

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

OLEAJE, ESTIMACION DEL ANGULO Y SENTIDO DE APROXIMACION:
SU IMPORTANCIA EN LA
ADMINISTRACION DE ZONA COSTERA

TRABAJO TERMINAL
QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
ESPECIALIDAD EN RECURSOS MARINOS
PRESENTA
M.C. MARIA AMABEL ORTEGA RIVERA

ENSENADA B.C., SEPTIEMBRE DE 1989.

OLEAJE, ESTIMACION DEL ANGULO Y SENTIDO DE APROXIMACION:
SU IMPORTANCIA EN LA
ADMINISTRACION DE ZONA COSTERA

TRABAJO TERMNAL

QUE PRESENTA

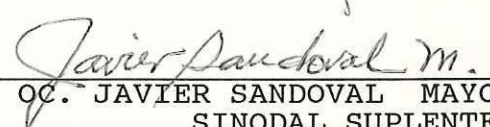
M.C. MARIA AMABEL ORTEGA RIVERA

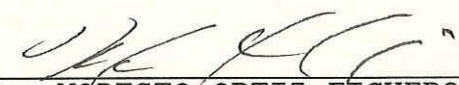
APROBADO POR:

Oscar Delgado C.
M.C. OSCAR DELGADO GONZALEZ
PRESIDENTE DEL JURADO


M.C. FRANCISCO SUAREZ VIDAL
SINODAL PROPIETARIO


M.C. HECTOR G. MANZO MONROY
SINODAL PROPIETARIO


OC. JAVIER SANDOVAL MAYORQUIN
SINODAL SUPLENTE


OC. MODESTO ORTIZ FIGUEROA
SINODAL SUPLENTE

ENSENDA B.C., SEPTIEMBRE DE 1989.

RESUMEN

Con el aumento en la demanda de los recursos costeros se ha creado la necesidad de realizar estudios sobre los procesos que actúan sobre la zona litoral para efectos de una buena planeación, organización, control, entendimiento y administración de la zona costera.

Algunos de los principales procesos modificadores y formadores de la zona costera, que además representan una constante amenaza para las propiedades costeras, playas, puertos, etc. son: las tormentas, los cambios del nivel del mar, la erosión y el oleaje; éste último proceso requiere ser estudiado cuidadosamente como base científica ya que es la principal fuente de energía hacia la zona litoral, responsable de la deriva litoral erosión a lo largo de la costa, generación de corrientes que dependen en gran medida del ángulo de aproximación del oleaje hacia la costa, entre otros parámetros del oleaje.

El cálculo de la dirección de propagación del oleaje, entonces, es uno de los estudios más importantes que deben realizarse para la comprensión y predicción de los procesos costeros. Sin embargo, el costo de operación del equipo requerido para este propósito es muy alto. Las rutinas de procesamiento de la información original son difíciles de implementar, por lo tanto deben desarrollarse métodos que sean sencillos y que abaraten el costo de los estudios.

Se analizan los resultados angulares obtenidos mediante tres métodos diferentes, Gráfico o Visual, Nagata (1964) y espectro direccional, utilizados para la obtención del ángulo de aproximación y sentido del oleaje. Además, se describe la técnica para encontrar la información angular empleando el análisis gráfico de las series de tiempo originales (primer método).

Se presenta una discusión sobre la importancia para la administración de zona costera de: el oleaje, estimación del ángulo y sentido de aproximación del oleaje, recursos marinos, e interacción del hombre con el medio ambiente costero.

De aquí que para el futuro desarrollo de la zona costera y protección y administración de la misma, se deben hacer estudios que nos lleven a un mejor entendimiento del comportamiento de los procesos costeros, de la interacción entre el hombre y la naturaleza, de los diferentes usos que tiene y se le pueden dar a la zona costera para evitar conflictos y/o externalidades y así obtener el mayor beneficio de la utilización de la zona costera.

DEDICATORIA

A mis amigos

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer de manera especial al M.C. Oscar Delgado por su ayuda en la realización del presente trabajo, ya que sin ella quien sabe si se hubiera realizado.

A Los M.C. Francisco Suárez y Hector Manzo, y a los Oc. Javier Sandoval y Modesto Ortiz por haber aceptado ser sinodales para presente trabajo.

Y a mis compañeros y amigos Alfonso, Gustavo, Susy, Jorge del Grupo de Estudios Especiales del Departamento de Sismología del C.I.C.E.S.E. por su ayuda.

Y a todos los que tenga algo que agradecerles también están incluidos.

I N D I C E

página

I.- INTRODUCCION.-.....	1.
I.1.- ANTECEDENTES.-.....	4.
I.2.- OBJETIVO.-.....	7.
I.3.- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.-.....	8.
II.- MATERIALES Y METODOS.-.....	10.
II.1.- Materiales.-.....	10.
II.1.1.- Instrumentos.-.....	10.
II.1.2.- Series de tiempo.-.....	10.
II.2.- Métodos.-.....	12.
II.2.1.- Método Gráfico.-.....	12.
II.2.2.- Método de Nagata.-.....	12.
II.2.3.- Espectro Direccional.-.....	13.
III.- RESULTADOS.-.....	14.
III.1.- Descripción del Método Gráfico o Visual.-.....	14.
III.2.- Análisis de los métodos utilizados.-.....	22.
IV.- DISCUSIONES.-.....	23.
IV.1.- Método Gráfico.-.....	23.
IV.2.- Método de Nagata.-.....	37.
IV.3.- Método del Espectro Direccional.-.....	39.
IV.4.- Administración de Zona Costera, oleaje, estimación del ángulo y sentido de aproximación de las olas, recursos marinos, e interacción entre el hombre y la zona costera.-.....	44.
V.- CONCLUSIONES.-.....	55.
VI.- LITERATURA CITADA.-.....	59.

I N D I C E
de figuras

página

Figura 1.-	Localización geográfica del área de estudio Posición del aparato Sea Data 635-12 (tomada de Padilla-Hernández, 1989).....	9.
Figura 2.-	Series de tiempo de las componentes de p, u, v	11.
Figura 3.-	Gráficas que muestran 5 diferentes posibilidades que pueden presentarse al graficar las componentes de velocidad orbital u vs. v	16.
Figura 4a.-	Triada de información de p, u, v	18.
Figura 4b.-	Cuatro posibilidades que pueden presentarse al hacer gráficas de las series de tiempo de las componentes de p, u, v	18.
Figura 5.-	Representación gráfica del criterio para la obtención del sentido de propagación del oleaje. Cuatro casos posibles.....	20-21.
Figura 6a.-	Gráfico de las componentes p, u, v para obtención del sentido de propagación del oleaje.....	24.
Figura 6b.-	Gráfico de u vs. v para obtención de la dirección de propagación del oleaje.....	24.
Figura 7.-	Gráficas de p, u, v y de u vs. v	26.
Figura 8.-	Gráficas de p, u, v y de u vs. v	27.
Figura 9.-	Gráficas de p, u, v y de u vs. v	28.
Figura 10.-	Gráficas de p, u, v y de u vs. v	29.
Figura 11.-	Gráficas de p, u, v y de u vs. v	30.
Figura 12.-	Gráficas de p, u, v y de u vs. v	31.
Figura 13.-	Gráficas de p, u, v y de u vs. v	32.
Figura 14.-	Gráficas de los espectros de energía.....	33.
Figura 15.-	Gráficas de los espectros de energía.....	34.
Figura 16a.-	Gráfica de dirección de arribo del oleaje obtenida por el método de Nagata.....	38.
Figura 16b.-	Valores máximos de presión por archivo.....	38.

I N D I C E
de figuras
cont.

página.

- Figura 17.- Gráficas de comportamiento de la energía
y comportamiento direccional por banda
de frecuencia (de .0313 a .0625 Hz).....40.
- Figura 18.- Gráficas de comportamiento de la energía
y comportamiento direccional por banda
de frecuencia (de .0781 a .01094Hz).....41.
- Figura 19.- Gráficas de comportamiento de la energía
y comportamiento direccional por banda
de frecuencia (de .1250 a .1406 Hz).....42.

I.- INTRODUCCION.-

Una de las áreas de mayor importancia dentro del campo de la Administración de los Recursos Marinos es el Manejo o Administración de la Zona Costera; a su vez, ésta última enfrenta problemas de oceanografía e ingeniería costera que se clasifican dentro de cuatro categorías generales: estabilización de la línea de costa, protección de la zona costera, estabilización de vías de acceso y protección de puertos.

Un problema costero puede caer dentro de más de una de las categorías anteriores. Una vez clasificado el problema, es necesario considerar varios factores para su solución, como son los de tipo hidráulico, de sedimentación, de estructuras de control, legales, ambientales y económicos.

Con el descubrimiento de mantos petroleros bajo el lecho marino, el aumento de asentamientos humanos, la creciente necesidad de construcción y mantenimiento de puertos marítimos y el gran potencial turístico que ofrece la zona costera, entre otras cosas, se ha creado la necesidad de conocer más sobre las características de los procesos hidráulicos.

Una de las consideraciones hidráulicas más importantes son aquellas relacionadas a los estudios de oleaje. Dentro del medio científico existe un gran interés en obtener estimaciones

confiables de la dirección de propagación del oleaje, pues su conocimiento es de utilidad básica al efectuar estudios de generación (Phillips, 1958), propagación y disipación, ya que juegan un papel importante en los procesos de transferencia de energía, tanto de la atmósfera al océano como entre las diferentes componentes de frecuencia existentes en el espectro de oleaje (Young et al., 1987).

Se entiende que si se cuenta con una mayor cantidad de información de oleaje en los dominios de espacio y tiempo, mejor será la calidad de la estimación del ángulo de incidencia de éste; sin embargo, el costo de mantener gran cantidad de equipo en continuo funcionamiento vuelve este procedimiento inoperante.

La utilidad de contar con información de dirección de oleaje por banda de frecuencia y asignarle cierta confianza, en el sentido estadístico, es comprensible. Sin embargo, las rutinas y procesamiento al que se somete la información original no son sencillas y en cambio son difíciles de implementar; por lo tanto, deben desarrollarse métodos o técnicas que sean sencillas de implementar y que abaraten el costo de los estudios.

El interés de obtener estimaciones confiables de la dirección de propagación del oleaje surge al tratar de comprender y predecir procesos costeros relacionados con el transporte de sedimento, pues la altura de la ola y su ángulo de incidencia determinan en gran medida la intensidad y dirección de las corrientes que se generan; además, su conocimiento es necesario para analizar los

posibles movimientos y esfuerzos a los que está sujeto cualquier estructura flotante o fija (Delgado-González, 1988).

Lo anterior se debe a que las olas son uno de los principales fenómenos modificadores de la zona costera. Esto quiere decir que, sin la acción del oleaje la mayoría de los problemas que involucran procesos litorales no ocurrirían; en consecuencia, la mayor parte de las estructuras geológicas características de la zona costera y el riesgo para los asentamientos urbanos, entre otras cosas, no existiría; por lo tanto, no sería necesario preocuparse por realizar estudios de planeación para minimizar el riesgo debido a la presencia de los procesos costeros; sin embargo, estos procesos se llevan a cabo día tras día, de aquí que el conocimiento de la mecánica del oleaje y su incidencia sobre la zona costera es esencial para la planeación, diseño, construcción y administración de la zona costera.

I.1.- ANTECEDENTES.-

Son varios los trabajos que se han efectuado para obtener la dirección de propagación del oleaje.

En un estudio pionero, Cote y colaboradores (1960) trataron de calcular la dirección del oleaje empleando fotografías aéreas y estereofotografía; sin embargo, su técnica resultó complicada, costosa e impráctica, aunada a una incertidumbre de 180° en el sentido de propagación del oleaje.

Munk et al. (1963) implementaron una técnica para determinar el posible origen de las olas de tormenta con la consecuente trayectoria de propagación del oleaje. La limitante de este método es la característica que deben poseer las olas; es decir, deben ser olas que hayan sido originadas a grandes distancias para que el fenómeno de dispersión se logre apreciar en plenitud.

Con la información de las dos componentes horizontales de velocidad orbital del oleaje en un punto se puede hacer una estimación promedio de la dirección principal del oleaje. Este procedimiento fue propuesto por Nagata (1964), quien estimó la dirección promedio del oleaje por registro. La incertidumbre de 180° en el sentido de dirección del oleaje es el mayor inconveniente de este método.

Panicker (1974) efectuó una revisión de los procedimientos para estimar la dirección del oleaje en el dominio de frecuencia,

haciendo resaltar el hecho de que los planteamientos de los métodos concebidos a la fecha tienen su origen en el trabajo de Longuet-Higgins et al. (1963); estos autores introdujeron el concepto de dirección y energía por bandas de frecuencia, llamado espectro direccional.

Borgman (1979) desarrolló un procedimiento estándar para estimar la dirección de propagación del oleaje dependiendo del tipo de instrumento o arreglo intrumental para registrar la información del oleaje.

Long y Hassellman (1979), Long (1980) y Lygre y Krogtad (1986) determinaron la calidad de las técnicas empleadas dando un cierto grado de confianza estadística al ángulo estimado.

La información que se requiere para estimar el espectro direccional regularmente proviene de triadas de información obtenidas en un sólo punto. Es común emplear boyas superficiales que registran la altura de la ola y sus dos pendientes, un sensor de presión junto a un correntómetro o arreglos de sensores de presión conformados de manera especial.

Las técnicas propuestas para el cálculo de la dirección del oleaje tienen en común el uso de la teoría lineal de Airy de olas de pequeña amplitud (Longuet-Higgins, 1963; Nagata, 1964; Lyere, 1987). Otro método, que a su vez se basa en ésta teoría, es el método gráfico o visual; éste permite efectuar estimaciones de la dirección promedio y el sentido de propagación del oleaje con base

en la observación directa de las gráficas de series de tiempo de las fluctuaciones de presión y las dos componentes horizontales de las velocidades orbitales del oleaje en un punto. Aunque éste método se basa en la dinámica implícita de la teoría lineal parece no estar descrito como una técnica para estimación del ángulo de aproximación del oleaje y el sentido de propagación.

I.2.- OBJETIVO.-

A partir de la información de fluctuaciones de presión y componentes de velocidades orbitales u y v del oleaje, obtenida durante trece días del mes de octubre de 1985 y registrada en una estación cercana a la ciudad de Rosarito, B.C., México, el propósito del presente trabajo es:

A).- Describir la técnica para encontrar la información angular empleando el análisis gráfico a las series de tiempo originales, arriba mencionadas, y determinar la dirección de arribo del oleaje a la zona de estudio durante el periodo de tiempo citado.

B).- Describir los resultados angulares arrojados con la técnica de Nagata (1964) y el método de espectro direccional.

C).- Definir cuál de los métodos utilizados para determinar la dirección de oleaje es el más adecuado y/o más económico para éste fin.

D).- Realizar una breve descripción sobre el oleaje, estimación del ángulo y sentido de aproximación de las olas, recursos marinos, e interacción entre el hombre y la zona costera, con el fin de aportar uno de los tantos requerimientos necesarios para la planificación y control en la administración de la zona costera.

I.3.- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.-

La zona donde se instaló el instrumento es una región costera del poblado de Rosarito B.C., México entre los $32^{\circ} 20'$ y $32^{\circ} 23'$ de latitud norte, $117^{\circ} 3'$ y $117^{\circ} 5'$ de longitud oeste.

La figura 1 muestra la posición relativa del instrumento con respecto a las instalaciones costeras de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) quienes gentilmente proporcionaron la información que se procesó en este trabajo.

