



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS

"ANALISIS DE DATOS DE OLAS Y CORRIENTES
TOMADOS EN UNA PLAYA AL NORTE DEL
GOLFO DE CALIFORNIA"



CURSO DE TITULACION:
PROCESOS LITORALES

MEMORIA
QUE PARA OBTENER
EL TITULO DE
OCEANOLOGO
PRESENTA:

GUADALUPE BUTTERFIELD FLORES

ENSENADA, B. C., NOVIEMBRE DE 1985

"ANÁLISIS DE DATOS DE OLAS Y CORRIENTES TOMADOS EN
UNA PLAYA AL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA"

RESUMEN

Se analizan registros simultáneos de oleaje y corrientes tomados en la playa de El Moreno, B.C. El oleaje es medido con un par de sensores de presión y la corriente costera con un par de correntómetros electromagnéticos alineados paralelamente a la línea de playa.

Se calculan espectros de energía y espectros cruzados entre las dos series de oleaje, y entre éstas y las componentes ortogonales de velocidad de la corriente. Los parámetros del oleaje (H , α , T), son determinados en el rango de energía espectral del oleaje local, cuyos períodos estimados son de 2.7 a 5.3 seg.

Se calculan estadísticas básicas de la corriente en sus dos componentes y considerando sus valores promedios, por medio de mínimos cuadrados, se obtienen correlaciones lineales menores de 0.6 con los diferentes parámetros del oleaje.

Sin embargo, los espectros cruzados entre oleaje y componentes de la velocidad, muestran una alta coherencia (mayor de 0.8) en el rango de frecuencias de 0.1 a 0.5 cic/seg, lo que indica que en este rango de frecuencia la corriente registrada es principalmente inducida por el oleaje.

"ANALISIS DE DATOS DE OLAS Y CORRIENTES TOMADOS EN
UNA PLAYA AL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA"

MEMORIA
QUE PRESENTA:

GUADALUPE BUTTERFIELD FLORES

Aprobado por:

C. Nava B.

Presidente del Jurado
M. C. Cuauhtemoc Nava Button

Adolfo González

Sinodal Propietario
M. C. Adolfo González

Luis Fok Pun

Sinodal Propietario
M. C. Luis Fok Pun

Hugo Peña P.

Sinodal Suplente
M. C. Hugo Peña P.

René Pinét P.

Sinodal Suplente
M. C. René Pinét P.

A MI MADRE.

Por su ejemplo y tenacidad ante la vida...

A Gabriel Enrique.

Compañero y amigo siempre presente...

A todos aquellos compañeros que forman parte de los momentos más críticos en la historia de la Escuela de Ciencias Marinas.

Por haber forjado el camino andado...

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento al M.C. Cuauhtemoc Nava Button, por la dirección de éste trabajo, sus comentarios y sugerencias así como por la elaboración de los programas de computación para el análisis de los datos.

Al M.C. Hugo Peña Pereyra, por sus comentarios y críticas de los resultados obtenidos.

Agradezco el apoyo de la Sección de Procesos Litorales de C. I. C. E. S. E., donde se llevó a cabo el presente trabajo.

Al I. I. O., por haber facilitado los datos y al M.C. Adolfo González C., por su apoyo, comentarios y críticas.

A todos aquellos compañeros de siempre que saben lo que ser amigos significa, por haberme brindado un gran apoyo y motivación.....gracias.

INDICE

RESUMEN.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABLAS.....	vii
1 INTRODUCCION.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	4
2 DATOS Y METODO DE ANALISIS.....	9
2.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	9
2.2 ADQUISICION DE DATOS.....	12
2.2.1 Instrumentos y Mediciones.....	12
2.2.2 Procesamiento en laboratorio.....	14
2.3 ANALISIS DE LOS DATOS.....	17
2.3.1 Análisis preliminar.....	17
2.3.2 Datos de oleaje.....	18
2.3.3 Datos de Corriente.....	24
3 RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	26
3.1 Series de tiempo.....	26
3.2 Características del oleaje.....	31
3.3 Corriente en la zona de surf.....	35
4 CONCLUSIONES.....	53
5 OBSERVACIONES.....	55
6 BIBLIOGRAFIA.....	56

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
FIGURA 1.- Mediciones de campo y laboratorio de velocidades promedio de la corriente paralela a la costa, \bar{V}_x , comparadas con el modelo analítico de Longuet-Higgins simplificado por Komar (Komar, 1983).....	8
FIGURA 2.- Localización geográfica del área de estudio	10
FIGURA 3.- Colocación de los instrumentos en la playa. Sp1 y Sp2 son los sensores de presión, CR1, CR2, CR3 y CR4, los correntómetros. Abajo, vista de planta en donde se muestra un supuesto frente de ola aproximandose a la línea de playa con un ángulo	13
FIGURA 4.- Representación de como se obtiene la información de oleaje y corriente.....	16
FIGURA 5.-Espectros y espectros cruzados entre el sensor de oleaje Sp1 y Sp2. La región del espectro considerado, es señalado en ambas gráficas.....	20
FIGURA 6.- Series en tiempo de datos filtrados de oleaje y corriente durante 175 seg de G-009.....	28
FIGURA 7.- Series en tiempo de datos filtrados de oleaje y corriente durante 175 seg de G-108.....	29
FIGURA 8.- Series en tiempo de datos filtrados de oleaje y corriente durante 175 seg de G-125.....	30
FIGURA 9.- Regresión lineal de la velocidad promedio en las dos componentes de la corriente respecto a la altura del oleaje, Hrms.....	41
FIGURA 10.- Regresión lineal de las velocidades promedio respecto a alturas de oleaje en la zona de rompiente, Hb.....	42

FIGURA 11.- Regresión lineal de las velocidades promedio respecto a los ángulos de aproximación del oleaje a la línea de costa, α	43
FIGURA 12.- Regresión lineal de las velocidades promedio respecto al ángulo de rompiente del oleaje, α_p	44
FIGURA 13.- Regresión lineal de velocidades promedio en las dos componentes de la corriente, respecto del parámetro del oleaje $H_b \text{ sen} \alpha_b \text{ cos} \alpha_b$	45
FIGURA 14.- Espectros y espectros cruzados entre Sp1 y u , en (a) y entre Sp1 y v , en (b). u y v son las componentes de velocidad de CR3.....	49
FIGURA 15.- espectros de energía y espectros cruzados entre Sp1 y componente u en (a) y componente v de CR1, en (b).....	50
FIGURA 16.- Espectros y espectros cruzados entre Sp1 y u , en (a) y entre Sp1 y v , en (b). u y v son las componentes de velocidad de CR3.....	51
FIGURA 17.- Espectros y espectros cruzados entre componentes u y v , de CR1 para G-141, en (a) y G-021, en (b).....	52

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla I.- Modelos de predicción de la corriente paralela a la costa.....	6
Tabla II.- Parámetros del oleaje obtenidos durante el intervalo de medición GRAB del sensor de presión Sp1.....	32
Tabla III.- Parámetros del oleaje obtenidos de Sp1 y Sp2. \bar{u} y \bar{v} son las velocidades promedio de la corriente.....	33
Tabla IV.- Estadísticas básicas de los datos de corriente registrados por el correntómetro CR1.....	36
Tabla V.- Estadísticas básicas de los datos de corriente registrados por el correntómetro CR3.....	37
Tabla VI.- Análisis de regresión lineal.....	40

1 INTRODUCCION

Actualmente, resulta imprescindible tener un conocimiento detallado de la morfología y las características de los litorales en el campo de Ingeniería de Costas, ya que al momento de diseñar una estructura de protección costera, tales como aquellas destinadas a controlar la erosión de una playa o a proporcionar facilidades a un puerto (centros importantes del desarrollo industrial), se debe determinar previamente el efecto que tendrán los procesos litorales sobre éstas estructuras y viceversa.

De los fenómenos físicos, los más importantes en la modificación de la costa, son el campo de oleaje y las corrientes que fluyen paralelas a la línea de costa, ya que éstas últimas generan el acarreo de material terrígeno puesto en suspensión por el oleaje produciendo zonas de depositación y de erosión a lo largo de estructuras como espigones y rompeolas. Este tipo de corrientes generalmente se encuentran entre la zona de rompiente del oleaje y la línea de costa. Originalmente se suponía que la corriente paralela a la costa era estacionaria y sin variaciones en la dirección perpendicular a la línea de costa. Sin embargo, con el desarrollo teórico y de

métodos de mediciones, posteriores estudios de campo y de laboratorio muestran variabilidad de éstas corrientes a través de la zona de surf, a lo largo de la costa (considerando a escalas de células de circulación) y con la profundidad.

Aunado a ésta estructura tridimensional del campo de velocidades, se han reportado variaciones temporales en cualquier punto de la corriente a lo largo de la costa, con valores típicos menores a 1 m/seg y velocidades máximas reportadas de 3.5 m/seg (Meadows, 1976, 1977; Guza y Thornton, 1978).

Dada la complejidad dinámica en la zona de surf (región comprendida entre la zona de rompiente del oleaje y el límite donde la cara de la playa empieza a ser cubierta y descubierta por el agua -zona de swash-), en la que muchos factores interactúan simultáneamente para producir la no estacionalidad y uniformidad en éste tipo de corrientes, se han propuesto nuevos instrumentos y numerosos métodos de medición para la realización de estudios de campo y de laboratorio en los que se incluyen muchas modificaciones y suposiciones del ambiente en la zona de surf, para poder así, construir un modelo teórico ó empírico capaz de predecir la velocidad media de la corriente litoral.

Actualmente, dentro del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O.) de la Universidad Autónoma de Baja California, se está desarrollando el proyecto 'el comportamiento del oleaje en las costas de Baja California y el Mar de Cortéz', el cual ha concretado ya una serie de mediciones intensivas de corrientes, viento, oleaje, perfiles de playa y sedimento en la localidad de El Moreno, B.C., donde Komar(1969), analizando transporte de sedimento dedujo un modelo empírico para la evaluación de la velocidad media de la corriente a lo largo de la costa. Como parte de los objetivos de dicho proyecto, se pretende verificar éste modelo o en su defecto, tratar de determinar los parámetros principales que podrían influenciar la variabilidad de las velocidades de éste tipo de corrientes.

En el presente estudio, se determinan los parámetros del oleaje (altura, período y ángulo de incidencia) con el propósito de encontrar la relación que guardan éstos con mediciones simultáneas de la velocidad de la corriente paralela a la costa.

1.1 ANTECEDENTES

En base a mediciones simultáneas del campo de olas y corrientes en la zona de surf de la playa El Moreno, B.C., Komar (1969) deduce que la corriente promedio a lo largo de la costa es función del ángulo de aproximación y de la componente paralela a la costa del movimiento orbital del oleaje, el cual depende a su vez, de la altura de ola en la zona de rompiente, H_b , según la teoría lineal de olas en aguas someras. Encuentra que el oleaje generado por vientos locales, es la principal fuente de energía en esta región, reportando periodos del orden de 2 a 4 seg y ángulos de incidencia entre 13° y 28° asociados con corrientes promedios de 2.4 a 61.0 cm/seg.

El I.I.O. (1982) reporta alturas de ola entre 9 cm y 27 cm y corrientes promedio paralela a la costa entre 5 cm/s y 25 cm/s, además hace notar la rapidez con que el oleaje (altura y dirección) responde a cambios en la dirección del viento.

Por otro lado, Cruz-Falcon (1983) mediante métodos de refracción y utilizando los datos de mediciones directas de oleaje del I.I.O., encuentra ángulos de

aproximación del oleaje en la línea de costa entre 22.5° y 32.6° , reportando periodos promedios del orden de 4 seg para el oleaje local en el área de estudio.

Walton (1979) discute la aplicabilidad de los modelos empíricos a playas con condiciones físicas diferentes y enumera varios modelos que consideran algunos aspectos físicos y suposiciones del ambiente en la zona de surf, en la determinación por medio de análisis dimensional, del agrupamiento razonable de los parámetros importantes que influyen en la variabilidad de la velocidad media de la corriente a lo largo de la costa. Algunos de éstos modelos se muestran en la tabla I. Cabe mencionar que los coeficientes contenidos en todas las ecuaciones han sido determinados experimentalmente.

En el modelo de Komar (Eq. 9), no se considera la pendiente de la playa ni el coeficiente de fricción que aparece en otros modelos, por considerar que un incremento en la pendiente ocasiona un incremento en la fricción del fondo. Fundamentandose en éstas consideraciones y suponiendo además que la mezcla horizontal turbulenta no es importante en la posición media de la zona surf, Komar e Inman (1970) simplifican

TABLA I

Modelos de predicción de la corriente paralela a la costa.

Autores	Velocidad Media, \bar{V}_x	Basada en:	No.
Putnam-Munk - Traylor (1949)	$\frac{A}{2} \left[\left(1 + \frac{4}{A} 2.28 g H_b \text{sen} \alpha_b \right)^{1/2} - 1 \right]$ $A = 20.88 \frac{\tan \beta}{f T} \cos \alpha_b H_b$	Conservación de Momenta	1
Inman-Bagnold (1963)	$2.31 \left[\frac{k \tan \beta}{T} \right] \cos \alpha_b \text{sen} \alpha_b$	Conservación de Momento.	2
Brunn (1963)	$C_f \left[\frac{0.95}{(gk)^{1/2}} H_b^{3/2} \frac{\tan \beta \text{sen} 2 \alpha_b}{T} \right]^{1/2}$	Conservación de Masa	3
Galvin-Eagleson (1965)	$gT (\tan \beta \text{sen} 2 \alpha_b)$	Conservación de Masa	4
Longuet-Higgins (1970)	$\frac{5\pi}{16} k \frac{\tan \beta}{f} C_{g_b} \text{sen} \alpha_b \cos \alpha_b$	Conservación de Momentum, "tensor de radiación"	5
Inman-Quinn (1975)	$\left[\left(\frac{1}{4A^2} + 2.28 g H_b \text{sen} \alpha_b \right)^{1/2} - \frac{1}{2A} \right]^2$ $A = 108.3 \frac{\tan \beta H_b \cos \alpha_b}{T}$	Empírico Análisis de Momento.	6
Brebner- Kamphius (1963)	$8.0 \text{sen} \beta^{1/3} \frac{H_o^{2/3}}{T^{1/3}} \left[\text{sen} 1.65 \alpha_o + \right.$ $\left. + 0.1 \text{sen} 3.3 \alpha_o \right]$	Empírico Análisis de Energía	7
Harrison (1968)	$\left[0.241 H_b + 0.0318 T + 0.037 \alpha_b + \right.$ $\left. + 0.0309 \tan \beta - 0.170 \right]$	Empírico Mínimos Cuadrados	8
Komar (1969)	$2.7 U_{bm} \text{sen} \alpha_b \cos \alpha_b$ $= (0.60 (g H_b)^{1/2} \text{sen} 2 \alpha_b)$	Empírico	9
Gourlay (1978)	$3.72 (g H_b)^{1/2} \text{sen} 2 \alpha_b \tan \beta$	Empírico	10
Dette (1974)	$0.32 (g H_b)^{1/2} \text{sen} 2 \alpha_b$	Empírico	11

el modelo analítico de Longuet-Higgins (Eq. 5), expresando la velocidad media de la corriente en términos de los parámetros del oleaje. Además, analizan datos de campo y de laboratorio tomados por varios autores comparando con el modelo anterior para concluir que la velocidad de la corriente en la posición media de la zona de surf, es directamente proporcional a la altura y ángulo de incidencia del oleaje en la zona de rompiente, como se muestra en la figura 1 (tomada de Komar, 1983).

