La Tabla de Mareas Chilena (1947 - 1968)

A fines del año 1946 se entregaba a la circulación, para su empleo en nuestra Armada y Marina Mercante, la primera Tabla de Mareas de la Costa de Chile para 1947.

Era un folleto de 14 páginas que contenía 4 puertos patrones con el pronóstico diario de la hora y altura de la pleamar y bajamar. Dichos puertos eran: Valparaíso, Puerto Montt, Punta Arenas y Bahía Orange. Con esta publicación el entonces Departamento de Navegación e Hidrografía de la Armada, actualmente Instituto Hidrográfico, cumplía con uno de los 6 objetos principales de las observaciones de mareas en cuanto a Hidrografía se refiere y que dice "Cálculo y Publicación de las Tablas de Mareas".

Así empezaba a dar sus frutos la Sección Mareas creada en 1945, que tabulaba y calculaba los mareogramas de los tres primeros mareógrafos automáticos standard que instaló en los puertos de Valparaíso, Puerto Montt y Punta Arenas entre los años 1941 y 1942, la-bor efectuada por el Ingeniero de Mareas del Coast and Geodetic Survey de Washington D.C., Harry A. Marmer (Q.E.P.D.).

Estos tres instrumentos registradores de la marea fueron la semilla de la futura red de Estaciones de Mareas que actualmente se extiende en nuestro litoral desde Arica hasta el Continente Antártico, incluyendo las islas Juan Fernández y Pascua.

RED DE ESTACIONES DE MAREAS DE NORTE A SUR

- 1.—Arica 2.—Iquique 3.—Antofagasta 4.—Caldera 5.—Hanga Piko (Isla de Pascua)
- 6.—Coquimbo 7.—Valparaíso
- 8.—Talcahuano
- 9.—Lebu
- 10.—Corral
- 11.—Mansa
- 12.—Puerto Montt
- 13.—Punta Arenas
- 14.—Caleta Percy
- 15.—Puerto Williams.

Por

Guillermo VILLEGAS Campos, Técnico de Mareas Instituto Hidrográfico Armada de Chile

Volvamos a la primera Tabla de Mareas de 1947. Su físico es un folleto delgado de solamente 14 páginas y así como el árbol al nacer es una planta pequeña y al pasar los años crece en estatura y grosor, la Tabla de Mareas también con los años adquirió mayor consistencia y en 1957 contenía ya 7 puertos patrones, ortos y ocasos del Sol y la Luna y tablas de conversiones de uso en el mar, en un total de 79 páginas.

La Tabla de Mareas de 1958 una novedad en el formato del pronóstico diario: a partir de esta fecha se suprimieron los vocablos pleamar y bajamar. A renglón seguido se colocan las horas y alturas de las pleas y bajas, siguiendo la secuencia del fenómeno de la marea, evitándose con ello el zigzagueo para obtener la hora y amplitud, la duración de la llenante y de la bajante. Actualmente basta entrar en un día cualquiera con el valor numérico en la columna "Alturas" para deducir inmediatamente las horas y las alturas de las pleas y bajas diariamente. Este formato, que fue ideado por el Coast and Geodetic Survey de Washington D.C. y posteriormente adoptado por la totalidad de los Institutos Hidrográficos del mundo, es el que está actualmente en uso. A continuación se inserta una copia del antiguo y nuevo formato para apreciar objetivamente la meiora alcanzada:

FORMATO ANTIGUO Valparaíso, Enero de 1947

Día	Plea	Baja Hora Alt.	
	Hora Alt.		
	h m mt	h m mt	
1	04 21 1.28 17 36 1.25	11 05 0.52 23 39 0.70	
2	05 28 1.22 18 30 1.40	11 52 0.49	
3	06 35 1.22 19 23 1.52	00 53 0.61 12 43 0.48	
4	07 38 1.22 20 14 1.68	01 59 0.49 13 33 0.43	
5	08 36 1.22 21 04 1.80	02 55 0.40 14 23 0.37	
6	09 33 1.25 21 52 1.89	03 48 0.30 15 14 0.33	

Día	Plea Hora Alt.		Baja		
			Hora Alt.		
	h m	mt	h	m	mt
7	10 24 22 41				0.21
8	11 16 23 29				0.18 0.30
9	12 08	1.28	7	(A) (A)	$0.18 \\ 0.33$
10	00 19 13 00				0.21 0.40
11	01 08	1.80	07	54	0.27

FORMATO NUEVO Valparaíso, Enero de 1968.

