



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE
CIENCIAS MARINAS

FACTIBILIDAD DE DETERMINACION DE UN PUNTO OPTIMO PARA LA
PREDICCIÓN DE LAS COMPONENTES PRINCIPALES DE LA MAREA
EN LA COSTA OCCIDENTAL DE MEXICO

Memoria Profesional:

Roberto Cisneros Méndez

Ensenada, B. C. N. Octubre de 1983



ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

DETERMINACION DE UN PUNTO OPTIMO PARA LA PREDICION
DE LAS COMPONENTES PRINCIPALES DE LA MAREA
EN LA COSTA OCCIDENTAL DE MEXICO

MEMORIA

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios
para obtener el título de OCEANÓLOGO presenta

Roberto Cisneros Méndez

Ensenada, B. C. N. Octubre de 1983

DEDICADO CON CARINO
A MI MAMA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi siempre buen amigo, el Ocean. Héctor Santiago Vélez Muñoz la sugerencia del tema y la inapreciable y estrecha colaboración que para su total desarrollo siempre me brindó. Gracias Don Santiago.

Al Ocean. Modesto Ortíz, quien facilitó el programa de computación adecuado para resolver los objetivos del trabajo y sugirió acertadas opiniones para su desarrollo.

Al M. en C. René Pinet Plasencia, por su amabilidad personal y por sus sabias sugerencias y aclaraciones con las cuales influyó en una mejor presentación de contenido y forma en esta memoria.

Al M. en C. Luis Fok Pun por su colaboración.

Al Centro de Cálculo Electrónico del CICESE, por las facilidades de acceso al Sistema Prime, gracias al cuál fué factible desarrollar este trabajo.

A mi hermana Alba Patricia por la elaboración de los Mapas aquí presentados. Gracias Patricia.

A la Profesora Telésfora Zepeda, por la graciosa amistad que en toda mi estancia en esta ciudad siempre me ha brindado. Muchas gracias profesora.

A mis amigos: Héctor Pérez, Héctor Bustos Serrano y Flavio Aguirre Hernández por su desinteresada colaboración.

a todos ellos muchas gracias

INDICE

Página

I.-	INTRODUCCION	.....	1
II.-	ANTECEDENTES	.....	7
III.-	OBJETIVOS	.....	8
IV.-	METODOLOGIA	.....	10
V.-	RESULTADOS	.....	11
VI.-	DISCUSIONES	.....	13
VII.-	CONCLUSIONES	.....	16
VIII .-	BIBLIOGRAFIA	.....	17

INTRODUCCION

El fenómeno universal de la fuerza de atracción que ejercen los cuerpos entre sí, posee una magnitud de manifestación que depende del tamaño, de las densidades y las distancias a que se encuentran separados estos cuerpos. Debido a ésto se manifiestan sobre la materia varios efectos de diferentes intensidades.

Para fines relacionados a escalas planetarias, el efecto primario producido por el fenómeno es manifestado por la fuerza de atracción que ejercen los astros celestes sobre las partículas que los forman o se encuentran cercanas a ellos, pues tiende a existir una tendencia hacia un equilibrio estático relativo al sistema del planeta y las partículas afectadas por él.

Un efecto de carácter secundario se produce cuando el equilibrio es de tipo dinámico, como sucede en el caso de los sistemas estelares. En estos sistemas el efecto de la atracción planetaria genera una fuerza, resultado del desequilibrio entre el campo de atracción del astro perturbador y la fuerza de atracción del planeta hacia su centro de gravedad sobre las partículas que lo componen (Godin, 1972). Entonces se manifiesta un desplazamiento de las partículas del astro perturbado y se genera un flujo de las mismas desde el punto de menor hacia el punto de mayor influencia del desequilibrio de las fuerzas en dirección de la resultante. Esto produce un incremento o decremento del nivel superficial del cuerpo con respecto a un punto de referencia geométrico invariable para el sistema en cuestión. Los efectos del fenómeno son más notorios en las partículas con arreglos de carácter fluido.

Los principales causantes del campo de atracción gravitacional sobre la Tierra son la Luna y el Sol. Debido a su cercanía con la Luna la acción de ésta es aproximadamente 2.2 veces mayor que la influencia del Sol (27 mil veces más pesado que la Luna). Los efectos generados por la atracción de los demás planetas son no significativos (Godin, 1972).

La ciclicidad que existe en el equilibrio dinámico del sistema solar modifica constantemente los arreglos geométricos de los astros unos con respecto a otros (rotaciones, translaciones, declinaciones, etc) y debido a esto la resultante del desequilibrio de las atracciones manifiesta una magnitud con rango variable en el tiempo y describe una trayectoria continua que se propaga como una onda en las capas sólidas y fluidas del astro perturbado. En el caso de la Tierra son afectados los continentes, los océanos y la atmósfera. De ésta forma la marea astronómica es solo un caso particular de los efectos secundarios de las fuerzas producidas por la gravitación universal sobre los océanos de nuestro planeta.