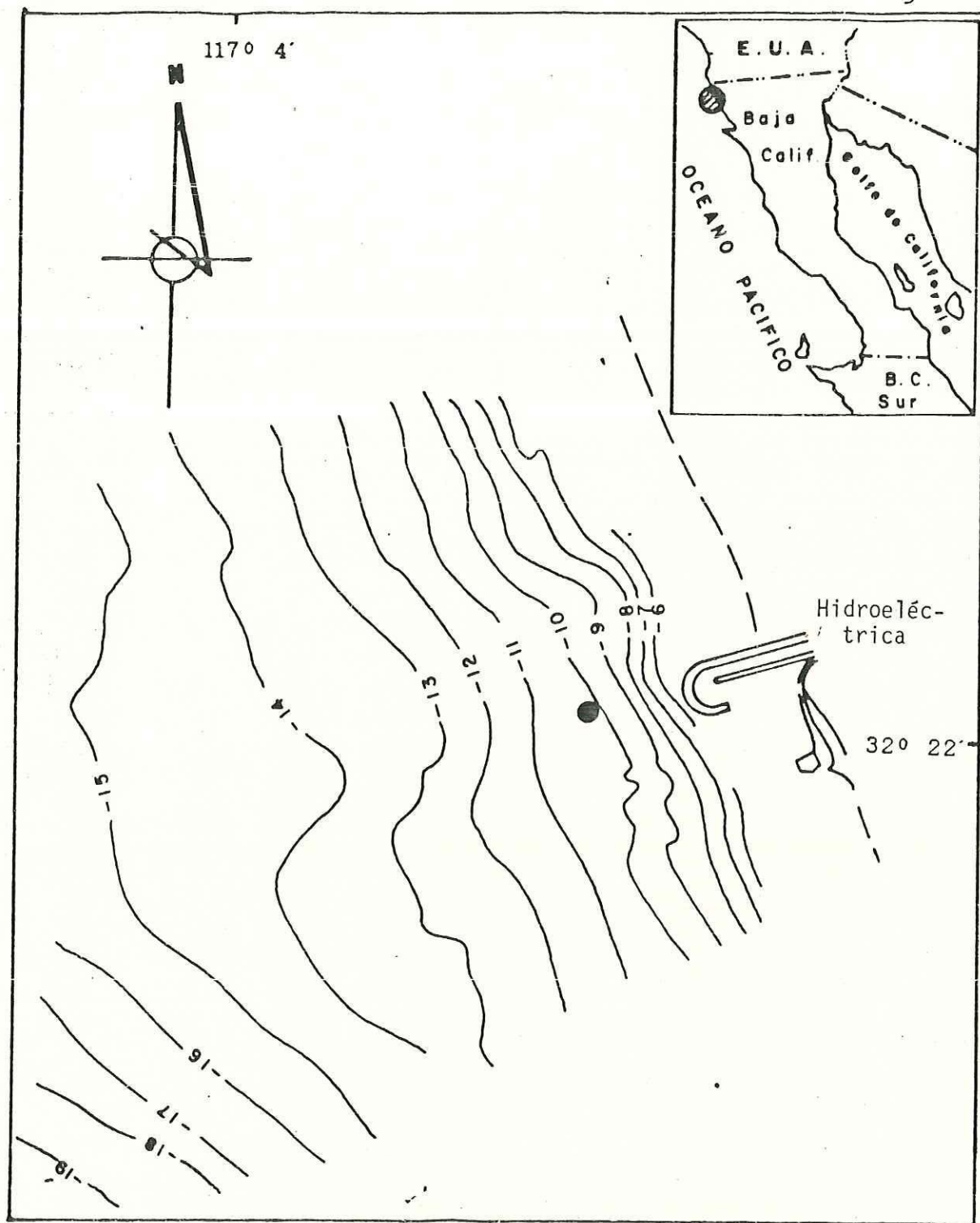


Figura 1.- Localización geográfica del área de estudio. Posición del aparato Sea Data 635-12 (tomada de Padilla-Hernández, 1989).

II.- MATERIALES Y METODOS.-

II.1.- Materiales.-

II.1.1.- Instrumentos.-

Las series de tiempo utilizadas en el presente trabajo fueron registradas por el aparato modelo 635-12 fabricado por la compañía Sea Data. El instrumento está compuesto por tres sensores principales; un sensor de presión, un corrientómetro de inducción electromagnética y una brújula.

Las características del 635-12 permiten controlar desde un tablero interno una amplia combinación de frecuencias y duración de muestreos. Una descripción más detallada del instrumento puede obtenerse en el trabajo de Larios-Castillo (1989).

II.1.2.- Series de tiempo.-

Se trabajó con series de tiempo de las fluctuaciones de presión de la columna de agua (p) y las componentes horizontales (u, v) del campo de velocidades debidas a la presencia de las olas (fig.2).

Las series de tiempo se obtuvieron cada tres horas, a partir de las 11:00 horas de la mañana del día 18 de octubre al 31 del mismo mes de 1985. Cada serie consiste de 1024 valores con un intervalo de muestreo de 1 segundo.

ROSARITO, B.C.
19/10/85 A LAS 17:00 HORAS

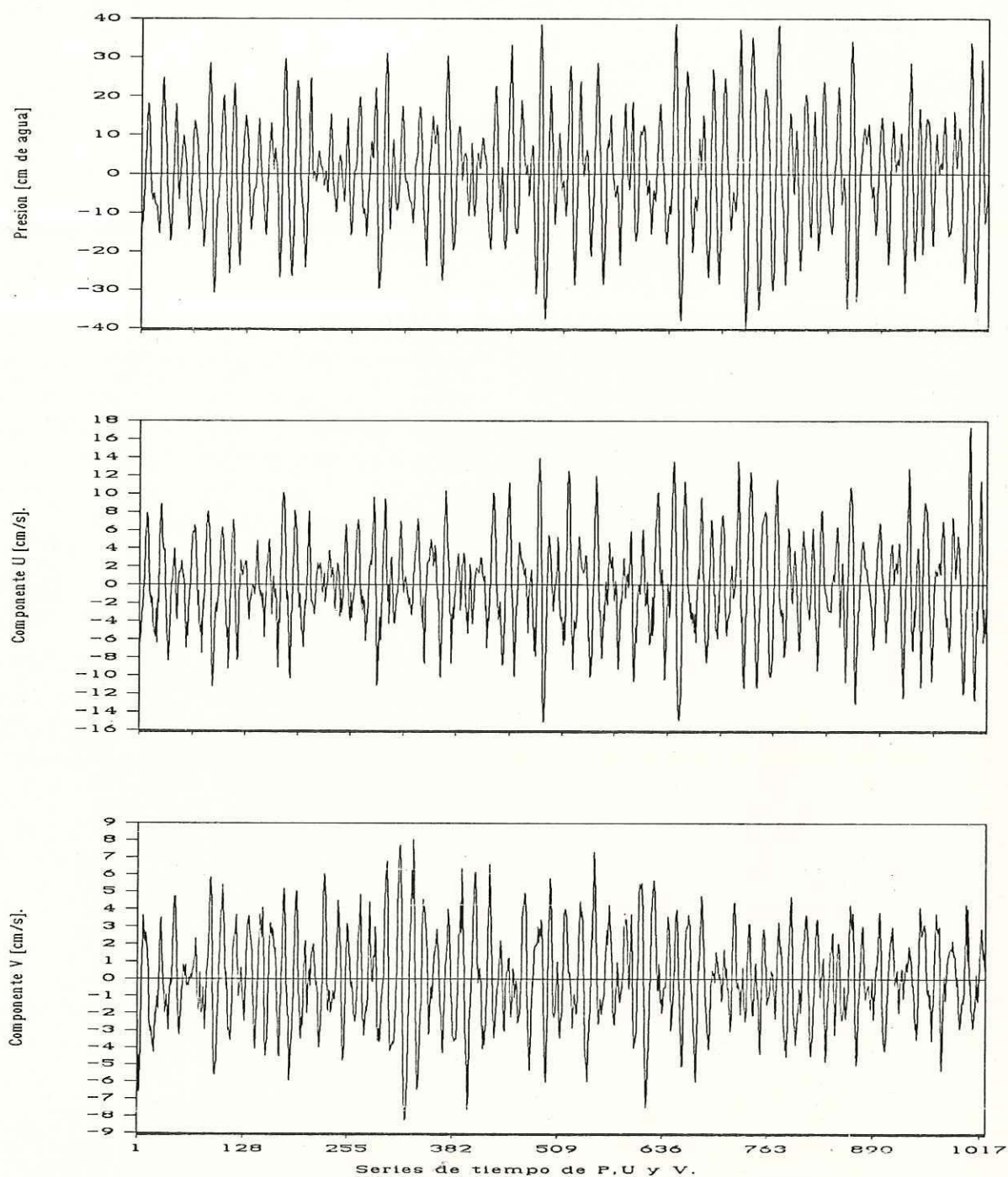


Figura 2.- Series de tiempo de las componentes de p, u, v.

Padilla-Hernández (1989) efectuó el análisis de calidad de los datos empleados en el presente trabajo.

II.2.- Métodos.-

Los métodos que se utilizan en el presente trabajo para la estimación del ángulo de aproximación y sentido de propagación del oleaje se describen a continuación.

II.2.1.- Método Gráfico.-

La descripción de este método se presentará en el capítulo de Resultados, ya que ésta es una parte de los objetivos del presente trabajo.

II.2.2.- Método de Nagata.-

Empleando los valores de las componentes orbitales de las velocidades horizontales debidas al oleaje, y basado en la teoría estadística de superficies Gaussianas al azar, Nagata en 1964 obtuvo la dirección principal promedio de propagación del oleaje.

Para lo cual, calcula los valores promedios de los cuadrados de las velocidades orbitales y el promedio de sus productos.

La expresión para la estimación del ángulo de dirección es:

$$\tan 2\phi = (2\overline{uv})/(\overline{u^2} - \overline{v^2})$$

donde ϕ es el ángulo que crece en sentido contrario a las manecillas del reloj a partir del eje positivo de las x.

II.2.3.- Espectro Direccional.-

Longuet-Higgins et al. (1963) presentaron un sistema de ecuaciones integrales que relacionan el espectro direccional, con los autoespectros y espectros cruzados de la elevación superficial y dos pendientes.

Efectuando desarrollos similares se puede formar un sistema equivalente en términos de estimaciones de los autoespectros y espectros cruzados de las fluctuaciones de presión y las componentes de velocidad debidas a la presencia de las olas.

Para aplicar el método es necesario obtener los espectros de energía, los cuales para el presente trabajo se obtuvieron con 32 bandas de frecuencia y 32 grados de libertad.

En el presente trabajo sólo se analizan los resultados arrojados por el método para determinar su utilidad práctica. Quien tenga interés en una discusión más amplia de las características del sistema y la forma de resolverlo se recomienda consultar el trabajo presentado por Delgado-González (1988).

III.- RESULTADOS.-

III.1.- Descripción del Método Gráfico o Visual.-

El método se basa en las características dinámicas dadas por la teoría lineal, las cuales permiten definir el sentido de propagación del oleaje mediante el análisis del comportamiento de una triada de series de tiempo (p , u y v). El método nace al aceptar que la forma teórica de las olas de pequeña amplitud de la superficie del mar puede tener una representación sinusoidal, aceptación que dió origen a la teoría de ondas de pequeña amplitud o teoría de Airy.

Considerando que una serie de tiempo puede conceptualizarse como una sola onda sinusoidal, las series de tiempo de p, u, v pueden analizarse para determinar si los máximos están en fase entre sí, aunque en realidad dicho análisis es conceptual, pues para poder representar estas series de tiempo se requiere la suma de un gran número de senosoides con amplitudes y fases al azar. De la teoría lineal se sabe que las fluctuaciones de presión y las componentes de las velocidades orbitales están en fase.

La figura 2 representa una triada de información de p, u y v en un punto para el día 19 de octubre de 1985a las 17:00 horas.

Las expresiones numéricas dadas por esta teoría para p, u y v son;

$$p = p_a (w^2/k) \cdot (\cosh k(z+h)/\sinh kh) \cdot \exp i(\underline{k} \cdot \underline{x} - \omega t + a)$$

$$u = a_w (\cosh k(z+h)/\sinh kh) \cos \varnothing \exp i(\underline{k} \cdot \underline{x} - \omega t + a)$$

$$v = a_w (\cosh h(z+h)/\sinh kh) \sin \varnothing \exp i(\underline{k} \cdot \underline{x} - \omega t + a)$$

Este conocimiento puede ser explotado para determinar la dirección y sentido de propagación del oleaje efectuando un análisis de su representación gráfica.

De acuerdo a esto, los registros de p, u y v pueden ser analizados como tales, conociendo su relación de fases dada por la teoría lineal.

Para tal efecto se elige un sistema coordenado x, y asociado a las componente u, v (u con orientación E-W y v con orientación N-S), pudiendo ambos sistemas coincidir.

Si se hacen gráficas de u vs. v (fig. 3, casos a, b, c, d y e) se pueden presentar varias posibilidades, en su comportamiento. Salvo para el caso "e" de la figura 3, se puede efectuar una estimación del ángulo de aproximación del oleaje, más no el sentido de propagación de la energía, es decir, se tiene una

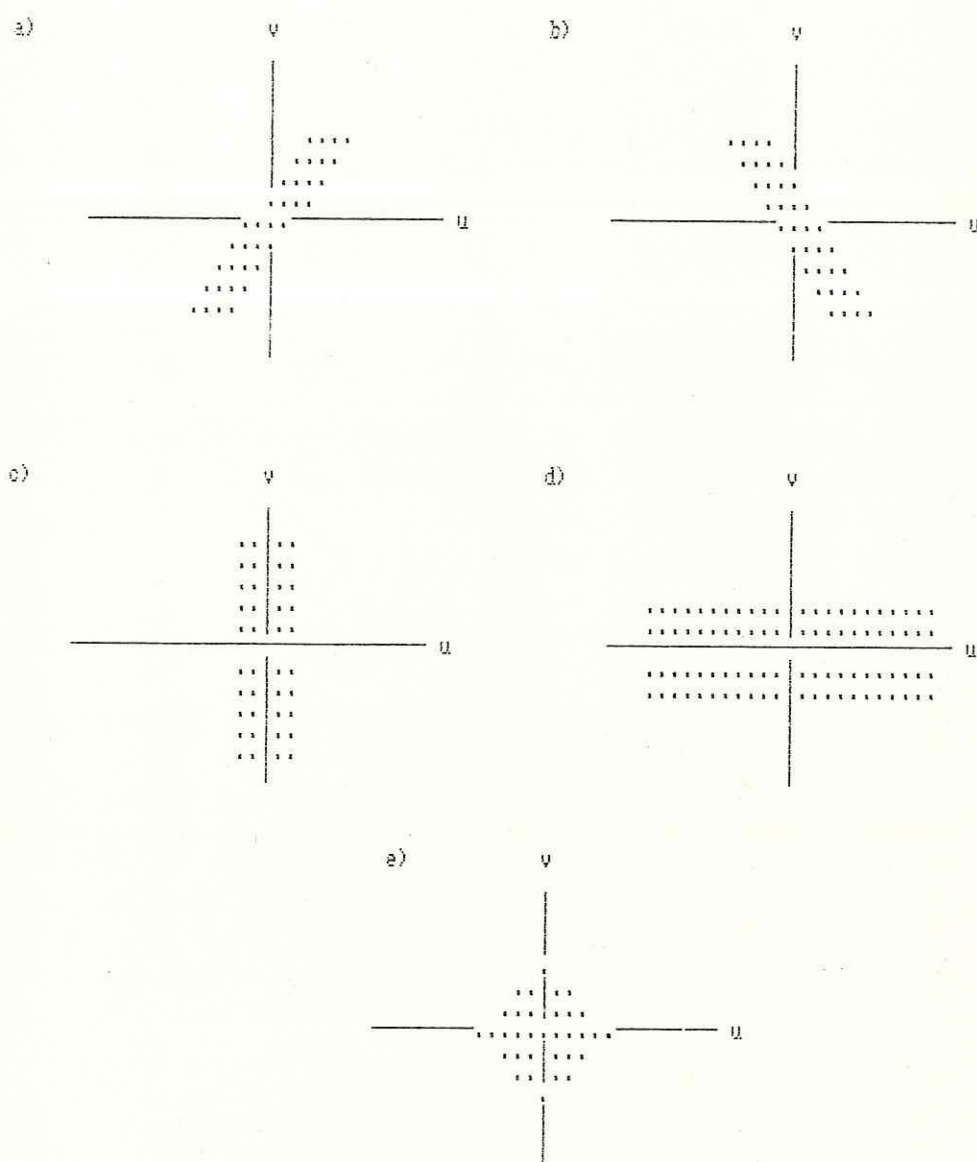


Figura 3. Gráficas que muestran 5 diferentes posibilidades que pueden presentarse al graficar las componentes de velocidad orbital de u vs. v .

incertidumbre de 180° para el sentido de propagación del oleaje, situación similar a la que se presenta al utilizar el método de Nagata (1964).

Al contar con información de presión ésta incertidumbre se resuelve, pues la teoría indica que las tres cantidades p , u , v deberán estar en fase.

En base a lo anterior el criterio para efectuar el análisis y obtención del sentido de propagación del oleaje después de conocer su ángulo de aproximación a partir de las gráficas de u vs. v (fig. 3) se describe a continuación.

Se hacen las gráficas de p, u, v (fig. 4a), en éste tipo de gráficas sobresalen cuatro posibilidades (fig. 4b, casos a, b, c y d): En el caso de que alguna de las componentes de velocidad orbital coincida con el sistema coordenado elegido, como es el caso representado en las figuras 3c y 3d, se tendrá una situación tal, que la componente orbital u ó v a 90° del ángulo de aproximación del oleaje no aparecerá en la gráfica.

Regresando a la figura 4, las cuatro posibilidades (a, b, c, ó d) pueden ser analizadas de forma gráfica, para lo cual es conveniente imaginar una onda en dos dimensiones referida a un sistema coordenado x, y sobre el cual se determinará el signo de las componentes u y v , mientras que para la presión se determinará sobre el eje z' , que en la perspectiva del dibujo es paralelo al

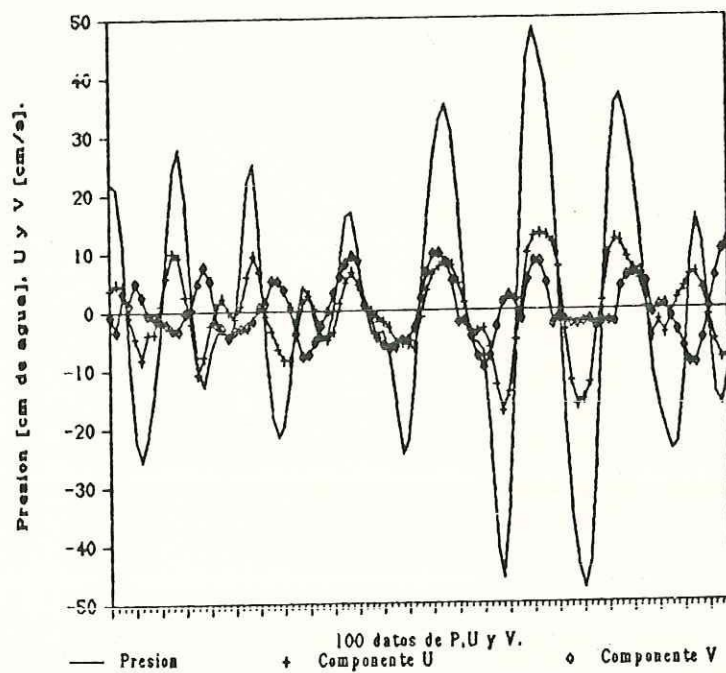


Figura 4a.- Triada de información de p,u,v.