Día	Но	ra Altur		ra
	h	m	mts	3
1	05	30	0.2	
L	11	18	1.1	
	16	48	0.3	
	23	24	1.9	2
2	06	18	0.2	1
M	12	06	1.1	9
	17	36	0.4	0
3	00	12	1.8	6
M	07	00	0.2	
	12	54	1.1	9
	18	18	0.4	6
4	00	54	1.7	4
J	07	48	0.3	4
-	13	42	1.1	9
	19	12	0.5	5
5 V	01	42	1.6	2
\mathbf{v}	08	30	0.4	0
	14	30	1.1	9
	20	06	0.6	1
6	02	24	1.4	6
6 S	09	12	0.4	
	15	24	1.1	
	21	06	0.7	0
7	03	12	1.3	
7 D	10	00	0.5	5
	16	30	1.2	
	22	18	0.7	
Compar	ando	ambos	formatos,	nota-

Comparando ambos formatos, notamos inmediatamente la claridad de la distribución y apreciamos en el nuevo formato la secuencia horaria del fenómeno de la marea. Durante el Año Geofísico 1957-1958 se observaron mareas en la Isla de Pascua, Isla Juan Fernández (Bahía Cumberland), figurando Hanga Piko como puerto patrón desde 1962, en la Tabla de Mareas. Asimismo, desde 1958 figura como puerto patrón el Puerto Soberanía del Territorio Antártico Chileno.

El año 1962, como previniendo la futura Integración Andina, se incluyeron los puertos de Colombia, Ecuador y Perú, subiendo así de 8 a 16 los puertos patrones desde el año 1962.

La actual Tabla de Mareas, que podríamos decir ya ha cumplido su mayoría de edad, sigue en franco crecimiento y progreso en beneficio de nuestra Institución y de la Marina Mercante, y para comprobar esta aseveración se incluye a continuación una estadística de clara y sencilla comprensión:

Año de Publicación	Numero de Puertos Patrones	Total de Páginas
1947 (la prime	era) 4	14
1954	6	68
1963	16	167
1968	21	187

La Tabla de Mareas de 1968 además trae como primicia el pronóstico diario de Puerto Williams, situado en la Isla Navarino frente al Canal Beagle. Este adelanto se debió a la valiosa cooperación de la III Zona Naval que ordenó la iniciación de los estudios para la instalación del mareógrafo automático standard cedido por el Servicio Geodésico Inter-americano. La cooperación eficiente del entonces Jefe de la Base Naval de Puerto Williams, que ordenó a su personal técnico la construcción de una caseta a prueba del duro clima de esa región, aceleró la instalación del mareógrafo, el que principió a funcionar en noviembre de 1964.

Tiene una activa participación en la estación de mareas el Observador de Mareas, quien generalmente pertenece a la rama de Navegantes y quien se encarga de la atención diaria del instrumento. Este recibe instrucción teórica y práctica en la Sección Mareas del Instituto Hidro-

gráfico, donde generalmente participan en instalaciones de mareógrafos. Cuando están debidamente entrenados, parten a desempeñarse como Observador de Mareas a las diferentes estaciones a que han sido asignados. A su eficiente desempeño corresponden muchos rollos de mareas o mareogramas que al llegar al Instituto permiten la tabulación y cálculos de los valores no-armónicos que son la materia prima para los futuros pronósticos de las Tablas de Mareas. Desde estas líneas la Sección de Mareas del Instituto Hidrográfico desea rendir un justo homenaje a estos anónimos servidores de la Armada, que gracias a su estricto sentido del cumplimiento del deber, muchas veces en climas inhóspitos, llevan a cabo esta importante labor mareológica.