Existe todavía un tercer efecto en orden de importancia, generado por el fenómeno universal de la atracción sobre los sistemas con equilibrio dinámico. Este efecto es bastante sutil y consiste en la manifestación de una perturbación a la órbita y a la rotación propia de los astros sujetos a la acción de la marea. La Tierra sufre una desaceleración en su rotación y el efecto que la produce es conocido como "Fricción de la Marea".

También la ciclicidad de los arreglos planetarios produce que la marea sea un fenómeno periódico factible de descomponerse en un gran número de componentes naturales de carácter sinusoidal, conocidos como armónicos. Estos componentes poseen amplitudes y fases de ocurrencia independientes, cuyos valores calculados pueden ser extrapolados en mapas geográficos conocidos como mapas cotidales. Ellos nos sugieren una buena interpretación dinámica de la situación física que representan los datos.

Debido a que los arreglos planetarios pueden ser determinados con gran precisión, los efectos astronómicos ejercidos sobre la marea pueden ser predichos determinísticamente y con ello gran parte de la magnitud total del fenómeno, pues los efectos locales que influyen en él, son generados por variables de tipo aleatorio que afectan en menor grado la amplificación, magnitud y propagación de su energía, variables tales como la topografía continental, los fenómenos meteorológicos y en raros casos movimientos telúricos. Los efectos que producen estos fenómenos son tema de objetivos diferentes a los del presente trabajo.

Para los humanos la importancia de la marea es grande. Los océanos cubren un total aproximado al 75 % de la superficie terrestre y los efectos de la onda de marea son máximos en las costas. Al propagarse sobre ellas, es amplificada por la influencia propia de la disminución topográfica de las pendientes próximas a la región costera. Su importancia es máxima en las zonas costeras en las que existen movimientos de tipo económico o militar, tales como en los puertos en los que su conocimiento favorece tanto las maniobras de grandes buques así como los de mediano y pequeño calado.

Por ello se justifica un amplio estudio de este fenómeno, ya que un mejor conocimiento del mismo puede ser aprovechado con fines de resultados inmediatos a la producción económica y a la investigación científica.

Una buena herramienta para el análisis de las series temporales no estacionarias generadas por la onda de marea son los modelos de sistemas lineales. En todos estos sistemas las variables que influyen en el fenómeno son trabajadas como señales de entrada y el resultado es conocido como señal de salida. El modelo desconoce las condiciones bajo las cuales interaccionan y se combinan las señales de entrada que producen la señal de salida. Este desconocimiento de condiciones es una indeterminada respuesta del sistema, también conocida como "Caja Negra" que mediante el modelo se pretende inferir para una mejor conclusión en el análisis del objetivo referente al fenómeno.

Todo sistema es lineal si cumple las condiciones de poseer respuestas características aditivas y homogéneas (Bendat y Piersol, 1971).

Respuesta característica aditiva indica que la señal de salida corresponde a la suma de las respuestas generadas por cada una de las señales de entrada individualmente. Esto se puede ejemplificar mediante la ecuación:

$$f(x_1 + x_2) = f(x_1) + f(x_2)$$

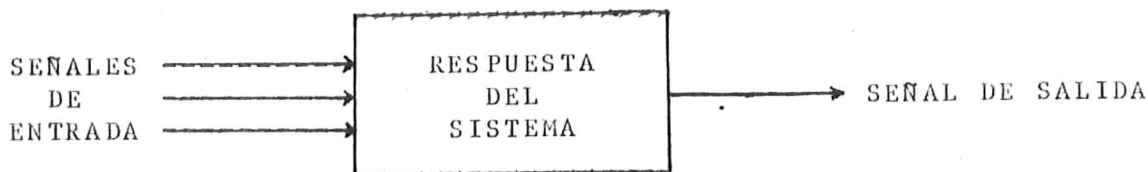
Donde $f(x)$: Señal de Salida
 x : Señal de Entrada

Respuesta característica homogénea indica que cualquier constante que perturbe la señal de entrada, se manifestará alterando la señal de salida. La representación de esta condición es la siguiente:

$$f(kx) = kf(x)$$

Donde k : Constante

El modelo de sistemas lineales puede ser reducido a este esquema:



El modelo de sistemas lineales más sencillo es el que se aplica a fenómenos con parámetros físicamente realizables y es conocido como Sistema Lineal de Parámetros Constantes. El modelo utilizado en este trabajo es de este tipo. Estos modelos solo poseen una señal de entrada y sus características dinámicas pueden ser representadas por su función de respuesta de frecuencia $H(f)$, también conocida como función admitancia (Bendat y Piersol, 1971). $H(f)$ es de gran interés pues proporciona información de las amplitudes y fases del fenómeno. Ahora, cuando se trabaja con señales de entrada discretizadas, una representación para ellas se infiere partiendo de mediciones para espectros cruzados. Esta caracterización podemos representarla por la ecuación:

$$H(f) = \frac{G_{xy}(f)}{G_x(f)}$$

Donde $H(f)$: Función Admitancia

$G_{xy}(f)$: Función de densidad de Espectro Cruzado

$G_x(f)$: Función de densidad espectral de la serie X

La función admitancia es un caso especial de las funciones de transferencia cuando las potencias a que se encuentran elevadas sus exponenciales son valores complejos, con parte real inexistente y parte imaginaria $2\pi f$. Una función de transferencia es la transformada de Laplace de la función respuesta en el tiempo $h(\tau)$ (Bendat y Piersol, 1971).

