

LIBRO:	PRY. PROYECTO
TEMA:	PUE. Puertos
PARTE:	1. ESTUDIOS
TÍTULO:	04. Estudios de Mareas
CAPÍTULO:	004. Predicción de la Marea Astronómica

A. CONTENIDO

Este Manual contiene los métodos para la predicción de la marea astronómica a que se refiere la Norma N·PRY·PUE·1·04·001, *Ejecución de Estudios de Mareas*, que realice la Secretaría con recursos propios o mediante un Contratista de Servicios.

B. DEFINICIÓN

La marea astronómica es el movimiento diario de ascenso y descenso de la superficie del mar, comprendido en un período de doce (12) horas veinticinco (25) minutos. La marea astronómica está relacionada con las fuerzas de atracción del Sol, la Luna y la Tierra.

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con la Norma N·PRY·PUE·1·04·001, *Ejecución de Estudios de Mareas* y los Manuales M·PRY·PUE·1·04·002, *Recopilación y Análisis de Información* y M·PRY·PUE·1·04·003, *Medición de Niveles del Mar*.

D. REQUISITOS

Antes de realizar la predicción de los niveles de marea, se requiere contar con las mediciones de campo de los niveles del mar, obtenidas para cada sitio de estudio y efectuadas conforme a lo establecido en el Manual M·PRY·PUE·1·04·003, *Medición de Niveles del Mar*.

E. EJECUCIÓN

Para realizar la predicción de los niveles de marea, el Ingeniero o Contratista de Servicios encargado del estudio de mareas, podrá determinar las constantes armónicas para cada una de las componentes de la marea astronómica mediante *Series de Fourier* o bien, determinar las amplitudes medias de las componentes de marea, por el método de mínimos cuadrados.

E.1. DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES ARMÓNICAS DE LA MAREA

Se determinarán las constantes armónicas (amplitud de la marea A_i y ángulo de fase de la marea K_i) de cada componente de marea, como se señaló en el Párrafo D.1.3.3. del Manual M·PRY·PUE·1·04·002, *Recopilación y Análisis de Información*.

El cálculo de las constantes armónicas de cada componente de marea, se hará mediante la *Serie de Fourier*, la cual se define como la serie que involucra solo senos y cosenos de un ángulo variable y su expresión matemática es la siguiente:

$$h = H_0 + a_1 \cos \theta + a_2 \cos 2\theta + a_3 \cos 3\theta + \dots + b_1 \sin \theta + b_2 \sin 2\theta + b_3 \sin 3\theta + \dots$$

Donde:

- h = Nivel de marea en cualquier tiempo t , (m)
 H_0 = Nivel promedio del agua obtenido de las mediciones de los niveles del mar en campo (m), efectuadas conforme a lo establecido en el Manual M-PRY-PUE-1-04-003, *Medición de Niveles del Mar*
 a_i , = Amplitud media de la marea i de cada término, (m), que se deriva de las mediciones de los niveles del mar en campo, efectuadas conforme a lo establecido en el Manual M-PRY-PUE-1-04-003, *Medición de Niveles del Mar*
 b_i
 θ = Ángulo que cambia uniformemente con el tiempo y completa un ciclo de 360° en un día constituyente, (grados). Los valores de θ que corresponden a los 24 promedios horarios serán 0°, 15°, 30°, ..., 330° y 345°

Esta serie se puede escribir también en forma de sumatoria como sigue:

$$h = H_0 + \sum_{i=1}^k a_i \cos(i\theta) + \sum_{i=1}^l b_i \sen(i\theta)$$



Las constantes armónicas para cada una de las componentes de la marea, se determinarán con las siguientes expresiones:

$$A_i = \left[a_i^2 + b_i^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

- A_i = Es la amplitud de la marea, (m)

$$K_i = -\tan^{-1} \left(\frac{b_i}{a_i} \right)$$

Donde:

- K_i = Es el ángulo de fase de la marea, (grados)

Siendo i el subíndice de cualquier término; A_i y K_i son las constantes armónicas de la marea astronómica.