Hemos hablado de Red de Estaciones de Mareas y de Tablas de Mareas. Entonces fluye la pregunta, ¿para qué observamos las mareas? ¿cuál es el objeto de estas observaciones? Como ya lo hemos descrito en artículos anteriores y en esta misma Revista, existen seis razones fundamentales para estas disciplinas en lo que a Hidrografía se refiere, las que indicamos a continuación de acuerdo con su prioridad u orden de importancia:

- Cálculo del Nivel Medio del Mar y Nivel de Reducción de sondas.
- Tabulación y cálculo de los mareogramas.
- Cálculo y publicación de las Tablas de Mareas.
- 4. —Colocación de Cotas Fijas de Mareas.
- 5.—Estudio particular de las mareas de cada puerto.
- 6.—Sistema Nacional de Alarma de Maremotos.

Detengámonos en cada uno de estos puntos y expliquemos en forma condensada e inmediatamente declaramos que el objeto primordial de las observaciones de mareas es el cálculo del nivel medio del mar.

1.-El Nivel Medio del Mar

Los oceanógrafos del orbe, después de largas observaciones y estudios, llegaron a establecer que el plano más estable para referir las alturas topográficas, es el plano del Nivel Medio del Mar. Vemos que en todo orden de cosas se necesita un origen, en otras palabras un "Cero". Por ejemplo, las latitudes geográficas nacen de un "Cero", el Ecuador Terrestre; las longitudes geográficas tienen el "Cero" en el meridiano de Greenwich: la Era Cristiana el "Cero" es el día de Navidad v así hav muchos ejemplos. Fluve entonces la pregunta, ¿cuál es el "Cero" de las alturas topográficas?. Erróneamente los textos antiguos de geografía nos enseñaron que las alturas de nuestros volcanes, cerros, montañas, etc., estaban referidas al Nivel del Mar; profundo error. este nivel varía diariamente entre un máximo y un mínimo cada 06 horas 12 minutos, que es el período medio entre una pleamar y una bajamar consecutivas, de manera que cualquier volcán o montaña tendría una altura con la pleamar y otra altura con la bajamar.

Los oceanógrafos, con sus estudios y observaciones nos enseñaron que el plano prácticamente invariable es el Nivel Medio del Mar y a este Nivel están referidas todas las alturas existentes en la Tierra y los demás niveles que se refieren a mareas tales como: Nivel de Reducción de Sondas, Nivel Medio de las Pleamares, Nivel Medio de las Bajamares, etc.

El Nivel Medio del Mar se obtiene promediando las Alturas Horarias de la Marea, ya sean sacadas de un mareograma o leídas directamente en la escala de mareas; de este cálculo se obtiene una cifra numérica que es diferente para cada estación de mareas.

Este valor numérico que representa la altura del nivel medio del mar en la escala de mareas adjunta al mareógrafo se hace más exacto a medida que aumenta el número de observaciones de mareas, llegándose a determinar que el período ideal de observaciones de mareas para llegar a un nivel medio del mar prácticamente exacto es de 18 años 2/3, conocido con el nombre de Ciclo de Metón. En este período los tres valores astronómicos principales de la Luna que tienen influencia en la marea, a saber: Fase, Declinación y Paralaje, han completado un ciclo.

Calculada la situación del Nivel Medio del Mar, se procede a situar el Nivel de Reducción de Sondas, que es el plano al que se van a referir las sondas y desde donde se cuentan las alturas de las mareas de la Tabla. Para nuestro litoral, cuyo régimen o tipo de marea es el mixto. en el cual se registran dos pleas y dos bajas diarias, con una apreciable desigualdad tanto en las alturas de las pleas como en las alturas de las bajas, se ha adoptado el Nivel de la Mayor Bajamar v su significado físico sería: el de un plano que pase tangente al límite inferior de la curva descrita por la mayor bajamar de la localidad. En nuestra costa esta bajamar se registra los días en que haya coincidencia de la Luna en sicigias y en el perigeo. La Luna, estando más cerca de la Tierra, es decir en el perigeo, coincidente con una Luna llena o nueva, halla una mayor atracción en la superficie del mar. Cada país elige el nivel de reducción de acuerdo con el régimen de mareas que tienen sus costas y es así que la costa de los Estados Unidos de Norteamérica tiene un nivel para la costa atlántica y otro para la costa del Pacífico.