Recientemente, Kraus y Sasaki (1979), analizando datos de campo en un amplio rango de pendientes de playa, ángulos de rompiente y materiales de playa determinaron que la velocidad de la corriente a lo largo de la costa en la zona zurf intermedia, es independiente de la pendiente de la playa y la rugosidad del fondo, lo cual explica que la magnitud media de la corriente a lo largo de la costa pueda ser estimada directamente a partir de mediciones de altura y ángulo de incidencia del oleaje en la zona de rompiente como lo sugiere la figura 1 y varios modelos que aparecen en la Tabla I.

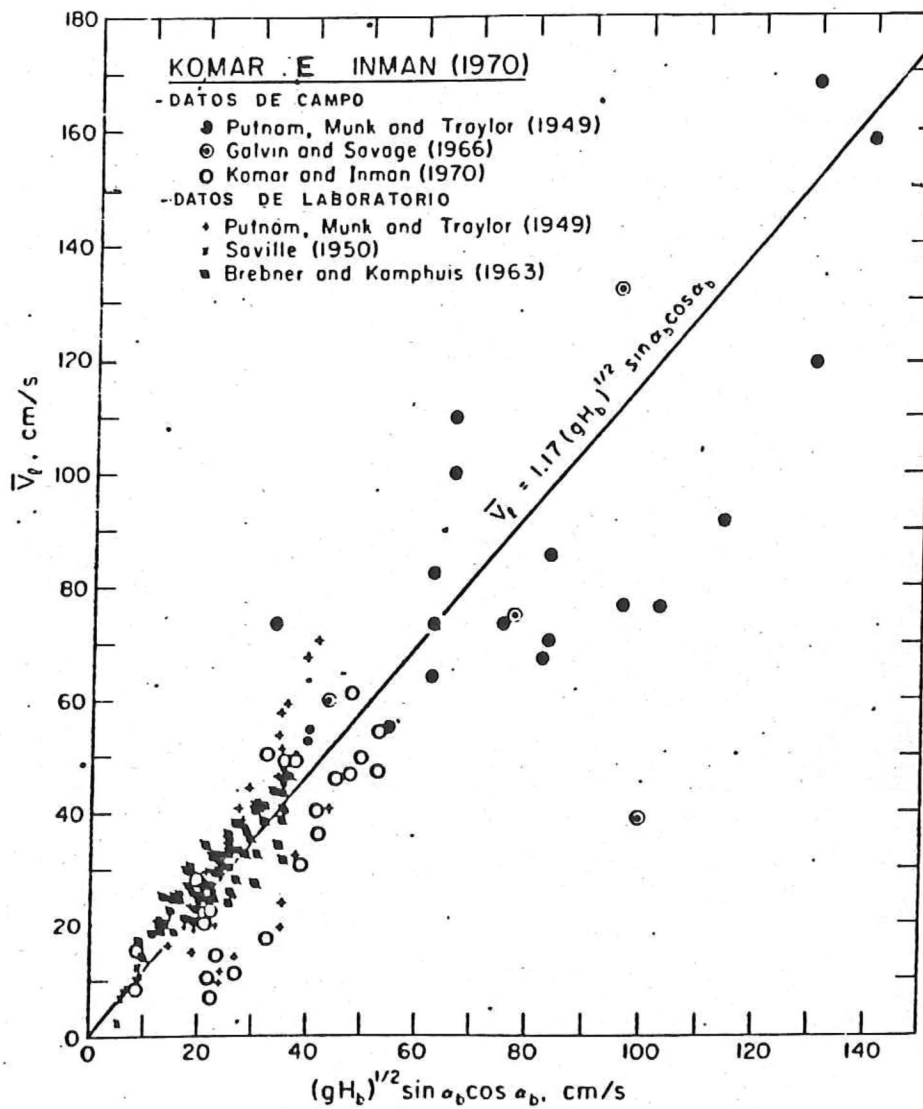


FIGURA 1.- Mediciones de campo y laboratorio de velocidades promedio de la corriente paralela a la costa, \bar{V}_l , comparadas con el modelo análitico de Longuet-Higgins simplificado por Komar e Inman. (Komar, 1983)

2 DATOS Y METODO DE ANALISIS

Dentro del proyecto del I.I.O. mencionado anteriormente, se realizaron varias jornadas de mediciones intensivas durante distintos meses del año en la playa de El Moreno, al NW del Golfo de California. El periodo de mediciones utilizado en este trabajo es el comprendido del 30 de Octubre al 2 de Noviembre de 1982.

2.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La playa El Moreno, B.C. región conocida también como playa 'Los Amigos', se localiza al NW del Mar de Cortéz, Baja California, a 24 kilometros al norte de San Felipe B.C. Geográficamente, es ubicado entre los $31^{\circ} 10' 51''$ y $31^{\circ} 10' 45''$ de latitud Norte y entre $114^{\circ} 53'$ y $114^{\circ} 53' 30''$ de longitud Oeste (figura 2).

El perfil de playa, muestra una pendiente pronunciada, de aproximadamente 0.14, la cual termina abruptamente dando lugar a una extensa planicie de marea sin cambios bruscos, expuesta durante la bajamar de mareas vivas (I.I.O.; 1982).

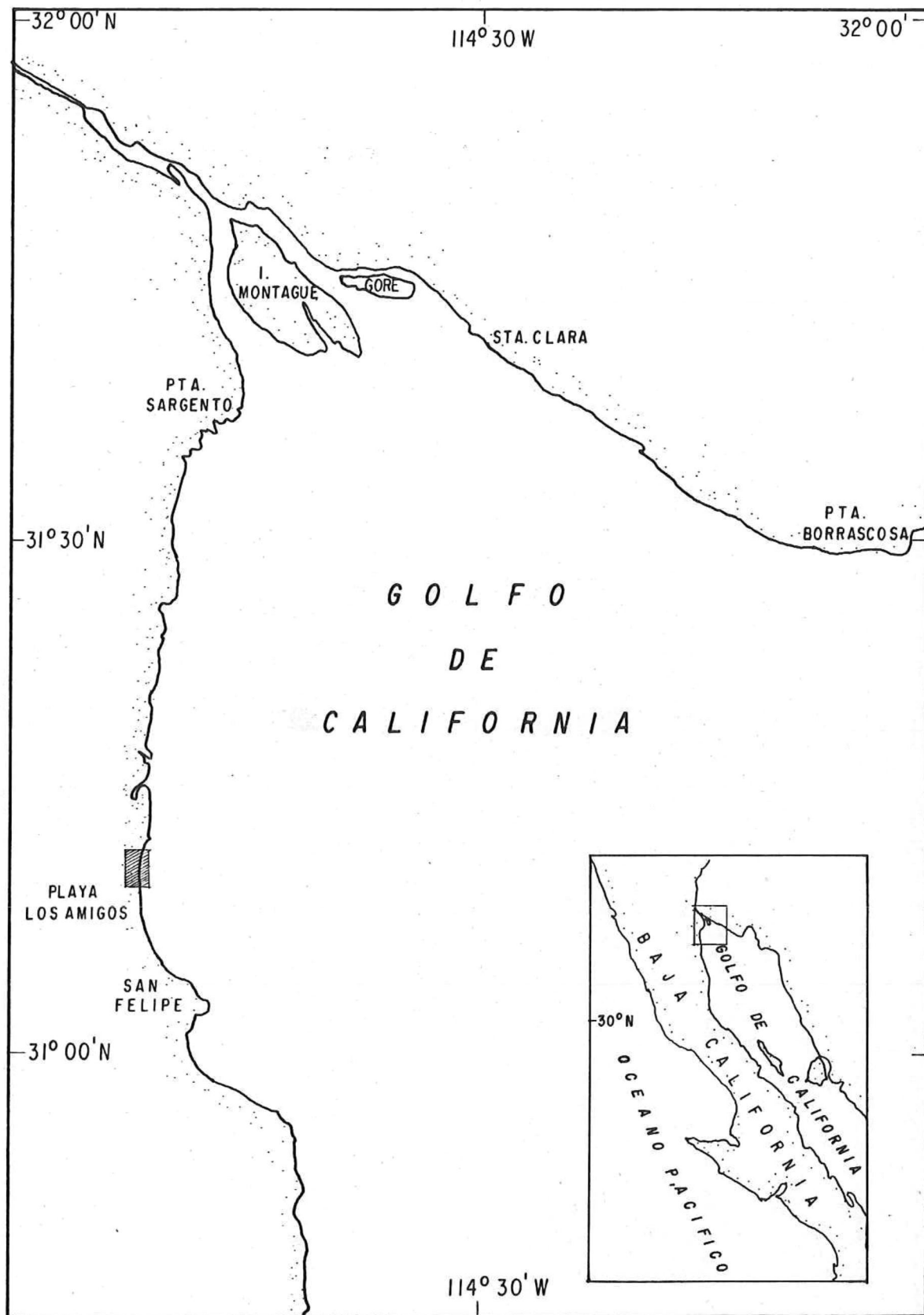


FIGURA 2.- Localización del area de estudio

En las regiones cercanas del Golfo, los vientos prevalecientes son del Noroeste durante los meses de noviembre a mayo, y del Sureste durante el resto del año, presentando una fuerte componente diurna, sin embargo, en esta zona, pueden llegar a dominar vientos locales (Roden, 1964).

El oleaje generado por estos vientos locales, en condiciones normales, es pequeño y de periodos cortos presentando un cierto ángulo de incidencia sobre la costa (Komar, 1969).

También puede llegar oleaje proveniente de la parte sur del Golfo, donde ocurren tormentas violentas de corta duración, llamados 'chubascos', durante los meses de junio a octubre. Estos trenes de olas de periodos largos (10 seg), presenta muy baja energía en comparación con el oleaje local (I.I.O., 1982).

Se ha reportado un sistema de circulación bien desarrollada con corrientes de retorno espaciadas de 10 a 20 metros entre sí, y células de circulación moviéndose a lo largo de la costa cuando el oleaje incide con determinado ángulo (Komar e Inman, 1970).

2.2 ADQUISICION DE DATOS

2.2.1 Instrumentos y Mediciones.

Las mediciones simultáneas de olas y corrientes se realizaron mediante un arreglo de sensores de presión y correntómetros electromagnéticos colocados sobre la cara de la playa (figura 3).

Para medir oleaje, se utilizaron dos sensores de presión, uno con rango de 0 a 5 p. (Sp1) y el otro de 0 a 15 psi (Sp2), colocados paralelamente a la línea de costa a una distancia de 5 metros entre ambos, para poder determinar ángulos de aproximación con espectros cruzados considerando que la mitad de longitud de olas, esperadas, generadas por viento local, es igual o mayor que la distancia entre los sensores proyectada en la dirección de propagación del oleaje, siguiendo el criterio de Peña (1977).

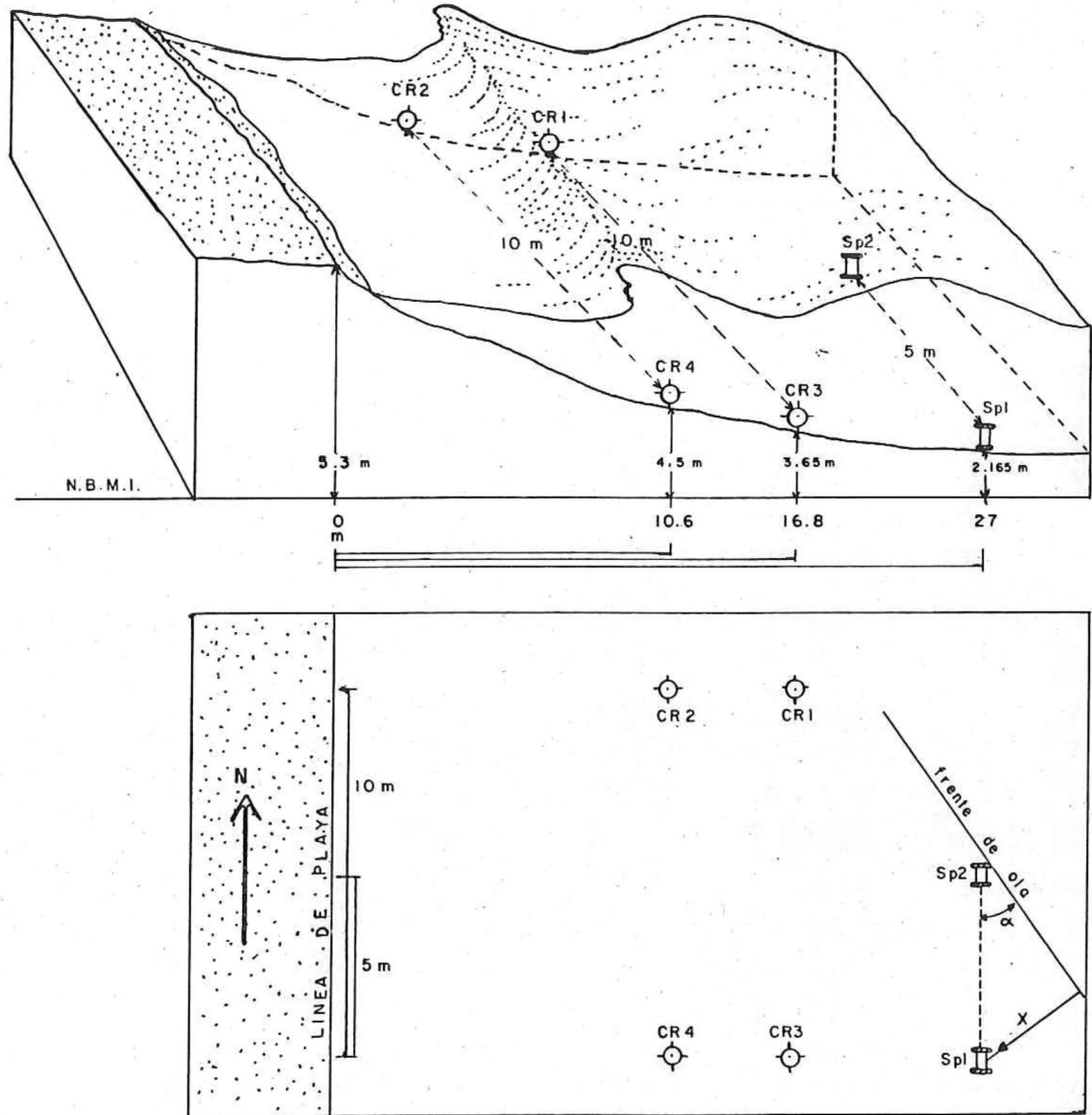


FIGURA 3.- Colocación de los instrumentos en la playa. Sp1 y Sp2 son los sensores de presión. CR1, CR2, CR3 y CR4 son los correntómetros. Abajo, vista de planta en donde se muestra un supuesto frente de ola aproximándose a la línea de playa con un ángulo α .

Respecto al campo de corrientes, considerando que la componente paralela a la costa cambia a lo ancho y largo de la zona de surf, se utilizaron cuatro correntómetros electromagnéticos, denominados CR1, CR2, CR3 y CR4.