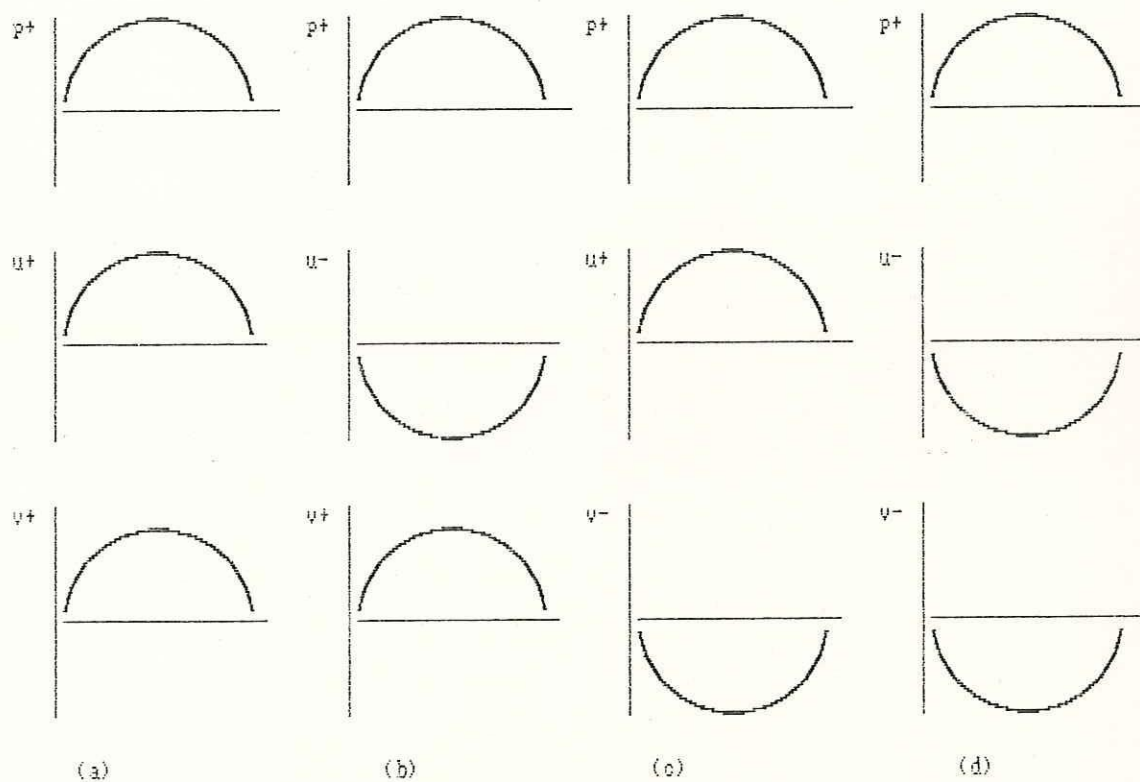


Figura 4b.- Cuatro posibilidades que pueden presentarse al hacer gráficas de las series de tiempo de las componentes de p,u,v.

eje y , más no coincide con éste, pues el plano x,y se debe concebir como normal al eje z' (Fig. 5).

En el caso "a" de la figura 5, se presenta una onda senoidal incidiendo con un cierto ángulo al sistema x,y , y tanto las componentes u y v como la componente de presión son máximas positivas.

Puesto que la teoría lineal indica que las tres cantidades están en fase, el sentido de propagación queda determinado con el vector resultante, representado por la flecha gruesa.

Para el caso "b" de la figura 5, se muestra la onda senoidal cuando p es máxima positiva, y las componentes u y v son negativas, situación que sólo se puede dar si el sentido de propagación es como el indicado por el vector resultante.

Para los casos "c" y "d" de la figura 5, se presentan alternancias en los signos de las componentes u y v cuando la presión adquiere el valor máximo positivo, quedando indicado el sentido de propagación.

Es notorio el hecho de haber efectuado el análisis empleando la cresta de la ola senoidal ($p+$), sin embargo, el análisis se sostendrá si se efectúa utilizando el valle de la onda senoidal ($p-$), considerando lo dado por la teoría lineal.

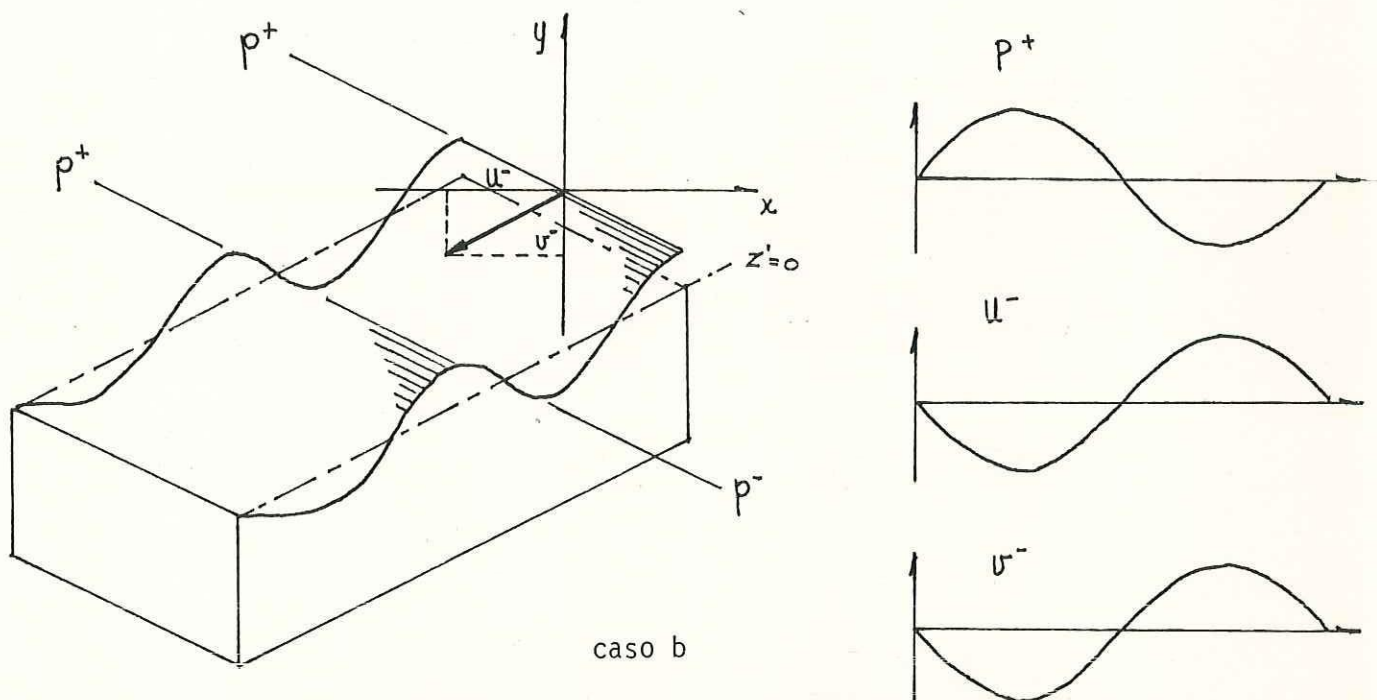
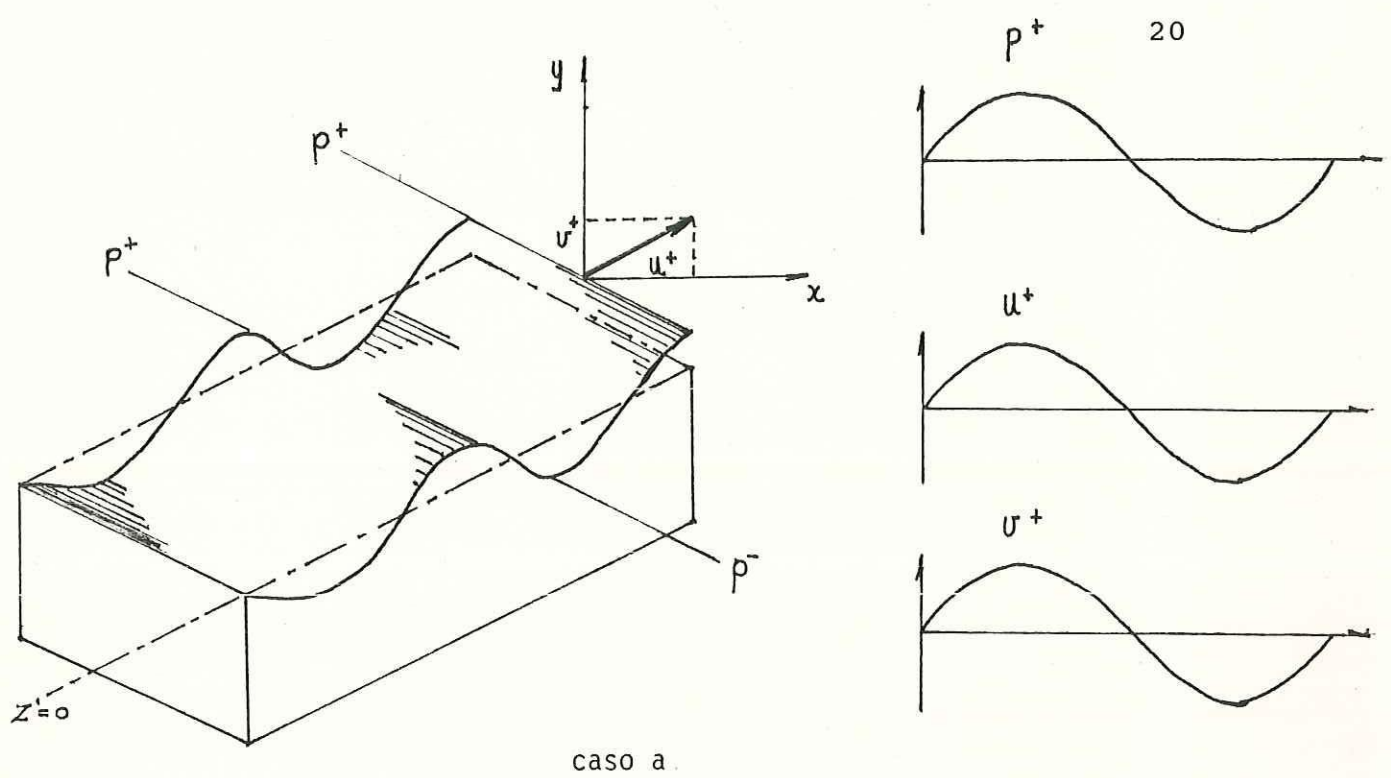
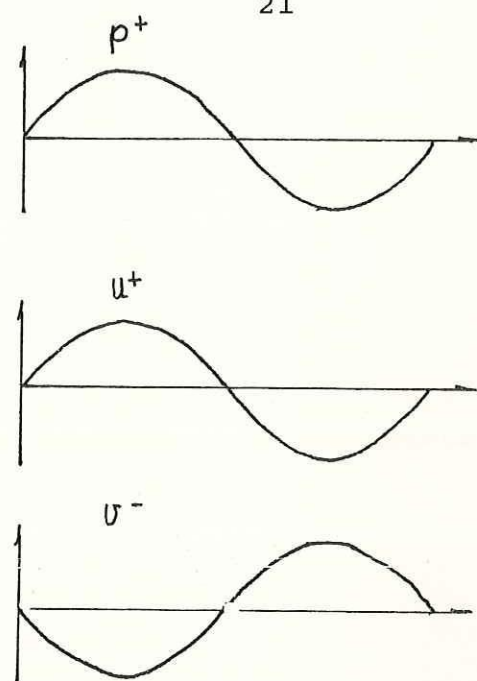
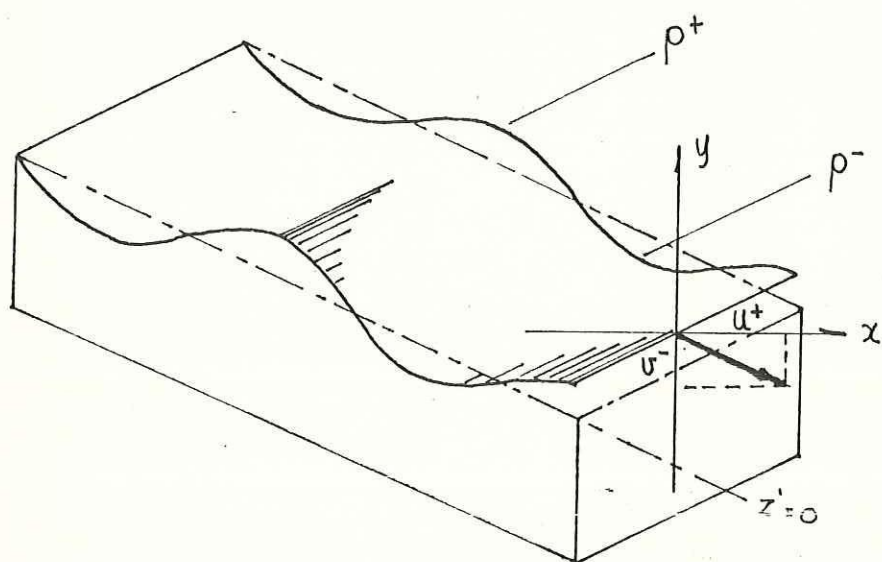
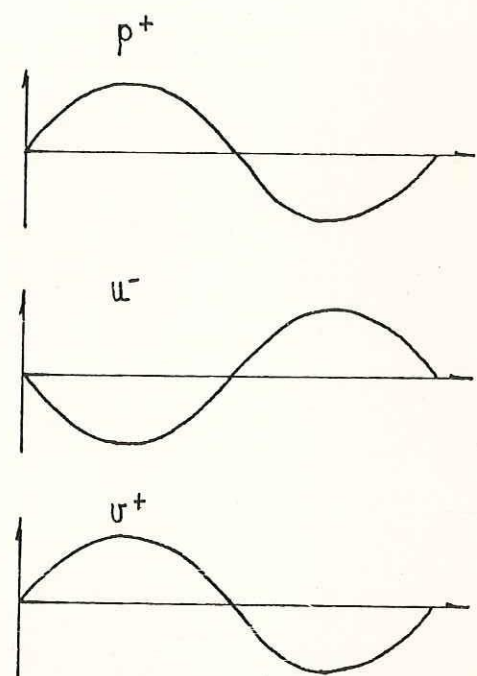
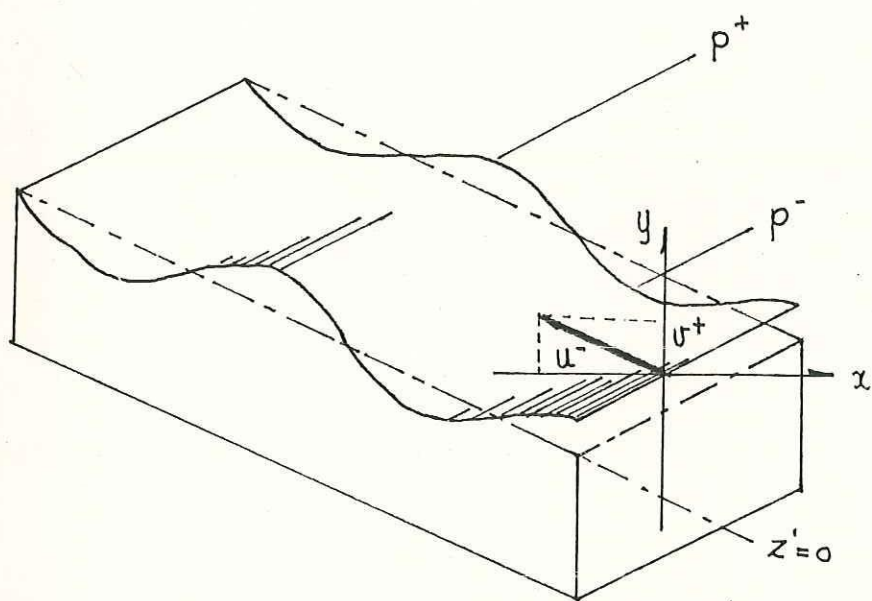


Figura 5.- Representación gráfica del criterio para la obtención del sentido de propagación del oleaje. Cuatro casos posibles. (casos a y b).



caso c



caso d

Figura 5.- Representación gráfica del criterio para la obtención del sentido de propagación del oleaje. Cuatro casos posibles (casos c y d).

III.2.- Análisis de los métodos utilizados.-

Para el análisis de los tres criterios o métodos, se obtuvieron las gráficas correspondientes al período de estudio del 18 al 31 de Octubre de 1985:

-Para el método gráfico o visual las gráficas de u vs. v y los valores de u, v, p .

-Con el propósito de comparar el contenido energético de las olas se obtuvieron los espectros de energía (32 bandas de frecuencia y 32 grados de libertad), donde se pueden observar condiciones tanto de gran contenido energético del oleaje, como de poco contenido energético

-Para el método de Nagata la gráficas de dirección de arribo de oleaje.