Tabulación y Cálculos de los Mareogramas

Los días primeros de cada mes y conforme a las Instrucciones que recibe el Observador de mareas, procede a cambiar el rollo usado durante el mes por un rollo nuevo y enviarlo al Instituto Hidrográfico de la Armada. Al rollo que fue reemplazado por uno nuevo y en que aparece registrada la curva de mareas se le llamará en adelante "Mareograma".

Ahora empieza la labor de la Sección Mareas del Instituto Hidrográfico procediendo a calcular la "Referencia" o sea la distancia de la raya fija y el "cero" de la escala de mareas en el mareograma, empleando el formulario denominado "Lecturas Diarias de la Marea" a base de las observaciones diarias que efectúa el Observador en la escala del mareógrafo.

Obtenida esta distancia y colocada en el escalímetro que corresponde al mareograma del puerto que se está tabulando, se procede a tabular el formulario de "Horas y Alturas de la Pleamar y Bajamar". Terminado de tabular este formulario, se calculan los siguientes valores no-armónicos de la marea:

- 1.-Nivel Medio del Mar
- 2.-Nivel Medio de la Marea
- Intervalo mareo-lunar de la pleamar
- 4.—Intervalo mareo-lunar de la bajamar
- 5.—Amplitud media de la marea
- 6.—Amplitud media de las pleamares más altas
- 7.—Altura media de las pleas
- 8.—Altura media de las bajas más bajas
- 9.—Altura media de la bajamar
- 10.—Desigualdad media diurna de la pleamar
- Desigualdad media diurna de la bajamar
- 12.—Altura máxima mensual de la pleamar
- 13.—Altura mínima mensual de la bajamar
- 14.—Amplitud máxima mensual de la marea.

Finalmente se tabula el formulario "Alturas Horarias de la Marea", las que se obtienen del mareograma empleando el escalímetro y las marcas que automáticamente hace cada hora el mecanismo de escape del reloj de tiempo. Una vez terminadas de tabular las alturas del mareograma en el formulario se suman horizontal y verticalmente para comprobar la exactitud de la suma, desde las 00 horas del día primero hasta las 23 horas del último día del mes y este total se divide por el número de horas del mes.

Divisor para un mes de:

 $28 \text{ días} = 28 \times 24 = 672$

 $29 \text{ días} = 29 \times 24 = 696$

 $30 \text{ días} = 30 \times 24 = 720$

 $31 \text{ días} = 31 \times 24 = 744$

Cálculo y publicación de las Tablas de Mareas

La Tabla de Mareas es un folleto que da las predicciones diarias de hora y altura de las pleamares y bajamares de todos los puertos patrones. Para la predicción lo primordial es la observación de mareas y la tabulación de los mareogramas, operación que proporciona la materia prima de la predicción, llamándose así a las Alturas Horarias de la Marea. Con estos valores se calculan las Constantes Armónicas de la Marea previo el cálculo matemático conocido con el nombre de "Análisis Armónico de la Marea". Los valores numéricos de estas constantes vaciadas en el "Computador Electrónico Digital" permiten obtener en un corto lapso los pronósticos diarios de las mareas que son la base de las Tablas de Mareas.