E.2. PREDICCIÓN DE MAREAS BASADA EN LAS CONSTANTES ARMÓNICAS

Según la teoría de Newton, las mareas astronómicas se originan por la diferencia existente, en cada punto de la Tierra, entre dos fuerzas:

- La atracción de la Luna (o del Sol) sobre dicho punto (que depende de la distancia al satélite y por lo tanto es mayor en los puntos más cercanos a la Luna), y
- la fuerza centrífuga que sufre al girar en torno al centro de gravedad del sistema Tierra-Luna (constante en todos los puntos de la Tierra).

Debido a estas fuerzas, se realizará la predicción de las características principales de las mareas como son su mayor nivel de ascenso (Pleamar Máxima) y su mínimo nivel alcanzado (Bajamar Mínima) con relación al nivel medio del mar.



El nivel de marea, en cualquier tiempo, puede ser representado armónicamente por la expresión:

$$h = H_0 + \sum_{i=1}^N f_i A_i \cos[\sigma_i t + (V_0 + u)_i - K_i]$$

Donde:

- h = Nivel de marea en cualquier tiempo t , (m)
- H_0 = Nivel promedio del agua obtenido de las mediciones de los niveles del mar en campo (m), efectuadas conforme a lo establecido en el Manual M-PRY-PUE-1-04-003, *Medición de Niveles del Mar*
- A_i = Amplitud media de la marea i , (m)
- f_i = Factor nodal para ajustar A_i (ver Tabla 1), (adimensional)
- σ_i = Velocidad angular de la componente i , (grados por hora)

- t = Tiempo calculado en una época inicial tal como el principio del año de predicciones; por ejemplo para $t=0$ le corresponde t_0 , (h)
- $(V_0+u)_i$ = Argumento de equilibrio de la componente i cuando $t = 0$; este valor es diferente para cada una de las componentes, (grados)
- V_0 = Velocidad de la marea i en la época inicial de la predicción al tiempo M (ver Figura 1 y Tabla 1) (grados/h)
- u = Velocidad de la marea i debida a cambios del nodo lunar (ver Figura 1 y Tabla 1) (grados/h)
- K_i = Ángulo de fase, es decir la fase de retraso o época de la componente i en el intervalo entre (V_0+u) y la siguiente pleamar, (grados), (ver Figura 1)

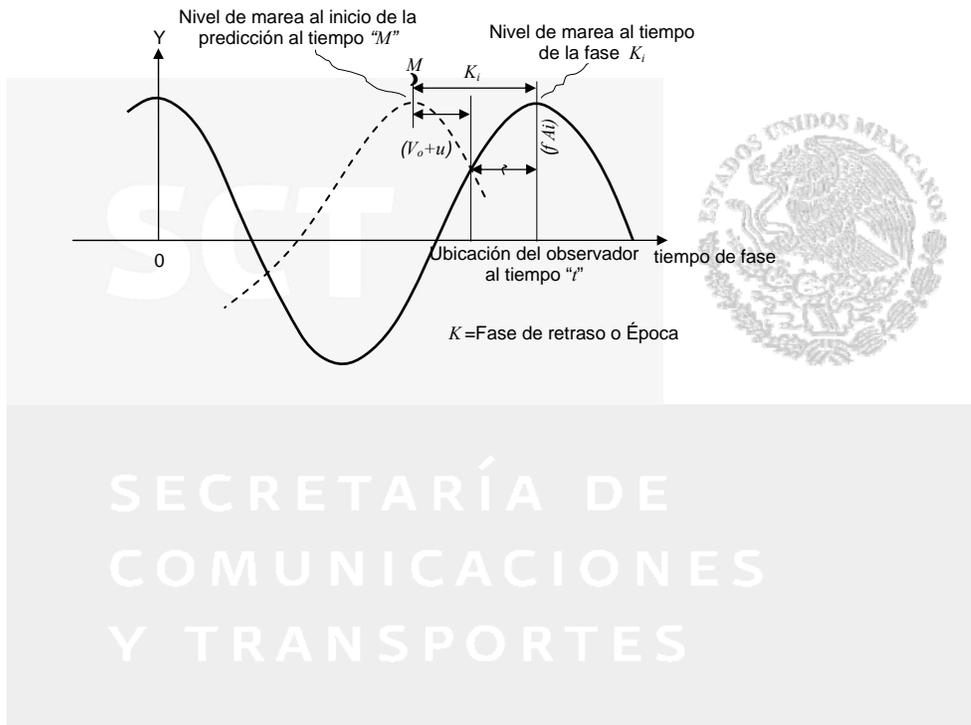


FIGURA 1.- Argumento $(V_0 + u)$ de equilibrio de la componente de marea en grados, fase de retraso o época K , a partir del inicio de la predicción al tiempo M