-Y las gráficas del espectro direccional.

Las gráficas resultado de cada método se presentan y discuten en la siguiente sección (Discusiones) para facilitar el desarrollo y entendimiento del presente escrito; la parte relacionada a la administración se presenta al final de las discusiones

IV.- DISCUSIONES.-

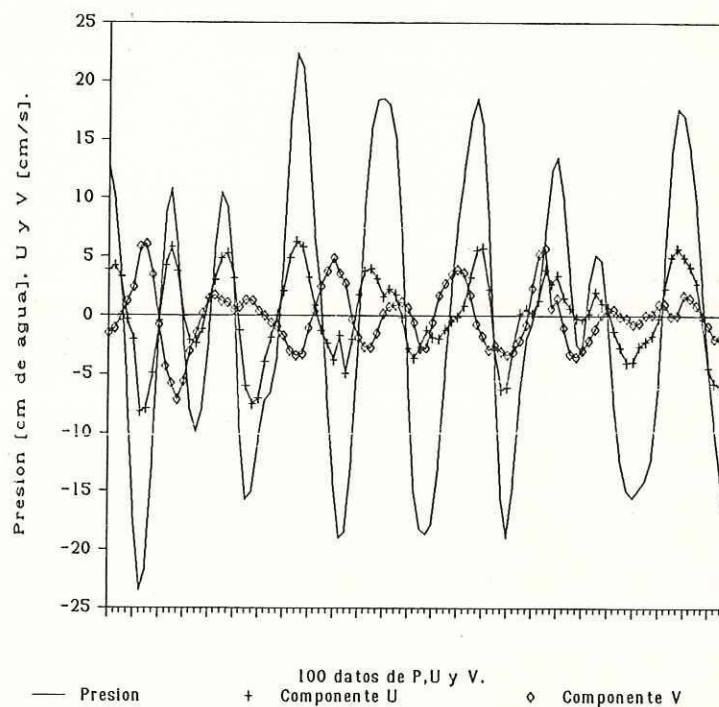
Con el propósito de facilitar la comprensión del trabajo, como se mencionó anteriormente, se decidió presentar en forma conjunta los resultados y las discusiones.

IV.1.- Método Gráfico.-

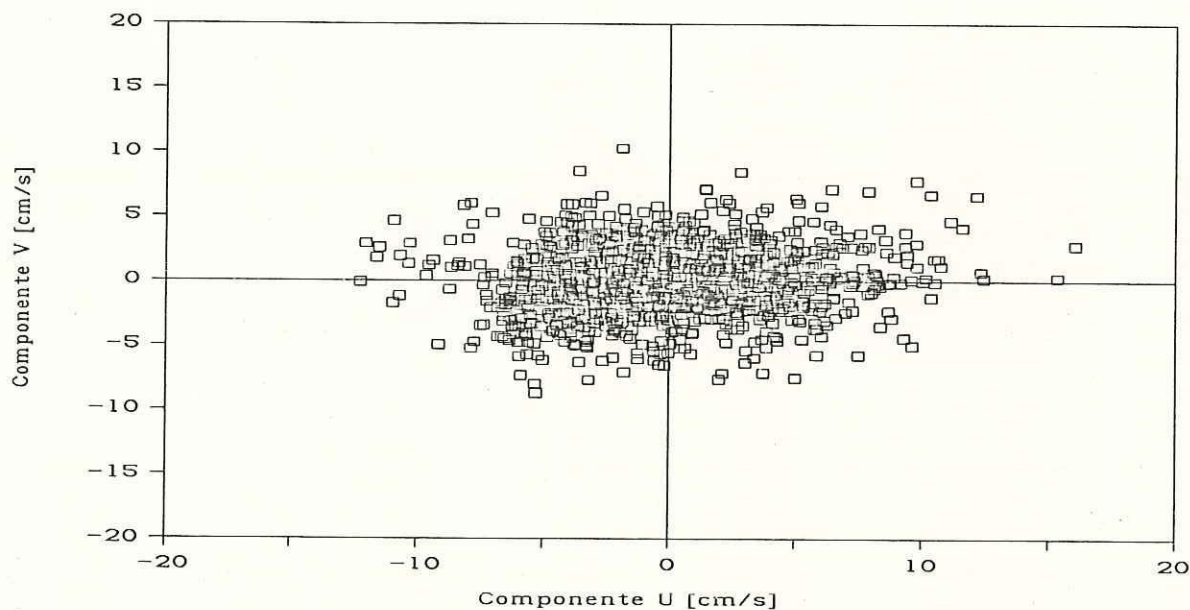
Con las triadas de 1024 datos de información original de las fluctuaciones de presión y componentes horizontales de velocidad u, v similares a las mostradas en la figura 2, se puede adquirir una idea del sentido de propagación del oleaje al aplicar el método visual o gráfico.

Es conveniente para tal efecto representar la información en un gráfico de p, u y v (fig. 6a) para determinar la consistencia en fase entre las tres cantidades y ayudarse con otro gráfico de la componente u contra la componente v (fig. 6b); puesto que la componente v está orientada en la dirección del norte geográfico, una gráfica como tal nos proporciona una idea de la dirección de propagación del oleaje (fig. 6b). El sentido de propagación se obtiene con la figura 6a.

ROSARITO, B.C.
19/10/85 A LAS 11:00 HORAS



(a)



(b)

Figura 6a.- Gráfico de las componentes p , u , v para obtención del sentido de propagación del oleaje.

Figura 6b.- Gráfico de u vs. v para la obtención de la dirección de propagación del oleaje.

El sentido de propagación se puede obtener si se hace una gráfica de las tres señales (fig. 6b) y se aplica el método visual.

En las figuras 7-13 se presentan siete gráficas con información similar a la que se describió en el párrafo anterior.

Algunos de los espectros de energía correspondientes a los archivos elegidos para ejemplificar el método gráfico se muestran en las figuras 14 y 15.

Estos gráficos corresponden a situaciones que se eligieron por contener información de oleaje arribando con los mayores valores angulares durante el mes de Octubre.

Debido a la gran similitud en señal que presentan los registros del período de estudio, sólo se presentan aquellos que se consideraron como los más adecuados para ejemplificar el método, es decir que, si se quisiera presentar una secuencia de cada serie de tiempo, haría el presente trabajo muy voluminoso y poca sería la información que se pudiese obtener, para el propósito del estudio.

Al aplicar el método gráfico a las figuras 7- 13, es posible tener una idea del ángulo de propagación del oleaje (figs. 7b-13b).

Sin embargo, el sentido en que la energía se está propagando

ROSARITO, B.C.
19/10/85 A LAS 05:00 HORAS

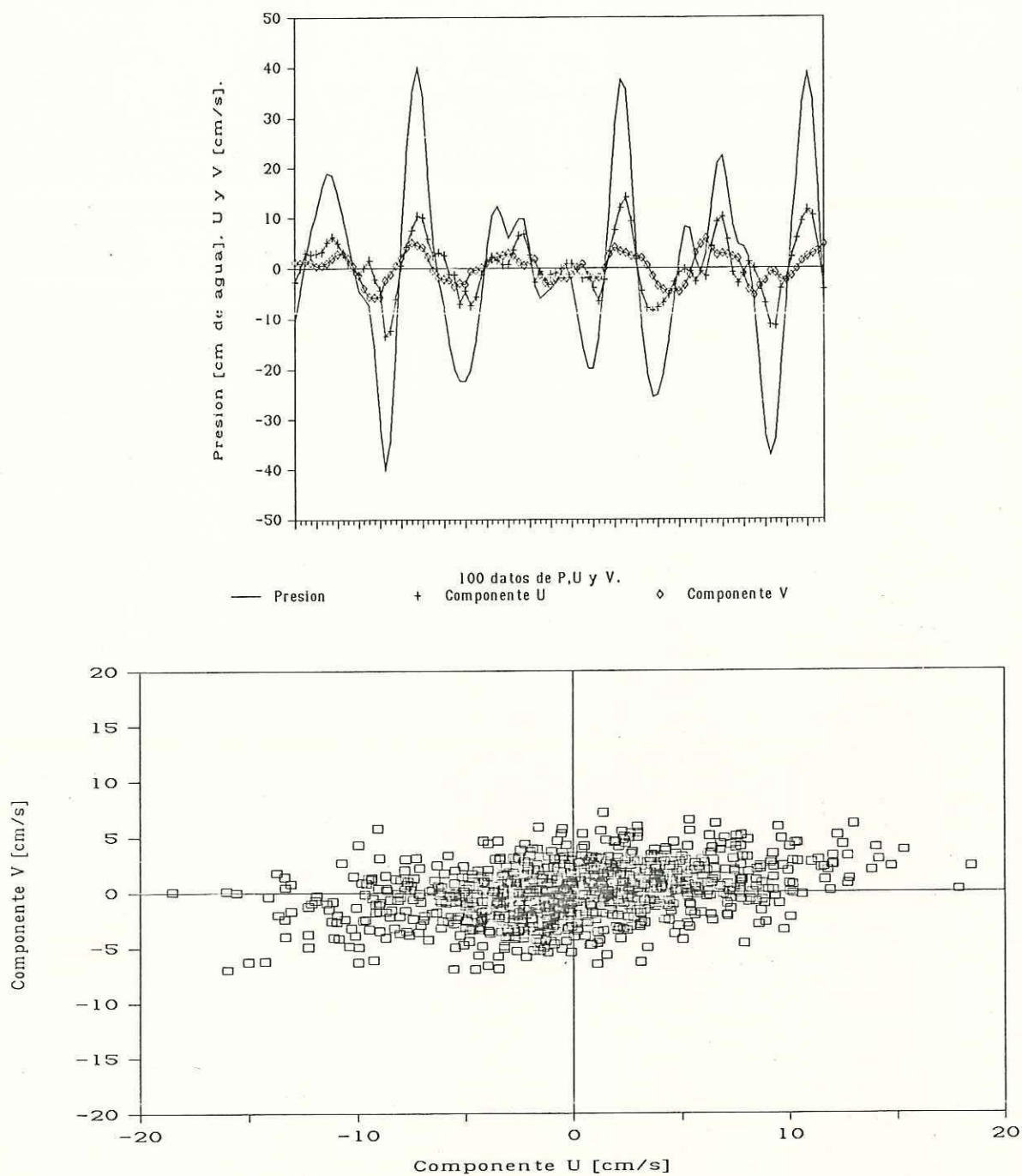


Figura 7.- Gráficas de p, u, v y de u vs. v.

ROSARITO, B.C.
19/10/85 A LAS 08:00 HORAS

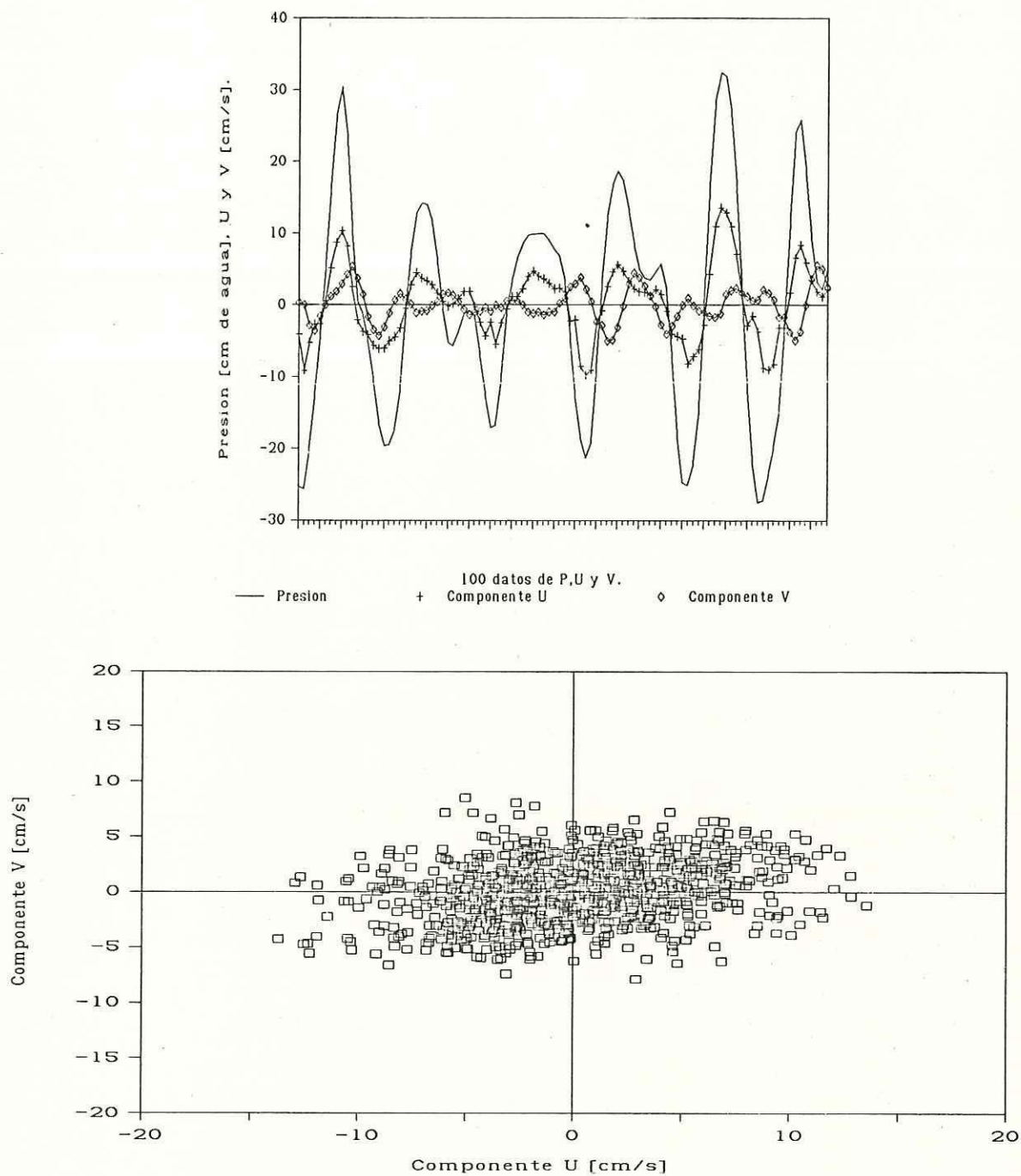


Figura 8.- Gráficas de p, u, v y de u vs. v.

ROSARITO, B.C.
19/10/85 A LAS 23:00 HORAS

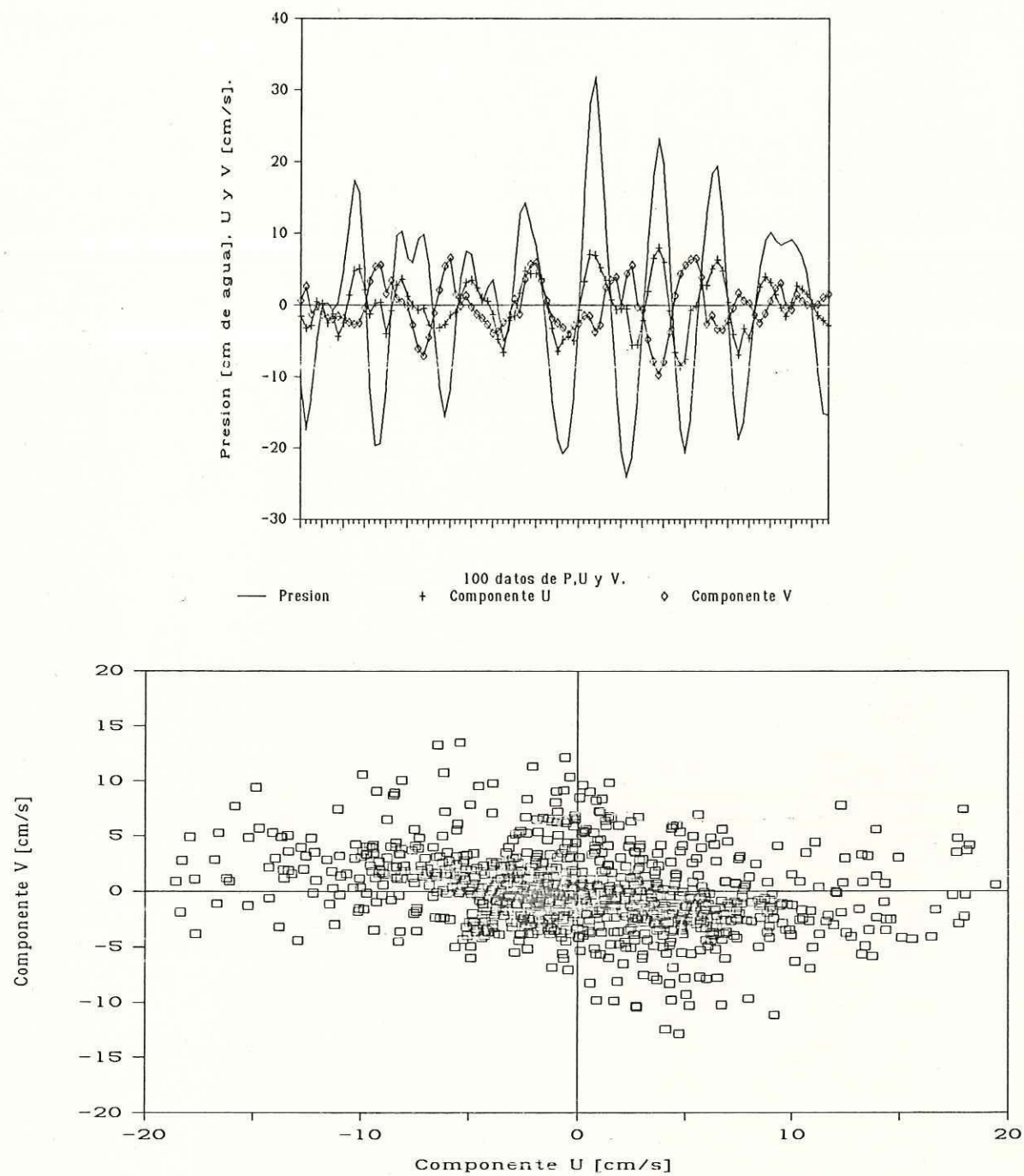


Figura 9.- Gráficas de p,u,v y de u vs. v.