Los correntómetros fueron colocados en pares alineados paralelamente a la costa, como se muestra en la figura 3, a una distancia aproximada de 17 metros para el par CR2-CR4, y 11 metros para el par CR1-CR3 del alineamiento de los sensores de presión. Los instrumentos se conectaron por cable a un sistema de modulación electrónica, PCM (Pulse-Code Modulation), que registra la señal en forma digitalizada, la cual fue grabada en cinta magnética. Los registros se grabaron durante marea alta con un periodo de 10 minutos cada 1/2 hora y una razón de muestreo de 8 datos por segundo.

2.2.2 Procesamiento en laboratorio

Utilizando la parte decodificadora del PCM, la cual nos permite manejar la información de tal manera que podemos formar grupos de datos de

diferentes tamaños, se obtuvieron 16 grupos de 256 datos espaciados 0.125 seg trabajándose entonces con series de 4096 datos equivalentes a los primeros 8.53 minutos de grabación en el campo.

Los datos así codificados se procesaron con el sistema PRIME 400 de el Centro de Investigaciones Científicas y Educación Superior de Ensenada (C.I.C.E.S.E), mediante la implementación de un programa computacional que transforma los datos en binario a unidades métricas, obteniéndose elevaciones de oleaje en cm y velocidades de corriente en cm/seg.

Una descripción más detallada tanto del procedimiento de campo como de laboratorio es reportada por Cruz-Falcon (1983) y por I.I.O. (1982).

En la figura 4 se esquematiza los pasos seguidos para la obtención de la información de oleaje y corriente. La obtención de los datos, así como el posterior procesado, se realizó con el equipo y en las instalaciones del C.I.C.E.S.E.

2.3 ANALISIS DE LOS DATOS.

2.3.1 Análisis preliminar

El análisis preliminar de los datos adquiridos, consiste en la selección de datos en los cuales la contaminación por ruido, pueda ser eliminada. Con éste propósito, se realizan gráficas de las series en tiempo y se calculan las estadísticas básicas de los datos registrados por todos los instrumentos, para tener una idea de valores máximos y mínimos, así como las varianzas respecto a los valores promedios.

Para cubrir el objetivo del presente estudio, se seleccionan sólo aquellas mediciones de oleaje y corriente registradas simultáneamente (de acuerdo al nivel de marea o a otras causas), en los cuales, las varianzas respecto al valor promedio, son explicables físicamente.

siguiendo éste procedimiento, se consideran sólo algunos registros de los sensores de presión

(Sp1 y Sp2) y de los correntómetros inferiores (CR1 y CR3).

De las series de tiempo seleccionadas, algunas son filtradas mediante un filtro pasabajo, eliminando las frecuencias mayores de 2.06 cic/seg para la obtención de las estadísticas básicas, sin embargo, no se obtienen diferencias significativas de las series originales, por lo que se trabajó con las series sin filtrar.

2.3.2 Datos de oleaje.

El análisis de los registros de sensores de presión, se hace básicamente siguiendo el procedimiento descrito por Komar (1969; Apéndice III).

Para la determinación de alturas y ángulos de aproximación del oleaje incidente, se calculan espectros para cada serie de tiempo, y espectros cruzados entre pares de registros simultáneos de sensores. Esto se hizo mediante un algoritmo computacional que emplea el método de la

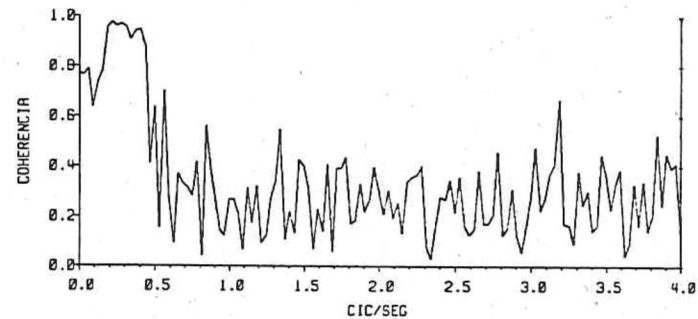
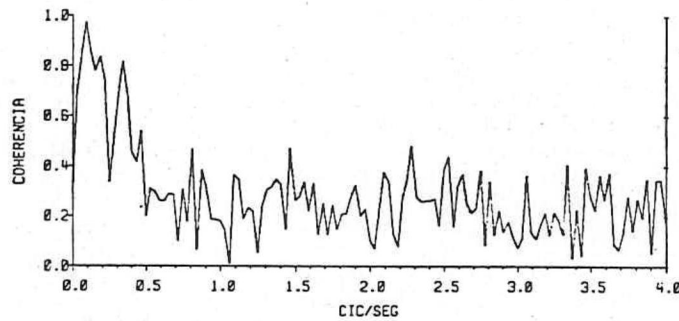
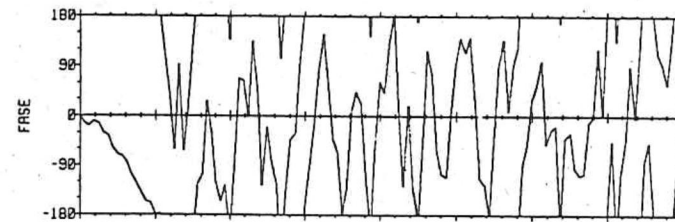
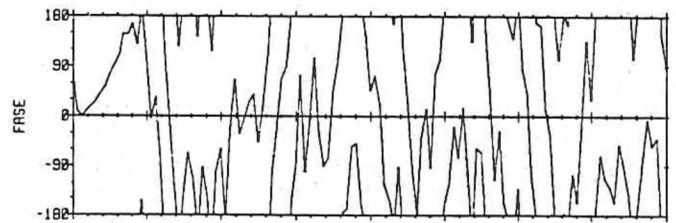
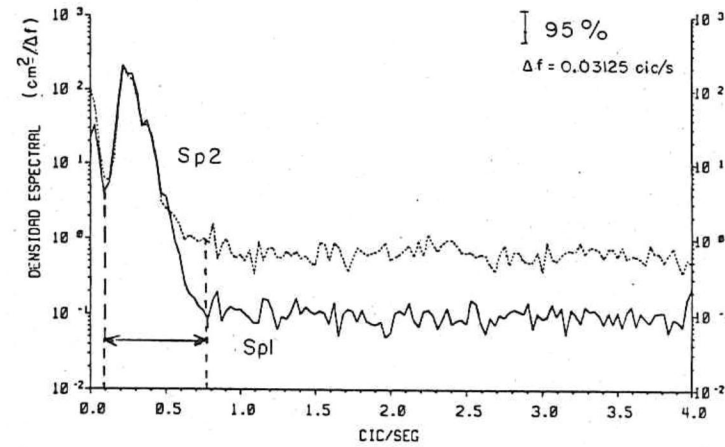
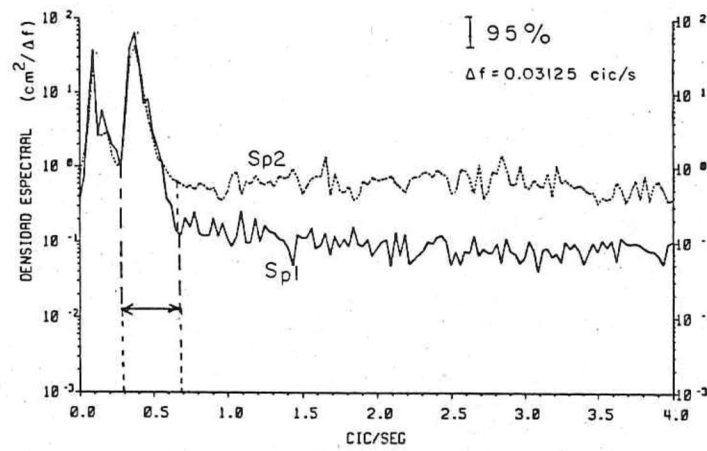
transformada rápida de Fourier (FFT) en el cálculo de los coeficientes. El espectro es estimado entre 0.0 y 4.0 cic/seg con una resolución de 0.03125 cic/seg y con 32 grados de libertad.

De los espectros resultantes, se determina la frecuencia de máxima energía (f_{max}), asociada con el oleaje incidente.

Se trabajó únicamente en el rango de frecuencias del oleaje generado por el viento local (periodos entre 2 y 5 seg), por representar éste, la principal fuente energía asociada con la generación de corrientes paralelas a la costa y que originan un transporte litoral neto.

Algunos de los espectros estimados, así como el rango de frecuencias considerado, se muestran en la figura 5.

Para obtener las elevaciones medias cuadráticas registradas por los sensores de presión, $\langle \eta^2 \rangle$, se hace la sumatoria de las densidad de energía bajo el pico de máxima energía en el rango de frecuencia espectral que representa los valores mínimos de energía del oleaje local en los extremos de la



SAN FELIPE 30-X-82 13:45 G-029

SAN FELIPE 2-XI-82 14:12 G-108

FIGURA 5 -ESPECTROS Y ESPECTROS CRUZADOS ENTRE EL SENSOR DE OLEAJE Sp1 Y Sp2. LA REGION DEL ESPECTRO CONSIDERADO, ES SEÑALADO EN AMBAS GRAFICAS.

frecuencia máxima. En caso de la presencia de dos trenes de olas, la sumatoria se hace desde el valor mínimo de energía entre los dos trenes, hasta la frecuencia a la cual la energía del oleaje local, vuelve a disminuir al mínimo, según el criterio de Thompson (1980). Las elevaciones en la superficie del agua, se obtuvieron introduciendo el factor de corrección, K_c , por el efecto amortiguante de la profundidad (h) a la que se encontraban los sensores de presión colocados sobre la cara de la playa,

$$K_c = \frac{1}{\cosh \frac{2\pi}{L} h}$$

La profundidad (h) se obtuvo con los registros de marea realizados por el Departamento de Mareografía del Centro de Investigaciones Científicas y Estudios Superiores de Ensenada (C.I.C.E.S.E.), corrigiendo previamente la diferencia de cota al nivel de baja mar media inferior (N.B.M.I.), con las tablas de predicción de la Universidad de Arizona, utilizadas para establecer las cotas de los instrumentos.

La longitud de onda, L , sobre el sensor es calculada suponiendo olas de pequeña amplitud (según la teoría de Airy), por medio de iteraciones usando la relación: $L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L}$

donde el periodo T_p es el inverso de f_{max} determinada y g es la constante gravitacional.

Como una medida de la altura de ola representativa de la energía promedio del oleaje registrado durante el periodo de medición, se calculó la raíz cuadrada del promedio de las alturas cuadráticas, H_{rms} ,

$$H_{rms} = \left(8 \langle \eta^2 \rangle \right)^{1/2}$$

La altura de ola en aguas profundas, H_o , se determinó considerando el coeficiente de someramiento, $\left(\frac{C_o}{2nC} \right)^{1/2}$.

$C_o = \frac{gT}{2\pi}$, es la velocidad de fase en aguas profundas.

$C = \frac{L}{T}$, es la velocidad de fase sobre el sensor.

$n = \frac{C_g}{C}$, se obtuvo de las tablas del Shore Protection Manual para una profundidad dada (C_g es la velocidad de grupo).

De esta forma, usando conservación de potencia, se obtuvo H_o de la siguiente manera

$$H_o = H_{rms} \left(\frac{2nC}{C_o} \right)^{1/2}$$

Seguendo el criterio de Komar y Gaughan (1973, citado en Komar, 1976), se calculó la altura de rompiente de la ola, H_b , de acuerdo a

$$H_b = \frac{(0.563) H_o}{(H_o/L_o)^{1/2}}$$

aplicable para olas de Airy en cualquier rango de H_o/L_o .

En el análisis de espectros cruzados entre pares de sensores, expresado por la coherencia y diferencia en ángulo de fase de la figura 5, se trabajó únicamente con aquellos registros en los que se obtuvo buena coherencia en la f_{max} .

El ángulo que forma el frente de ola considerado con una línea paralela a la costa, en la figura 3, es el ángulo de aproximación sobre los sensores α , y fue calculado de la forma

$$\alpha = \arcsen \frac{X}{d}$$

donde $X = Cdt$ y d es la distancia de separación entre los sensores, ($d = 5$ metros).

Dt es obtenida de la diferencia en fase, F , de los espectros cruzados, y el período T de máxima energía ($T = 1/f_{max}$) de tal forma que: $Dt = \frac{FT}{2\pi}$.

El ángulo con que rompe la ola α_b , es

calculado por refracción usando la Ley de Snell, suponiendo contornos rectos y paralelos entre la posición de los sensores y la rompiente

$$d_b = \text{arc sen} \left(\frac{C_b}{C} \text{ sen } \alpha \right)$$

C_b es la velocidad de fase de la ola rompiendo,

$$C_b = (1.28 g H_b)^{1/2}$$

tomando $H_b/h_b = 0.78$ de la teoría de ola solitaria.

2.3.3 Datos de Corriente.

El análisis de los datos de los correntómetros CR1 y CR3, se centró en la determinación de las componentes perpendicular y paralela a la costa de la corriente registrada.

Fundamentandose en los valores de las estadísticas básicas calculadas y en las gráficas de las series en tiempo, y suponiendo que la componente perpendicular a la costa es inducida principalmente por el movimiento oscilatorio del oleaje, por lo tanto con valores variando de acuerdo a éste, se consideró la componente u como aquella que presentó varianzas mayores y magnitud media menores.

Una vez determinadas las componentes de la corriente registrada, se determinaron las magnitudes medias representativas del período de medición, promediando los valores obtenidos para los correntómetros CR1 y CR3 de las dos componentes.

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES.

De las mediciones realizadas en la zona de surf en la playa El Moreno, durante el período del 30 de octubre al 2 de noviembre de 1982, se analizaron únicamente los registros simultáneos de los sensores de presión y de dos de los correntómetros electromagnéticos, denominados CR1 y CR3.

Se graficaron algunas series de tiempo para ver el comportamiento del oleaje y corriente registrada en sus componentes ortogonales. Así mismo, se determinaron los parámetros del oleaje para relacionarlos con las velocidades promedio de la corriente registrada.

3.1 Series de tiempo.

Con la información obtenida de las series en el tiempo, así como de su variabilidad, en esta parte se da un resumen de los resultados observados.

En las figuras 6, 7 y 8 se muestran series típicas obtenidas durante las mediciones. Se hace evidente la influencia del oleaje en las componentes de la corriente registrada. La serie G-009 de la figura 6, puede usarse de referencia para observar la variabilidad de las series de componentes ortogonales de la corriente asociadas con el oleaje.

Las series de oleaje Sp1 y Sp2 de ésta figura, contienen componentes de frecuencias bajas y frecuencias altas. Un comportamiento similar muestran las series de las velocidades ortogonales de los correntómetros CR1 y CR3, en las que también se observa la presencia de frecuencias bajas y frecuencias altas.

Sin embargo, éste comportamiento no es general para todas las mediciones. Las bajas frecuencias tienden a desaparecer y mayores alturas del oleaje están asociadas con componentes de corriente de mayor magnitud y menor variabilidad (figuras 7 y 8).

En las series de oleaje de G-009 se observan grandes desfases, lo que puede indicar grandes ángulos de aproximación asociados con oleaje de pequeña altura. Además se observan velocidades de corriente también pequeñas para las dos componentes.