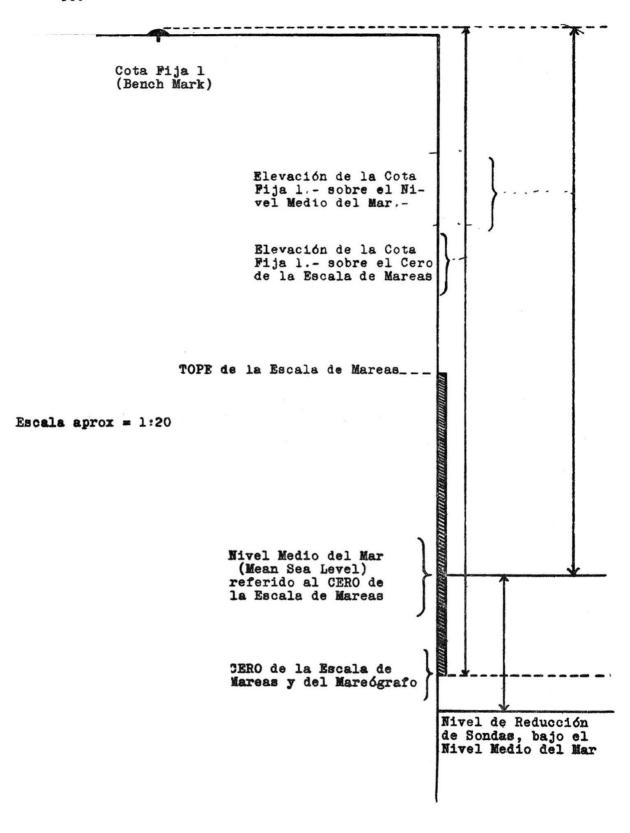
4. —Cotas Fijas de Mareas

Es una marca o punto de referencia que se establece cerca de una Estación Mareográfica con el objeto de controlar todas las fases de un estudio mareográfico y principalmente para el establecimiento y conservación del Nivel Medio del Mar. Se materializa en un disco de bronce de 10 centímetros de diámetro. rotulado reglamentariamente por la Autoridad Hidrográfica de la Armada. En un Puerto Patrón de Mareas se instalan 5 o más discos y en una estación secundaria 3 discos, en lo posible en dirección perpendicular a la línea de la costa. Las características de cada cota deben las siguientes:

- a) Permanencia
- b) Estabilidad
- c) Localización adecuada
- d) Recuperación fácil

Anualmente visita un puerto patrón de marea para su inspección y se procede a nivelar las cotas fijas con el tope de la escala de mareas, valores que ingresan a la Sección Mareas que tiene la tuición de estas nivelaciones.

El croquis a continuación nos muestra la Altura del Nivel con respecto a Cota Fija de Mareas Primaria y al Nivel de Red de sondas es la cota más estable y más próxima al mareógrafo y se designa así por ser el enlace entre el Nivel Medio del Mar y la red de control geodésico vertical y horizontal. Se adjunta un croquis para mejor apreciación.



Estudio particular de las Mareas de cada puerto

Este título es muy substantivo. efecto, de las observaciones de mareas se deducen las características esenciales de este fenómeno en el litoral del Pacífico Sur y de ellas sacamos las siguientes conclusiones: Desde la zona que abarca desde Arica hasta Mansa las amplitudes de mareas de sicigias fluctúan entre 1,60 metros y 1,90 metros y las desigualdades afectan visiblemente más a las pleamares que a las bajamares. El valor conocido con el nombre de Establecimiento del Puerto, que es el tiempo transcurrido entre el paso de la Luna por el Meridiano del lugar y la hora de la futura pleamar, en un día de sicigias varía desde 08 horas 32 minutos en Arica hasta 10 horas 32 minutos en Mansa. De estos guarismos deduciremos que la onda de marea del Pacífico tiene una dirección Norte-Sur y que la plea de sicigias de Bahía Mansa se produce 2 hrs. 00 minutos después de la Plea de Arica y la velocidad de la onda de marea entre estos dos puertos es 600 millas por hora aproximadamente.

Las mareas de la zona interior de Chiloé se caracterizan por grandes amplitudes que fluctúan entre 5.00 mts. y 7,36 metros registradas en los mareogramas de Puerto Montt.

La mayor amplitud de mareas registrada en nuestro litoral corresponde a la localidad de Dungenes, la Boca Oriental del Estrecho de Magallanes. En ese punto, en el año 1964, la ENAP por intermedio del Ingeniero Sr. René Lagos instaló un mareógrafo a presión patente Bristol; una vez tabulado y calculado el mareograma registramos una amplitud de sicigias de más de 9 metros.

Las mareas de la Antártida se caracterizan por la gran desigualdad diurna que afecta principalmente a la bajamar. Veamos la Tabla de Mareas para 1968 en Puerto Soberanía, de fecha 1º de enero; la altura de baja de la mañana fue 1.58 metros y la altura de la baja de la tarde fue de 0.12 metros.