ROSARITO, B.C.
22/10/85 A LAS 08:00 HORAS

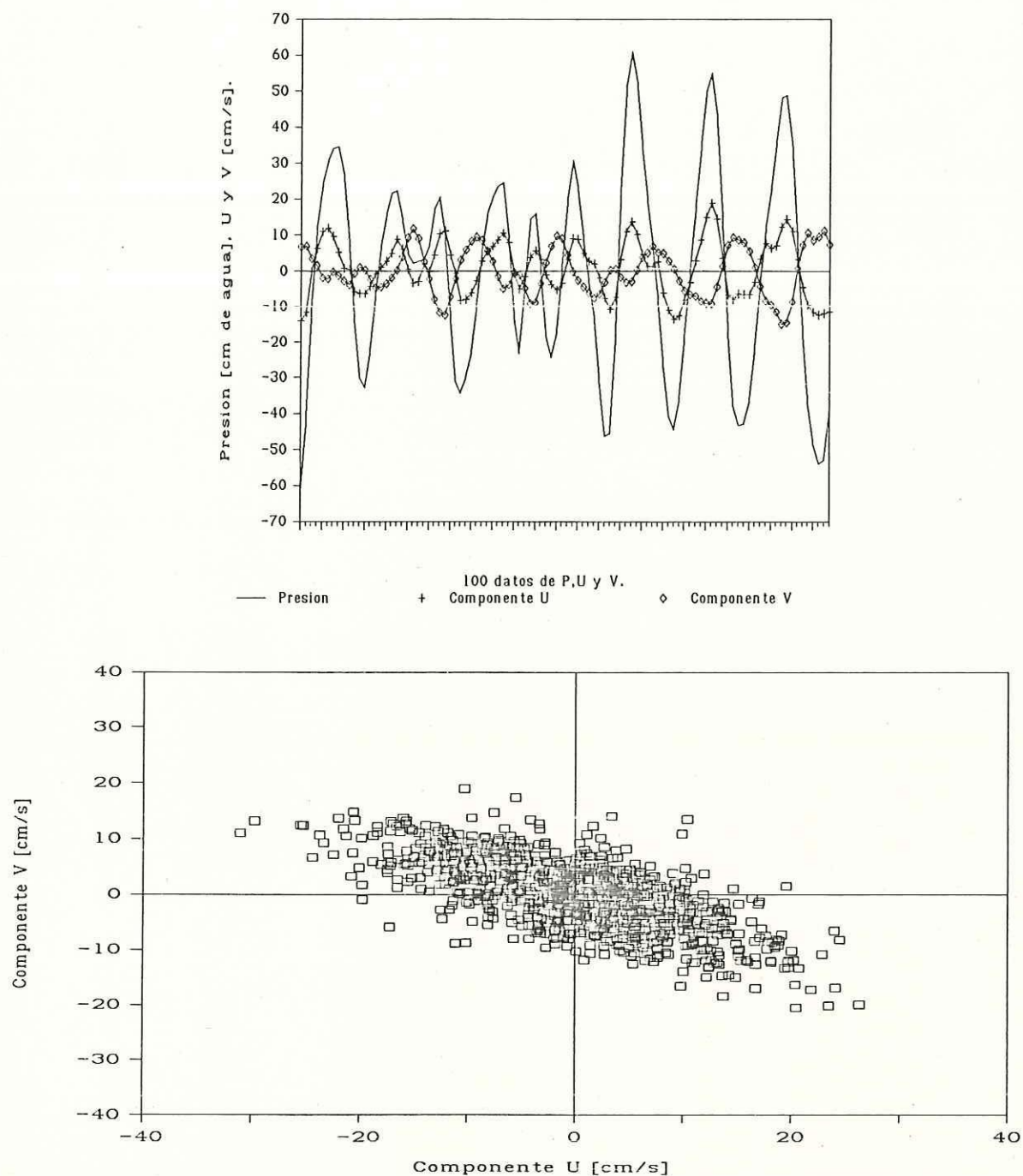


Figura 10.- Gráficas de p,u,v, y de u vs. v.

ROSARITO, B.C.
24/10/85 A LAS 02:00 HORAS

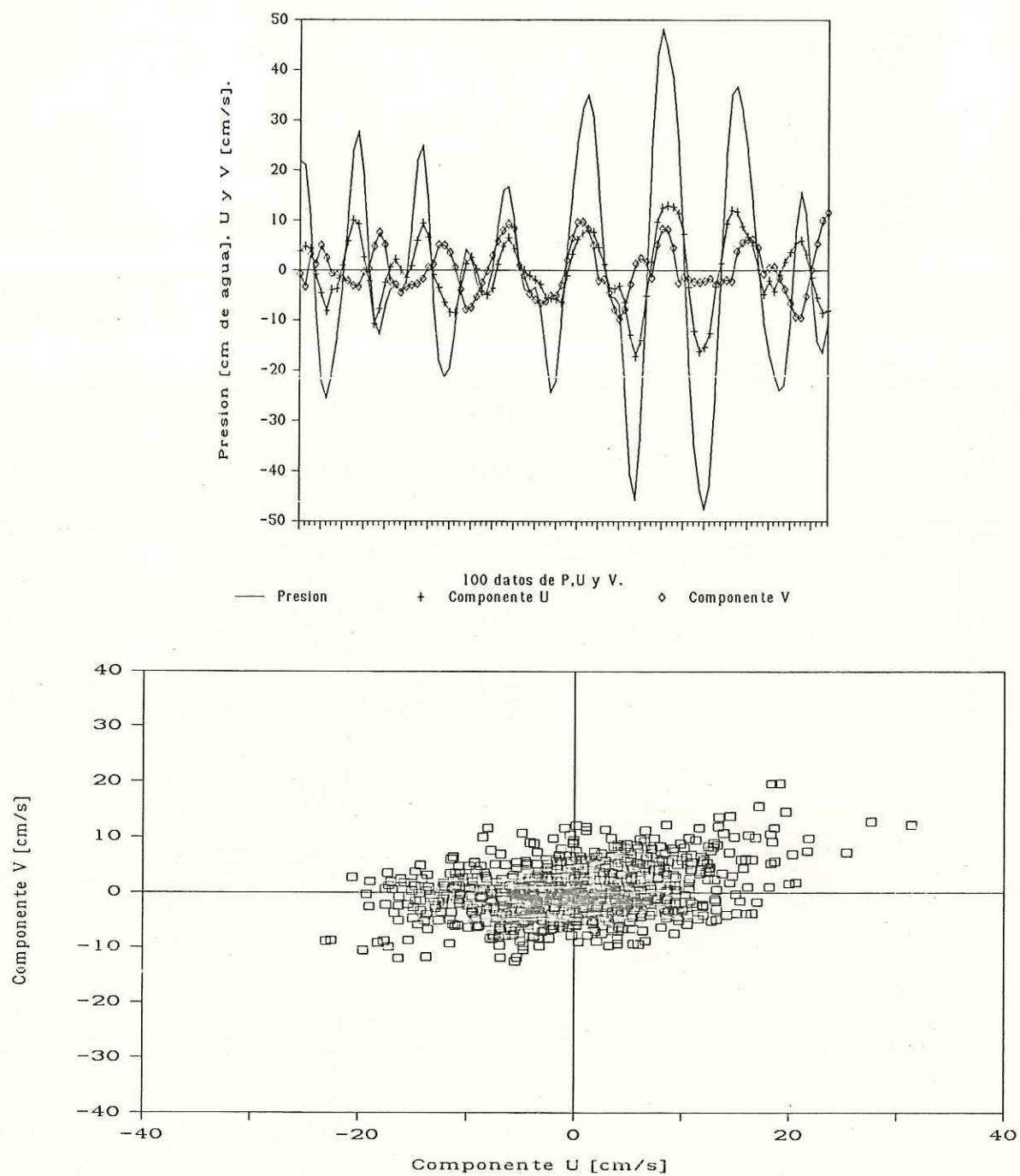


Figura 11.- Gráficas de p,u,v y de u vs. v.

ROSARITO, B.C.
25/10/85 A LAS 17:00 HORAS

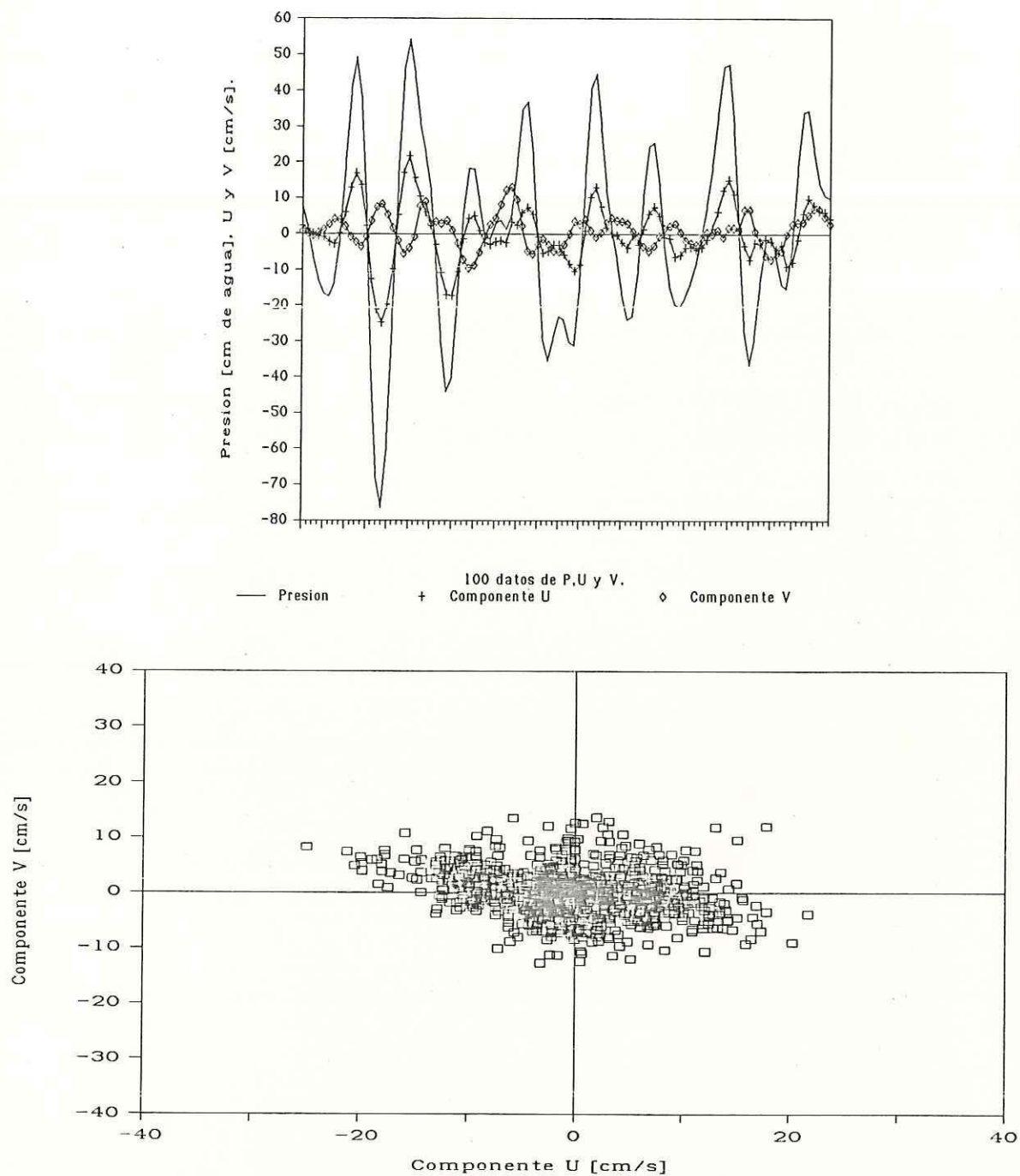


Figura 12.- Gráficas de p,u,v y de u vs. v.

ROSARITO, B.C.
28/10/85 A LAS 17:00 HORAS

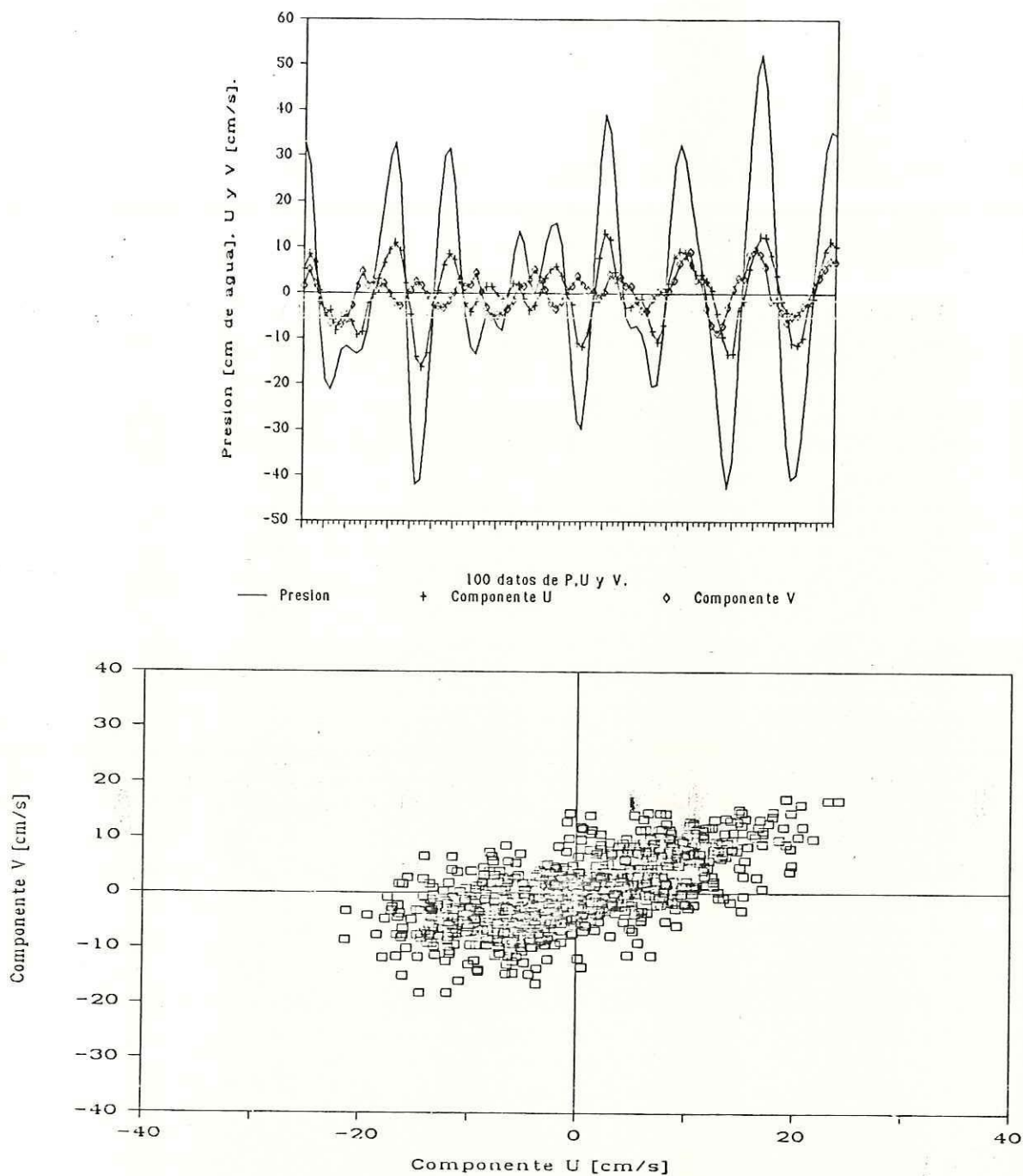
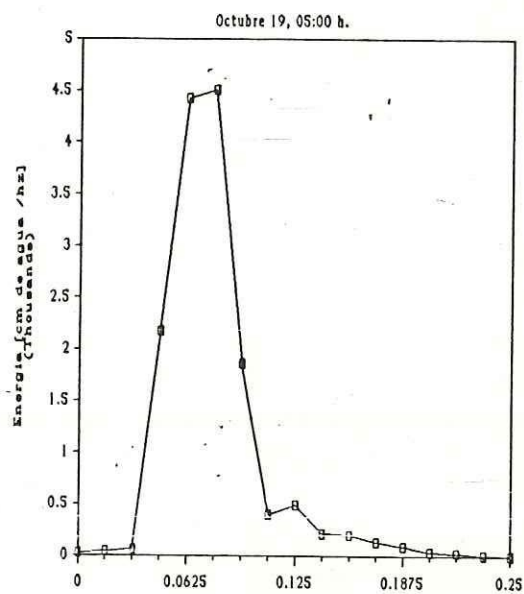
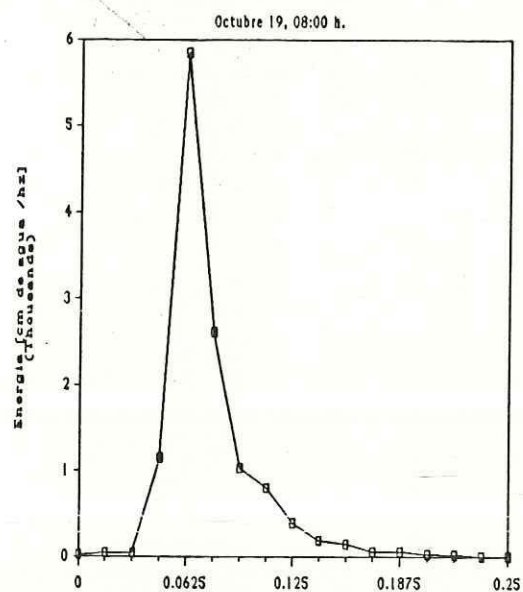


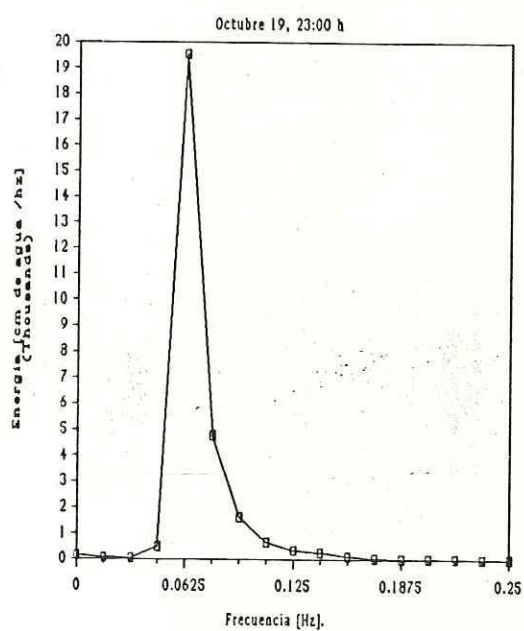
Figura 13.- Gráficas de p,u,v y de u vs. v.