TABLA 1.- Factores estandarizados a la longitud de Greenwich

Componente de marea	Velocidad de la componente, V_0 grados/hora solar	Factor nodal de corrección, f_i adimensional	Velocidad de la componente debida a cambios del nodo lunar, u ** grados/hora
1	S_a	h	0
2	S_{sa}	$2h$	0
3	M_m	$S-p$	$1-0,130 \cos N$
4	M_{sf}	$2S-2h$	$\frac{1}{(f \text{ de } M_2)}$
5	M_f	$2S$	$-23,7^\circ \text{sen} N + 27^\circ \text{sen} 2N - 0,4 \text{sen} 3N$

6	Q_1	$T+h-3S+p-90^\circ$	$1,009+0,817\cos N-0,015\cos 2N$	$10,8^\circ\text{sen}N-1,3^\circ\text{sen}2N+0,2^\circ\text{sen}3N$
7	O_1	$T+h-2S-90^\circ$	$f \text{ de } Q_2$	$u \text{ de } Q_1$
8	M_1	$T+h-S+p+90^\circ$	[1]	[1]
9	TK_1	$T+2H-p_1-90^\circ$	1	0
10	P_1	$T-h-90^\circ$	1	0
11	K_1	$T+h+90^\circ$	$1,006+0,115\cos N-0,009\cos 2N$	$-8,9\text{sen}N+0,7^\circ\text{sen}2N$
12	J_1	$T+S+h-p+90^\circ$	$1,013+0,168\cos N-0,0017\cos 2N$	$-12,9\text{sen}N+13^\circ\text{sen}2N-0,2^\circ\text{sen}3N$
13	$2N_2$	$2T+2h-4S+2p$	$f \text{ de } M_2$	$u \text{ de } M_2$
14	μ_2	$2T+4h-4S$	$f \text{ de } M_2$	$u \text{ de } M_2$
15	N_2	$2T+2h-3S+p$	$f \text{ de } M_2$	$u \text{ de } M_2$
16	v_2	$2T+4h-3S-p$	$f \text{ de } M_2$	$u \text{ de } M_2$
17	M_2	$2T+2h-2S$	$1,00-0,037\cos N$	$-2,1^\circ\text{sen}N$

SCT



SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

18	L_2	$2T+2h-S-p+180^\circ$	[2]	[2]
19	T_2	$2T-h+p_1$	1	0
20	S_2	$2T$	1	0
21	K_2	$2T+2h$	$1,024+0,286\cos N+0,008\cos 2N$	$-17,7\text{sen}N+0,7^\circ\text{sen}2N$
22	M_3	$3T+3h-3S$	$(f \text{ de } M_2)^{3/2}$	$3/2(u \text{ de } M_2)$
23	M_4	$4T+4h-4S$	$(f \text{ de } M_2)^2$	$2(u \text{ de } M_2)$
24	MS_4	$4T+2h-2S$	$f \text{ de } M_2$	$u \text{ de } M_2$
25	M_6	$6T+6h-6S$	$(f \text{ de } M_2)^3$	$3(u \text{ de } M_2)$
26	$2MS_6$	$6T+4h-4S$	$(f \text{ de } M_2)^2$	$2(u \text{ de } M_2)$
27	$2SM_6$	$6T+2h-2S$	$f \text{ de } M_2$	$u \text{ de } M_2$
28	M_8	$8T+8h-8S$	$(f \text{ de } M_2)^4$	$4(u \text{ de } M_2)$

SCT



SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

$$f \operatorname{sen} u = \operatorname{sen} p + 0,2 \operatorname{sen} (p - N)$$

$$f \operatorname{cos} u = 2[\operatorname{cos} p + 0,2 \operatorname{cos} (p - n)]$$

$$f \operatorname{cos} u = 1 - 0,25 \operatorname{cos} 2p - 0,11 \operatorname{cos} (2p - N) - 0,02 \operatorname{cos} (2p - 2N) - 0,04 \operatorname{cos} N$$

$$f \operatorname{sen} u = -0,25 \operatorname{sen} 2p - 0,11 \operatorname{sen} (2p - N) - 0,02 \operatorname{sen} (2p - 2N) - 0,04 \operatorname{sen} N$$