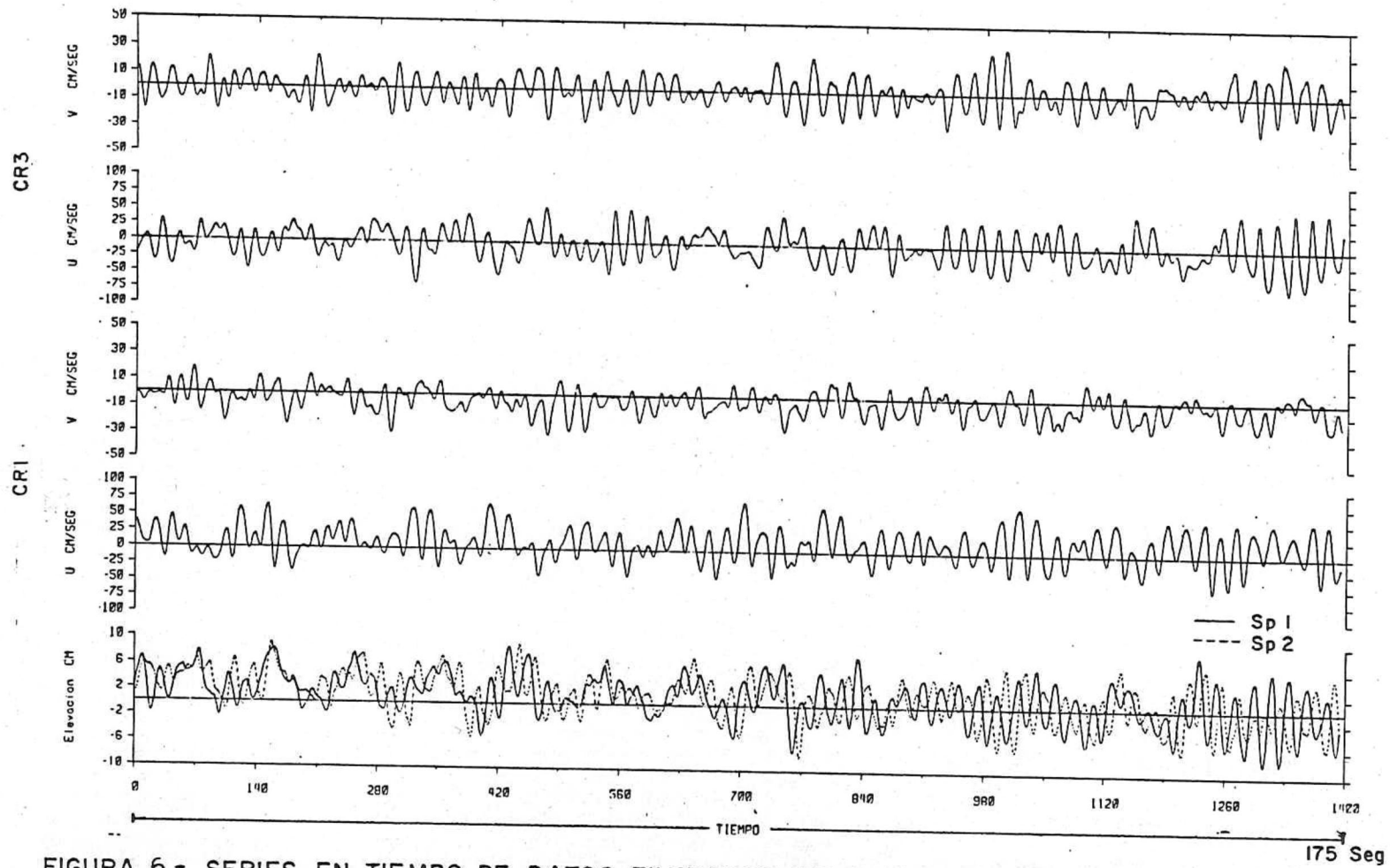


FIGURA 6 - SERIES EN TIEMPO DE DATOS FILTRADOS DE OLAJE Y CORRIENTE, DURANTE 175 seg DE G-009.

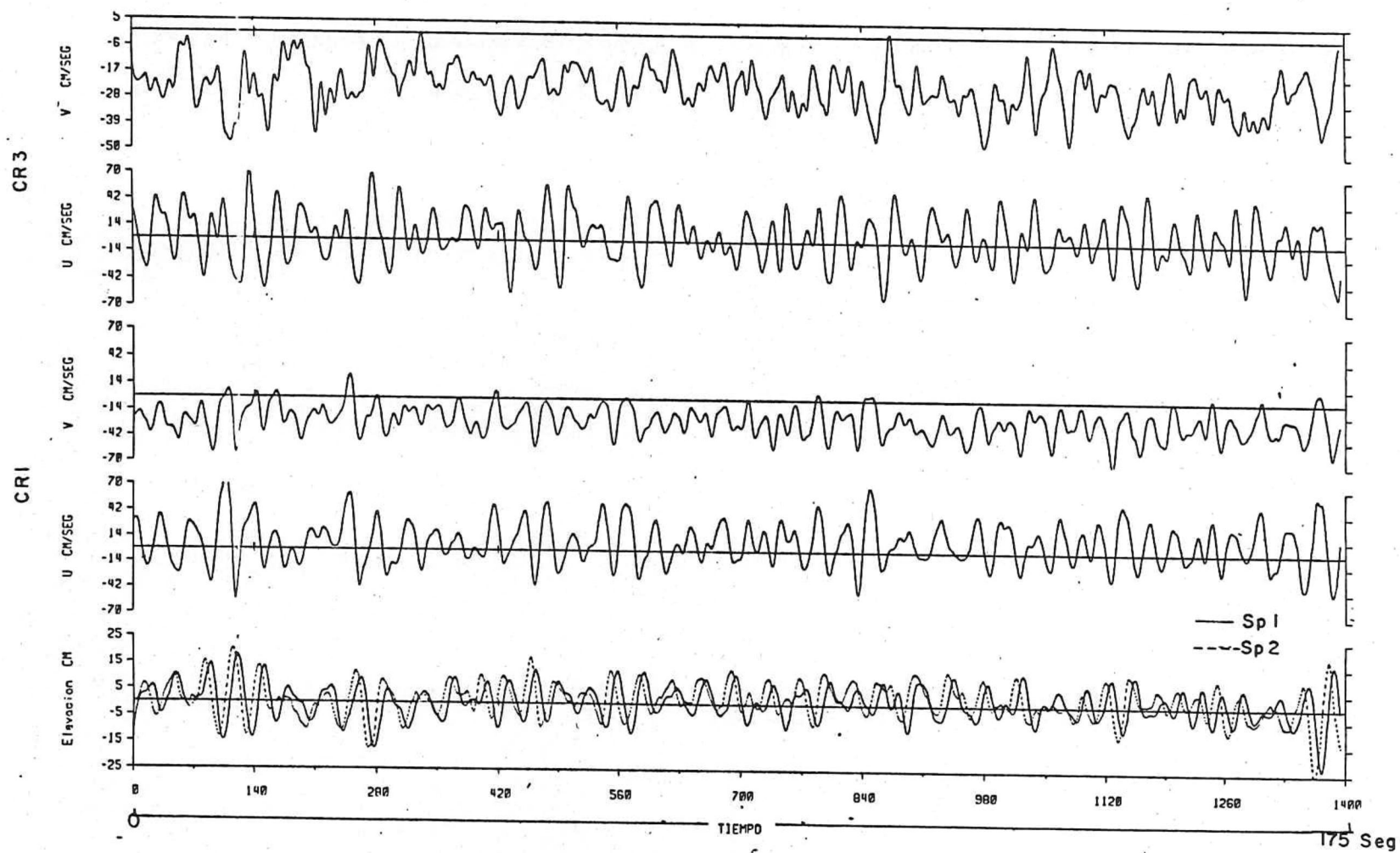


FIGURA 7 - SERIES EN TIEMPO DE DATOS FILTRADOS DE OLAJE Y CORRIENTE DURANTE 175 Seg DE G-108.

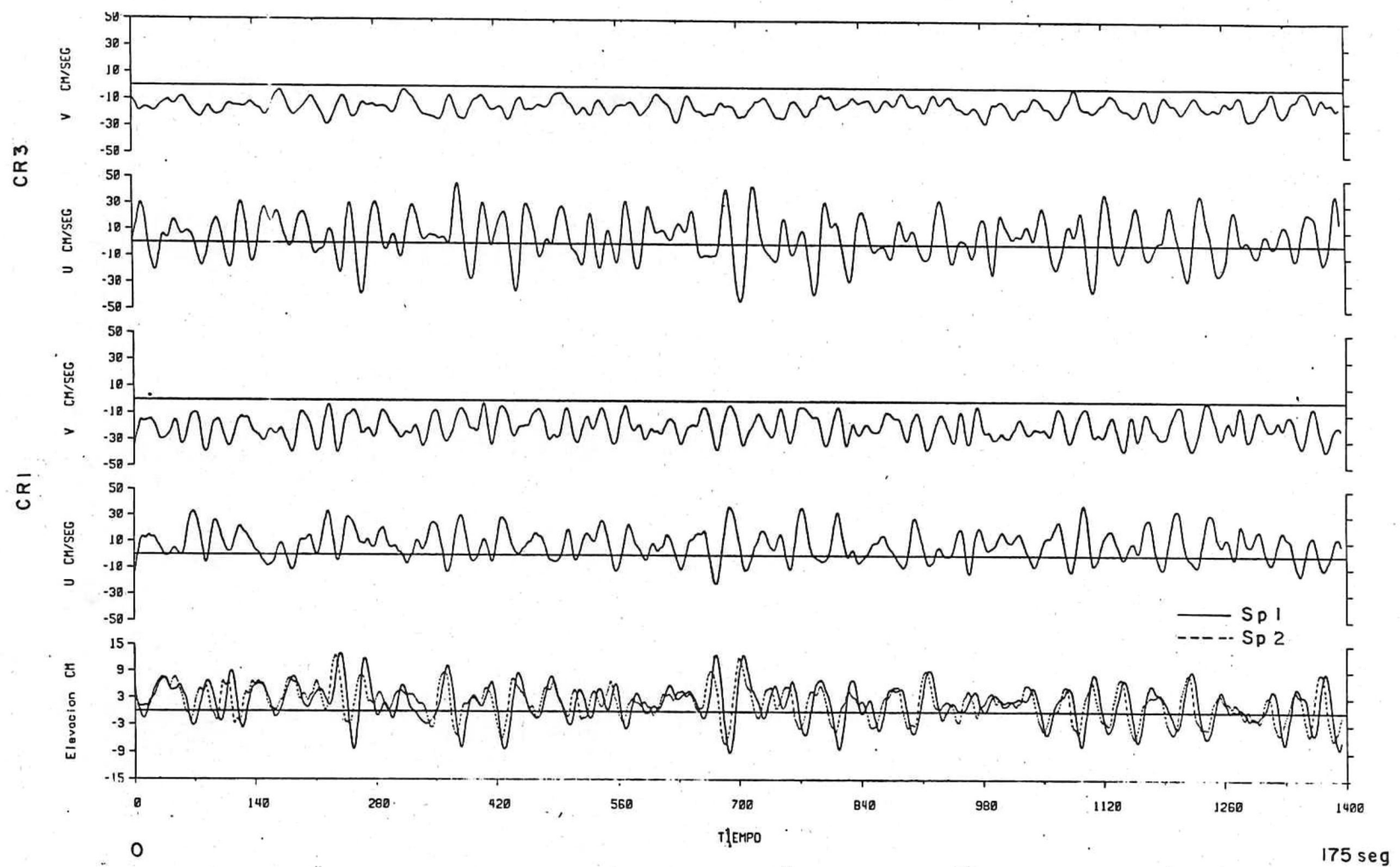


FIGURA 8 - SERIES EN TIEMPO DE DATOS FILTRADOS DE OLEAJE Y CORRIENTE DURANTE 175 seg. DE G-125.

3.2 Características del oleaje.

Los resultados del análisis espectral de los registros del sensor de presión Sp1 se resumen en la Tabla II. En la Tabla III se sintetizan los resultados del análisis de los espectros cruzados entre los registros de presión simultáneos Sp1 y Sp2 seleccionados. La coherencia obtenida entre ambos registros fué siempre mayor de 0.8 con 32 grados de libertad en la frecuencia de máxima energía asociado al oleaje local. La diferencia de fase entre los dos sensores, se incrementa continuamente con la frecuencia. El oleaje registrado es principalmente generado por los vientos locales y presentan periodos entre 2.7 y 5.3 seg, con alturas de rompiente entre 11 y 57 cm. En algunas ocasiones el espectro muestra alta energía en la banda de frecuencias bajas, representando señales de periodo largo (entre 8 y 10 seg). Sin embargo, estas oscilaciones, que probablemente represente ondas estacionarias (Pená H.G., comunicación personal) no son considerados dentro del análisis de los resultados obtenidos, ya que si bien bajo condiciones de energía moderada, durante la marea alta y probablemente con vientos leves, pueden alcanzar mayores alturas que el oleaje incidente, esto ocurrió

TABLA II
Parámetros del oleaje obtenidos durante el intervalo de
medición GRAB. del sensor de presión Spl.

Fecha	GRAB.	Hora	Prof. (m)	Período T (seg)	Altura H _{rms} (cem)	Altura H _b (cem)	\bar{U} (cem/s)	\bar{V} (cem/s)
30 de Oct. 1982	6-009	13:45	2.2	2.7	13.7	19.3	4.1	-4.6
	6-010	14:45	1.5	2.9	13.7	19.7	-24.5	11.0
	6-021	23:41	1.8	5.3	32.9	47.1	-7.2	-16.5
31 de Oct. 1982	6-023	00:13	2.3	5.3	41.6	56.5	-2.4	-9.2
	6-024	00:43	2.5	5.3	30.1	46.1	2.5	-5.4
	6-026	1:13	2.6	5.3	29.0	44.3	2.7	-4.7
	6-027	1:43	2.5	5.3	30.3	36.2	-3.5	-5.2
	6-028	2:13	2.4	5.3	37.7	54.7	-1.5	-7.4
	6-029	2:43	2.1	5.3	26.7	40.1	-6.5	-16.3
	6-039	11:41	1.6	4.6	24.7	36.1	2.4	-37.3
	6-040	12:10	2.0	4.6	24.1	36.5	5.7	-19.9
	6-041	12:41	2.3	4.0	18.9	29.7	5.2	-15.2
	6-043	14:14	2.3	4.0	13.4	22.5	3.9	-9.5
6-044	14:34	2.0	4.0	13.1	22.3	4.1	-12.1	
6-054	23:41	1.4	3.6	5.9	11.0	3.4	-5.0	
1 de Nov. 1982	6-055	00:11	2.5	4.0	7.4	13.8	5.7	-13.3
	6-056	00:41	2.4	4.5	6.9	13.3	6.3	-13.7
	6-071	12:12	1.6	3.2	6.6	11.7	3.3	-8.4
2 de Nov. 1982	6-108	14:12	2.2	4.6	19.1	30.6	6.5	-21.7
	6-109	14:42	2.2	4.6	22.1	31.2	8.7	-25.7
	6-110	15:11	2.2	4.6	21.7	34.5	9.6	-34.7
	6-121	1:12	1.7	4.6	11.7	20.0	5.6	-17.5
	6-122	1:42	2.2	4.6	14.5	24.5	5.0	-18.6
	6-123	2:12	2.5	4.6	14.6	24.9	5.4	-14.3
	6-124	2:42	2.7	4.6	13.3	23.6	5.1	-13.7
	6-125	3:12	2.7	5.3	10.7	20.2	5.4	-14.5
	6-126	3:42	2.6	5.3	12.5	22.7	4.4	-11.3
	6-127	4:12	2.5	4.6	15.3	26.8	4.2	-11.2
	6-128	4:42	1.8	4.1	17.4	20.8	4.3	-27.6
	6-140	14:11	1.7	4.0	17.2	26.7	9.2	-35.7
	6-141	14:41	1.8	4.0	13.3	22.3	7.4	-26.9
	6-142	15:11	1.9	4.6	12.5	21.3	6.4	-26.0
6-143	15:41	1.8	4.6	10.8	18.9	1.3	-31.5	

TABLA III

Parámetros del oleaje obtenidos de Sp1 y Sp2.
 \bar{U} y \bar{V} son las velocidades promedio de la corriente.

