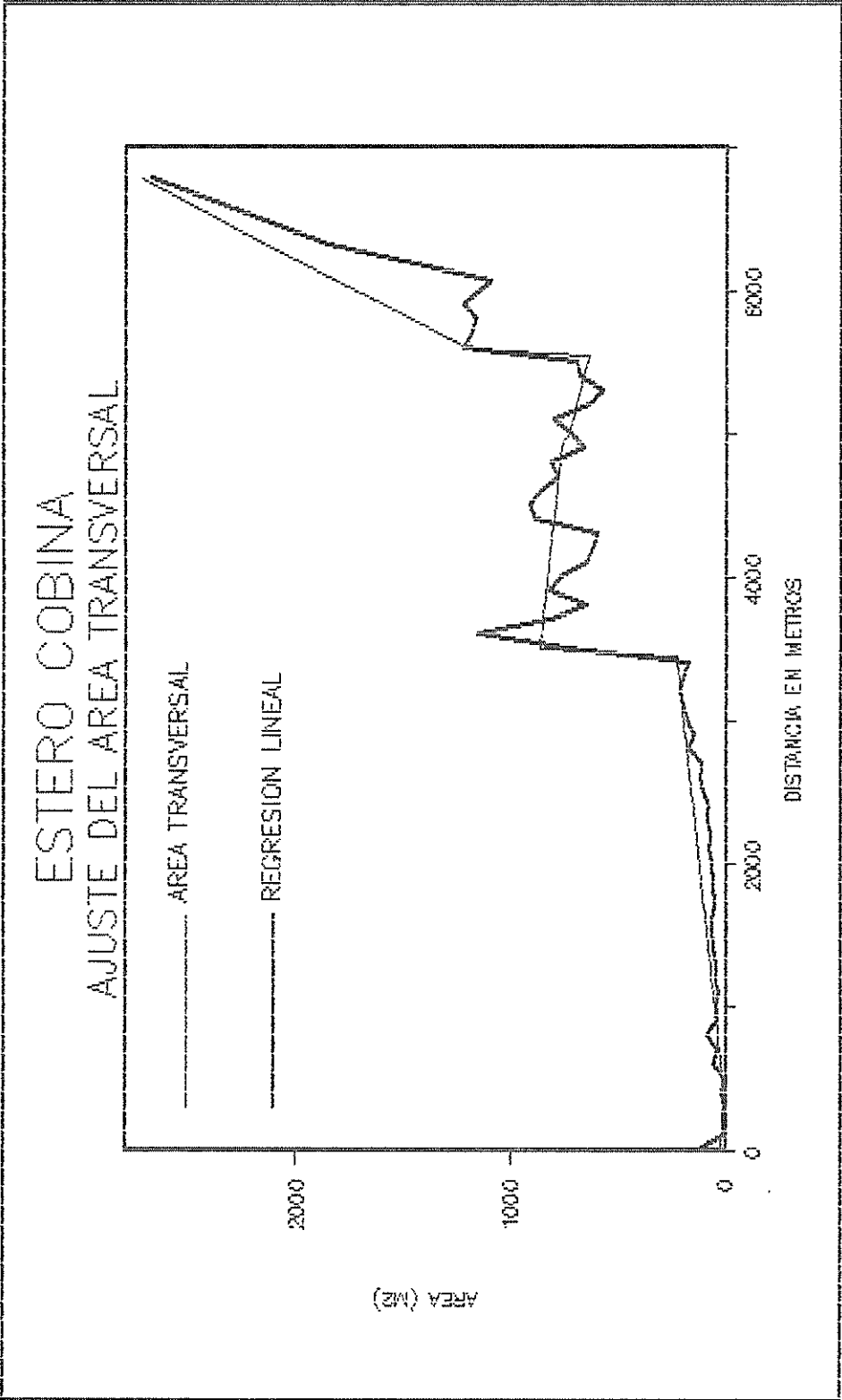


FIG.12 REGRESION LINEAL DE LA AREA TRANSVERSAL

bajamar del segmento $n+1$, donde n aumenta hacia el mar. ".

Para cumplir lo antes mencionado, se calcula el volumen en pleamar en la cabecera del estero con una distancia de 500 metros, comparándose con un volumen obtenido con una longitud "X" al azar promediándose las áreas en bajamar entre la longitud x , si éstas son aproximadas, se obtiene la longitud buscada, caso contrario se disminuye o aumenta la longitud.



BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARITIMA



BIBLIOTECA
NACIONAL
DE MEXICO

CAPITULO II

CALCULO DEL PRISMA DE MAREA

2.1 FRISMA DE MAREA.

Un estuario es un cuerpo costero de agua semi-cerrada que tienen libre conexión con el océano, donde el agua de mar es disuelta en agua dulce proveniente de un drenaje terrestre.

Los estuarios son utilizados como receptores de desechos orgánicos e inorgánicos, que son productos de uso doméstico e industrial, el conocimiento del prisma de marea en un estuario se torna muy importante, ya que nos permite calcular el tiempo de renovación, esto es, el tiempo necesario para despejarse el estuario de algún contaminante que tiene un sola entrada.

2.1.1 CONCEPTO TEORICO.

El prisma de marea se obtiene de la diferencia entre el volumen total de dicho estuario o estero en pleamar y el volumen total en bajamar, observando que el prisma de marea es solo la cantidad volumétrica ingresada de aguas en un estuario durante la pleamar y bajamar.

2.1.2 METODOS PARA EL CALCULO DEL TIEMPO DE RENOVACION DEL PRISMA TIDAL.

Existen diferentes métodos para el cálculo del tiempo de renovación pero los más recomendados son los que se indican a continuación:

METODO DE KETCHUM

El método de Ketchum, subdivide a un estuario en N segmentos, donde la cabecera es el límite de la intrusión de agua salada, en nuestro caso considerados como la entrada de una masa de agua dulce proveniente del Río Guayas al

Estero Cobina, también se define la cabecera donde el prisma tidal P_0 es igual al flujo del río en un ciclo de marea.