La representación matemática de la función de transferencia es:

$$H(p) = \int_0^{\infty} h(\tau) \text{EXP}(-p\tau) d\tau$$

$$p = a + ib$$

Donde $H(p)$: Función de Transferencia
 $h(\tau)$: Función Respuesta en el Tiempo
 a, b : Constantes
 i : $\sqrt{-1}$

Como valor complejo que es, la función admitancia puede ser también expresada en notación polar. El sistema es sujeto a señales de entrada y salida sinusoidales con una misma frecuencia "f". Se puede representar así:

$$H(f) = |H(f)| \text{EXP} \{-i \phi(f)\}$$

$$|H(f)| = \sqrt{\text{Re}^2(H(f)) + \text{Im}^2(H(f))}$$

$$\phi(f) = \text{Tan}^{-1} \left(\frac{\text{Im}(H(f))}{\text{Re}(H(f))} \right)$$

Donde $|H(f)|$: Magnitud del Espectro de Frecuencia
 $\phi(f)$: Fase
 $\text{Re } H(f)$: Parte Real de la función admitancia
 $\text{Im } H(f)$: Parte Imaginaria de la función admitancia

Una buena aplicación de la función admitancia es relacionar las variables de entrada y salida mediante la ecuación:

$$Y(f) = H(f) X(f)$$

Donde $Y(f)$: Señal de Salida en Frecuencia
 $X(f)$: Señal de Entrada en Frecuencia

Esta ecuación se obtiene aplicando la Transformada de Fourier a ambos lados de la ecuación que relaciona las señales de entrada y salida en el tiempo mediante la integral de la convolución a un desfase τ (Bendat y Piersol, 1971).

La ecuación que caracteriza la convolución es:

$$y(t) = \int_0^t h(\tau) x(t - \tau) d\tau$$

Donde $y(t)$: Señal de Salida en Tiempo
 $x(t-\tau)$: Señal de Entrada en Tiempo

La confianza en la precisión de la función admitancia se puede inferir calculando una nueva función relacionada a ella, llamada coherencia.

La función coherencia asociada nos indica la dependencia estadística existente entre las series analizadas. Está representada por la ecuación:

$$V_{xy}^2 = \frac{|G_{xy}(f)|^2}{G_x(f) G_y(f)} \leq 1$$

Donde V_{xy}^2 : Coherencia
 $G_y(f)$: Función de densidad espectral de la serie Y

Ahora, al pretender analizar los datos físicos proporcionados en las series temporales generadas por el fenómeno, una buena herramienta es el modelo de análisis de espectros cruzados. Mediante ellos obtenemos información de las ya mencionadas funciones admitancia y coherencia.

La función de densidad del Espectro Cruzado es proporcionada por la Transformada de Fourier de la función de correlación cruzada, y las funciones de densidades espectrales de las series X e Y son proporcionadas por las transformadas de Fourier de las funciones de autocorrelación de los procesos X e Y respectivamente (Bendat y Piersol, 1971).

En nuestro país existen muchos puntos costeros tales como estuarios, bahías, etc, de los cuales no se posee ningún registro de datos. Bajo ciertas condiciones se puede generar una necesidad científica, económica o militar que requiera del análisis inmediato de datos de muchos de éstos puntos. Entonces la ventaja de utilizar el modelo de admitancia reside en lo práctico que es trabajar con series de muestreos pequeños cuando es imposible obtener registros suficientemente grandes.

Una mejor calidad en los resultados puede ser obtenida utilizando el modelo de análisis armónico, pero la precisión ofrecida por este modelo se encuentra en función del tamaño del registro.

Para análisis de registros cortos, los resultados que se obtienen del análisis de admitancia son una buena primera aproximación a las necesidades que el objetivo pretenda, objetivo que en un momento determinado puede ser la extrapolación de la predicción del fenómeno en

un punto del cual virtualmente no se poseen registros.

Las series temporales utilizadas para este trabajo son un registro corto de datos horarios comprendidos entre las 0:0 horas de Enero de 1972 y las 23 horas del 31 de Marzo del mismo año. Se eligió 1972 por tener la característica de ser un año común en todas las estaciones consideradas.

Los registros fueron obtenidos en las estaciones mareográficas del Instituto de Geofísica de la U. N. A. M.

ANTECEDENTES

En el informe técnico presentado por Godín et al (1982), se encuentra desarrollado un trabajo que consiste en la aplicación del modelo de análisis armónico a la totalidad de los datos de mareas de la Costa Occidental de México que se encuentran disponibles en el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE). El objetivo principal del informe es hacer una revisión de la calidad y del contenido científico de dichos datos. El tamaño del registro consta desde 1952 hasta 1975. Es de este registro de donde hemos aislado una parte para el desarrollo del presente trabajo.