GRAB	Período T (s e g)	Altura Hrms (cm)	Angulo α (grados)	Angulo α_b (grados)	$H_b \text{sen} \alpha_b \text{cos} \alpha_b$	\bar{U} (cm/s)	\bar{V} (cm/s)
G-009	2.7	13.2	53.9	26.8	7.8	4.1	-4.9
G-010	2.9	13.7	47.1	25.1	7.6	-24.5	-11.9
G-108	4.6	19.1	-38.9	-22.2	10.7	6.5	-21.7
G-121	4.6	11.7	-24.1	-13.0	4.4	5.6	-17.5
G-122	4.6	14.5	-25.9	-13.8	5.7	5.9	-18.6
G-123	4.6	14.6	-29.4	-14.7	6.1	5.0	-14.3
G-125	5.3	10.7	-26.7	-11.5	3.9	5.4	-14.5
G-126	5.3	12.5	-31.9	-14.5	5.5	4.4	-11.3
G-128	4.1	12.4	-25.4	-13.6	4.8	4.3	-27.6
G-140	4.0	17.2	-30.8	-19.4	8.4	9.2	-35.7
G-141	4.0	13.3	-32.0	-17.6	6.4	7.4	-26.9
G-142	4.6	12.5	-28.3	-15.0	5.3	6.4	-26.0
G-143	4.6	10.8	-24.7	-12.5	4.0	1.3	-31.0

Únicamente durante dos de las mediciones, por lo que se trabajó sólo en el rango de frecuencias representado por el oleaje local mostrado en la figura 5, pues en general, éste aportaría la mayor parte de la energía asociada con la generación de corrientes a lo largo de la costa (corriente litoral media).

La dirección de propagación del oleaje es del NE al SW, sin embargo, asociado con los períodos más cortos (< 3 seg) se presenta oleaje proveniente del SE con los mayores ángulos de incidencia.

Para verificar la confiabilidad del comportamiento resultante del oleaje, el cual aparte del cambio en dirección presenta mayores ángulos de incidencia comparativamente a los esperados en base a estudios previos (Komar, 1969; Cruz-Falcon, 1983), es necesario analizar el campo de vientos local presente durante la fase experimental. Dicho comportamiento, podría ser explicado por los cambios bruscos en la dirección del viento, considerando que las fechas de mediciones coinciden con la temporada en que se producen cambios de vientos predominantes del SE (de junio a octubre) a predominancia del NW (de noviembre a mayo) según los estudios de Roden (1964), y tomando en cuenta que la dirección del oleaje responde rápidamente a éstos

cambios en el campo de vientos, según las observaciones que hace el I. I. O. (1982).

Considerando los efectos de refracción y someramiento, la raíz cuadrada de la alturas cuadráticas del oleaje, H_{rms} , fué utilizada para la determinación de las características del oleaje en la zona de rompiente, H_b y α_b . Además, se calculó el valor de $H_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b$ que aparece en algunos de los modelos empíricos de predicción de velocidades a lo largo de la costa mayormente utilizados (Komar e Inman, Longuet-Higgins, de la Tabla I). Los resultados se muestran en la TABLA III.

3.3 Corriente en la zona de surf .

El análisis de los datos de la corriente registrada en la zona de surf por los correntómetros se fundamentó principalmente en las estadísticas básicas de los registros de CR1 y CR3 (Tabla IV y V respectivamente).

TABLA IV
 Estadísticas básicas de los datos de corriente registrados
 por el correntómetro CRI.

GRAB	Vmin. (cm/s)	Vmax. (cm/s)	\bar{V} (cm/s)	σ_v^2 (cm/s) ²	Umin. (cm/s)	Umax. (cm/s)	\bar{U} (cm/s)	σ_u^2 (cm/s) ²	\bar{U} (cm/s)
6-009	-74.41	67.82	-2.88	494.67	-51.56	32.81	-1.26	106.97	21.2
6-010	-286.67	237.30	-11.87	1972.60	-299.71	192.19	-24.49	558.90	49.5
6-021	-217.09	165.67	-15.41	3576.90	-154.54	86.57	-15.10	773.35	54.7
6-023	-107.96	111.91	-9.57	1793.80	-41.46	32.96	-6.01	121.82	38.8
6-024	-114.55	123.19	-5.55	1352.20	-28.86	31.05	2.70	64.33	31.7
6-026	-99.76	117.33	-5.80	1439.95	-24.02	24.02	1.83	61.87	33.0
6-027	-90.23	117.77	-5.95	1131.35	-29.15	26.95	0.93	74.63	29.8
6-028	-131.25	100.78	-7.82	1257.35	-80.86	67.24	-1.71	140.09	32.5
6-029	-218.56	280.96	-16.30	4137.60	-217.97	243.02	-6.76	354.63	56.8
6-039	-240.09	107.81	-37.33	639.92	-202.74	189.26	2.38	2730.90	51.1
6-040	-57.72	20.21	-19.69	141.99	-87.74	112.65	4.23	929.84	34.7
6-041	-39.26	16.11	-14.28	73.05	-67.38	74.71	2.74	574.91	26.2
6-043	-32.23	21.68	-8.41	69.50	-60.35	68.41	0.75	375.53	19.9
6-044	-56.10	31.05	-11.90	110.35	-90.23	111.03	1.20	538.79	24.7
6-054	-54.05	67.97	-1.45	110.97	-71.34	60.94	1.32	211.55	15.1
6-055	-31.06	8.79	-10.96	44.73	-25.78	33.69	4.22	98.24	15.9
6-056	-31.20	-3.22	-15.77	16.42	-8.79	24.17	6.57	29.41	18.1
6-071	-43.21	17.72	-8.38	43.14	-43.36	59.47	3.33	221.63	16.5
6-108	-59.91	3.95	-21.69	74.64	-75.05	88.33	3.99	527.93	30.6
6-121	-80.86	13.92	-16.35	89.28	-82.91	104.15	3.99	691.77	28.8
6-122	-34.42	5.27	-16.48	35.30	-57.28	63.29	4.56	341.80	24.1
6-123	-28.56	5.71	-12.57	28.10	-49.22	52.88	2.92	278.88	19.9
6-125	-26.37	1.90	-12.34	20.78	-38.67	41.16	3.55	175.90	17.9
6-126	-30.32	10.99	-9.45	34.99	-64.75	56.25	1.70	274.75	17.9
6-140	-130.52	71.04	-37.40	259.55	-140.19	145.61	6.17	1877.90	55.3
6-141	-96.97	1.90	-29.25	90.08	-96.39	133.59	5.67	910.45	40.8
6-142	-81.59	13.77	-28.87	102.51	-111.33	106.79	4.99	775.89	39.2
6-143	-158.06	110.01	-32.17	480.01	-192.92	158.50	-8.75	2366.30	55.9

TABLA V

Estadísticas básicas de los datos de corriente registrados por el correntómetro CR3.

GRAB	U _{min.} (cm/s)	U _{max.} (cm/s)	\bar{U} (cm/s)	σ_u^2 (cm/s) ²	V _{min.} (cm/s)	V _{max.} (cm/s)	\bar{V} (cm/s)	σ_v^2 (cm/s) ²	\bar{U} (cm/s)
G-009	-58.59	82.76	9.38	4.2.04	-32.23	24.17	-3.18	71.66	21.9
G-021	-265.87	208.01	0.61	2775.11	-62.26	508.30	6.65	325.62	45.5
G-023	-154.54	134.03	0.74	2074.00	-32.96	35.16	-1.26	95.62	38.4
G-024	-129.64	128.17	2.35	1463.98	-39.55	26.37	-4.76	83.04	32.4
G-026	-130.37	98.14	3.66	1064.18	-35.16	22.70	-6.37	82.78	29.6
G-027	-109.86	108.40	-1.85	1047.33	-51.27	37.03	-5.47	85.60	28.5
G-028	-671.63	581.54	-1.35	1724.50	-698.00	386.72	-3.08	543.86	30.7
G-040	-260.74	90.82	7.09	668.15	-127.44	581.54	-20.17	395.80	33.4
G-041	-76.17	98.14	7.57	604.04	-61.52	16.11	-16.05	115.04	28.9
G-043	-53.47	60.06	6.81	288.80	-37.35	19.04	-10.56	72.68	20.1
G-044	-394.04	205.81	6.98	566.96	-606.45	98.88	-12.33	828.38	25.2
G-054	-41.75	51.27	5.58	222.48	-38.82	58.59	-8.44	36.52	16.0
G-055	-25.64	147.95	5.68	82.85	-27.10	-4.40	-15.60	9.57	18.5
G-056	-20.51	24.17	5.94	32.87	-33.69	-11.72	-21.60	9.78	23.1
G-108	-62.26	87.89	9.07	411.80	-52.76	22.70	-21.76	212.93	31.5
G-121	-147.95	106.20	7.27	403.57	-128.91	125.98	-18.70	174.62	28.4
G-122	-49.81	66.65	7.19	220.45	-58.50	581.54	-20.69	202.08	27.4
G-123	-37.35	47.61	7.06	152.87	-52.73	13.92	-16.80	93.49	22.3
G-125	-22.71	37.35	7.28	96.06	-50.54	10.75	-16.72	68.36	21.4
G-126	-31.49	54.20	7.15	162.84	-47.61	19.04	-13.18	84.46	20.4
G-140	-210.94	333.98	12.20	1025.80	-172.85	109.13	-33.99	428.68	47.8
G-141	-209.47	222.66	9.00	583.59	-148.68	101.81	-24.64	272.97	35.6
G-142	-109.13	120.12	7.90	433.25	-81.30	32.96	-23.09	178.14	32.8
G-143	-71.78	105.47	11.76	645.39	-93.02	21.24	-29.90	248.03	41.2

Las estadísticas calculadas son los valores máximos, mínimos, promedios y varianzas para cada una de las componentes registradas durante el período de medición respectivo. Estas componentes se denominaron como u y v con fines de nomenclatura únicamente.

Se consideraron también algunas series de tiempo del tipo que se muestran en las figuras 6, 7 y 8, en las que se registró simultáneamente el oleaje.

Debido a las características del sistema de circulación en el área de estudio, en la que se han detectado corrientes de retorno espaciadas de 10 a 20 metros moviéndose a lo largo de la costa (Komar e Inman; 1970), y considerando que la separación de los correntómetros está en el rango (10 m, figura 3), existe la posibilidad de que los registros de la corriente paralela a la costa esté siendo grandemente influenciada por la variabilidad temporal en la posición de las corrientes de retorno. Por éste motivo, se realizó un análisis comparativo entre las dos velocidades horizontales representativas del período de medición, promediando las magnitudes medias obtenidas de los dos correntómetros para ambas componentes de velocidad (\bar{u} , \bar{v}) y correlacionando linealmente con los parámetros del oleaje. Estas

velocidades promedio han sido incluidas en la tabla II.

El análisis de regresión lineal se hizo por mínimos cuadrados. Los coeficientes de correlación obtenidos entre cada uno de los parámetros del oleaje y los valores promedio de las dos componentes ortogonales, son menores de 0.6 para todos los casos indicando una baja correlación lineal (Tabla VI, figuras 9-13).

Los resultados del análisis de regresión lineal, como una primera aproximación, no son suficientes ni significativos para poder determinar cual de los parámetros del oleaje (H_b , α_b ...) ejerce mayor influencia en la corriente promedio paralela a la costa, probablemente debido a que esta influencia sea un efecto combinado de los diferentes características del oleaje como lo consideran algunos modelos teóricos y/o empíricos (tabla I) que predicen las velocidades promedio de estas corrientes en función de dos o más parámetros. Bajo estas consideraciones, se calculan las correlaciones entre los valores de \bar{u} y \bar{v} con el valor $H_b \sin \alpha_b$ y $H_b \cos \alpha_b$.

Las rectas de regresión lineal muestran una

TABLA VI
ANALISIS DE REGRESION LINEAL

\bar{u} / \bar{v}	Hrms	H _b	α	α_b	H _b sen α_b cos α_b
coef. de correlación	0.556 0.555	0.363 0.568	0.513 0.590	0.466 0.411	0.514 0.115
coef. de regresión (\underline{a} es la pendiente)	3.40 1.36 = \underline{a} -4.34 -1.01 = \underline{a}	2.96 0.102 = \underline{a} -1.17 -0.76 = \underline{a}	5.34 0.007 = \underline{a} -40.7 0.58 = \underline{a}	3.69 0.111 = \underline{a} -35.7 0.78 = \underline{a}	2.20 0.530 = \underline{a} -25.6 4.97 = \underline{a}
σ	2.013 8.20	2.01 8.10	2.27 7.68	2.2 8.70	1.94 9.45

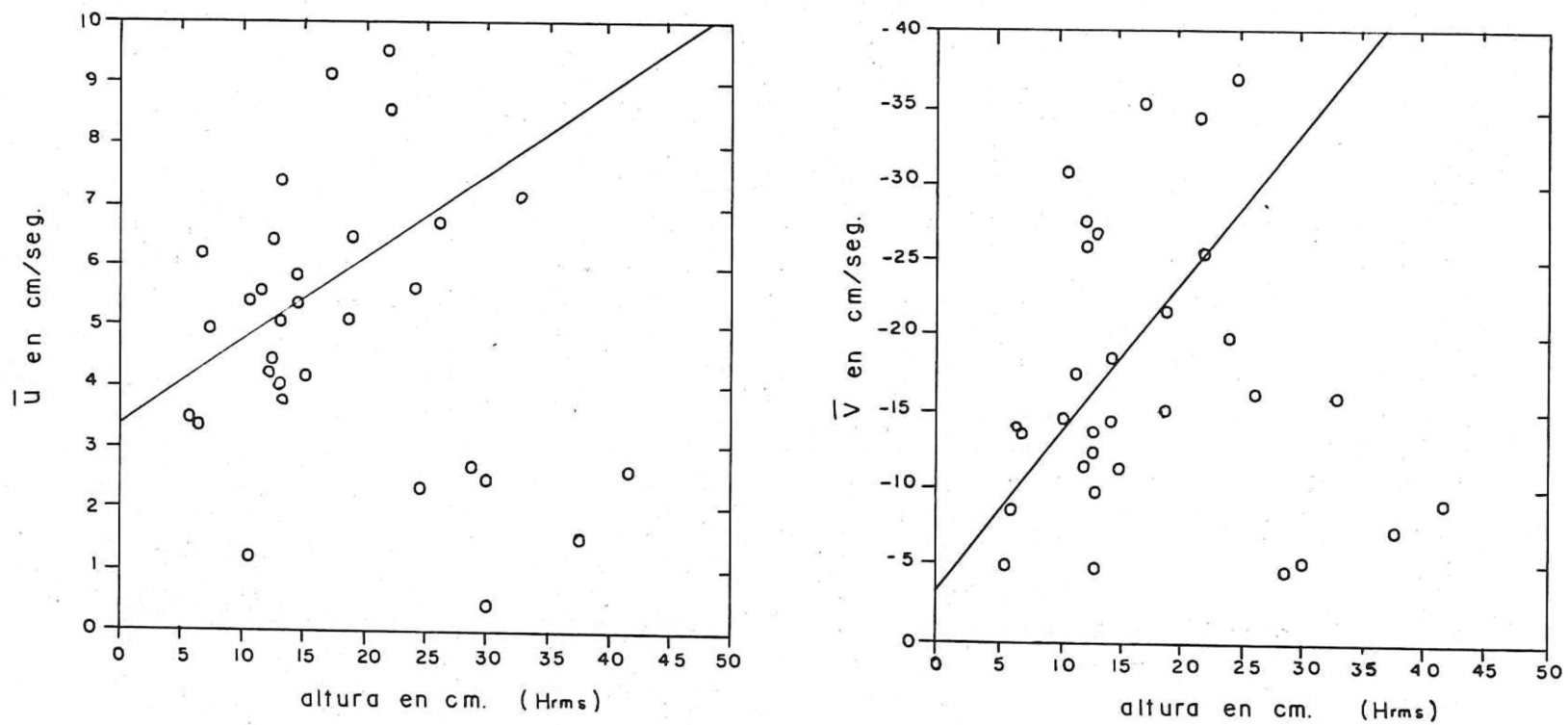


FIGURA 9.- Regresión lineal de la velocidad promedio en las dos componentes de la corriente respecto a la altura del oleaje, H_{rms} .

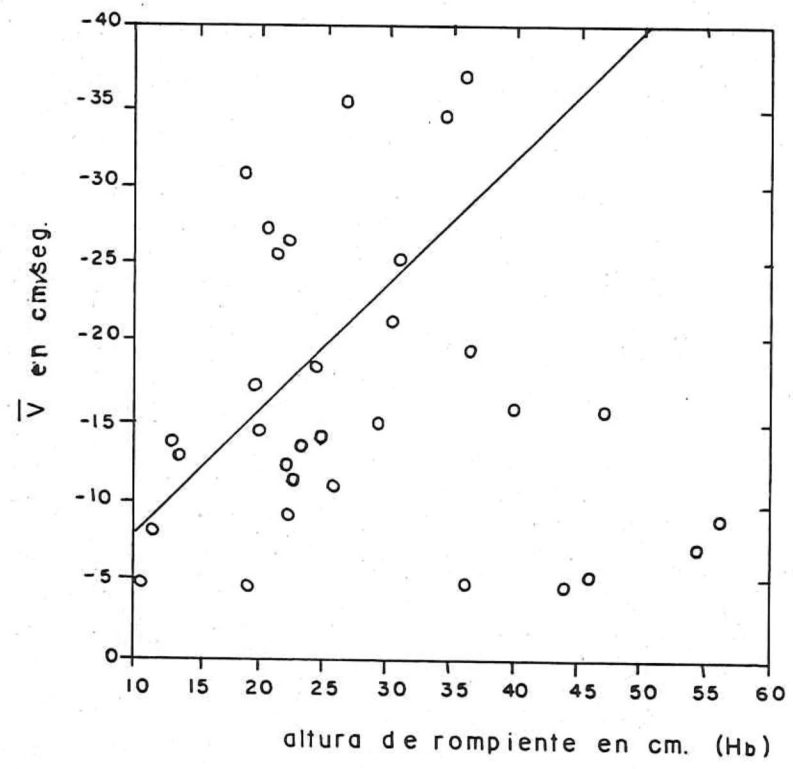
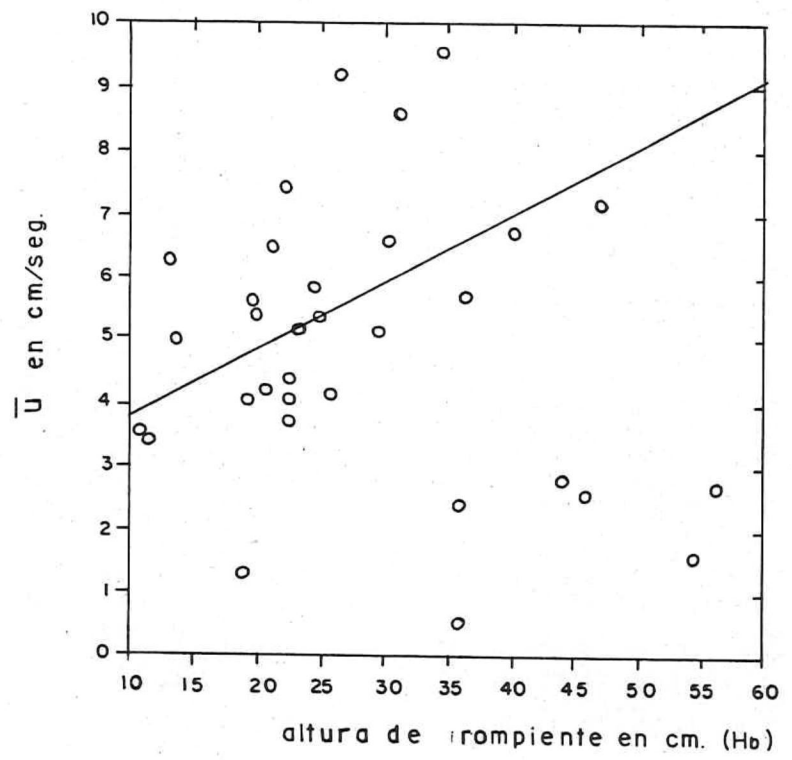


FIGURA 10.- Regresión lineal de las velocidades promedio respecto a alturas de oleaje en la zona de rompiente.

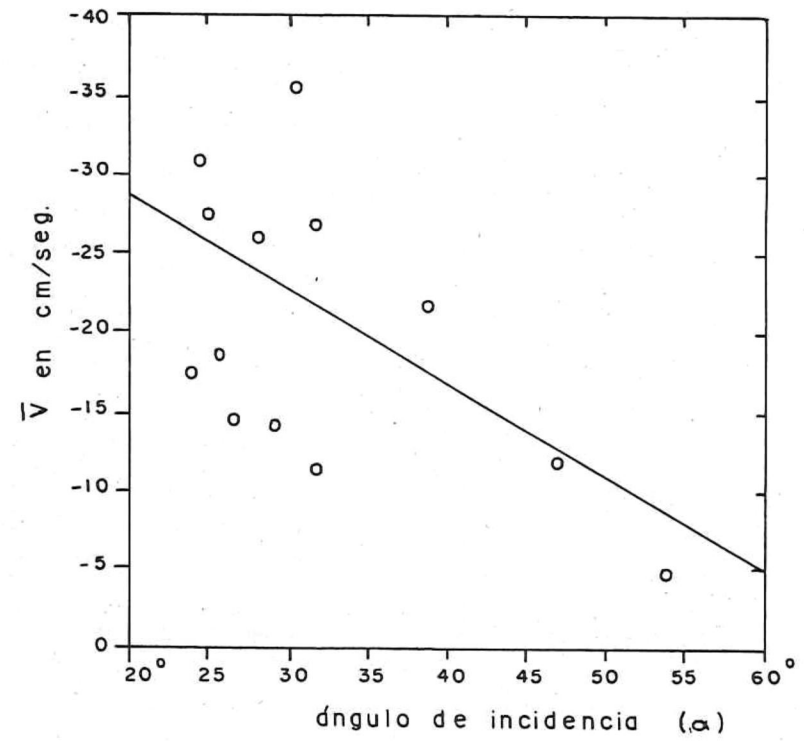
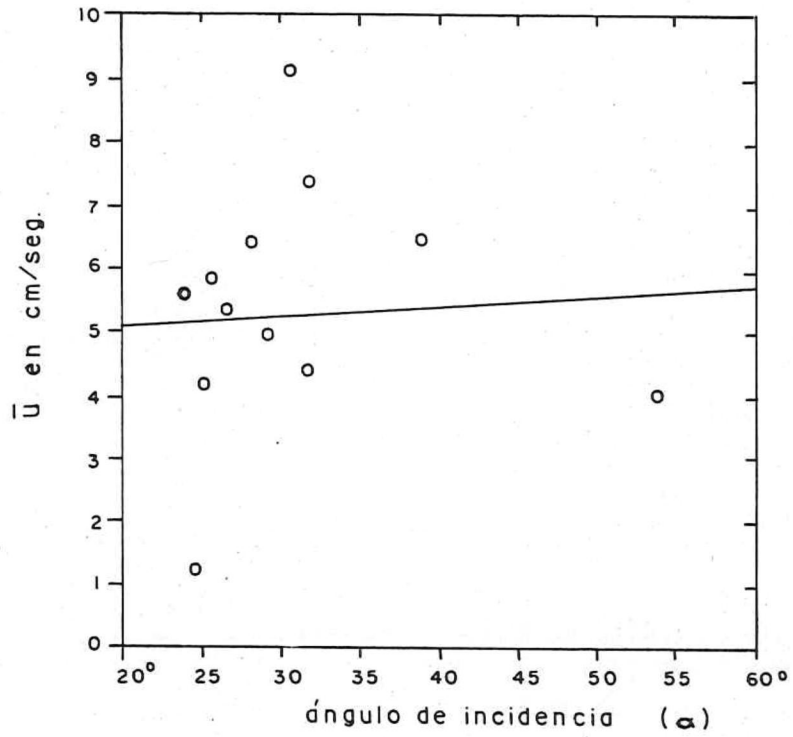


FIGURA II.- Regresión lineal de las velocidades promedio respecto a los ángulos de aproximación del oleje a la línea de costa.

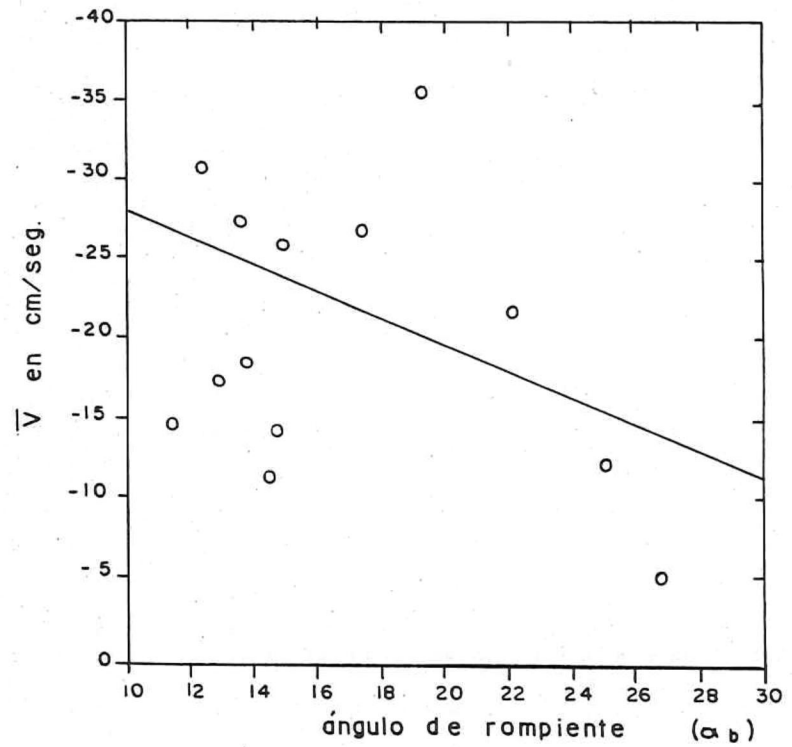
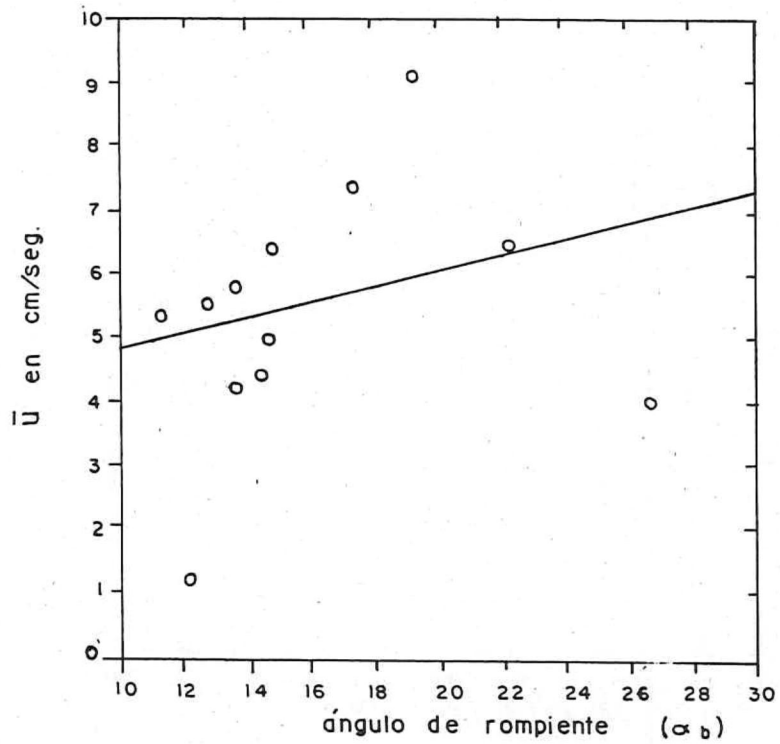


FIGURA 12.- Regresión lineal de las velocidades promedio respecto al ángulo de rompiente del oleje.

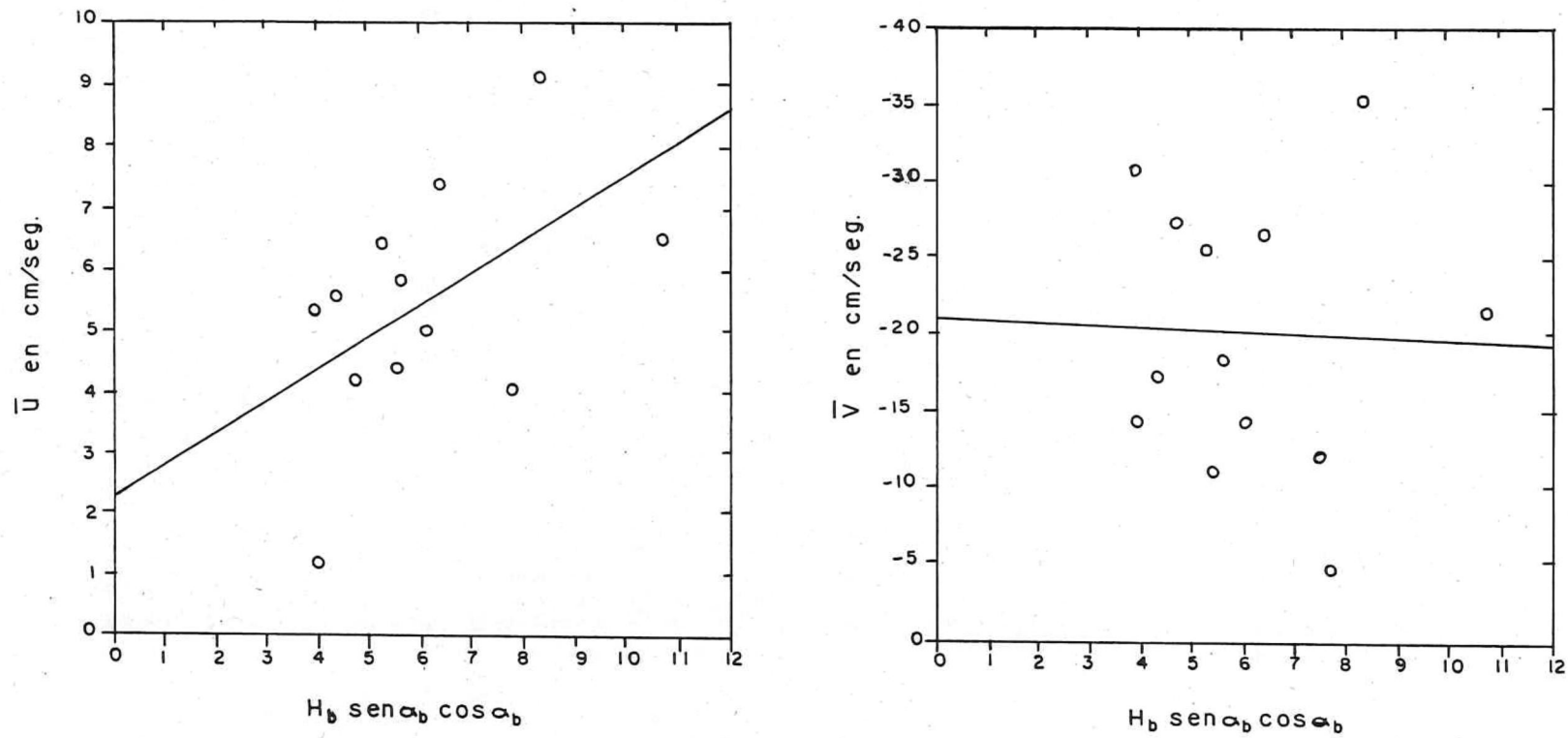


FIGURA 13.- Regresión lineal de velocidades promedio en las dos componentes de la corriente, respecto del parámetro del oleaje $H_b \text{ sen } \alpha_b \text{ cos } \alpha_b$

tendencia a incrementar el valor de \bar{u} cuando se incrementa $H_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b$, y una tendencia contraria en el comportamiento de \bar{v} . Sin embargo, el coeficiente de correlación sigue siendo bajo.

Estas bajas correlaciones pueden ser explicadas en función de la variación característica de la corriente a través de la zona de surf y considerando que en la zona de estudio el rango de mareas es muy amplio (aproximadamente 7 m), lo que ocasiona grandes cambios en la posición de la línea de rompiente. Esto significa que las velocidades registradas representan la corriente en varias localidades y no únicamente en la posición intermedia de la zona de surf, como la considera gran parte de los modelos enumerados en la Tabla I (Dette, Gourlay....). Este efecto de marea, aunado a que se consideró el espectro completo de corriente en la obtención de las velocidades promedio entre los dos correntómetros (\bar{u} , \bar{v}), pueden explicar en parte las bajas correlaciones de éstas con los parámetros del oleaje local.

Si bien las bajas correlaciones encontradas en el dominio del tiempo no permiten deducir cual de los parámetros del oleaje es más importante en la velocidad promedio de la corriente, el análisis de las series en

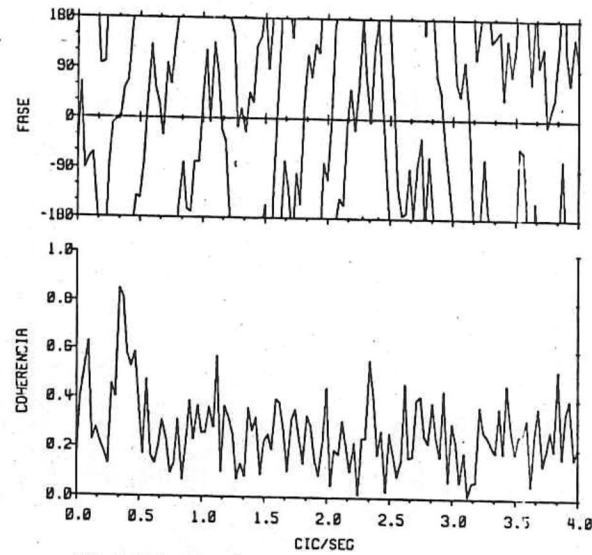
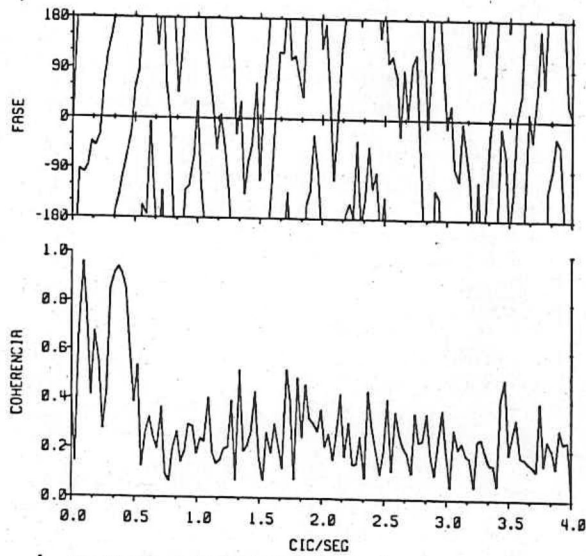
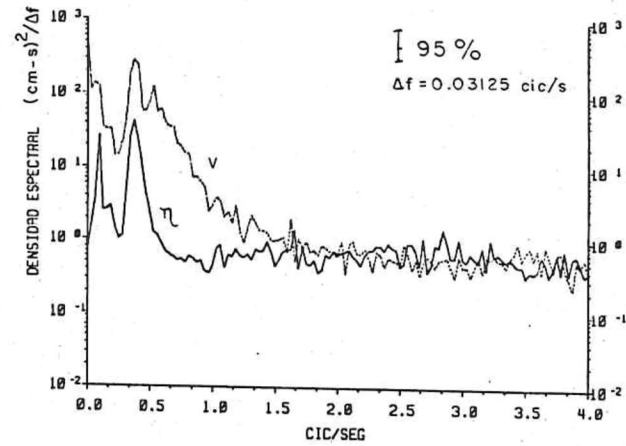
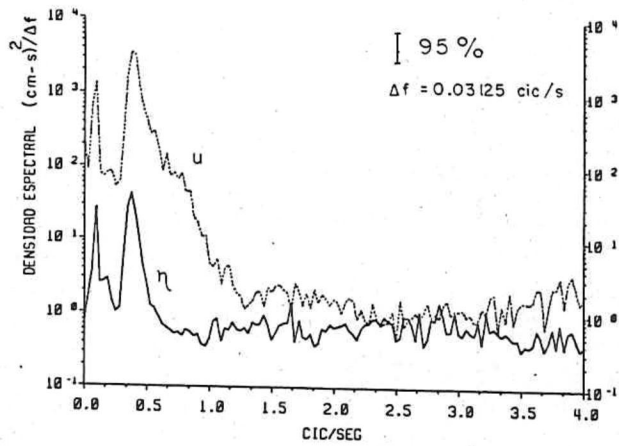
tiempo de las figuras 6, 7 y 8, muestran que variaciones temporales en la corriente registrada están asociadas a las fluctuaciones de la superficie del agua. Las series de la figura 6 muestran un comportamiento típico del campo de oleaje y corriente durante los primeros días de la fase experimental. En esta figura se observan componentes de período corto y período largo tanto en las series de oleaje como en la corriente, sin embargo las componentes de período largo tienden a desaparecer en el transcurso de las mediciones y el retraso en tiempo en los registros de los dos sensores de oleaje disminuye, mostrando oleaje de mayor altura (figura 7 y 8) asociado también a mayores velocidades horizontales.

Este comportamiento sugiere que el oleaje aproximándose a la costa con grandes ángulos pero pequeñas alturas, está asociado con velocidades de corriente menores que aquellas presentes durante mayores alturas de olas pero menores ángulos de incidencia.

Se estimaron algunos espectros cruzados entre oleaje y componente \bar{u} y \bar{v} , así como entre ambas componentes con el fin de obtener el nivel de coherencia así como verificar el comportamiento

energético y las relaciones de fase que teóricamente existen entre el oleaje y componentes perpendicular y paralela a la costa de las corrientes costeras. Los espectros estimados, mostrados en las figuras 14, 15 y 16, presentan una alta coherencia en el rango de frecuencias de 0.1 a 0.5 cic/seg, lo que indica que en este rango de frecuencias la corriente registrada en sus dos componentes horizontales, es inducida principalmente por el oleaje.

Algunas de las relaciones de fase entre las componentes ortogonales de la corriente, representados por la figura 17, es casi nulo, como se establece teóricamente para oleaje progresivo (Thornton et. al, 1976), sin embargo, los espectros estimados muestran una magnitud energética muy similar entre ambas componentes, lo que puede estar asociado a los grandes ángulos de rompiente del oleaje (entre 13° y 27°).



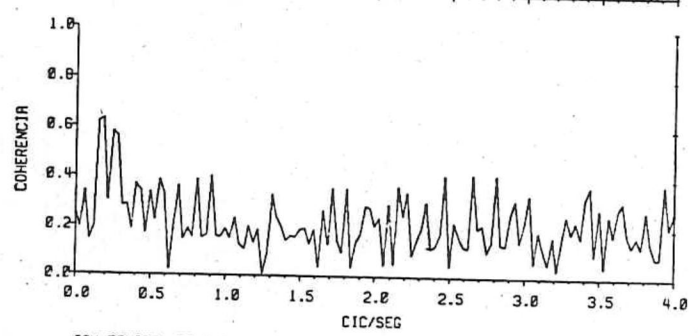
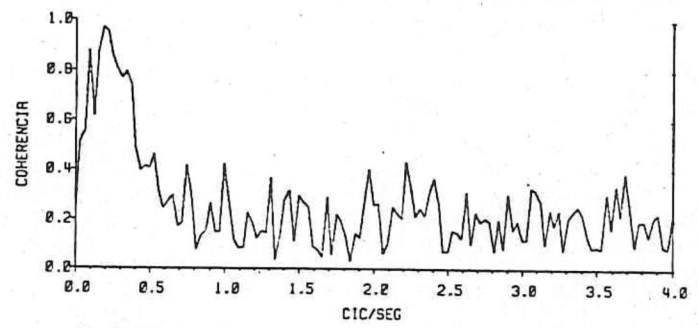
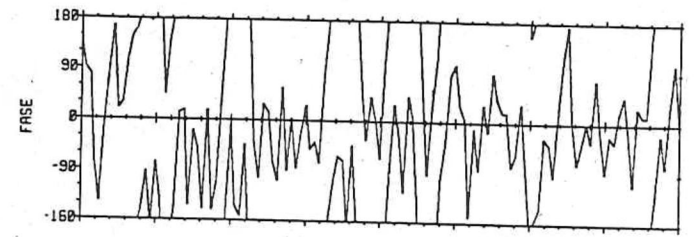
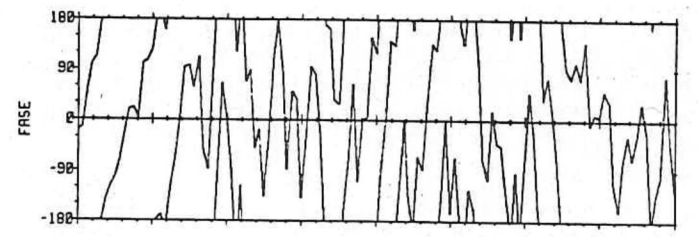
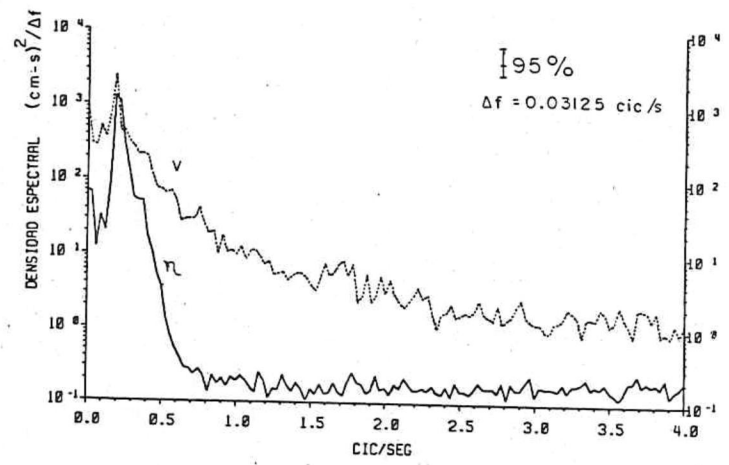
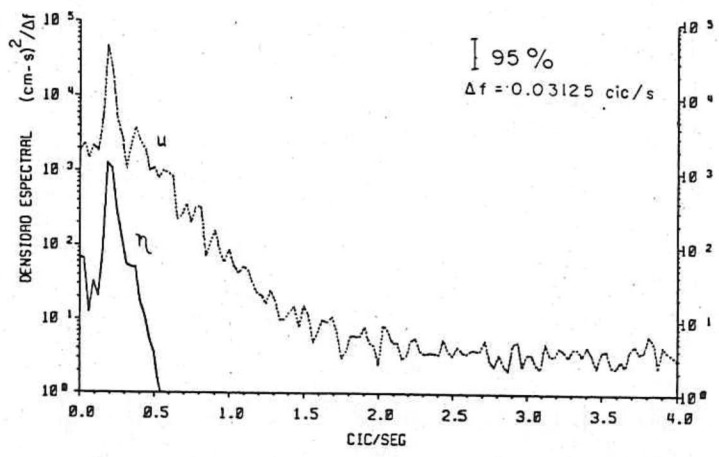
SAN FELIPE 30-X-82 13:45 G-009

(a)

SAN FELIPE 30-X-82 13:45 G-009

(b)

FIGURA 14- ESPECTROS Y ESPECTROS CRUZADOS ENTRE $S_p | Y_u$, EN (a) Y ENTRE $S_p | Y_v$, EN (b). u Y v SON LOS COMPONENTES DE VELOCIDAD DE CR 3.