El largo de cada segmento está determinado para dar el volumen en pleamar en el segmento n aproximadamente igual al volumen en bajamar del segmento $n+1$, donde n aumenta hacia el mar.

$$V_{p,n} = V_{b,n+1} + P_n + V_{b,n} = V_{b,n+1} \quad (1)$$

donde

$V_{b,n}$ es el volumen en la bajamar del segmento n .

Se asume que el agua en un segmento n es mezclado completamente en la pleamar. La porción de agua que sale por el refluo del segmento n es dado por la razón de intercambio (r_n).

$$\begin{aligned} r_n &= P_n / (P_n + V_{b,n}) \\ &= P_n / V_{p,n} \end{aligned} \quad (2)$$



BIBLIOTECA
I.O.A.
MARINA

Para calcular el tiempo de renovación total (T_{rt}) del estero se obtiene mediante la relación inversa de la razón de intercambio total de los segmentos dados, lo que nos indica que es la acumulación de la razón del volumen en pleamar con el prisma de marea en cada segmento n .

$$T_{rt} = \sum_{n=1}^N V_{p,n} / P_n$$

Para un mejor entendimiento, seguiremos los siguientes pasos.

1) Defina los segmentos, que cumplan las condiciones antes indicadas.

2.- Para cada segmento, se calcula :

- a) Volumen en pleamar y bajamar.
- b) Prisma Tidal.
- c) La razón de intercambio.
- d) Tiempo de renovación.

3.- Finalmente se determina el

tiempo limpieza total para el Estero Cobina. Esto es el tiempo necesario para despejar del estero algún contaminante.

Los datos del cálculo del prisma de marea se detalla en la tabla X, en la tabla XI se muestra las formulas utilizadas para el cálculo del tiempo de renovación, los datos y resultados se muestran en la tabla XII.

METODO DE FRACCION DE AGUA FRESCA

Este método determina mediante la dilución de la salinidad que se produce a lo largo del estero, o mediante la acumulación de agua fresca en todo el estero, como se indica que las ecuaciones 3 y 4 obtener el tiempo de renovación, mediante el cálculo de la fracción de agua fresca acumulada en cada segmento de un estuario, usando los datos de salinidades obtenidos en las salidas de muestreo a lo largo del estero, siendo igual a:



TABLA X - A

X	ANCHO	Z	ANCHO RECT.	K	AREA TRANSV.	ALTURA	ALTURA	AREA	AREA	AREA	AREA
						EN PLEA	EN BAJA	PARCIAL PLEA	PARCIAL BAJA	TOTAL PLEA	TOTAL BAJA
0	125	-2,6	325,0	0,4	130,0	3,80	0,57	475,0	71,3	605,0	201,3
50	85	-1,7	190,5	0,4	72,2	3,80	0,57	323,1	48,5	395,3	120,7
100	45	-0,8	36,0	0,4	14,4	3,80	0,57	171,1	25,8	185,5	40,2
150	43	-0,8	32,0	0,4	12,8	3,80	0,57	161,7	24,4	174,5	37,2
200	40	-0,7	28,0	0,4	11,2	3,81	0,58	152,3	23,0	163,5	34,2
250	46	-0,6	26,8	0,4	10,7	3,81	0,58	173,3	26,2	194,0	36,9
300	51	-0,5	25,5	0,4	10,2	3,81	0,58	194,3	29,5	204,5	39,7
350	50	-0,8	37,3	0,4	14,9	3,81	0,58	190,6	29,0	205,5	43,9
400	49	-1,0	49,0	0,4	19,6	3,81	0,58	186,8	28,5	206,4	48,1
450	46	-0,9	39,2	0,4	15,7	3,81	0,58	173,6	26,5	189,2	42,2
500	42	-0,7	29,4	0,4	11,8	3,82	0,58	160,3	24,5	172,0	36,3
550	45	-1,9	89,1	0,4	35,6	3,82	0,58	171,8	26,3	207,4	62,0
600	48	-3,1	148,8	0,4	59,5	3,82	0,59	183,3	28,1	242,9	87,6
650	48	-2,7	127,2	0,4	50,9	3,82	0,59	183,4	28,2	234,3	79,1
700	48	-2,2	105,6	0,4	42,2	3,82	0,59	183,5	28,3	225,7	70,5
750	54	-3,0	163,8	0,4	65,5	3,82	0,59	206,5	31,9	272,0	97,4
800	60	-3,7	222,0	0,4	88,8	3,83	0,59	229,6	35,5	318,4	124,3
850	60	-2,7	162,0	0,4	64,8	3,83	0,59	229,7	35,6	294,5	100,4
900	60	-1,7	102,0	0,4	40,8	3,83	0,59	229,8	35,6	270,6	76,4
950	69	-1,6	105,6	0,4	42,2	3,83	0,60	264,3	41,1	306,6	83,3
1000	78	-1,4	109,2	0,4	43,7	3,83	0,60	298,9	46,5	342,6	90,2
1050	79	-1,3	102,6	0,4	41,0	3,83	0,60	302,9	47,2	343,9	88,3
1100	80	-1,2	96,0	0,4	38,4	3,84	0,60	306,9	47,9	345,3	86,3
1150	85	-1,3	111,0	0,4	44,4	3,84	0,60	326,2	51,1	370,6	95,5
1200	90	-1,4	126,0	0,4	50,4	3,84	0,60	345,5	54,2	395,9	104,6
1250	90	-1,4	121,5	0,4	48,6	3,84	0,60	345,7	54,3	394,3	102,9
1300	90	-1,3	117,0	0,4	46,8	3,84	0,60	345,8	54,4	392,6	101,2
1350	86	-1,6	132,3	0,4	52,9	3,84	0,61	330,6	52,1	383,5	105,0
1400	82	-1,8	147,6	0,4	59,0	3,85	0,61	315,3	49,8	374,4	108,8
1450	95	-1,7	154,1	0,4	61,6	3,85	0,61	363,6	57,5	425,2	119,1
1500	107	-1,5	160,5	0,4	64,2	3,85	0,61	411,8	65,3	476,0	129,5
1550	98	-1,7	164,8	0,4	65,9	3,85	0,61	377,3	59,9	443,2	125,8
1600	89	-1,9	169,1	0,4	67,6	3,85	0,61	342,8	54,5	410,5	122,2
1650	77	-2,0	149,6	0,4	59,8	3,85	0,61	296,7	47,2	356,5	107,1
1700	65	-2,0	130,0	0,4	52,0	3,86	0,62	250,6	40,0	302,6	92,0
1750	68	-2,1	138,5	0,4	55,4	3,86	0,62	260,3	41,6	315,7	97,0
1800	70	-2,1	147,0	0,4	58,8	3,86	0,62	270,1	43,2	328,9	102,0
1850	71	-2,1	145,5	0,4	58,2	3,86	0,62	274,1	44,0	332,3	102,2
1900	72	-2,0	144,0	0,4	57,6	3,86	0,62	278,0	44,7	335,6	102,3
1950	76	-2,1	160,0	0,4	64,0	3,86	0,62	293,6	47,3	357,6	111,3