El resultado del informe técnico muestra que los datos poseen en general una buena calidad y además presenta una interpretación científica del comportamiento de los datos bajo la forma de mapas cotidales.

OBJETIVOS

Mediante el análisis de seis pequeñas series temporales de datos de alturas de marea correspondientes a puertos de la Costa Occidental de México (Fig. 1), se pretende determinar la factibilidad de usar cada uno de ellos para la predicción de las componentes que forman las bandas principales de la marea en los puntos restantes. En orden de importancia las bandas semidiurna y diurna son las predominantes pues manifiestan la máxima energía de efecto astronómico en el área (Godín et al., 1980).

En la banda semidiurna se encuentran las componentes M2, M2, P2 y K2 y en la banda diurna las componentes O1, S1 y K1.

En la Costa Occidental de México la banda semidiurna posee aproximadamente un 52.57 % de importancia total sobre el efecto de la marea astronómica, la banda diurna un 36.27 %, la banda de largo período un 10.6 % y los efectos locales de los componentes armónicos de la marea en aguas superficiales un 0.5 %

La componente principal de la banda semidiurna es la "Lunar Principal" (M2) con un período de ocurrencia cada 12.42 horas y la componente principal de la banda diurna es la "Lunar-Solar Declinacional" (K1) con un período de ocurrencia de 23.93 horas.

M2 y K1 influyen en un 27.11 % y un 15.83 % sobre el efecto total de la marea astronómica y poseen un 100 % y un 58.4 % respectivamente de importancia relativa sobre las demás componentes de todas las bandas.

Las componentes M2 y K1 se identifican en las frecuencias de 0.0833 y 0.0417 ciclos/hora respectivamente.

El aporte que se puede obtener de este trabajo son las implicaciones de una fundamentación práctica del modelo de admitancia utilizado en secciones pequeñas, obtenidas de registros grandes de series de datos para los cuales ya se practicó un análisis armónico. Estos resultados nos servirán como una base de comparación y nos proporcionarán en una última instancia una medida de la bondad de la aproximación de los resultados obtenidos por el ensayo de admitancia.