Los coeficientes T , S , p , h , p_1 y N se calculan como sigue:

$$T = 360^\circ \quad (\text{por la rotación de la Tierra})$$

$$S = 277,02^\circ - 129,3848^\circ(Y - 1900) + 13,1764^\circ(D + i) \quad (\text{Longitud media de la Luna})$$

$$h = 280,19^\circ - 0,2387^\circ(Y - 1900) + 0,9856^\circ(D + i) \quad (\text{Longitud media del Sol})$$

$$p = 334,39^\circ + 40,6625^\circ(Y - 1900) + 0,1114^\circ(D + i) \quad (\text{Longitud media del perigeo lunar})$$

$$N = 259,16^\circ - 19,3282^\circ(Y - 1900) - 0,0053^\circ(D + i) \quad (\text{Longitud media del nodo lunar ascendente})$$

Donde:

Y = Año de observación o pronóstico
 D : = Número de días ocurridos desde enero 1 en el año Y
 i : = Número del año bisiesto entre 1900 y el primer día de enero de Y

** Nodo Lunar .- Puntos en los que el plano de la órbita lunar cruza la eclíptica. El cruce de sur a norte se llama nodo ascendente, y se llama nodo descendente el cruce de norte a sur

E.3. MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS PARA LA PREDICCIÓN DE MAREAS

El método de mínimos cuadrados consiste en determinar las amplitudes medias a_r y b_r de la siguiente sumatoria:

$$S = \sum_{i=1}^N \left\{ \bar{\eta}_i - \sum_{r=0}^n (a_r \cos \omega_r t_i + b_r \text{sen} \omega_r t_i) \right\}^2$$



Donde:

- S = Sumatoria de los niveles del mar, (m)
- $\bar{\eta}_i$ Nivel de marea i en cualquier tiempo t , (m)
- a_r y b_r Amplitudes medias de las componentes de marea al tiempo r , (m)
- ω_r = Velocidad angular de la componente de marea r , (grados/hora)
- N = Número de datos de la marea
- n = Número de componentes de la marea

Utilizando las siguientes expresiones:

$$\frac{\partial S}{\partial a_m} = 0 \quad \text{el subíndice } m \text{ varía de } 1 \text{ hasta } n$$

$$\frac{\partial S}{\partial b_m} = 0$$

el subíndice m varía de 1 hasta n

Tenemos que:

$$\frac{\partial S}{\partial a_m} = \sum_{i=1}^n 2 \left[\left\{ \bar{\eta}_i - \sum_{r=0}^n a_r \cos \omega_r t_i + b_r \operatorname{sen} \omega_r t_i \right\} \cos \omega_n t_i \right]$$

Igualmente:

$$\frac{\partial S}{\partial b_m} = \sum_{i=1}^n 2 \left[\left\{ \bar{\eta}_i - \sum_{r=0}^n a_r \cos \omega_r t_i + b_r \operatorname{sen} \omega_r t_i \right\} \operatorname{sen} \omega_n t_i \right]$$

Cuando $m > 1$, la forma matricial será:



SCT



SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

$$\begin{bmatrix}
 CC_{00}, & CC_{10}, \dots, CC_{n0}, & SC_{10}, \dots, SC_{n0} \\
 CC_{01}, & CC_{11}, \dots, CC_{n1}, & SC_{11}, \dots, SC_{n1} \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 CC_{0n}, & CC_{1n}, \dots, CC_{nn}, & SC_{1n}, \dots, SC_{nn} \\
 CS_{01}, & CS_{11}, \dots, CS_{n1}, & SS_{11}, \dots, SS_{n1} \\
 CS_{0n}, & CC_{1n}, \dots, CS_{nn}, & SS_{1n}, \dots, SS_{nn}
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 a_0 \\
 a_1 \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 a_n \\
 b_1 \\
 b_n
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 \bar{\eta} c_0 \\
 \bar{\eta} c_1 \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \bar{\eta} c_n \\
 \bar{\eta} s_1 \\
 \bar{\eta} s_n
 \end{bmatrix}$$