TABLA X - B

X	ANCHO	Z	ANCHO RECT.	K	AREA TRANSV.	ALTURA EN PLEA	ALTURA EN BAJA	AREA PARCIAL PLEA	AREA PARCIAL BAJA	AREA TOTAL PLEA	AREA TOTAL BAJA
2000	80	-2,2	176,0	0,4	70,4	3,86	0,62	309,2	49,8	379,6	120,2
2050	82	-2,3	188,8	0,4	75,5	3,87	0,62	317,1	51,2	392,6	126,7
2100	84	-2,4	201,6	0,4	80,6	3,87	0,63	324,9	52,6	405,6	133,2
2150	82	-2,4	192,8	0,4	77,1	3,87	0,63	317,3	51,4	394,4	128,5
2200	80	-2,3	184,0	0,4	73,6	3,87	0,63	309,7	50,3	383,3	123,9
2250	83	-2,4	198,3	0,4	79,3	3,87	0,63	319,5	52,0	398,8	131,3
2300	85	-2,5	212,5	0,4	85,0	3,87	0,63	329,3	53,6	414,3	138,6
2350	85	-2,5	208,3	0,4	83,3	3,88	0,63	329,5	53,8	412,8	137,1
2400	85	-2,4	204,0	0,4	81,6	3,88	0,63	329,6	53,9	411,2	135,5
2450	93	-2,6	237,0	0,4	94,8	3,88	0,64	358,9	58,8	453,7	153,6
2500	100	-2,7	270,0	0,4	108,0	3,88	0,64	388,1	63,6	496,1	171,6
2550	95	-3,0	283,5	0,4	113,4	3,88	0,64	368,9	60,6	482,3	174,0
2600	90	-3,3	297,0	0,4	118,8	3,88	0,64	349,6	57,5	468,4	176,3
2650	86	-3,4	292,0	0,4	116,8	3,89	0,64	334,2	55,1	451,0	171,9
2700	82	-3,5	287,0	0,4	114,8	3,89	0,64	318,8	52,6	433,6	167,4
2750	96	-3,8	363,5	0,4	145,4	3,89	0,64	373,4	61,7	518,8	207,1
2800	110	-4,0	440,0	0,4	176,0	3,89	0,64	428,0	70,9	604,0	246,9
2850	100	-4,1	409,0	0,4	163,6	3,89	0,65	389,2	64,6	552,8	228,2
2900	90	-4,2	378,0	0,4	151,2	3,89	0,65	350,5	58,2	501,7	209,4
2950	98	-4,3	414,8	0,4	165,9	3,90	0,65	379,8	63,2	545,7	229,1
3000	105	-4,3	451,5	0,4	180,6	3,90	0,65	409,2	68,2	589,8	248,8
3050	115	-4,2	475,8	0,4	190,3	3,90	0,65	448,4	74,9	638,7	265,2
3100	125	-4,0	500,0	0,4	200,0	3,90	0,65	487,6	81,5	687,6	281,5
3150	123	-4,3	520,0	0,4	208,0	3,90	0,65	478,0	80,1	686,0	280,1
3200	120	-4,5	540,0	0,4	216,0	3,90	0,65	468,5	78,6	684,5	274,6
3250	115	-4,5	517,5	0,4	207,0	3,91	0,66	449,1	75,5	656,1	282,5
3300	110	-4,5	495,0	0,4	198,0	3,91	0,66	429,8	72,3	627,8	270,3
3350	120	-4,0	468,5	0,4	187,4	3,91	0,66	469,1	79,1	656,5	266,5
3400	130	-3,4	442,0	0,4	176,8	3,91	0,66	508,3	85,8	685,1	262,6
3450	165	-6,4	1151,0	0,4	460,4	3,91	0,66	645,5	109,2	1105,9	569,6
3500	200	-9,3	1860,0	0,4	744,0	3,91	0,66	782,7	132,6	1526,7	876,6
3550	178	-10,9	1898,8	0,5	953,3	3,92	0,66	694,9	117,9	1648,2	1071,1
3600	155	-12,5	1937,5	0,6	1162,5	3,92	0,67	607,1	103,2	1769,6	1265,7
3650	145	-11,3	1650,5	0,6	990,3	3,92	0,67	568,2	96,7	1558,5	1087,0
3700	135	-10,1	1363,5	0,6	818,1	3,92	0,67	529,2	90,2	1347,3	908,3
3750	128	-9,6	1221,8	0,6	733,1	3,92	0,67	500,0	85,4	1233,1	818,4
3800	120	-9,0	1080,0	0,6	648,0	3,92	0,67	470,8	80,5	1118,8	728,5
3850	123	-10,0	1227,5	0,6	736,5	3,92	0,67	480,8	82,3	1217,3	818,8
3900	125	-11,0	1375,0	0,6	825,0	3,93	0,67	490,8	84,2	1315,8	909,2
3950	120	-11,1	1331,5	0,6	798,9	3,93	0,67	471,4	81,0	1270,3	879,9

TABLA X - C

X	ANCHO	Z	ANCHO RECT.	K	AREA TRANSV.	ALTURA EN PLEA	ALTURA EN BAJA	AREA PARCIAL PLEA	AREA PARCIAL BAJA	AREA TOTAL PLEA	AREA TOTAL BAJA
4000	115	-11,2	1288,0	0,6	772,8	3,93	0,68	451,9	77,8	1224,7	850,6
4050	115	-10,3	1104,5	0,6	710,7	3,93	0,68	452,1	77,9	1162,8	788,6
4100	115	-9,4	1081,0	0,6	648,6	3,93	0,68	452,3	78,1	1100,9	726,7
4150	115	-9,2	1058,0	0,6	639,8	3,93	0,68	452,5	78,2	1087,3	713,0
4200	115	-9,0	1035,0	0,6	621,0	3,94	0,68	452,7	78,4	1073,7	699,4
4250	117	-8,8	1019,0	0,6	611,4	3,94	0,68	458,8	79,6	1070,2	691,0
4300	118	-8,5	1003,0	0,6	601,8	3,94	0,68	464,9	80,7	1066,7	682,5
4350	127	-9,8	1244,0	0,6	746,4	3,94	0,69	498,6	86,7	1245,0	833,1
4400	135	-11,0	1485,0	0,6	891,0	3,94	0,69	532,3	92,7	1423,3	983,7
4450	125	-12,2	1507,3	0,6	904,4	3,94	0,69	493,0	86,0	1397,4	990,4
4500	115	-13,3	1529,5	0,6	917,7	3,95	0,69	453,8	79,3	1371,5	997,0
4550	113	-13,2	1485,3	0,6	891,2	3,95	0,69	444,1	77,7	1335,3	968,9
4600	110	-13,1	1441,0	0,6	864,6	3,95	0,69	434,4	76,1	1299,0	940,7
4650	110	-12,5	1375,0	0,6	825,0	3,95	0,69	434,6	76,3	1259,6	901,3
4700	110	-11,9	1309,0	0,6	785,4	3,95	0,69	434,8	76,4	1220,2	861,8
4750	118	-11,4	1335,8	0,6	801,5	3,95	0,70	464,6	81,8	1266,1	883,3
4800	125	-10,9	1362,5	0,6	817,5	3,96	0,70	494,5	87,2	1312,0	904,7
4850	123	-10,1	1233,3	0,6	740,0	3,96	0,70	484,8	85,6	1224,7	825,5
4900	120	-9,2	1104,0	0,6	662,4	3,96	0,70	475,1	84,0	1137,5	746,4
4950	120	-8,9	1071,0	0,6	694,5	3,96	0,70	475,3	84,2	1169,8	778,7
5000	120	-8,7	1038,0	0,7	726,6	3,96	0,70	475,5	84,3	1202,1	810,9
5050	130	-8,4	1093,0	0,7	765,1	3,96	0,70	515,3	91,5	1280,4	856,6
5100	140	-8,2	1148,0	0,7	803,6	3,97	0,71	555,2	98,8	1358,8	902,4
5150	130	-7,9	1030,0	0,7	721,0	3,97	0,71	515,7	91,9	1236,7	812,9
5200	120	-7,6	912,0	0,7	638,4	3,97	0,71	476,2	85,0	1114,6	723,4
5250	119	-7,3	869,0	0,7	608,3	3,97	0,71	472,5	84,4	1080,8	692,7
5300	118	-7,0	826,0	0,7	578,2	3,97	0,71	468,7	83,9	1046,9	662,1
5350	122	-7,4	900,5	0,7	630,4	3,97	0,71	482,8	86,5	1113,1	716,9
5400	125	-7,8	975,0	0,7	682,5	3,98	0,71	496,9	89,2	1179,4	771,7
5450	123	-8,1	985,5	0,7	689,9	3,98	0,71	487,2	87,5	1177,0	777,4
5500	120	-8,3	996,0	0,7	697,2	3,98	0,72	477,4	85,9	1174,6	783,1
5550	118	-8,6	1009,8	1,0	962,7	3,98	0,72	467,7	84,3	1430,4	1047,0
5600	115	-8,9	1023,5	1,2	1228,2	3,98	0,72	457,9	82,6	1686,1	1310,8
5650	113	-9,0	1006,8	1,2	1208,1	3,98	0,72	448,1	81,0	1656,2	1289,1
5700	110	-9,0	990,0	1,2	1188,0	3,98	0,72	438,3	79,3	1626,3	1267,3
5750	104	-9,5	980,1	1,2	1176,1	3,99	0,72	414,6	75,1	1590,7	1251,3
5800	98	-9,9	970,2	1,2	1164,2	3,99	0,72	390,8	71,0	1555,1	1235,2
5850	99	-10,1	995,1	1,2	1194,1	3,99	0,73	395,0	71,8	1589,1	1265,9
5900	100	-10,2	1020,0	1,2	1224,0	3,99	0,73	399,1	72,7	1623,1	1296,7
6075	90	-10,2	918,0	1,2	1101,6	4,00	0,73	359,7	65,8	1461,3	1167,4
6325	150	-10,3	1545,0	1,2	1854,0	4,01	0,74	600,8	110,7	2454,8	1964,7
6780	150	-14,9	2235,0	1,2	2682,0	4,02	0,75	683,0	112,5	3285,0	2794,5