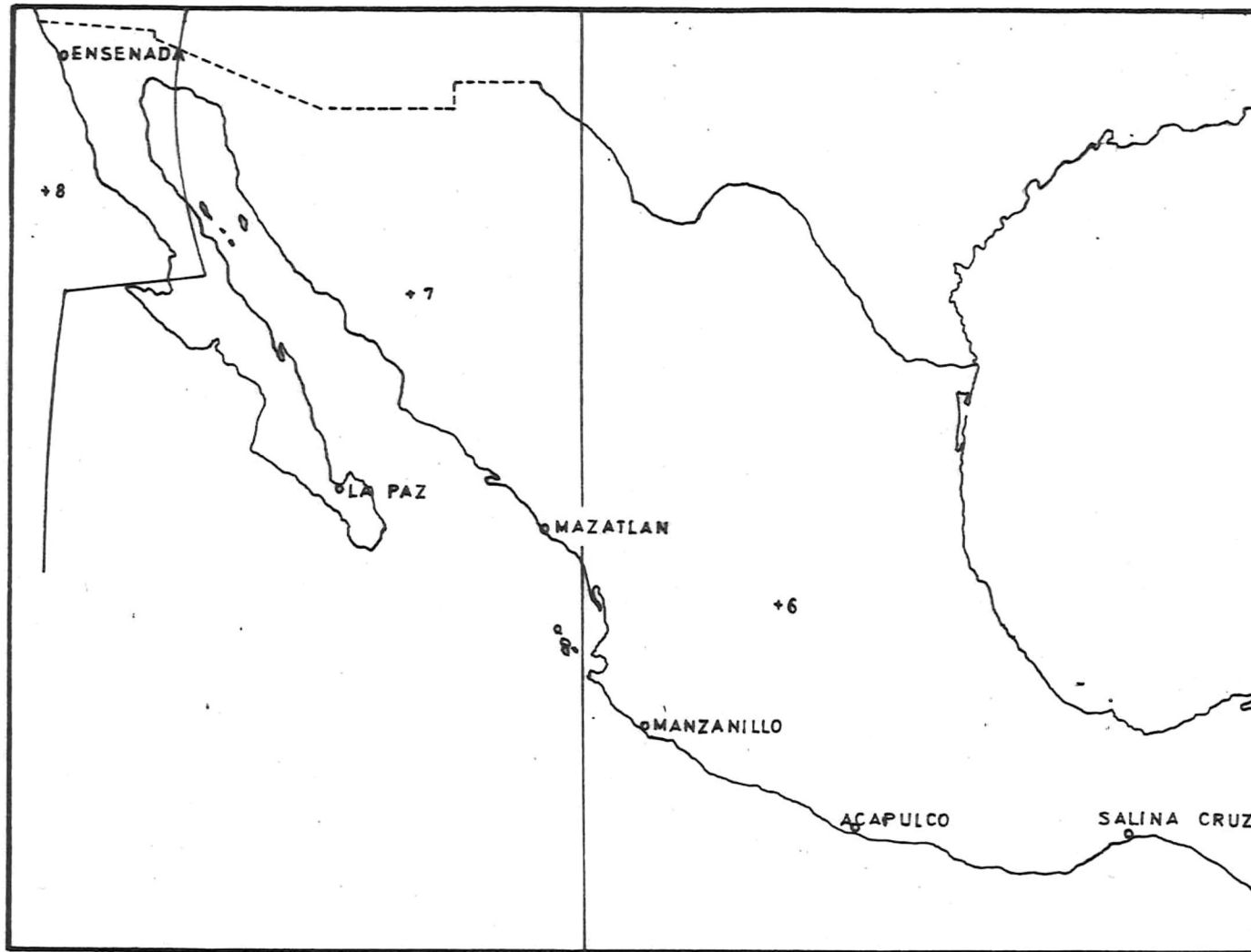


Fig.1 Zonas de tiempo y localizacion de estaciones.
de: Godín et al., 1980

METODOLOGIA

Se utilizó un algoritmo de la Transformada Rápida de Fourier para la obtención del análisis espectral de 12 bandas de la marea, de estas bandas se aislaron los datos correspondientes a la diurna y a la semidiurna. Para ello se utilizó una Computadora Prime 400, que pertenece al Centro de Cálculo Electrónico del CICESE. En esta computadora se trabajó el programa adaptado al algoritmo.

Todas las series se redujeron al tiempo del centro del país sumando al tiempo local el tiempo del meridiano de Greenwich, (Fig. 1). Esta normalización fué con el objeto de lograr en los registros la simultaneidad que requiere el modelo de admitancia para su resolución. El total de los registros arrojó 2184 datos para cada estación. De estos datos se utilizaron 2048 debido a que el artificio en el cual se basa el algoritmo programado restringe el número de datos trabajados a potencias enteras del número 2 y en este caso, 2048 (2^8) es la potencia mas cercana a 2184. La tendencia secular de los registros fué eliminada por el programa para evitar la perturbación que pudiera generar un probable período no muestreado en su totalidad. El promedio también fué eliminado.

Como una referencia extra del funcionamiento del programa, este aplica un filtro coseno en los extremos de cada serie, aplica la Transformada de Fourier a todas las series y las corrige por el filtro de preblanqueamiento (especificaciones del propio programa).

El programa se corrió 5 veces, alternando en cada una de ellas un diferente registro de datos como base de la serie de entrada con respecto a las demás series.

RESULTADOS

Las coherencias asociadas a las Respuestas de Frecuencia correspondientes para la banda semidiurna en representación matricial son:

	LA PAZ	MAZATLAN	MANZANILLO	ACAPULCO	SALINA CRUZ
ENSENADA	.9525	<u>.9682</u>	.8620	.5497	.8395
LA PAZ		<u>.9927</u>	<u>.9553</u>	.2814	.6955
MAZATLAN			.9441	.3376	.7288
MANZANILLO				.1711	.4797
ACAPULCO					<u>.8514</u>

Y para la banda diurna:

	LA PAZ	MAZATLAN	MANZANILLO	ACAPULCO	SALINA CRUZ
ENSENADA	<u>.9945</u>	.9894	.9914	.9699	.9313
LA PAZ		<u>.9936</u>	<u>.9961</u>	.9805	.9431
MAZATLAN			.9926	.9793	.9396
MANZANILLO				<u>.9855</u>	.9478
ACAPULCO					<u>.9559</u>

Las mejores coherencias se encuentran subrayadas y mediante esta observación fácilmente se observa que para ambas bandas el puerto de La Paz posee las mejores dependencias estadísticas como serie base de entrada con respecto a los demás puertos en la región costera ubicada entre Manzanillo y Ensenada.

Ahora, entre Manzanillo y Salina Cruz las coherencias son bajas para todos los puertos como series base de entrada en ambas bandas.

Es fácil determinar que los puertos de Salina Cruz y Acapulco son los puntos menos recomendables para pretender obtener de ellos la mejor predicción para cualquiera de las componentes de estas bandas.

Para fines de una comparación con los resultados obtenidos por Godín et al (1980), sobre los registros completos de la misma serie de datos, se presenta una tabla para la componente principal de cada una de las bandas aquí trabajadas con el modelo de admitancia. Estas tablas contienen información de las amplitudes y de las fases locales y fases corregidas.

En la presentación de estas tablas se utilizó el puerto de La Paz como la referencia de la comparación, pues al ser tomados los datos de este puerto como base de las señales de entrada, por lo general el modelo de admitancia obtuvo sus mejores coherencias con las demás series.