Donde:

$$\bar{\eta} c_m = \sum_{i=1}^N (\bar{\eta}_i \cos \omega_m t_i) \quad (m = 0, n)$$

$$\bar{\eta} s_m = \sum_{i=1}^N (\bar{\eta}_i \sen \omega_m t_i) \quad (m = 1, n)$$

$$cc_{L,m} = \sum_{i=1}^N (\cos \omega_L t_i \cos \omega_m t_i) \quad (L, (m = 0), n)$$

$$ss_{L,m} = \sum_{i=1}^N (\sen \omega_L t_i \sen \omega_m t_i) \quad (L, (m = 1), n)$$

SCT



SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

$$sc_{L,m} = \sum_{i=1}^N (\sen \omega_L t_i \cos \omega_m t_i) \quad (L = 1, n ; (m = 0), n)$$

$$cs_{L,m} = \sum_{i=1}^N (\cos \omega_L t_i \sen \omega_m t_i) \quad (L = 0, n ; (m = 1), n)$$

Donde:

L = Indica la columna de la matriz

m = Indica el renglón de la matriz

Se calcularán los valores de a_m y b_m para cada una de las componentes de la marea y así poder calcular las constantes armónicas R_m (amplitud de la marea) y ζ_m (ángulo de fase de la marea) con las siguientes expresiones

$$R_m = \sqrt{(a_m)^2 + (b_m)^2} \quad \text{Amplitud de la marea}$$

$$\zeta_m = \tan^{-1}\left(\frac{b_m}{a_m}\right) \quad \text{Ángulo de fase de la marea}$$

Con las constantes armónicas anteriores se puede realizar la predicción de la marea con la siguiente expresión:

$$h = H_0 + \sum_{i=1}^N f_m A_m \cos[\sigma_i t + (V_0 + u)_m - K_m]$$



Haciendo:

$$R_m = f_m A_m$$

Por lo tanto:

$$h = H_0 + \sum_{m=1}^N R_m \cos[\sigma_i t + (V_0 + u)_m - K_m]$$

$$R_m = f_m A_m$$

Donde:

R_m = Amplitud media de marea de la componente m , (m)

Las demás variables tienen el mismo significado indicado en la Fracción E.2. de este Manual.

E.4. TIEMPOS MÍNIMOS DE MEDICIÓN DE LOS NIVELES DEL MAR PARA EL CÁLCULO DE LAS CONSTANTES ARMÓNICAS DE LAS COMPONENTES DE MAREA

E.4.1. Tiempo mínimo de medición de los niveles del mar

El tiempo mínimo de medición de los niveles del mar se refiere a obtener los valores del nivel del agua a cada hora, según lo indicado en el Párrafo D.1.3.4. del Manual M-PRY-PUE-1-04-002, *Recopilación y Análisis de Información*.

La relación entre el tiempo mínimo de medición de los niveles del mar y las constantes armónicas de las componentes de marea buscadas, se indica a continuación.

E.4.1.1. Datos de los niveles del mar medidos durante 15 días

Se pueden obtener diez componentes de marea: M_2 , S_2 , K_2 , N_2 , K_1 , O_1 , P_1 , Q_1 , M_4 y MS_4 .



E.4.1.2. Datos de los niveles del mar medidos durante 29 días

Se pueden obtener trece componentes de marea: M_2 , S_2 , K_2 , N_2 , K_1 , O_1 , P_1 , Q_1 , M_4 , MS_4 , L_2 , V_2 y u_2 .

E.4.1.3. Datos de los niveles del mar medidos durante 3 meses

Se pueden obtener veintitrés componentes de marea indicados en la Tabla 1 de este Manual, excepto TK_1 , $2N_2$, $2MS_6$, $2SM_6$ y M_8 .

E.4.1.4. Datos de los niveles del mar medidos durante un año

Se pueden obtener las veintiocho componentes de marea indicadas en la Tabla 1 de este Manual.

E.4.1.5. Para alcanzar máxima precisión en la predicción, se requiere por lo menos de un ciclo de marea completo de 18,6 años, en una serie de observaciones para un sitio en

estudio. Dentro de este período, todas las modificaciones astronómicas significativas de marea ocurrirán.

E.5. REFERENCIA DE LA MAREA LOCAL AL MERIDIANO DE GREENWICH

Para referenciar las mareas a la *Línea Cotidal*, que se define como la línea que une a todos los puntos en los cuales ocurre la marea al mismo tiempo, se referenciará la marea local al meridiano de Greenwich. Las Líneas Cotidales están espaciadas en horas, tomando como referencia el meridiano de Greenwich.