TABLA XI

 FORMULAS PARA EL CALCULO DEL TIEMPO DE RENOVACION
 METODO DE KETCHUM

<p>AREA TRANSV. = K*ANCHO*PROFUNDIDAD</p> <p style="margin-left: 40px;">K1=0.4 CERCA DEL RIO K2=0.6 CERCA DEL ESTERO K1 EN EST 1-2-C-E K2 EN EST 3-F-4-G-5</p>	<p>ALTURA = YR+(YE-YR){XE}/X</p> <p>PL 0 BA</p> <p>(YPLEA) YR= ALTURA DE MAREA EN EL RIO (YBAJA) YE= ALTURA DE MAREA EN EL PUERTO XE= DISTANCIA DEL RIO A LA ESTACION X = DISTANCIA ENTRE EL RIO Y EL PUERTO</p>
<p>AREA PARC = YPLEA*ANCHO PLEA - BAJA YBAJA*ANCHO</p>	<p>AREA = ARPPL + AREA TRANSV. PLE-BA ARPBA + AREA TRANSV.</p>
<p>(ARPPL) (ARPBA)</p>	<p>(ARPL-ARBA)</p>
<p>VOL PLEAM = PRON(ARPL1...ARPLN)*(DIS1-DISN) SEGMENTO N</p>	<p>TIEMPO DE RENOVACION N = (1/ RAZON N)</p>
<p>VOL BAJAM = PRON(ARBA1...ARBAN)*(DIS1-DISN) SEGMENTO N</p>	<p>TIEMPO TOTAL = SUN(1/RAZON N)</p>
N= 1n	
<p>PRISMA N = (VOL PLN - VOL BN)</p>	
<p>RAZON DE INTERCAMBIO = (PRISMA N / VOL PLN)</p> <p>-----</p>	

TABLA XII

CALCULO DEL TIEMPO DE RENOVACION POR EL METODO DE KETCHUM								
No. SEGMENTO	DISTANCIA EN METROS	AREA PROAREA PLEANAR	PROM. BAJANAR	VOLUNEN PLEANAR	VOLUNEN BAJANAR	PRISMA DE MAREAINTERCAMBI	RAZON DE	TIEMPO DE RENOVACION
1	400	291	99	103296	26759	76537	0.74	1.35
2	1200	322	91	385819	109762	276057	0.72	1.40
3	1850	526	209	972450	386095	586355	0.60	1.66
4	1100	1298	880	1428236	967474	460762	0.32	3.10
5	1725	1363	981	2351143	1692154	658989	0.28	3.57
TIEMPO TOTAL DE RENOVACION =>								11.07360

TABLA XIII

CALCULO DEL TIEMPO DE RENOVACION POR EL METODO DE LA FRACCION DE AGUA FRESCA									
SEGMENTO	AREA PROM. (m ²)	DIST (m)	VOL (m ³)	SALINIDAD (%)	F1	PRISMA	VOL*F1	F1*PRIS	TIEMPO (caudal)
(1)	191.85	1500.00	287775	14.47	0.52	324637	148971.44	168053.52	0.8864524
(2)	262.91	1100.00	289197	15.14	0.50	297017	143249.15		0.8524020
(3)	352.68	300.00	105803	16.29	0.46	90988	48351.756		0.2877164
(4)	536.04	600.00	321623	17.82	0.41	242182	130578.78		0.7770071
(5)	1093.22	700.00	765255	19.20	0.36	303947	275491.71		1.6393093
(6)	1051.87	900.00	946686	20.12	0.33	353118	311773.17		1.8552135
(7)	1036.30	500.00	518151	20.39	0.32	199917	165981.19		0.9876686
(8)	1668.54	1180.00	1968877	20.66	0.31	454819	612976.89		3.6475899
TIEMPO DE RENOVACION ==>									10.933279

$$f_n = (S_m - S_n) / S_n \quad (3)$$

$$f_n = Q_n / V_{p,n} \quad (4)$$

donde S_m es la salinidad del mar fuera de la desembocadura (34 %.), S_n es la salinidad respectiva de cada segmento y Q_n es el volumen de agua dulce que se acumula en un segmento n , considerandose como una mezcla perfecta, el volumen será igual a:

$$Q_n = R / r_n \quad (5)$$

Para este modelo se ha segmentado en 8 partes siendo divididas de acuerdo a las distancia existentes entre las estaciones. El cálculo de los volúmenes de cada segmento se ha considerado un promedio entre las áreas transversales de las estaciones que limitan al segmento dado y la distancia del segmento será igual a la separación existente entre las estaciones.

El tiempo de limpieza para el segmento n será igual a la fracción de agua fresca multiplicada con el volumen del segmento

sobre el flujo del río en un ciclo de marea.

$$T_r = (f_n \cdot V_n) / R$$

$$i=1,2,\dots,n$$

Para determinar el flujo del río hemos usado las ecuaciones 2, 4 y 5. Obteniendo una ecuación final con términos ya conocidos anteriormente como son la fracción de agua dulce y el prisma de marea en el primer segmento.

Por lo que el tiempo de renovación total T_{rt} obtenida mediante la dilución de salinidad en todo el estero será igual :

$$T_{rt} = [f_1 \cdot V_1 + \dots + f_n \cdot V_n] / f_1 \cdot P_1$$

En la tabla XIII se presenta los datos y resultados obtenidos al determinar el tiempo de renovación, por lo que mediante estos dos métodos calculados se podrá determinar la confiabilidad del tiempo de renovación obtenido.