También en las mareas de Punta Arenas y de la Antártida en algunos días de

máxima declinación lunar, se suelen registrar mareas diurnas, es decir una plea y una baja en el día-marea, cuando lo corriente es que registren dos pleas y dos bajas en el día-marea.

Las mareas de Isla de Pascua resultaron ser de poca amplitud y las amplitudes máximas no se producen en sicigias; por último como curiosidad mareológica, la amplitud en sicigias más pequeña es en Puerto Natales, 0.70 metros.

6.—Sistema Nacional de Alarma de Tsunami (Maremoto)

El glosario de mareas tiene la siguiente definición: Maremoto (Tsunami), onda extraordinariamente larga, producida por un terremoto submarino; su efecto en las costas es generalmente destructor y se caracteriza por su alta velocidad de propagación.

La cuenca del Océano Pacífico, con sus tierras continentales que la rodean, constituye una activa zona sísmica. Entre los temblores y terremotos que se producen hay algunos con epicentros submarinos cercanos a la costa que dan origen al desplazamiento de ondas oceánicas conocidas con el nombre de Tsunami o Maremoto; estas ondas recorren el Pacífico a gran velocidad, ocasionando, según su intensidad, devastaciones de consideración en las costas e islas de nuestro litoral.

Desde muchos años se había considerado la posibilidad de crear un sistema de alarma que fuera capaz de alertar a la población costera e isleña con la anticipación suficiente, de modo que permitiera a las autoridades locales adoptar las medidas del caso para evitar pérdidas de vidas y reducir al mínimo los daños materiales.

El 1º de abril de 1946 un violento terremoto, cuyo epicentro fueron las Islas Alcucianas, el cordón de islas que unen Alaska con Japón, aisló las islas Hawaii, causando la muerte de 173 personas y produciendo pérdidas materiales por un valor de 25.000.0000 de dólares. Como consecuencia de esta catástrofe, el U.S. Coast and Geodetic Survey organizó un Sistema de Alarma conocido con el nom-

bre de "Seismic Sea Wave Warning System", con sede en el Observatorio de Honolulu y cuya primera función fue proveer información de maremotos solamente a las Islas Hawaii, extendiéndose poco después sus funciones a toda el área del Pacífico.

OPERACION DEL SISTEMA DE ALARMA

Un ejemplo real; el día 28 de marzo de 1964 la persona encargada del sistema en Valparaíso, recibió un llamado telefónico de la NASA (National Aeronautic and Space Administration). Recibido el mensaje telefónico, se le preguntó la palabra clave, contestando que era un tsunami real y no un ejercicio que se recibe mensualmente para comprobar la velocidad de transmisión y respuesta del mensaje hecho por la Estación de Mareas a la cual va dirigido. Se trataba de un terremoto producido en Anchorage Bay, Alaska, que había causado una on-

da sísmica de marea con una velocidad de desplazamiento tal, de acuerdo con la Carta de los Tiempos de Propagación de Onda Sísmica adjunta, que a Valparaíso arribaría alrededor de las 18.00 horas de ese mismo día. Puesta en conocimiento de este mensaje la Jefatura del Instituto Hidrográfico, se puso en actividad el Sistema de Alarma de Tsunami. Es así como las Autoridades Navales. Escuadra, Gobernaciones Marítimas, Capitanías de Puerto, Alcaldes de Mar, etc., fueron alertadas con la debida anticipación, anunciándoles la hora aproximada de la llegada del Tsunami. En esta forma se cumplía el objetivo de la alarma, pudiendo los buques y los puertos prepararse para esta emergencia y evitar cualquier desastre.

Finalmente quiero dejar constancia de la valiosa cooperación que prestan el Coast and Geodetic Survey de Washington D.C. y el Servicio Geodésico Interamericano con sede en Santiago de Chile, adjunto al Instituto Geográfico Militar.

Uniforme Naval

Todas las marinas usan uniforme de color azul. Tal práctica tuvo su origen en la Marina inglesa.

En el año 1745 los oficiales ingleses pidieron al Duque de Bedford les diseñara un uniforme, pues carecían de él.

El rey Jorge II, a petición expresa del duque, dispuso los colores azul y blanco para los uniformes de Oficiales y Gente de Mar.