La relación entre el tiempo del meridiano de Greenwich con el tiempo del meridiano local se expresa como sigue:

$$\text{Tiempo Greenwich } (t_0) = \text{Tiempo local } (t_0) + \frac{S}{15}$$

Donde:

S = Longitud Oeste del meridiano de tiempo usado en la estación local, (grados)



El número 15 indica el cambio de tiempo ($1/15^\circ$) de Longitud.

La relación de fases del argumento (V_0+u) entre la fase Greenwich y la fase local es:

$$\text{local } (V_0 + u) = \text{Greenwich } (V_0 + u - pL)$$

Por lo tanto para referenciar el nivel de marea local al nivel de marea del meridiano de Greenwich, se usará la siguiente expresión:

$$h_{LOCAL} = H_0 + \sum_{i=1}^N f_i A_i \text{Cos} \left[\sigma_i t + \text{Greenwich}(V_0 + u) - pL + \frac{\sigma_i S}{15} - K_i \right]$$

Donde:

L = Longitud Oeste de la estación para la cual se desea la predicción de mareas, (grados)

p = = 0 cuando se refiere a componentes de largo período ($M_f, M_{Sf}, M_m, S_{Sa}, S_a$)

- = 1 cuando se refiere a componentes diurnos ($Q_1, O_1, M_1, TK_1, P_1, K_1, J_1$)
- = 2 cuando se refiere a componentes semidiurnos ($2N_2, \mu_2, N_2, v_2, M_2, L_2, T_2, S_2, K_2$)
- = 3 cuando se refiere a la componente lunar tercio diurna (M_3)
- = 4 cuando se refiere a la componente lunar cuarto y cuarto diurna en aguas poco profundas (M_4, MS_4)
- = 6 cuando se refiere a la componente lunar sexta, sexta diurna lunar, sexta diurna solar ($M_6, 2MS_6, 2SM_6$)
- = 8 cuando se refiere a la componente lunar en aguas poco profundas (M_8)

Nota: Para todos los casos ver Tablas 2 y 3

- S = Longitud Oeste del meridiano de tiempo usado en la estación local, (grados)
- pL = Distancia en grados, del punto G de Greenwich al punto O local (ver Figura 2)

$h, H_0, f_i, A_i, \sigma_i, t, V_0, u, K_i$ tienen el significado de la Fracción E.2. de este Manual.