	<u>ANALISIS ARMONICO</u>			<u>ADMITANCIA</u>		<u>RESULTADOS</u>	
	AMPLITUD (cms)	FASE (L) (grados)	FASE (C) (grados)	MAGNITUD --	FASE (grados)	AMPLITUD (cms)	FASE (grados)
LA PAZ	23.65 (*)	274 (*)	304 (*)	---	---	---	---
ENSENADA	48.20	266	326	1.6411	17.00	38.812	321.0
MAZATLAN	34.10	256	286	1.4140	-18.98	33.441	285.0
MANZANILLO	15.20	290	290	0.7476	-29.33	17.680	274.7
ACAPULCO	18.60	61	61	0.1892	113.18	4.474	57.2
SALINA CRUZ	47.90	66	66	1.0934	137.59	25.860	81.6

TABLA 1. Comparación de resultados con el análisis armónico para la componente M2 de la banda semidiurna predicha por admitancia.

	<u>ANALISIS ARMONICO</u>			<u>ADMITANCIA</u>		<u>RESULTADOS</u>	
	AMPLITUD (cms)	FASE (L) (grados)	FASE (C) (grados)	MAGNITUD --	FASE (grados)	AMPLITUD (cms)	FASE (grados)
LA PAZ	25.10 (*)	85 (*)	100 (*)	---	---	---	---
ENSENADA	32.30	86	116	1.2719	16.04	31.925	116.0
MAZATLAN	20.40	72	87	0.8421	-13.41	21.140	86.6
MANZANILLO	16.20	74	74	0.6863	-24.68	17.226	75.3
ACAPULCO	11.60	55	55	0.4944	-39.97	12.409	60.0
SALINA CRUZ	10.40	30	30	0.3995	-63.77	10.027	36.2

TABLA 2. Comparación de resultados con el análisis armónico para la componente K1 de la banda diurna predicha por admitancia.

(*) Debido a que el análisis armónico, base de la comparación, no ofrece el registro de las componentes en 1972 para el puerto de La Paz, estos datos son aproximaciones obtenidas por interpolación de los valores en los años de 1971 y 1973.

DISCUSIONES

Según la comparación a partir de los valores de las funciones admitancia y coherencia el punto óptimo sugerido para la predicción de las bandas semidiurna y diurna lo es en forma general el puerto de La Paz sobre el trayecto Manzanillo-Ensenada.

Podemos observar que en ambas bandas, las coherencias disminuyen conforme se alejan geográficamente unos de otros los registros de datos y también que existen zonas que perturban dicho patrón de comportamiento en la banda semidiurna. Estas zonas se encuentran ubicadas entre Manzanillo y Salina Cruz, con lo cual el grado de aleatoriedad para la predicción se incrementa notablemente en los puertos de Acapulco y Salina Cruz para las componentes M2, N2, K2 y S2.

Analizando el caso de la banda semidiurna, podemos observar en el mapa cotidal de la componente M2 (Fig. 2), la existencia de un punto de anfidromía desaparecido con una amplitud mínima localizado entre Manzanillo y Puerto Angel, Oax. Esta perturbación genera un aumento de la fase entre Manzanillo y Salina Cruz y parece implicar una máxima influencia perturbadora para Acapulco. Influencia que se manifiesta en las mínimas coherencias que obtiene este puerto en relación con los demás.

El aumento de la fase desde Manzanillo hacia Puerto Angel es al parecer un dato contradictorio según Godín et al (1980), pues ésta se propaga en forma inversa al patrón general del comportamiento de las fases de las componentes. Godín et al (1980), no sugiere en su trabajo una probable explicación a este comportamiento.

El mapa cotidal de N2 también presenta el mismo punto de anfidromía desaparecido con ubicación similar al de M2. Ambos mapas son muy semejantes (Godín et al., 1980).

La componente K2 es muy similar a S2 y sus puntos de anfidromía indican una amplitud mínima en Puerto Angel que causan una progresión opuesta de la fase, disminuyendo esta con una evolución rápida desde Manzanillo hasta Salina Cruz (Godín et al., 1980).

Ahora, analizando el caso de la banda diurna, observamos en el mapa cotidal de K1 (Fig. 3), la presencia probable de un punto de anfidromía desaparecido al Este y al Sur de Salina Cruz, con influencia máxima en el trayecto antes mencionado. Observamos también la homogeneidad de las amplitudes y fases entre los puertos de La Paz y Mazatlán que se manifiesta en la alta coherencia de estas series tan cercanas geográficamente.

Los mapas de O1 y S1 son similares al de K1 y no parecen indicar una perturbación grande en ninguno de los puntos en que se registraron las series de datos.

Las comparaciones de resultados del ensayo de admitancia con el análisis armónico para la componente semidiurna M2 (Tabla 1), indican que las perturbaciones producidas por los puntos de anfidromía influirán en la precisión de las probables predicciones que se pudieran hacer utilizando este modelo en las zonas de Acapulco y Salina Cruz.