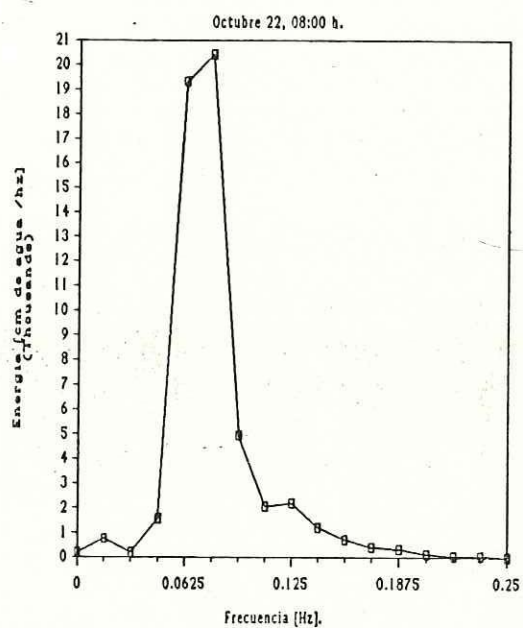
(a)



(b)

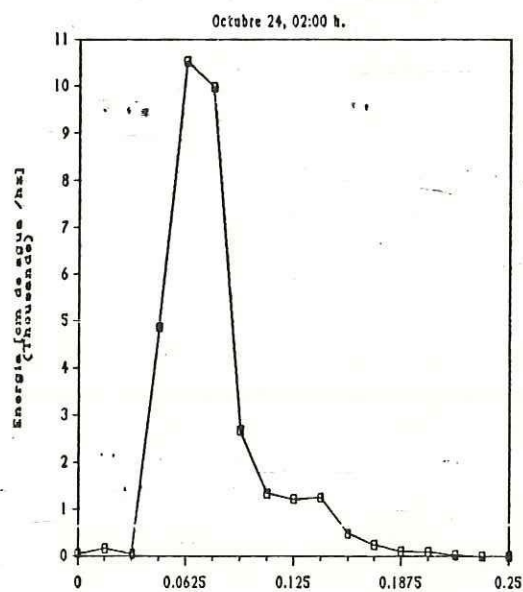


(c)

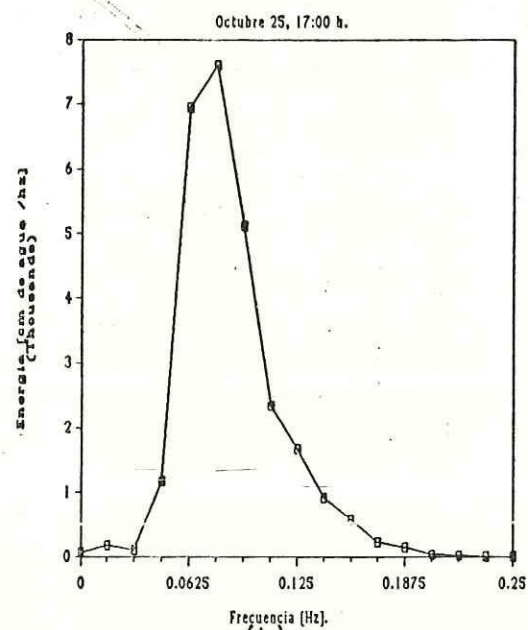


(d)

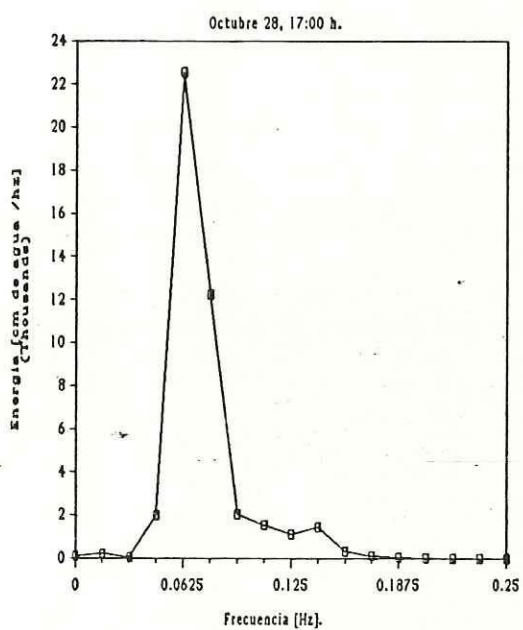
Figura 14.- Gráficas de los espectros de energía.



(a)



(b)



(c)

Figura 15.- Gráficas de los espectros de energía.

queda indeterminado para las figuras 7, 8 y 12 debido a que el patrón que siguen las componentes u y v no es acorde con los máximos de la señal de presión como lo indica la teoría lineal.

Una posible explicación a ésta situación, la cual limita un poco a éste método, se atribuye al bajo contenido energético del oleaje para los días correspondientes como se puede observar en los espectros de energía que se muestran en las figuras 14 y 15, y además a la profundidad de instalación del instrumento, esto es, el grosor de la columna de agua actúa como un filtro que atenúa la señal; y si el contenido energético del oleaje es pequeño, la señal no podrá ser registrada a una profundidad determinada.

Sin embargo la limitante anterior tiene solución en experimentos futuros, ya que los valores límites del contenido energético y las profundidades en las que el método gráfico es aplicable pueden ser conocidos, esto es, a partir de la teoría lineal se puede obtener ésta información con bastante aproximación a la realidad.

La magnitud de las fluctuaciones de las series de tiempo de p , u y v proporcionan una idea relativa del contenido energético (fig. 2), por lo que no es del todo necesario estimar los espectros (figs. 14 y 15) para calcular el contenido energético, además de que se puede adquirir información del ángulo de aproximación directamente a partir de las series de tiempo por ejemplo en el caso de que la fluctuación de la componente u sea muy similar a la de la componente v , es de esperarse que el

ángulo resultante oscile entre 45° ó 225° con respecto al eje x positivo, y aumentando en el sentido de las manecillas del reloj.

Ahora, y en contraste con la situación en la que el método es criticable para la determinación del sentido de propagación del oleaje (que se puede solucionar en algunos casos debido a lo explicado en los párrafos anteriores), se tienen situaciones en las cuales es posible determinar el ángulo y sentido de propagación como en los casos de las figuras 9, 10, 11 y 13.

Es decir, en éstas gráficas se sostiene el concepto teórico de que el máximo de la señal de presión coincide con los máximos de las componentes horizontales de velocidad, que en estos casos corresponden a situaciones en las cuales se tiene un mayor contenido de energía (figs. 14 y 15) y el método visual concuerda con la teoría lineal en contraste con las gráficas de las figuras 7, 8 y 12, que corresponden a las situaciones de bajo contenido energético (figs. 14 y 15), el método visual no se sostiene con la teoría lineal sólo en algunos de los valores presentados.

La aplicación de éste método es práctica, y las limitantes del contenido energético y de profundidad de instalación pueden ser consideradas en el diseño del experimento, de modo tal que éste funcione de una manera adecuada ante diversas situaciones de comportamiento del oleaje.

Sin embargo, oleaje arribando en forma simultanea con características similares de energía en frecuencia y diferentes

direcciones es la limitante más severa de éste método, y de los otros dos métodos que a continuación se presentan.

IV.2.- Método de Nagata.-

El cálculo del ángulo de aproximación del oleaje estimado por el método de Nagata proporciona información del ángulo principal promedio por cada registro, más no del sentido de propagación.

Para la información procesada en el presente trabajo se sabe que la costa se encuentra hacia el Este, por lo que el sentido de propagación puede ser determinado, ya que es difícil concebir la propagación de la energía de la costa hacia el océano.

La figura 16a muestra la gráfica de dirección de arribo del oleaje obtenida por el método de Nagata, y en la figura 16b se presentan los valores de máximos de presión por archivo.

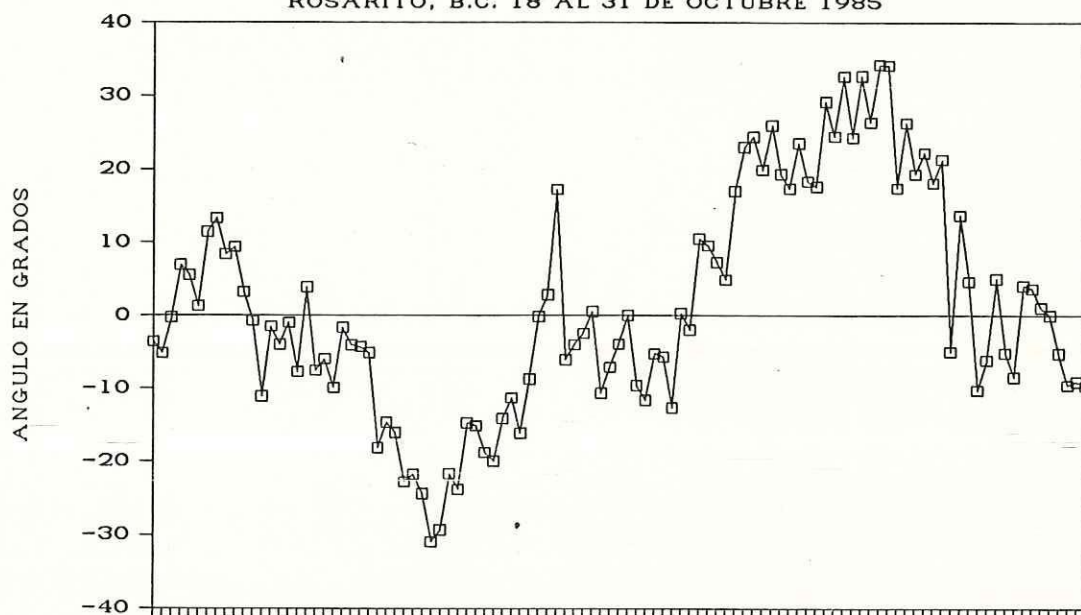
En éstas figuras podemos observar que existe una alternancia en la dirección del ángulo de aproximación del oleaje, y que ésta alternancia coincide con los máximos de presión del oleaje.

A su vez, a partir de la observación de estas dos figuras se puede apreciar que el máximo de los máximos de presión coincide con el arribo de oleaje del Norte.

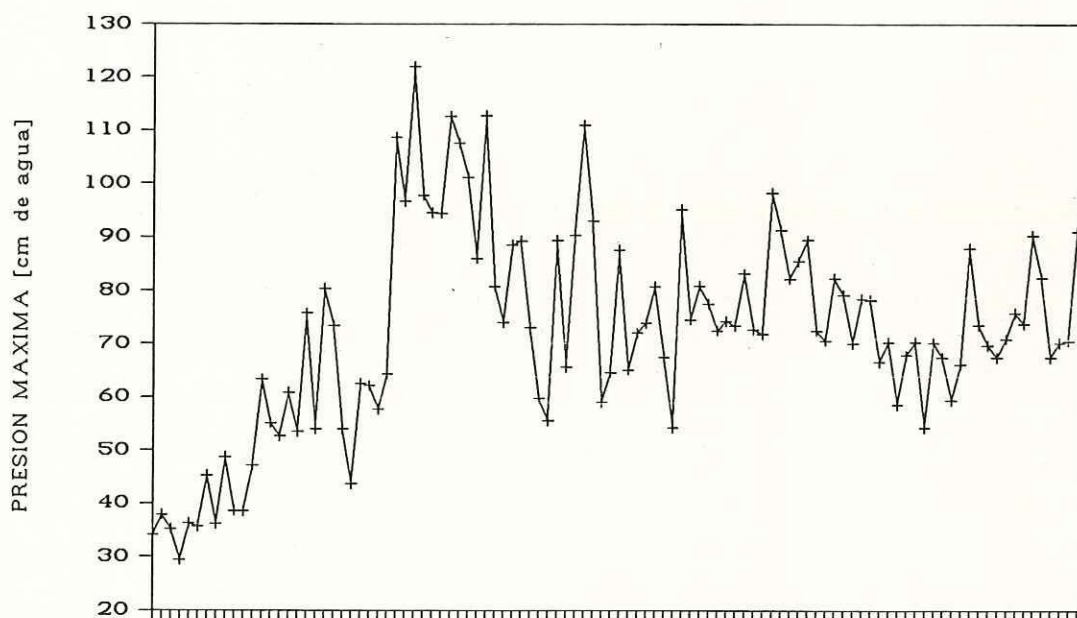
La ventaja de utilizar éste método es su relativa facilidad

DIRECCION DE ARRIBO DEL OLEAJE

ROSARITO, B.C. 18 AL 31 DE OCTUBRE 1985



(a)



(b)

Figura 16a.- Gráfica de dirección de arribo del oleaje obtenida por el método de Nagata.

Figura 16b.- Valores máximos de presión por archivo.

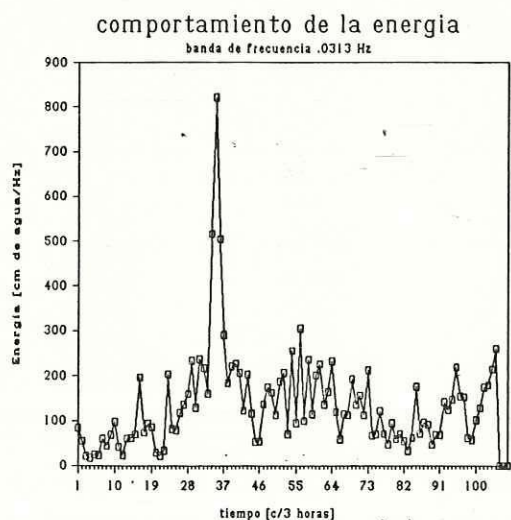
de implementarlo en una rutina de computación, pero al igual que para el método anterior en situaciones de arribos de oleaje con energía de frecuencia similar pero de diferente dirección en forma simultanea es la limitante más severa, y a diferencia del método anterior, no es fácil utilizando solamente el método de Nagata conocer el sentido de propagación del oleaje.

IV.3.- Método del Espectro Direccional.-

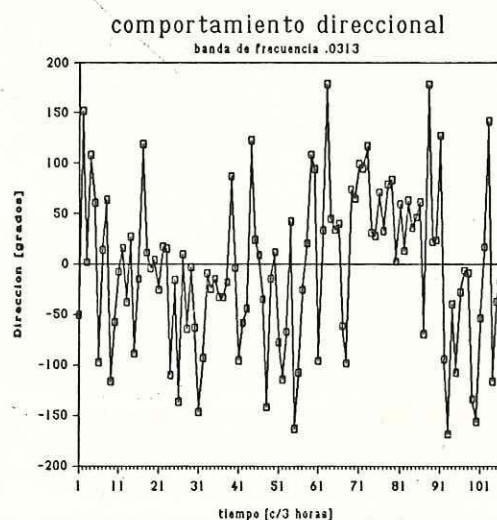
Las figuras 17, 18 y 19 representan el cambio del ángulo y energía por frecuencia en el tiempo.. Las bandas de frecuencia elegidas corresponden a las que contienen el mayor porcentaje de energía durante el experimento.

Estas gráficas permiten interpretar el contenido energético y la dirección de propagación para la banda de frecuencia elegida durante el período del experimento.

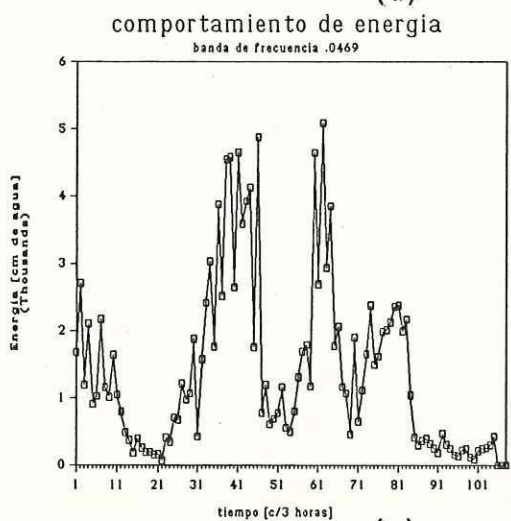
Las figuras presentan el comportamiento de la energía y dirección para las bandas de frecuencia de 0.0313 Hz hasta la banda de .1406 Hz, siendo las bandas con mayor contenido energético son las de 0.0625 y 0.0781 Hz (16 y 12.8 s), oleaje conocido como "swell" (figs. 17e y 18a, respectivamente).



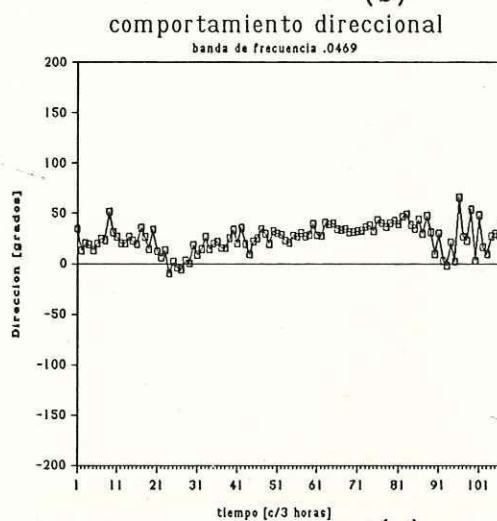
(a)



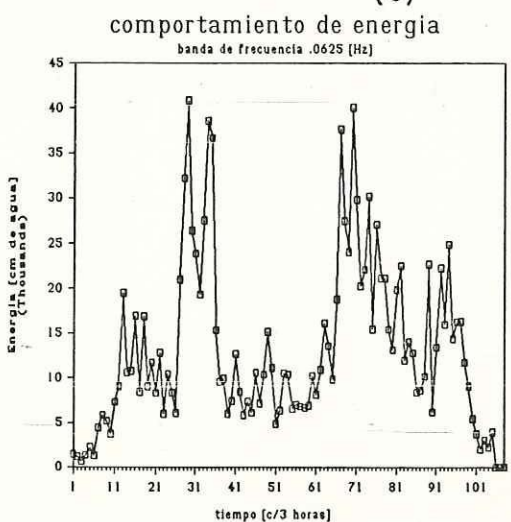
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 17.- Gráficas de comportamiento de la energía y comportamiento direccional por banda de frecuencia (de .0313 a .0625 Hz).

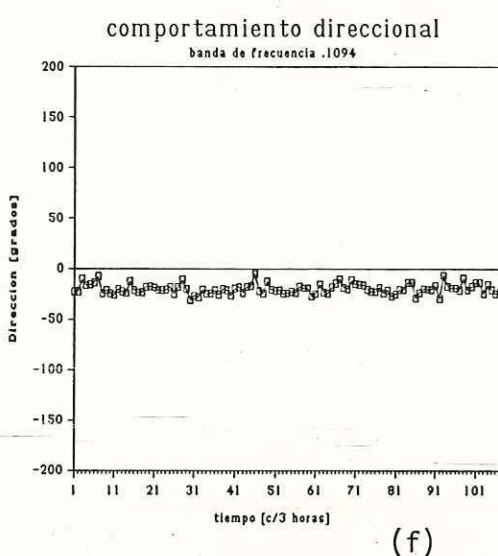
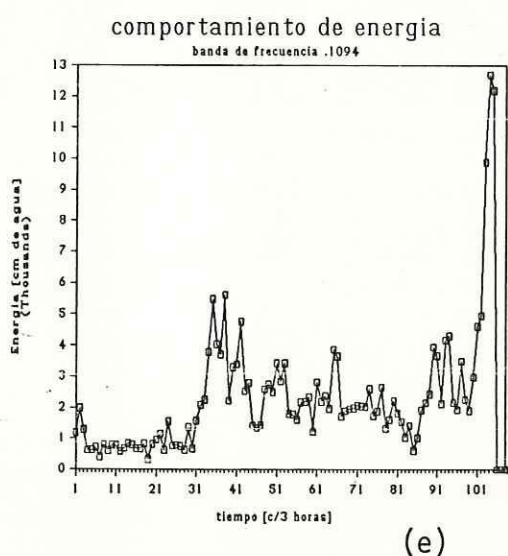
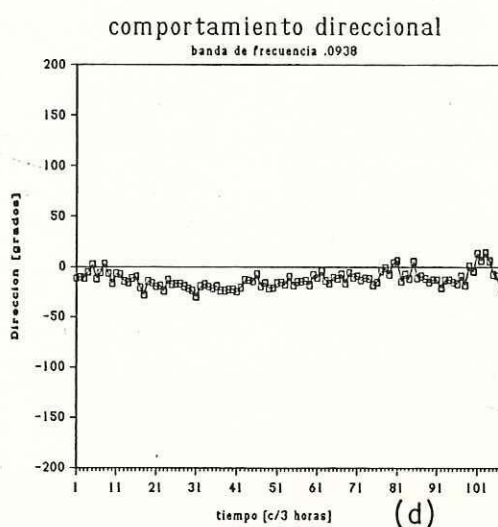
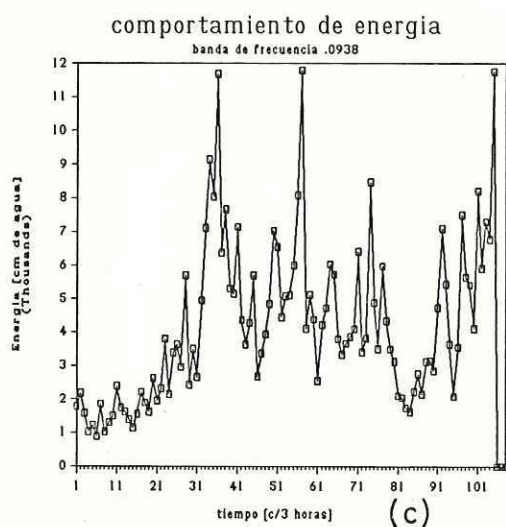
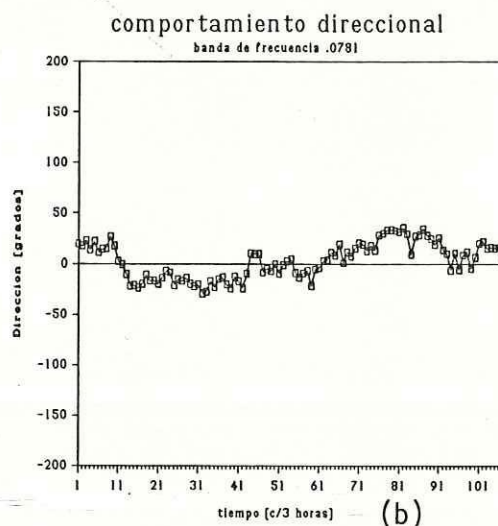
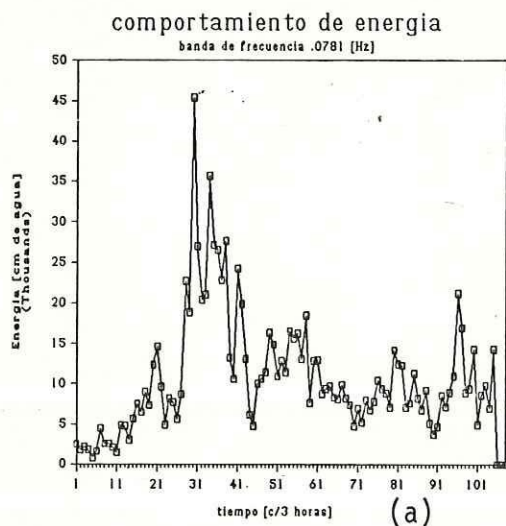


Figura 18.- Gráficas de comportamiento de la energía y comportamiento direccional por banda de frecuencia (de .0781 a .0109 Hz).

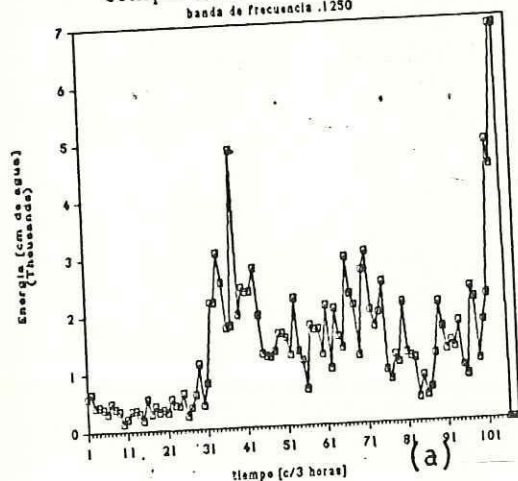
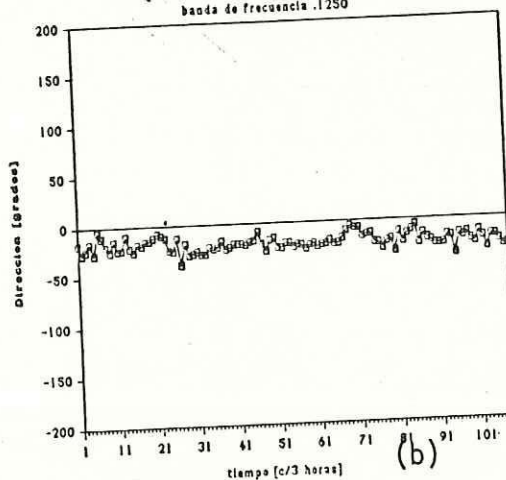
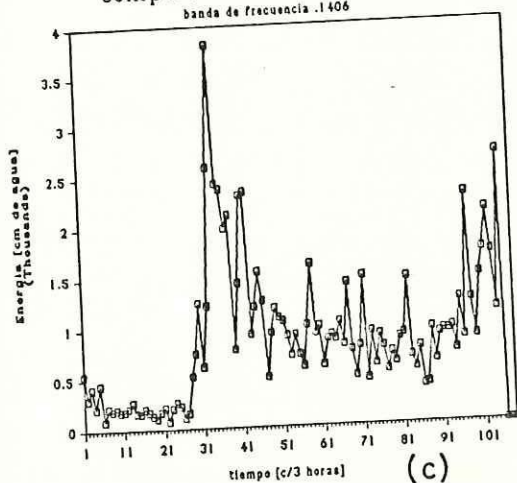
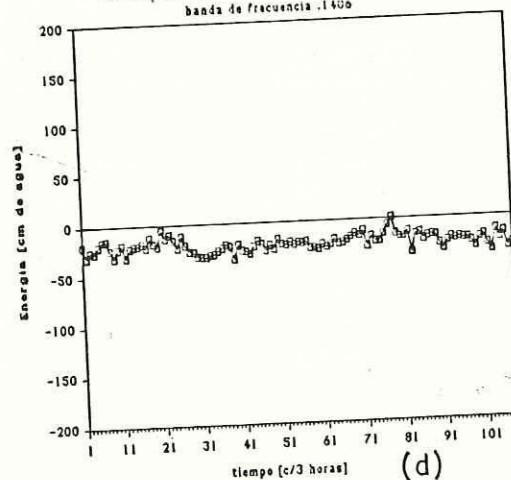
comportamiento de energía
banda de frecuencia .1250comportamiento direccional
banda de frecuencia .1250comportamiento de energía
banda de frecuencia .1406comportamiento direccional
banda de frecuencia .1406

Figura 19.- Gráficas de comportamiento de la energía y comportamiento direccional por banda de frecuencia (de .1250 a .1406 Hz).

Los máximos de energía (figs. 17e y 18a) corresponden de acuerdo a las gráficas de comportamiento de dirección (figs. 17b y 17d) a ángulos negativos que indican oleaje arribando del Norte, es decir, las olas procedentes del Norte son las que presentan los valores más altos de energía, aunque se observa oleaje procedente del sur (valores positivos) pero no es tan energético, y comparando estos resultados con la gráfica obtenida por el método de Nagata, éstos son muy similares.

Además al observar las figuras 18c y 18e, resulta que (oleaje de período de 10.6 y 9.14 s respectivamente) la energía es poca y con predominancia del Norte, al igual que para las figuras 19a y 19c pero en estos casos la energía es menor.

La mayor limitante para éste método al igual que para el gráfico y el de Nagata es cuando se presentan arribos de oleaje de direcciones diferentes pero frecuencia similar.

La ventaja del método Gráfico o Visual sobre los métodos de Nagata y Espectro Direccional radica en que el procesamiento que se aplica a la información es mínimo, lo cual es favorable para fines prácticos, y por lo tanto menos costoso, pues con un conocimiento adecuado de la teoría lineal es posible estimar la dirección y el sentido de propagación del oleaje.

IV.4.- Administración de Zona Costera, oleaje, estimación del ángulo y sentido de aproximación de las olas, recursos marinos, e interacción entre el hombre y la zona costera.-

El crecimiento y diversidad de la demanda por el uso de la zona costera representa un gran número de dificultades, algunas de las cuales caen dentro de la categoría de conflictos de uso múltiple. Por ejemplo, la natación y el surfing no son compatibles en aguas contiguas, al igual que el asolearse y el uso de vehículos de doble tracción y motocicletas a lo largo de la playa. Otro conflicto de uso es el que tiene que ver con la propiedad pública y privada, zonas para turismo y para uso industrial, el uso de zonas de desecho industrial y pesquerías, contaminación de acuíferos costeros, sobrepoblación de sitios de recreación, etc.

Además de la competencia por los recursos costeros y marinos, otro tipo de externalidad, y una de las más importantes, es la que se refiere al diario conflicto entre el hombre y la naturaleza.

De todos los ambientes marinos existentes, los más dinámicos se encuentran localizados en la intersección entre el mar y la tierra, es decir, a lo largo de la zona costera. Las playas y muchos otros ambientes marinos costeros constantemente están cambiando, ya que se encuentran dominados por mareas, corrientes, estaciones del año, y principalmente por la acción de las olas sobre la costa (Kennett, 1982).

Tormentas costeras, erosión de la costa, cambios relativos de la elevación en el nivel del mar, etc., representan una constante amenaza para las propiedades costeras, playas y calidad del agua, entre otros.

Pero que es la costa. No existe, a la fecha, una definición única de costa o zona costera, ya que dependiendo del uso de esta (científicos, políticos, económicos, sociales o militares) se utilizarán diferentes definiciones. Para los propósitos del presente trabajo se definirá la costa o zona costera como la región donde las mareas, oleaje y corrientes marinas tienen una influencia sobre una zona continental.

La forma y naturaleza de las playas dependen de la altura de las mareas y la acción de las olas, además del material que las conforma. Por ejemplo, si se tiene una amplia playa arenosa en marea baja, puede desaparecer completamente en marea alta. Esto es bastante normal y no causa problemas pues la reaparición de la playa es casi cierta. Sin embargo, después de una tormenta de invierno severa, una playa puede desaparecer completamente y no volver a aparecer. Este proceso, llamado erosión, combinado con una posible elevación del nivel del mar se debe estudiar cuidadosamente desde un punto de vista científico y como base para perspectivas de un desarrollo costero, ya que puede agravarse en zonas donde existen asentamientos urbanos donde los códigos de construcción son pobres, lo que causará grandes pérdidas económicas y posiblemente humanas.

Durante un período de unos cuantos años la configuración general de una línea de costa parece ser relativamente fija, a menos que se modifique mediante una estructura hecha por el hombre. Sin embargo, sobre la línea de costa se encuentra sujeta a una modificación continua resultado de las variaciones locales diarias, estacionales y anuales en la intensidad y dirección del embate de las olas. Las variables más importantes involucradas en el carácter de las playas son material de la playa, el material que encajona la playa, las olas, ya sean generadas por vientos locales o de tormentas a gran distancia de la costa (Johnson, 1956)

Las olas superficiales generadas por el viento son la principal fuente de energía hacia la zona litoral, son responsables de la erosión de la costa y de la formación de estructuras depositacionales en las playas, a su vez, las olas generan corrientes de retorno y a lo largo de la playa en la región de zona costera, y estas son responsables de la deriva litoral de los sedimentos a lo largo de la playa (Komar, 1976), peligrosas para los nadadores, importantes para la renovación de aguas cercanas a la costa y remueven contaminantes que se han arrojado al mar.

La generación de las corrientes a lo largo de la costa depende del ángulo de aproximación del oleaje hacia la costa, por lo tanto es importante conocer este ángulo además de los demás parámetros del oleaje (T , H_o , $\tan B$, velocidad del viento, etc) para la predicción de corrientes litorales y su variabilidad (Komar,

1976).