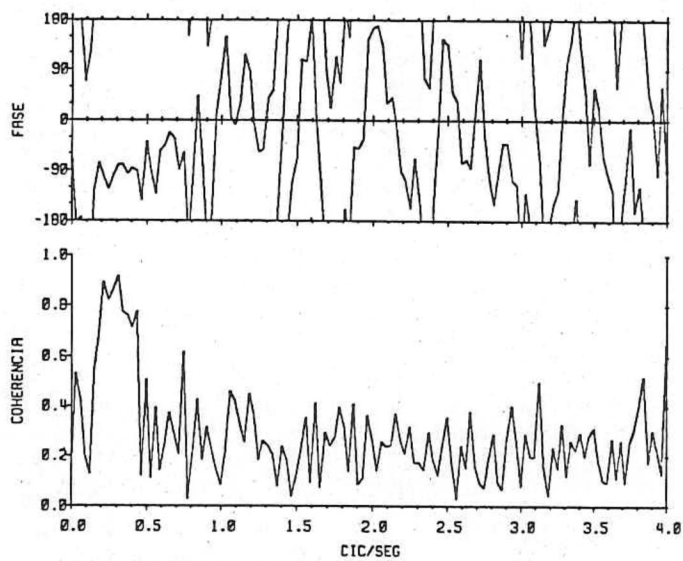
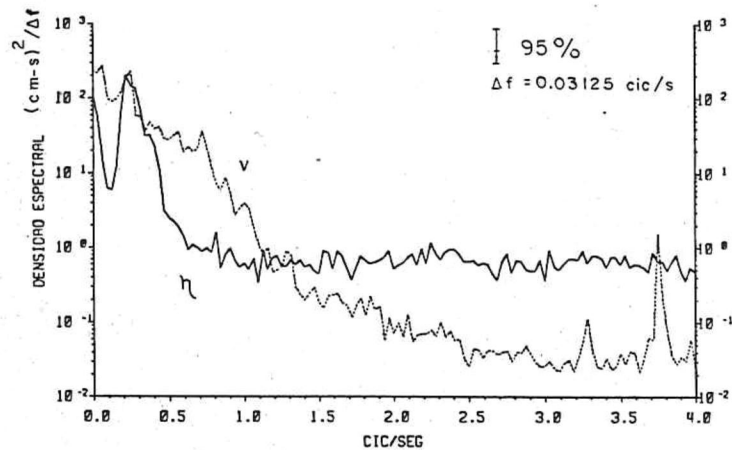
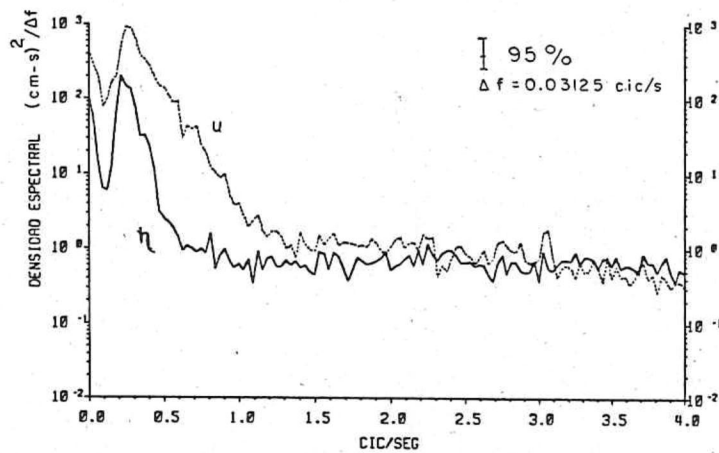
SAN FELIPE 30-X-81 23:41 G-021

SAN FELIPE 30-X-81 23:41 G-021

(a)

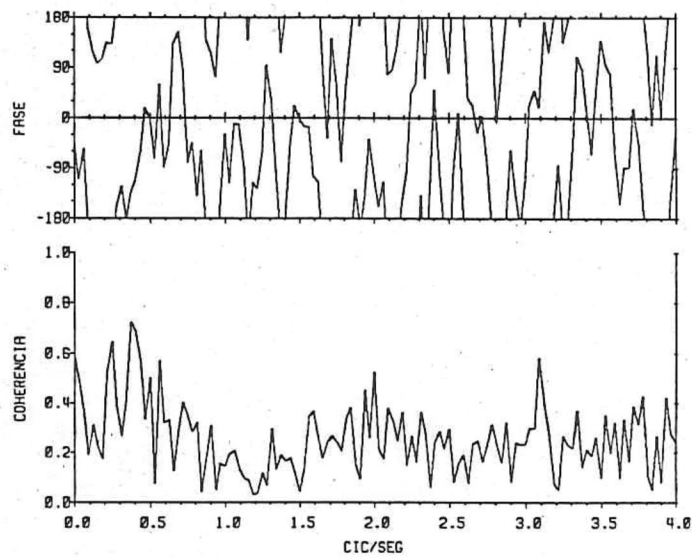
(b)

FIGURA 15- ESPECTROS Y ESPECTROS CRUZADOS ENTRE S_{pi} Y COMPONENTE u DE CRI, EN (a) Y ENTRE S_{pi} Y COMPONENTE v DE CRI, EN (b).



SAN FELIPE 2-XI-62 14:12 G-100

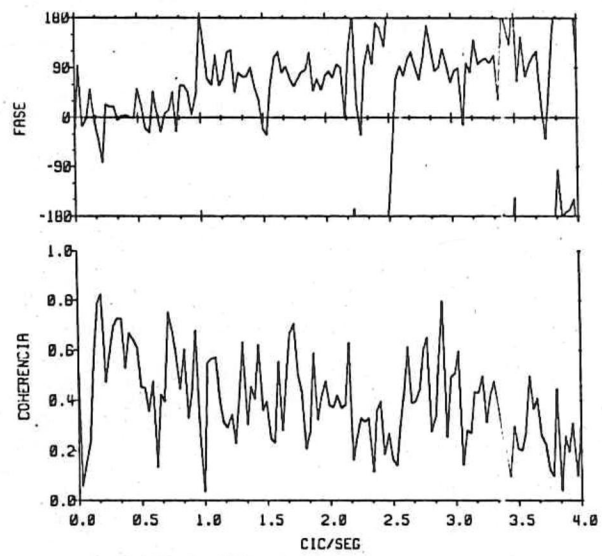
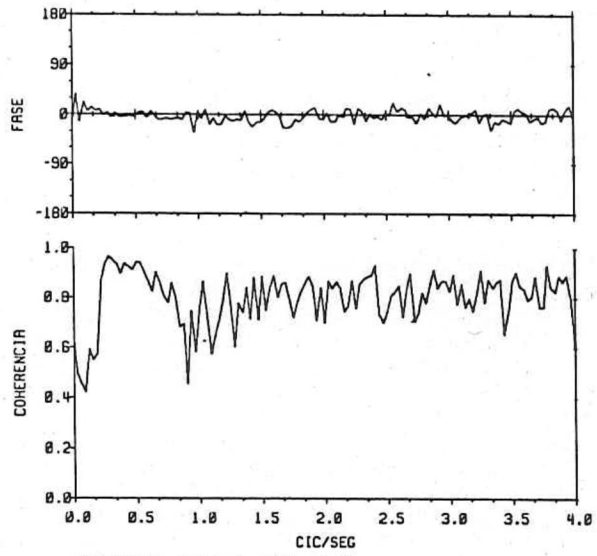
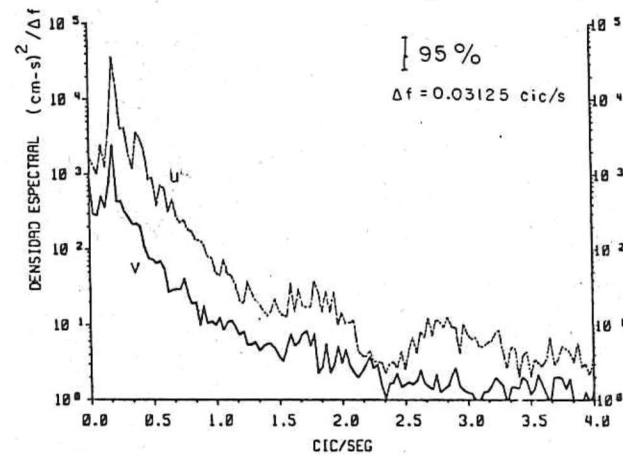
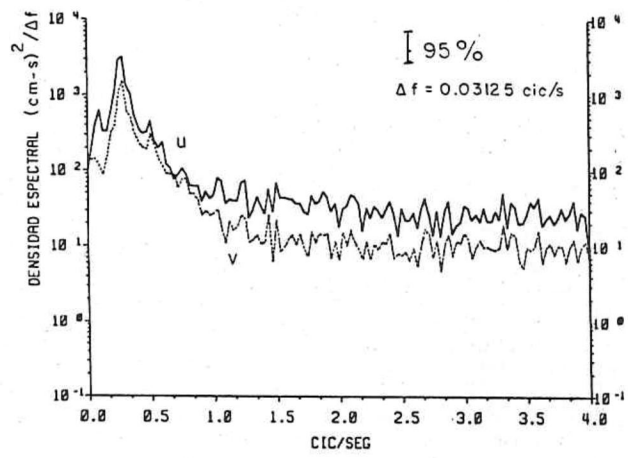
(a)



SAN FELIPE 2-XI-62 14:12 G-100

(b)

FIGURA 16- ESPECTROS Y ESPECTROS CRUZADOS ENTRE $S_p I$ Y u , EN (a) Y ENTRE $S_p I$ Y v , EN (b). u Y v SON LOS COMPONENTES DE VELOCIDAD DE CR3.



SAN FELIPE 3-XI-82 14:41 G-141

SAN FELIPE 30-XI-82 23:41 G-021

(a)

(b)

FIGURA 17:- ESPECTROS Y ESPECTROS CRUZADOS ENTRE COMPONENTES u y v , DE CRI DURANTE G-141, EN (a) Y G-021, EN (b).

4 CONCLUSIONES

La región cercana a la costa representa un ambiente dinámicamente complejo, en el cual, varios factores y mecanismos interactúan simultáneamente para producir un amplio rango de variabilidades espaciales y temporales en las condiciones ambientales. Esto ha ocasionado el desarrollo continuo de nuevos métodos y técnicas de medición en el estudio del campo de corrientes en la zona de zurf.

Los resultados obtenidos en éste trabajo, reflejan la dificultad de realizar un análisis adecuado de los datos de la corriente costera medidos a partir de la metodología esquematizada en la figura 3, para obtener velocidades promedio que sean representativas del período de mediciones debido a la gran variabilidad característica a través de la zona de zurf de éstas corrientes, esto aunado a la presencia de corrientes de retorno moviéndose a lo largo de la costa en la zona de estudio. Además, considerando que ocasiona que la corriente registrada sea representativa de varias localidades, se dificulta el análisis comparativo con otros modelos que predicen la velocidad media de la corriente litoral en la posición intermedia de la zona de

zurf a partir de las características del oleaje en la zona de rompiente (Tabla I, figura 1).

En base a los resultados obtenidos con el procedimiento utilizado en el análisis estadístico de los datos de corriente, no es posible inferir con seguridad la manera en que los diferentes parámetros del oleaje están relacionados con la corriente promedio paralela a la costa, como se plantea originalmente en éste trabajo.

Si bien no se encontró una relación lineal satisfactoria, las altas coherencias encontradas en el análisis espectral durante algunas de las mediciones, indican que la corriente registrada es inducida en gran parte por el oleaje. Por otro lado el análisis de de las series en tiempo de oleaje y velocidades horizontales, sugieren un efecto combinado de periodos, alturas y ángulos de incidencia del oleaje (T , H , α) en la corriente registrada, sin embargo no se encontró una buena relación entre las velocidades promedio y $H_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b$, lo cual cuestiona el hecho de que los valores promedio obtenidos, sean representativos realmente de la corriente litoral media.

5 OBSERVACIONES

Actualmente, el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California, está llevando a cabo una nueva fase experimental en la que se ha modificado la metodología de mediciones de corrientes y oleaje en la zona de surf.

Además de que se implementa el uso de trípodes metálicas en la que se colocan los correntómetros, el arreglo de los instrumentos, facilitará el análisis de las corrientes costeras, ya que tanto correntómetros como sensores de oleaje, son colocados en el mismo punto de la zona de surf a lo largo y ancho de la misma, incrementando además, el número de instrumentos utilizados.

6 BIBLIOGRAFIA

- BASCO, D.R. (1982). Surf Zone Currents. State of Knowledge. U.S. Army, Corps. of Engineers, Coastal Research Center. Springfield, Va. no. 82-7, Vol. I.
- CRUZ FALCON, A. (1983). La refracción del oleaje y la determinación del error en el ángulo de aproximación. Tesis de Licenciatura, Escuela Superior de Ciencias Marinas. U.A.B.C. pp.48
- GUZA, R.T and THORNTON, E.B. (1978). Variability of Longshore Currents. American Society of Civil Engineering, Vol 1. pp. 756-775.
- HORIKAWA, K. (1978). Coastal Engineering. An Introduction to Ocean Engineering. John Wiley Sons, Inc., New York. 186-201.
- I.I.O. (1982). 'El Comportamiento del oleaje en las costas de Baja California y el Mar de Cortéz'. Universidad Autónoma de Baja California - Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Informe Anual. 60 pp.
- KOMAR, P.D. (1969). The Longshore Transport of Sand on Beaches. University Microfilms, Inc.: Ann Arbor, Michigan.
- KOMAR P.D. and INMAN D.L. (1970). Longshore Transport of Sand on Beaches. Jour. Geophys. Research. 75(30): 5914-5927.
- KOMAR P.D. (1976). Beach Processes and Sedimentation. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 168-169.
- KOMAR, P.D. (1983). Handbook of Coastal Processes and Erosion. C.R.C. Pres Inc., Boca Raton, Florida.
- KRAUS, H.C. and SASAKI, T.O. (1979). Influence of Wave Angle of the Longshore Currents. Marine Science Communication, Vol 5. pp. 91-126.

- LONGUET-HIGGINS, M.S. (1970). Longshore Currents Generated by Obliquely Incident Sea Waves. Jour. Geophys. Research. 75(18): 6778-6789.
- MEADOWS, G.A. (1976). Time Dependent Fluctuations in Longshore Currents. American Society of Civil Engineers, Vol 1. pp 160-680.
- MEADOWS, G.A. (1977). A Field Investigation of the Spatial and Temporal Structure of Longshore Currents. Ph.D. Dissertation, Purdue University, West Lafayette, Indiana.
- PEÑA, H.G. (1977). Arreglo de Olígrafos. Dirección General de Investigación y Desarrollo de la FF.AA. Servicio de Hidrografía Naval. (Reporte interno). pp. 31-48.
- RODEN, I.G. (1964). Oceanographic Aspects of Golfo de California. Marine Geology of the Gulf of California. Memoir No.3.
- SONU, C.J. (1972). Field Observation of Nearshore Circulation and Meandering Currents. Jour. Geophys. Research. 77(18):3232-3247.
- THOMPSON, E.F. (1980). Interpretation of Wave Energy Spectra. Coastal Engineering Research Center. Coastal Engineering Technical AID No. 80-5.
- THORNTON, E.B., GALVIN, J.J. and RICHARDSON, D.R. (1976). Kinematics of Breaking Waves. Coastal Engineering, 1976.
- U. S. A. C. E. R. C. (1977). Shore Protection Manual. Vol. III. Tercera edición.
- WALTON, T.L. and DEAN, R.G. (1982). Computer Algorithm to Calculate Longshore Energy Flux and Wave Direction from a Two Pressure Sensor Array. Coastal Engineering Research Center. Technical Paper No. 82-2.
- WALTON, T.L. (1979). Litoral Sand Transport on Beaches. University Microfilms International. Ann Arbor, Michigan. London, England. 1982.