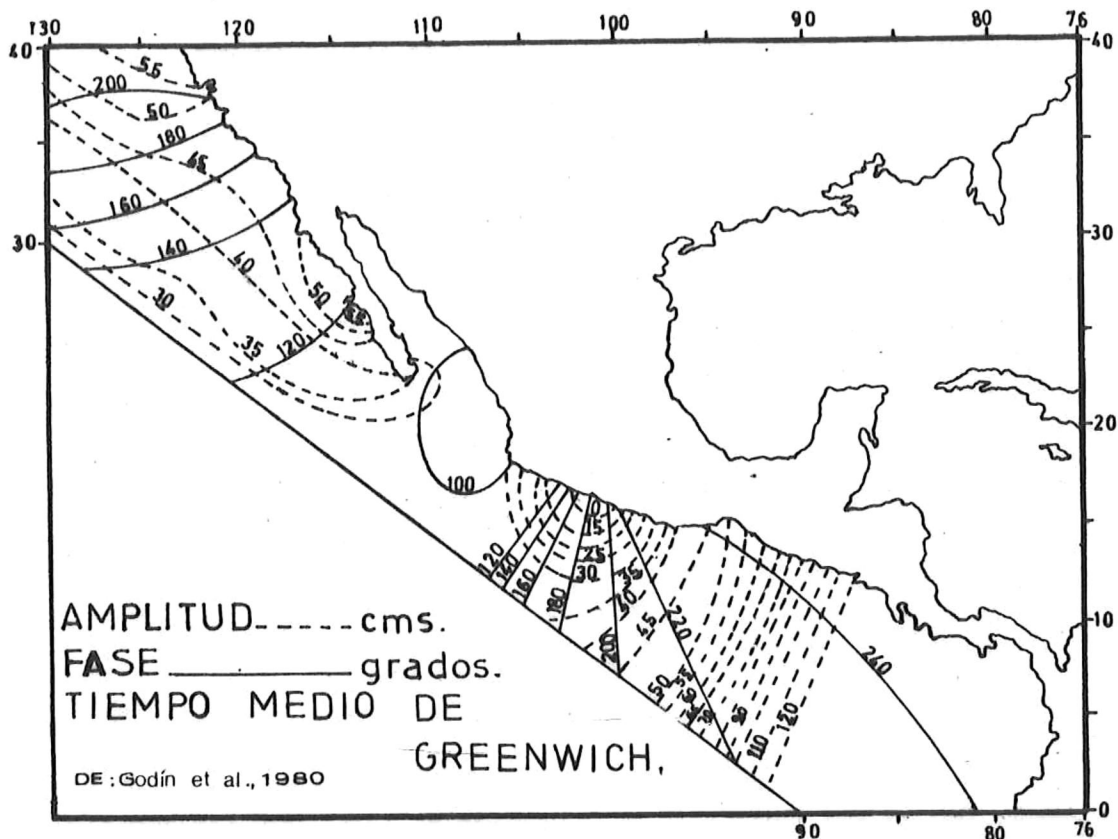


Fig.2 Mapa cotidal para la componente M_2 .

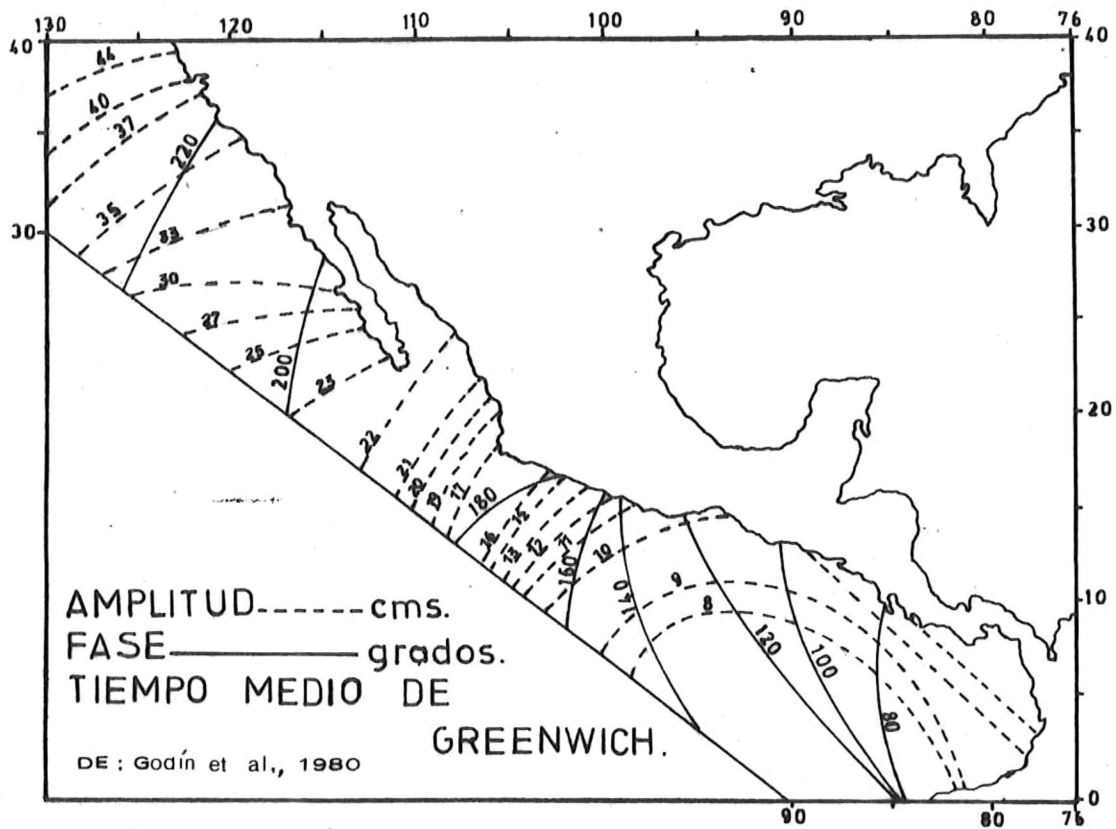


Fig.3 Mapa cotidal para la componente K_1 .

En estos dos puntos la diferencia entre las predicciones y los resultados reales es máxima para la amplitud, pues ésta posee un rango de error bastante grande.

La comparación con las amplitudes predichas para los puntos cercanos a La Paz, tales como Mazatlán y Manzanillo son bastante aceptables. Para el caso de Ensenada, aunque la coherencia registrada con respecto a La Paz es mejor que la de Manzanillo, la predicción para la amplitud no es tan buena.

El comportamiento de las fases corregidas predichas tampoco sigue un patrón definido con respecto a las distancias y coherencias de todos los puntos con respecto a La Paz (excepcionalmente Mazatlán, con el cual el error de la fase predicha sobre la real fué de 0.59 grados). De esta forma tenemos que la mejor predicción de fase, es para el puerto de Acapulco (el error es de 3.82 grados), con el cual La Paz obtuvo la coherencia más baja.

Para el caso de la comparación de la componente diurna M1 (Tabla 2), todas las predicciones, tanto para las fases corregidas como para las amplitudes, las aproximaciones son bastante buenas. Esto podemos atribuirlo a que no existen puntos de anfidromía que perturben la linealidad de los datos registrados.

En el desarrollo de esta memoria, se hizo notorio el detalle de que para cada banda la coherencia registrada entre dos series siempre fué idéntica independientemente de que la serie base de la señal de entrada se alternara una u otra vez. Pero el resultado predicho de amplitudes y fases de las componentes de las bandas, difiere del real (en ocasiones bastante), al alternar como series base de la señal de entrada los registros con coherencias iguales.

Esto se puede ejemplificar haciendo notar que la predicción para la amplitud de la componente M2 en el puerto de La Paz es 26.64 cms cuando se utiliza como serie base de la señal de entrada el puerto de Ensenada. El análisis armónico indica 23.65 cms. El error es aproximadamente de 3 cms. Ahora, la predicción para la amplitud de la misma componente en Ensenada, alternando la serie base de la señal de entrada al puerto de La Paz es 38.812 cms. El análisis armónico arroja 48.20 cms (dato interpolado). El error es de 9.388 cms. Se obtiene una mejor predicción para La Paz monitoreando sus señales desde Ensenada, que de Ensenada monitoreando sus señales desde La Paz. La coherencia en esta banda para ambas series es .9525 y es invariable.

Sugiero el esclarecimiento de este caso como un buen tema de otro trabajo.

CONCLUSIONES

De la comparación de los resultados de las tablas anteriores encontramos que en la componente semidiurna no existe un patrón de variación definida, tanto para las amplitudes como para las fases obtenidas. En cambio, para la banda diurna si parece haberlo.

Además no se puede tomar un punto óptimo para una predicción general de las bandas semidiurna y diurna sobre la gran escala trabajada, pues cada región posee probables puntos óptimos de predicción con ubicaciones geográficas generalmente cercanas.

El análisis de admitancia reflejó que en sentido espacial, el sistema caracterizado por el océano puede ser generalmente considerado como lineal en la propagación de ondas de marea, exepcto donde existen los puntos de anfidromía. Cuando no existen perturbaciones los resultados concuerdan relativamente bien con los del análisis armónico. Este último independiente de toda escala espacial.

Hago notoria la sugerencia de que para el cumplimiento total de los objetivos se necesita aplicar otro tipo de modelos (probablemente no lineales) a los datos generados por las regiones con bajas coherencias, pues las perturbaciones que allí existen no pueden ser trabajadas con los modelos lineales aquí utilizados.

BIBLIOGRAFIA

- Godin, Gabriel.
The Analysis of Tides. Toronto. University press. 1972
- Godín, G. de la Paz Vela, R. Rodríguez, N. Ortíz, M.
Revisión de los datos de mareas para la Costa Occidental
de México disponibles en el CICESE e interpretación de
los resultados. Informe técnico, Oct/80/02. CICESE,
Ensenada, B. C. N.
- Bendat, Julius S. Piersol, Allan G.
Random Data; Analysis and Measurement Procedures.
New York, Willey-Interscience. 1971