DISTRIBUCION LONGITUDINAL DE UN CONTAMINANTE

La determinación de un contaminante arrojado en un punto k denominado C_k , se puede determinar de la siguiente manera:

$$C_k = (f_k \cdot G) / R$$

donde G es la tasa de desecho del contaminante. Mientras que el cálculo de la concentración del contaminante en el segmento n hacia el puerto sera:

$$C_n = (f_n \cdot C_k) / f_k$$

la concentración en el segmento m que se encuentran hacia las esclusas sera:

$$C_m = C_k * (1 - f_m) / (1 - f_k)$$

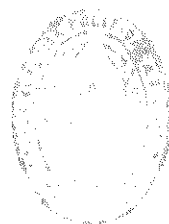
Calcularemos la variación longitudinal que produce un contaminante no conservativo que ha sido vertido en un punto cualquiera (La Playita) a lo largo del estero, considerando que no exista más aportes del contaminante en otros si-

tios, observaremos la variación expuesta del contaminante por efectos de difusión longitudinal y los efectos por reacción.

Los datos observados se presentan en la tabla XIV y en la fig 13 se presenta la distribución del contaminante no conservativo a lo largo del estero.

TABLA XIV

CALCULO DE LA DISTRIBUCION LONGITUDINAL DE UN CONTAMINANTE NO CONSERVATIVO									
SEGMENTO	AREA PROM. (m ²)	DIST (m)	V01 (m ³)	SALINIDAD (%)	F1	PRISHA	F1*PRIS (caudal)	ANONIO (mg/l.s)	C-ANONIO (g/s)
(1)	191.85	1500.00	287775	14.47	0.52	324637	168053.52	5.685	0.681 0.697
(2)	262.91	1100.00	289197	15.14	0.50	297017		4.425	0.713 0.740
(3)	352.68	300.00	105803	16.29	0.46	90988		4.680	0.767 0.803
(4)	536.04	600.00	321623	17.82	0.41	242182		8.040	0.839 0.792
(5)	1093.22	700.00	765255	19.20	0.36	303947		2.595	0.744 0.712
(6)	1051.87	900.00	946686	20.12	0.33	353118		1.655	0.681 0.671
(7)	1036.30	500.00	518151	20.39	0.32	199917		1.290	0.662 0.653
(8)	1668.54	1180.00	1968877	20.66	0.31	434819		0.870	0.643



UNIVERSITY OF MANILA
FAC. FIS.
MANILA

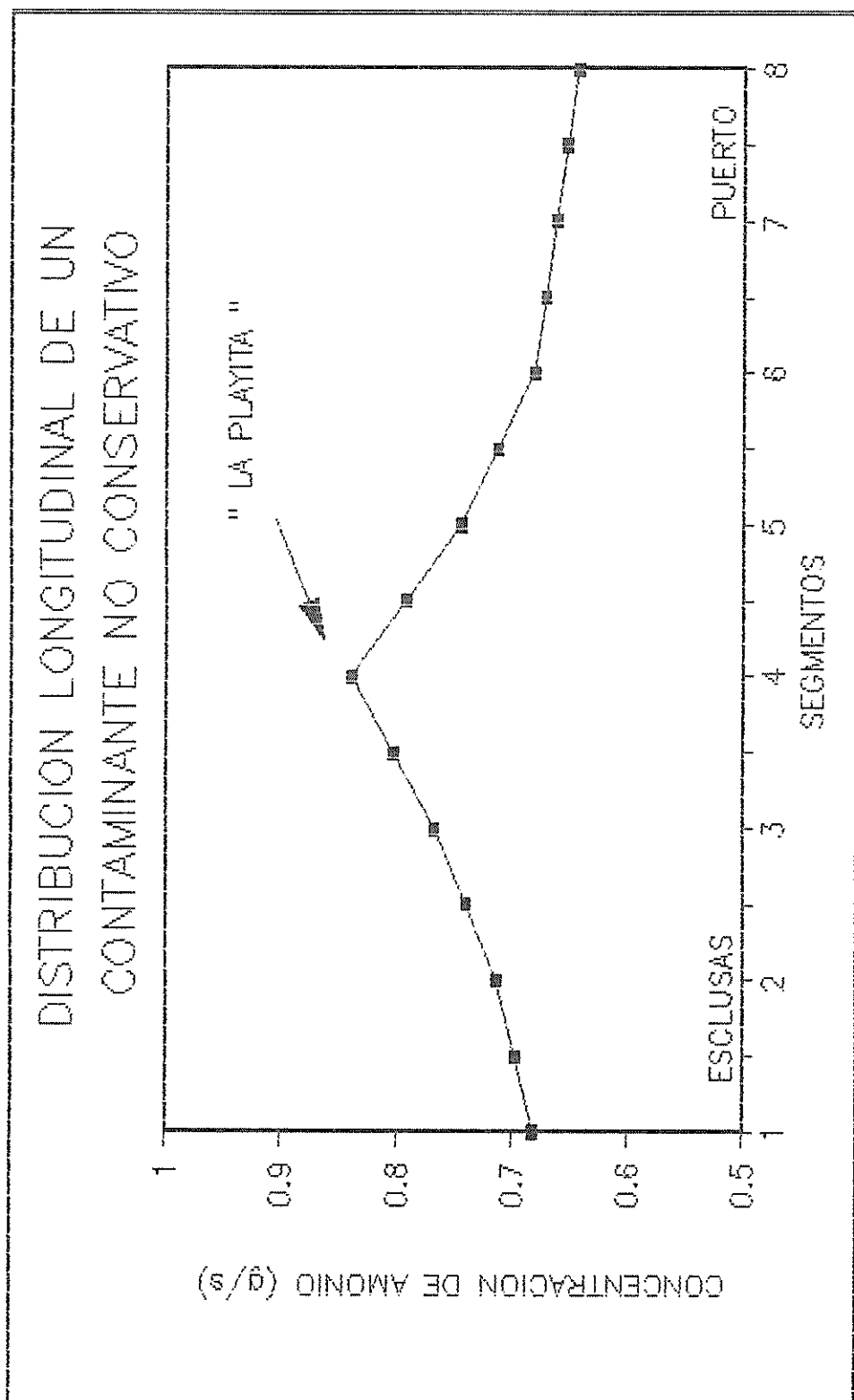


FIG.13 CURVA DE LA DISTRIBUCION LONGITUDINAL DE UN CONTAMINANTE



CAPITULO III DIBUJOS EN
FOLIO
MARIHUA

RESULTADOS

Realizando un análisis de los parámetros físicos, tales como el ancho y la profundidad podemos manifestar lo siguiente:

La relación entre el ancho y la profundidad presentan las características predominantes en la columna de agua, presentando dos condiciones: la estratificada y la de mezcla, cuando predomina la profundidad el estero es considerado un medio estratificado. Caso contrario existirá condiciones de mezcla vertical en la columna de agua, generada por la poca profundidad existente. Para el canal existe una relación casi directa entre los dos parámetros por lo que se puede considerar el estero parcialmente mezclado o moderadamente estratificado, condición

que se aprecia parcialmente en las Esclusas y al Puerto Marítimo.

En el cálculo de las áreas transversales para cada 100 metros se obtuvieron las siguientes constantes de semejanzas:

X1 = menor a 3.500 metros	0.4.
X2 = 3.500 - 4.900 metros	0.6.
X3 = 4.900 - 5.500 metros	0.7.
X4 = 5.500 - 6.780 metros	1.2

Las ecuaciones de las regresiones lineales correspondientes a cada constante de semejanza son:

$Y_1 = (0.073 * X_1 - 23.84)$	0.4
$Y_2 = (1121.0 - 0.073 * X_2)$	0.6
$Y_3 = (1543.5 - 0.163 * X_3)$	0.7
$Y_4 = (1.286 * X_4 - 5600.0)$	1.2

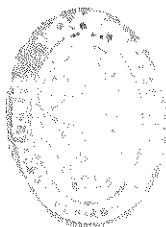
Se utilizaron dos métodos para obtener el tiempo de renovación que tarda un contaminante en desalojar un medio, mediante el método de Ketchum que trabajo en función del desplazamiento de una parcela de agua hacia afuera del estero se determinó que el tiempo de renovación para este método es 11.03 CICLOS DE MAREA, mientras que el método de la fracción de agua fresca aplica la dilución de la salinidad a lo

largo del estero obteniendo un tiempo de renovación de 10.93 CICLOS DE MAREA. Por lo que el tiempo para despejar el estero un contaminante sera de aproximadamente 11 ciclos de marea. Hemos considerado estos dos procesos para determinar la distribución de un contaminante arrojado en un punto cualquiera del estuario, mediante la razón de intercambio (tiempo) y la concentración de un contaminante no conservativo (espacio).

Podemos manifestar mediante lo observado por la distribución longitudinal del contaminante que existe una dilución en ambos lados del lugar donde éste fue arrojado, presentando una rápida dilución hacia el puerto. Mientras, caso contrario ocurre en dirección a las esclusas, debido a que estas mismas producen un control en el ingreso y salida de las aguas, disminuyendo su proceso de disolución al contaminante.



Dr. ...
...
...



BIBLIOTECA
FAC. C.C.
MARITIMA

TABLA XV

TABLA DE RESULTADOS

PROFUNDIDAD	CONSTANTE DE SEMEJANZA
X1 = menor a 3.500 metros	0.4.
X2 = 3.500 - 4.900 metros	0.6.
X3 = 4.900 - 5.500 metros	0.7.
X4 = 5.500 - 6.780 metros	1.2.

REGRESION LINEAL	CONSTANTE DE SEMEJANZA
$Y_1 = (0.073 * X_1 - 23.84)$	0.4
$Y_2 = (1121.0 - 0.073 * X_2)$	0.6
$Y_3 = (1543.5 - 0.163 * X_3)$	0.7
$Y_4 = (1.286 * X_4 - 5600.0)$	1.2

METODO	TIEMPO DE RENOVACION
KETCHUM	11.07 CICLOS DE MAREA
AGUA FRESCA	10.93 CICLOS DE MAREA

CONCLUSIONES

Los parámetros físicos analizados determinan que el Estero Cobina puede ser considerado particularmente como un estuario controlado por la marea (clasificación por STOMMEL), debido que los cambios influenciados por la misma son mayores a los producidos por el río. Además, puede ser clasificado como un estuario mezclado parcialmente o moderadamente estratificado (clasificación de PHITCHARD - TIPO B).

Al ser clasificado el estero como un estuario de TIPO B, los términos que gobiernan a la ecuación de balance son: Los términos advectivos longitudinales y verticales y el término de difusión vertical, consideradando que el sistema se encuentra en condiciones estables. Al aplicar en el Estero Cobina la ecuación de balance, se aprecia dos medios independientes en el estero a los cuales los llamaremos el sector " Esclusas" y el segundo sector "Puerto". en el primer sector predomina los términos vertica-

BIBLIOTECA
IIC, INC
MARÍTIMA

les (adversión y difusión) y los términos predominantes en el segundo sector son los términos advectivo longitudinal y difusión vertical.

Mediante lo asumido por Osorio representó una herramienta muy útil para determinar las alturas de marea, obteniendo valores muy satisfactorios que serían utilizados posteriormente para el cálculo del orisma de marea.