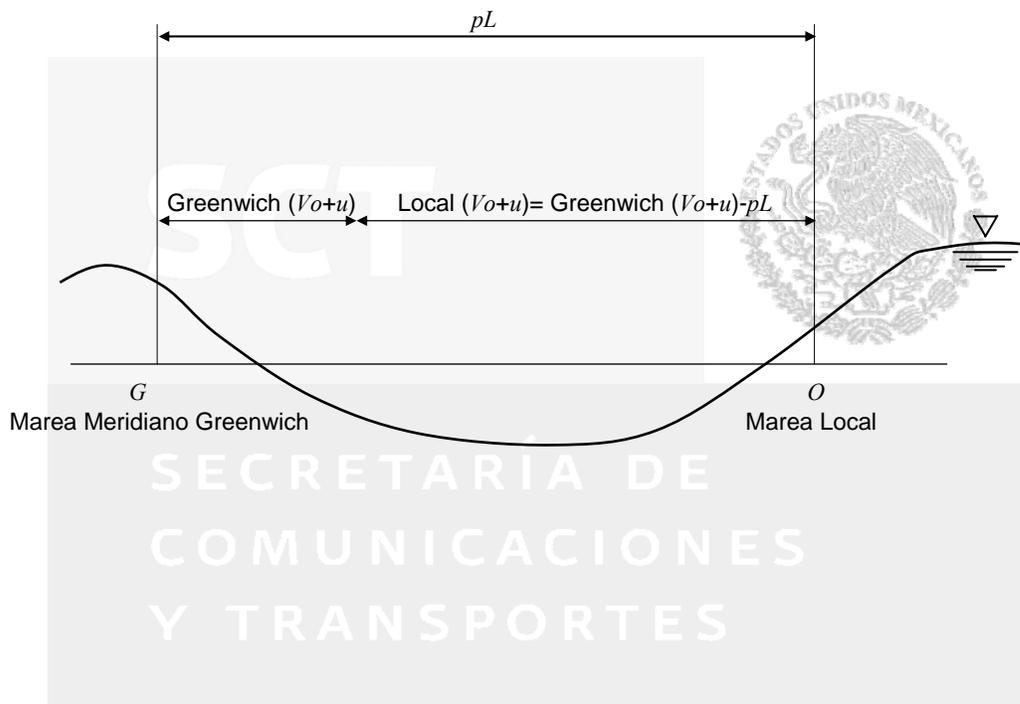


FIGURA 2.- Distancia en grados del punto G de Greenwich al punto O local

TABLA 2.- Componentes de marea, velocidad angular y período

Número	Símbolo de componente de marea	Velocidad angular grados/h	Período de la componente $\frac{h}{\frac{360^\circ}{\text{velocidad angular}}}$
1	S_a	0,041	8780,488
2	S_{sa}	0,082	4390,244
3	M_m	0,544	661,765
4	M_{sf}	1,015	354,68
5	M_f	1,098	327,869
6	Q_1	13,398	26,87

7	O_1	13,943	25,819
8	M_1	14,496	24,834
9	TK_1	14,917	24,134
10	P_1	14,958	24,067
11	K_1	15,041	23,935
12	J_1	15,585	23,099
13	$2N_2$	27,895	12,906
14	μ_2	27,968	12,872
15	N_2	28,439	12,659
16	v_2	28,512	12,626
17	M_2	28,984	12,421
18	L_2	29,528	12,192

SCT



SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

19	T_2	29,958	12,017
20	S_2	30,000	12,000
21	K_2	30,082	11,967
22	M_3	43,476	8,280
23	M_4	57,968	6,210
24	MS_4	58,984	6,103
25	M_6	86,952	4,140
26	$2MS_6$	87,968	4,090
27	$2SM_6$	88,984	4,046
28	M_8	115,936	3,105

TABLA 3.- Componentes de marea y su causa

Número	Símbolo de componente de marea	Causa de la componente de marea
1	S_a	Componente solar anual
2	S_{sa}	Componente solar semi-anual
3	M_m	Componente lunar mensual
4	M_{sf}	Componente luna/sol sinódica quincenal
5	M_f	Componente luna/sol quincenal
6	Q_1	Componente lunar elíptica mayor diurna
7	O_1	Componente lunar diurna
8	M_1	Componente lunar elíptica menor diurna
9	TK_1	Componente diurna

SCT



SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

10	P_1	Componente diurna solar
11	K_1	Componente diurna luna/sol
12	J_1	Componente lunar elíptica menor diurna
13	$2N_2$	Componente lunar elíptica semidiurna segundo orden
14	μ_2	Componente de variación
15	N_2	Componente lunar elíptica mayor semidiurna
16	v_2	Componente lunar mayor
17	M_2	Componente semidiurna lunar
18	L_2	Componente lunar elíptica menor semidiurna
19	T_2	Componente solar elíptica mayor semidiurna
20	S_2	Componente semidiurna solar
21	K_2	Componente semidiurna luna/sol

22	M_3	Componente lunar tercio diurna
23	M_4	Componente lunar cuarto en aguas poco profundas
24	MS_4	Componente cuarto diurna en aguas poco profundas
25	M_6	Componente lunar sexta en aguas poco profundas
26	$2MS_6$	Componente sexta diurna lunar en aguas poco profundas
27	$2SM_6$	Componente sexta diurna solar en aguas poco profundas
28	M_8	Componente lunar en aguas poco profundas

Las componentes de marea indicadas en las Tablas 2 y 3 de este Manual, se interpretan de forma gráfica como se indica en la Figura 3.