La forma y/o geomorfología de las costas depende del ángulo de aproximación del oleaje, esto es, las costas tienden a formarse lo más cercanamente a ángulos rectos a la dirección de aproximación del oleaje, siendo ésta la forma de costa más estable ya que la deriva litoral a lo largo de la costa es mínima bajo éstas condiciones (King, 1969).

La aproximación del oleaje en forma diagonal a la costa origina corrientes a lo largo de la costa, que son importantes en la deriva de sedimentos a lo largo de la playa. El transporte litoral sedimentario varía como resultado de un cambio de aproximación del oleaje debido a variaciones estacionales climáticas a lo largo del año (King, 1969).

El movimiento de arenas a lo largo de la costa se manifiesta cuando los movimientos naturales son prevenidos por la construcción de rompeolas, jetties, etc., ya que dichas estructuras actúan como presas para la corriente litoral, causando acumulación de material o construcción de playas en la zona corriente arriba de la estructura, y erosión simultánea en la dirección corriente abajo. Esto a menudo tiene consecuencias severas en la erosión de propiedades costeras, y por ésta razón los ingenieros costeros, geólogos, etc., han mostrado un interés considerable en las cantidades de transporte litoral y los procesos que producen este movimiento (Komar, 1972).

Además del interés en su determinación para calibrar y evaluar modelos de predicción del oleaje (Doneland et al., 1985), al contar con el ángulo de propagación los ingenieros involucrados en la construcción de estructuras, tanto oceánicas como costeras, pueden analizar los posibles movimientos y esfuerzos a los que está sujeta cualquier estructura flotante o fija, así como los procesos relacionados con el transporte de sedimento, pues son la altura de la ola y su ángulo de incidencia los que determinan en gran medida la dirección de las corrientes que se generan en los cuerpos de agua.

La estimación del ángulo de aproximación del oleaje a las costas es un tema que ha requerido especial atención tanto en el ámbito científico como ingenieril. A su vez, con la creciente migración hacia la zona costera en demanda de la alta actividad socio-económica generada por un incremento de la actividad portuaria, explotación pesquera, desarrollo de centros turísticos, transporte marítimo, etc., junto con las políticas de descentralización del Plan Nacional de Desarrollo Urbano, los administradores se han interesado también por los estudios de oleaje, además de los demás fenómenos oceanográficos que actúan sobre la zona costera.

Por lo tanto, el desarrollo futuro de la zona Costera requiere de estudios integrales para una buena planeación, organización, control, entendimiento y administración de la misma.

De acuerdo a lo dicho anteriormente, el efecto del oleaje y

las corrientes es sobre la zona costera, entre otros de los atributos del mar, un factor importante que deben tomar en cuenta los Administradores de Zona Costera, y no sólo ellos sino también los Administradores de Recursos Marinos de cualquier tipo.

Aunque el estudio de las olas y corrientes oceánicas se ha relacionado principalmente con la Oceanografía Física, a su vez estos estudios son importantes en el desarrollo las formas costeras, modificación de las plataformas continentales, erosión, transporte y depositación de material a lo largo de las costas y hacia el mar, etc., y por lo tanto también deben ser relacionados con la Oceanografía Geológica.

En la década pasada, con la elevación de los precios del petróleo hubo un aumento en la explotación del los recurso marinos no renovables, la tecnología involucrada en la planeación y manufactura de plataformas marinas de dragado y extracción necesita a su vez de los conocimientos del ambiente oceánico tanto físico, geológico como atmosférico (rango de mareas, profundidad del agua, altura y dirección de olas, corrientes superficiales y de fondo, velocidad del viento, etc).

Además del recurso energético no renovable (hidrocarburos) que se pueden explotar del mar, este es a su vez una fuente en recursos de energía renovable que potencialmente pueden ser utilizados. Algunas de estas fuentes de energía son: energía térmica oceánica, de mareas y del oleaje.

Entre los recursos marinos renovables uno de los de mayor importancia económica es el recurso biológico. Además de que los Administradores de Pesquerías deben revisar las contribuciones dadas por la Oceanografía Biológica, Química y Geológica para el conocimiento científico de la pesquerías costeras nacionales (característica importante en la determinación de las capturas sostenibles, y viajes para captura entre otras cosas) , deben tomar en cuenta también los procesos físicos involucrados, ya que muchos de los organismos se distribuyen en función del comportamiento de las temperaturas oceánicas, salinidad, etc., cuya distribución depende y se modifica por la acción de las corrientes y el oleaje intenso que actúa sobre las capas superficiales del océano.

Puesto que los efectos de cambios o variaciones dentro del medio ambiente se manifiestan notablemente en las capturas, es conveniente contar con información periódica sobre ellos y si es posible predecir tales variaciones, por lo tanto, la aplicación de métodos científicos de investigación a los recursos vivos del mar permite conocer de que manera cambian estos en su distribución y composición que recae en una mejor aprovechamiento y administración de los mismos.

Dentro de los usos de la zona costera y del medio ambiente marino la recreación en el mar o cerca del mar es uno de los más importantes. Esto da como resultado alta densidad de población en áreas costeras, aumento del interés recreativo en otras áreas y el valor de amenidad o escénico que algunas costas representan.

Lo anterior dependerá mucho del tipo de playa o zona costera de la que se hable, las facilidades que existan, el tipo de material que la forme y el tipo de oleaje y corrientes que se presenten.

Aunque es difícil evaluar éste último punto, no es difícil entender la atracción de escapar de la ciudad en un día caluroso, e ir a la costa a refrescarse, nadar o hacer uso de otras atracciones y/o deportes acuáticos. Otra atracción especial del ambiente marino se puede encontrar en personas dispuestas a pagar sumas considerables para tener un lugar cercano a la costa para vivir o vacacionar, y mientras más cercano esté a la playa más caro será el precio debido a la vista entre otras cosas.

Ahora si una playa es utilizada además para diferentes actividades, lo más probable es que surgan conflictos y el beneficio per cápita empiece a disminuir y puede terminar por disminuir el beneficio total. Debido a esto, lo más recomendable es que en el futuro exista una mejor planeación y regulación de la recreación marina.

Además de la anterior, existen otras maneras de como el hombre interactúa con la zona costera ya sea de forma benéfica o adversa. Es crítico reconocer estos tipos de interacción para un mejor desarrollo, planificación y administración de la zona costera.

Los tipos de interacción adversa basados en las condiciones de activación pueden dividirse como políticos, a larga distancia, de tormentas y de condiciones estables, científicos, sociales, económicos, etc.

A continuación se describen brevemente algunos de ellos:

-La interacción adversa por activación de tipo político depende de las decisiones de la comunidad para como responder a un caso de erosión de una playa, a cualquier acción sobre la zona costera, o cualquier tipo de proyecto de estabilización de la línea de costa, pero la mayor parte de las veces se hace en base a las consideraciones políticas de moda, sin importar otro tipo de consideraciones incluyendo la científica.

-La activación de tormenta es cuando se construyen estructuras de estabilización como paredes y revestimientos para que actúen solo en casos de tormentas, y que cubren en muchos casos la cara de la primera duna o se construyen paralelos a las playas sobre el límite de la marea más alta, y que en muchos casos son los causantes de la erosión de las playas más que de protección ya que impiden la acción de respuesta natural de tormenta de la playa, pudiendo existir una pérdida irreversible de material durante un evento de tormentas.

-Activación a larga distancia, se refiere a efectos adversos de proyectos de estabilización corriente arriba que incrementan las razones de erosión de las playas corriente abajo.

-Y la interacción adversa de activación en estado o condiciones estables, donde estructuras y objetos construidos por el hombre interfieren con la dinámica costera cuando las condiciones son estables o podríamos decir cuando existen, las llamadas, condiciones de verano y no de invierno como el caso de tormenta.

La mayoría de las costas se encuentran sujetas a eventos periódicos de tormenta: huracanes, tifones y depresiones extratropicales. Cuando esto ocurre, fuertes vientos, mareas altas, inundaciones, y la acción violenta de las olas se combinan causando grandes impactos, cuando menos temporalmente, sobre estructuras naturales y hechas por el hombre. Los campos de dunas son inundados y llevados mar adentro convirtiéndose en barras de arena submarinas. La línea de costa puede retroceder varias decenas de metros. Lluvias torrenciales pueden causar severas inundaciones en áreas bajas. Además de estos efectos de tormentas y otros más, existen otros desastres a los que está sujeta la zona costera, como erosión gradual resultado de la elevación del nivel del mar entre otros (Clark, et al. 1980).

El costo público resultado de los daños por éstos desastres naturales puede ser muy grande. Después de una tormenta, grandes sumas de dinero son utilizadas para evacuación, asistencia médica, alojamiento temporal; y a largo plazo el alto costo de reconstrucción y reparación de propiedades públicas y privadas (Clark, et al. 1980).

Aunque lo descrito arriba no quiere decir que ninguna parte de la zona costera deba ser utilizada, estabilizada, o modificada de alguna manera en casos determinados, tampoco debemos permitir que las construcciones caigan al mar o que no se pueda reemplazar ninguna playa recreacional, por decir algo.

En resumen, como se puede obtener el mayor beneficio de las costas, estuarios, rios, playas, recursos acuáticos y submarinos, de la zona costera, y a su vez como proteger la zona costera?.

La protección total del ambiente costero no es del todo real ya que no se puede mantener alejada a la gente de todas las playas; la búsqueda de petróleo sobre el fondo marino y su extracción es vital para ésta época, además de que no se puede dejar de modificar la zona costera mediante estructuras de protección para los asentamientos humanos como para vías de acceso y puertos. Así mismo, la destrucción total es inconceivable para nuestra era ecologista o ambientalista. La gente no tolerará más, dentro de poco, el uso indiscriminado de las costas por las industrias que se puedan instalar en otros sitios, se deben proteger las estructuras y construcciones costeras. Por lo tanto cada comunidad costera debe preocuparse de sus prioridades y necesidades antes de que la zona costera llegue aun punto donde ya no sea posible hacer nada por ella y por lo tanto ya no existirá nada que administrar.

V.-CONCLUSIONES.-

-La aplicación del método gráfico a triadas de información registradas en forma simultánea por instrumentos de registro de oleaje resulta apropiada para la estimación de la dirección y sentido de aproximación del oleaje.

-Su aplicación es práctica, y las limitantes del contenido energético y de profundidad de instalación pueden ser consideradas en el diseño del experimento, de modo tal que éste funcione de una manera adecuada ante diversas situaciones de comportamiento del oleaje.

-El método gráfico resulta ser el de menor costo para la determinación del ángulo y sentido de arribo de oleaje.

-El cálculo del ángulo de aproximación del oleaje estimado por el método de Nagata proporciona información del ángulo principal promedio por cada registro, más no del sentido de propagación.

-La ventaja de utilizar éste método es su relativa facilidad de implementarlo en una rutina de computación, pero al igual que para el método anterior en situaciones de arribos de oleaje con energía de frecuencia similar pero de diferente dirección en forma simultánea es la limitante más severa, y a diferencia del método anterior, no es fácil utilizando solamente el método de Nagata

conocer el sentido de propagación del oleaje.

-Las gráficas obtenidas mediante el método del espectro direccional permiten interpretar el contenido energético y la dirección de propagación para la banda de frecuencia elegida durante el período del experimento.

-La ventaja del método Gráfico o Visual sobre los métodos de Nagata y Espectro Direccional radica en que el procesamiento que se aplica a la información es mínimo, lo cual es favorable para fines prácticos, y por lo tanto menos costoso, pues con un conocimiento adecuado de la teoría lineal es posible estimar la dirección y el sentido de propagación del oleaje.

-La limitante más severa para los tres métodos (gráfico, Nagata y espectro direccional) es cuando se presentan arribos de oleaje con energía de frecuencia similares y de diferentes direcciones. Por lo tanto, el desarrollo futuro de la zona Costera requiere de estudios integrales para una buena planeación, organización, control, entendimiento y administración de la misma.

-Los efectos del oleaje y las corrientes sobre la zona costera, entre otros de los atributos del mar, son un factor importante que deben tomar en cuenta los Administradores de Zona Costera, y no sólo ellos sino también los Administradores de Recursos Marinos de cualquier tipo.

-En una playa utilizada para diferentes actividades, llega el

momento en que surgen conflictos y/o externalidades, y el beneficio per cápita empieza a disminuir pudiendo terminar por disminuir el beneficio total. Por lo tanto se deben reconocer los tipos de interacción existentes entre el hombre y la zona costera para un mejor desarrollo, planificación y administración de la zona costera.

-Un aumento en la utilización de los recursos costeros para recreación, asentamientos urbanos, puertos, etc., han incrementado la necesidad de medidas de protección de las mismas contra la acción de la naturaleza. Sólo con el mejoramiento de la tecnología y conocimiento de los procesos naturales se podrán mejorar las alternativas de protección.

-El problema de mantenimiento de playas, asentamientos urbanos y puertos, y el efecto de estructuras ingenieriles sobre la zona costera sólo puede ser interpretado por el conocimiento de la mecánica física e hidráulica de las olas y corrientes, ya que sólo conociendo como se comportan los procesos naturales será posible desarrollar las medidas o políticas necesarias para protección de las mismas.

-La protección total del ambiente costero no es del todo real ya que no se puede mantener alejada a la gente de todas las playas; la búsqueda de petróleo sobre el fondo marino y su extracción es vital para ésta época, además de que no se puede dejar de modificar la zona costera mediante estructuras de protección para los asentamientos humanos como para vías de acceso

y puertos. Así mismo, la destrucción total es inconcebible para nuestra era ecologista o ambientalista. La gente no tolerará más, dentro de poco, el uso indiscriminado de las costas por las industrias que se puedan instalar en otros sitios, se deben proteger las estructuras y construcciones costeras. Por lo tanto cada comunidad costera debe preocuparse de sus prioridades y necesidades antes de que la zona costera llegue aun punto donde ya no sea posible hacer nada por ella y por lo tanto ya no existirá nada que administrar.

-Lo más recomendable es que en el futuro exista una mejor planeación y regulación de los recursos marinos y sus usos para un mejor aprovechamiento de los mismos.

VI.- LITERATURA CITADA.-

- BORGMAN, L.E., 1979. Data Buoy Wave Measurements, Ocean wave climate. Plenum Press, New York and London, 368 pp.
- CLARK, J.R., J.S. Banta, and J.A. Zinn., 1980. Coastal Eviromental Management: Guidelines for Conservation of resourses and Protection Against Storm Hazards. Washington, D.C.
- COTE, L.J., J.O. Davis, M. Wilbur, R. McGough, E. Mehr, W. Pierson, W. J.Jr., J.K. Ropeknum G. Stephenson, and R.C. Vetter, 1960. The directional spectrum of a wind generated sea as determinated from data obtained by the stereo wave observation project. Meteorological Papers, 2, N° 6: 85 pp.
- DELGADO González, O.E., 1988. Aspectos direccionales del oleaje en San Felipe Baja California. Tesis de Maestría. CICESE.
- JOHNSON, J.W. 1956. Dynamics of Nearshore Sediment Movement. Bull. of A.A.P.G. Vol. 40, No. 9, pp.2211-2232.
- KENNETT, J. 1982. Marine Geology. Prentice Hall. Inc. New Jersey, 813 pp.

- KING, C. 1969. Beaches and Coast. Edward Arnold. London, London, 403-570pp, 2nd. edition. 1972 577pp.
- KOMAR, P.D. 1972. Beach Processes and Sedimentation. Prentice Hall. Inc. New Jersey, 427 pp.
- LARIOS-Castillo, S. 1989. Relación entre los registros de viento y oleaje en San Felipe B.C. Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, Baja California.
- LONG, R.B., 1980. The statistical evaluation of directional spectra estimates derived from pitch/roll buoy data. J. Phys. Ocean., 10:944-952.
- LONG, R.B., and K. Hasselmann, 1979. A variational technique for extracting directional spectra from multi-component wave data. J. Phys. Ocean. 9:373-381.
- LONGUET-HIGGINS, M.S., D.E. Crtwrigjt, and N.D. Smith, 1963. Observation of the directional spectrum of sea waves using the motions of a floating buoy, Ocean Wave Spectra, Prentice-Hall. Englewood Cliff, N.J., pp 111-136.
- LYGRE, A., and Krogtad, H.E., 1986. Maximum Entropy Estimation of the Directional Dsitribution in Ocean Wave Spectra. J. Phys. Ocean., 16:2052-2060.

- MUNK, W.H., G.R. Miller, F.E. Snodgrass, and N.F. Barber, 1963. Directional recording of swell from distant storms. Proc. Roy. Soc. A., 255:505:584.
- NAGATA, Yutaka 1964. Observations of the Directional Wave Properties Coastal Engineering, Japan. Vol. 7, pp 11-30.
- PADILLA-Hernández, R. 1989. Potencia y Dirección del Oleaje en la Costa Noroeste de la Península de Baja California y su Aprovechamiento. Facultad de Ciencias Marinas, UABC, Ensenada, Baja California.
- PANICKER, N.N. 1974. Review of the techniques for directional wave spectra. Proc. International Symposium on Ocean Wave Measurement and Analysis. Am. Soc. Civ. Eng., New Orleans. 669-688.
- PHILLIPS, O.M. 1958. The equilibrium range in the spectrum of wind-generated ocean waves. J. Fluid Mech. 107, 465-485.
- YOUNG, I.R., S. Hasselmann, and K. Hasselmann. 1987. Computations of the response of a wave spectrum to a sudden change in wind direction. J. of Phys. Ocean., 17:1317-1338.