Las áreas transversales obtenidas cada 100 metros fue el producto de una constante de semejanza multiplicada con las áreas rectangulares calculadas cada 100 metros, estas áreas fueron verificadas mediante regresiones lineales entre las áreas transversales de las estaciones principales y secundarias, y las áreas transversales obtenidas. Los datos determinados mediante el proceso indicado no son muy exacto en comparación a los datos cálculos mediante la aplicación del método de los polígonos, pero si consideramos la gran cantidad de cálculos necesarios para encontrar las áreas transversales cada 100 metros, podemos establecer que el proceso es ideal para estos casos.

Los métodos utilizados para el cálculo del tiempo de renovación en el Estero Cobina, demuestran una gran

confiabilidad en los resultados . Manifestando así, que el tiempo necesario para que un cuerpo de agua contaminado sea renovado en condiciones naturales a lo largo de todo el estero, sería de 11 ciclos de marea. Hemos considerado para los dos métodos mezcla perfecta, aunque esto en la realidad no sucede. Estos valores pueden ser sobrevalorados, para lo cual, se debe calibrar el método hasta que los resultados estén de acuerdo a lo real. Al establecer un cálculo del tiempo de renovación aplicando las características salinas del lugar, podemos indicar que los valores calculados mediante el cálculo de la fracción de agua fresca son validos.

Vale indicar que Monica Robles en el trabajo presentado de circulación y mezcla dentro de este tópico, realiza el cálculo del tiempo de renovación en un tramo aproximadamente de 2.400 metros, obteniendo 1 ciclo de marea, tiempo representativo para la renovación de un cuerpo de agua en este tramo del estero.

Los resultados obtenidos mediante la distribución longitudinal de un contaminante no conservativo nos muestra el proceso longitudinal de recuperación del estero afectado por un contaminante. El contaminante Amonio sufre variaciones difusivas longitudinales y

de reacción, degradándose en elementos como Nitrito y Nitrato, estas variaciones producidas por reacción retrasa el proceso de difusión de las concentraciones, presentándose este efecto en el sector "Escuelas".



BIBLIOTECA
NAC. ING.
MARITIMA

RECOMENDACIONES

El propósito de este trabajo es de ofrecer una herramienta para determinar el tiempo estimado de recuperación de un cuerpo de agua afectado por un contaminante y presentar algunas alternativas generales obtenidas por el Tópico para establecer un mejoramiento en la renovación de estas aguas a través de una mayor salida de las mismas hacia el Rio Guayas y para evitar la sedimentación aguas arriba del estero.

a. Se ha tratado varios métodos para determinar el tiempo de renovación, obteniéndose resultados muy favorables. cada método utilizado posee sus características propias, lo que permite ser operados en forma independiente.

b. Para mejorar la renovación de estas aguas existe la necesidad de obtener una mayor dinámica de salida hacia el río, por lo que se presenta algunas

alternativas:

- Realizar un juego de cierre-apertura de compuertas en las Esclusas durante los periodos de flujo donde las bajamareas sucedan primero en el puerto que en el río. Asumiendo ambas compuertas cerradas, después de la bajamar del Puerto, el estero Cobina se hallará con un nivel más alto que el del río, la apertura de la compuerta Sur (CS), hará que el espacio entre compuertas se nivele con agua más salina y limpia de la que estaba presente; el cierre de CS y la apertura de la compuerta norte (CN), hará que por mecanismo de gravedad y por corrientes de densidad, el agua del fondo sea transportada advectivamente hacia el río.

c. La falta de información y de estudios del lugar no permite que existan características básicas del lugar, es por lo cual se recomienda que instituciones realicen estudios por periodos determinados para obtener estas condiciones básicas .

BIBLIOGRAFIA

1. BORBOR, Mercy, " Cálculo de los coeficientes de difusión y dispersión en el tramo del Estuario Interior del Golfo de Guayaquil, TESIS DE GRADO, Marítima - ESPOL, Guayaquil. 1985. 88 - 109 pp.
2. CHAVARRIA, J., " Estudio comparativo de los niveles y fases de las mareas en el sistema Río Guayas - Estero Salado", TESIS DE GRADO, Marítima - ESPOL, Guayaquil. 1988. 170 - 180 pp.
3. CRUZ, DE GONZALES & VILLAMAR, " Lista de la forma sublitoral bentónica del Estero Salado Interior" ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO, Vol I, INOCAR, Guayaquil. 82 - 96 pp.
4. HOLDEN, Robert, " Procesos Estuarinos", folleto, Marítima - ESPOL, 1978, 67 - 77pp.
5. MOREANO, Herman, " Interacción Océano - Atmósfe-

- ra sobre la zona costera del Ecuador", ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO, Vol II, INOCAR, Guayaquil. 1985, 1 - 11 pp.
6. OKUDA, TREJOS, VALENCIA & RODRIGUEZ, " Variación estacional del Frente Ecuatorial y su efecto sobre la fertilidad de las aguas superficiales ecuatorianas", ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO, Vol II, INOCAR, Guayaquil, 1985, 53 - 84 pp.
7. OSORIO, Victor, " Características de la variación de la salinidad del Estuario Interior del Golfo de Guayaquil en relación de la descargas de los ríos Daule y Babahoyo, y a la acción de Marea", TESIS DE GRADO, Maritima - ESFOL, Guayaquil. 1986, 185 - 194pp.
8. STEVENSON, R., " Variaciones estacionales en el Golfo de Guayaquil en el Estuario Tropical ", BOLETIN CIENTIFICO TECNICO, Vol I, INF, Guayaquil, 133pp.
9. RADA, F., " Morfología y Sedimentaria del sistema Estuarino Estero Salado - Rio Guayas", ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO, Vol III, INOCAR, Guayaquil 1986, 185 - 194 pp.

10. VALENCIA, M. " Algunas Características químicas de los sedimentos del Golfo de Guayaquil", ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO, Vol I, INOCAR, Guayaquil, 1980



BIBLIOTECA
I.O. INC.
MARILLAS