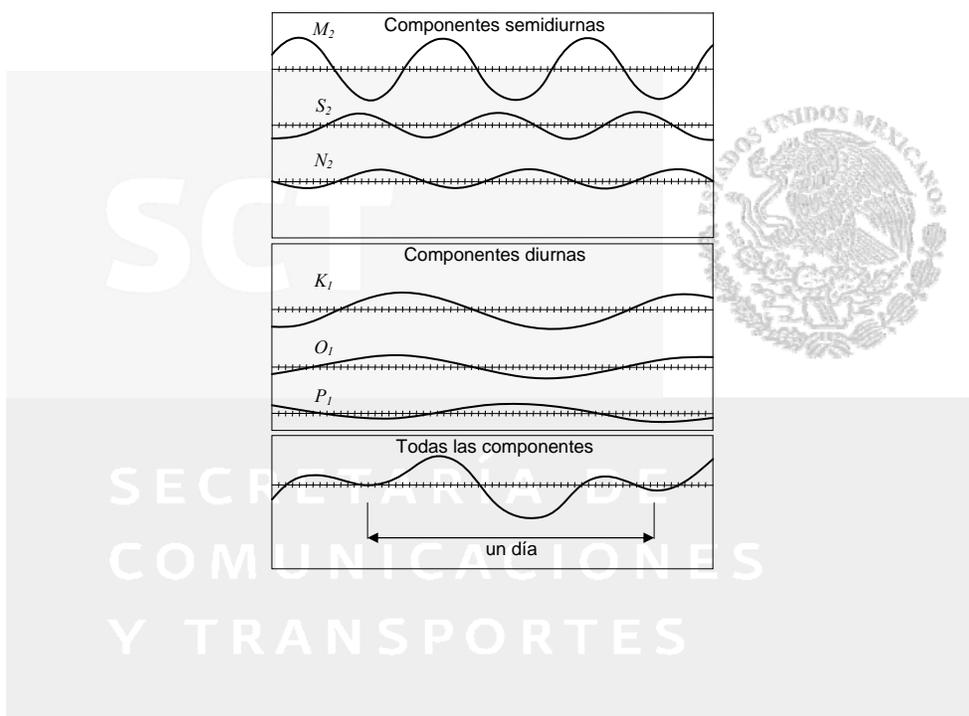


FIGURA 3.- Interpretación gráfica de componentes de marea

E.6. DIVISIÓN DE LA REPÚBLICA MEXICANA RESPECTO A LA HORA DEL MERIDIANO DE GREENWICH

La Republica Mexicana, para efectos de este Manual, se considera que está dividida con relación a la hora estándar, respecto al meridiano de Greenwich, como se indica en la Figura 4.

SCT



SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

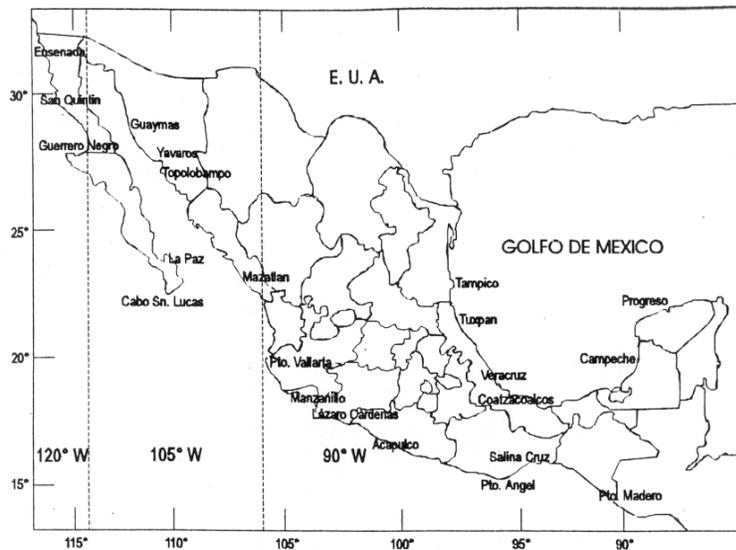


FIGURA 4.- División de la República Mexicana respecto a la hora del meridiano de Greenwich

Para el caso de Ensenada, B.C., Mazatlán, Sin., y Veracruz, Ver., son estandarizados a 120 W, 105 W y 90 W, respectivamente.

F. BIBLIOGRAFÍA

Engineer Manual, No.1110-2-1100, Engineering and Design, *Chapter 5 Water levels and long waves*, Department of the Army, US Army Corps of Engineers, EEUU (2003)

Sato, S. y Esquivel, S., *Análisis Armónico y Pronóstico de Marea*, Instituto Mexicano del Transporte, México (1995)

Grivel Villegas, J. F., *Cálculo de las Constantes Armónicas y Pronósticos de Mareas en Puerto Escondido, Baja California Sur*, México (1986)

SCT



SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES