

Capítulo N° 7

“MAREAS Y CORRIENTES”

I.- CONCEPTOS

Marea:

Ascenso y descenso periódicos de todas las aguas oceánicas, incluyendo las del mar abierto, los golfos y las bahías, resultado de la atracción gravitatoria de la Luna y del Sol sobre el agua y la propia Tierra.

Mareas lunares

La Luna, al estar mucho más cerca de la Tierra que el Sol, es la causa principal de las mareas. Cuando la Luna está justo encima de un punto dado de la superficie terrestre, ejerce una fuerza de atracción del agua, que, por lo tanto, se eleva sobre su nivel normal. El agua que cubre la porción de Tierra más lejana de la Luna también está sometida a atracción; se forma así otra elevación que proporciona el fundamento de una segunda onda. La cresta de onda situada bajo la Luna se llama marea directa, y la del lado diametralmente opuesto de la Tierra se llama marea opuesta. En ambas crestas, prevalece la condición conocida como de marea alta, mientras que a lo largo de la circunferencia formada por las zonas perpendiculares al eje de mareas directa y opuesta se producen fases de marea baja.

Las mareas alta y baja se alternan en un ciclo continuo. Las variaciones producidas de forma natural entre los niveles de marea alta y baja se denominan amplitud de la marea. En la mayoría de las costas del mundo se producen dos mareas altas y dos bajas cada día lunar, siendo la duración media de un día lunar 24 h, 50 min y 28 s. Una de las mareas altas está provocada por la cresta de marea directa y la otra por la cresta de marea opuesta. En general, dos mareas altas o bajas sucesivas tienen casi la misma altura. Sin embargo, en algunos lugares fuera del océano Atlántico estas alturas varían de forma considerable; este fenómeno, conocido como desigualdad diurna, todavía no se comprende bien en la actualidad.

Mareas solares

Asimismo, el Sol provoca el ascenso de dos crestas de onda opuestas, pero como el Sol está más alejado de la Tierra, su fuerza para crear mareas es un 46% menor que la Luna. El resultado de la suma de las fuerzas ejercidas por la Luna y el Sol es una onda compuesta por dos crestas, cuya posición depende de las posiciones relativas del Sol y de la Luna en un instante dado. Durante los periodos de Luna nueva y llena, cuando el Sol, la Luna y la Tierra están alineadas, las ondas solar y lunar coinciden. Resulta un estado conocido como mareas de primavera; en ellas las mareas altas ascienden más y las mareas bajas descienden más de lo habitual. Cuando la Luna está en el primer o tercer cuadrante, el Sol forma un ángulo recto con respecto a la Tierra y las ondas quedan sometidas a fuerzas opuestas del Sol y de la Luna. Este estado es el de marea muerta: la marea alta es más baja y la baja más alta de lo normal. Las mareas de primavera y muerta se producen 60 h después de las fases correspondientes de la Luna; este periodo se llama edad de la marea o de la fase de desigualdad.

El intervalo entre el instante en que la Luna cruza un meridiano en un punto y cuando la siguiente marea alta llega a ese punto se llama intervalo Luna-marea, o de marea alta. El intervalo de marea baja es el periodo entre el instante en que la Luna cruza un meridiano y cuando llega la siguiente marea baja. Los valores medios entre los intervalos Luna-marea durante los periodos de Luna nueva y llena se conocen como establecimiento de puerto. Los valores de los intervalos durante otros periodos del mes se denominan, a veces, establecimientos corregidos.

Corrientes y olas de marea

Junto al ascenso y descenso vertical de agua, hay varios movimientos horizontales o laterales llamados comúnmente corrientes de marea, muy diferentes de las corrientes oceánicas normales. En zonas cerradas, una corriente de marea fluye durante unas 6 h y 12 min aguas arriba, o hacia la costa, en correspondencia con la marea alta; después se invierte y fluye, durante casi el mismo tiempo, en dirección contraria, y se corresponde con la marea baja. Durante el periodo de inversión, el agua se caracteriza por un estado de inmovilidad, o calma, llamado repunte de la marea. Una corriente que fluye hacia la costa se califica como de avenida; y la que se aleja de la misma, reflujo.

II.- FUERZAS GENERADORAS DE MAREAS

El fenómeno de las mareas, se produce como consecuencias del Sistema de fuerza ejercicio por la Luna y el Sol sobre la tierra.

“Todos los cuerpos del Universo, se atraen con una fuerza que es proporcional a la masa, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia” (Newton). Pero mientras las fuerzas de atracción o gravedad, tienden a acercar los astros unos a otros, las fuerzas centrífugas tienden a alejarlos. Debido a que tales fuerzas se encuentran en equilibrio, los planetas se mantienen orbitando alrededor del Sol y los satélites alrededor de los planetas, sin separarse definitivamente ni acercarse hasta chocar.

Con respecto al centro de masa del sistema Tierra - Luna, las fuerzas centrífugas y de atracción se encuentran en balance. Es decir, son de igual magnitud, pero de sentido opuesto. De este modo, la fuerza resultante es nula. Sin embargo, tratándose de un fluido como el agua, cuya densidad es menor que la tierra considerada como un conjunto, tal balance no existe. Esta situación genera un movimiento de partículas de agua cuyo movimiento vertical se denomina marea y su movimiento horizontal corriente.

Efecto de la distancia

Debido a que la órbita de la tierra alrededor del Sol y de la luna alrededor de la tierra, son elípticas (Kepler); se producen cambios en las correspondientes distancias. La variación en distancia de la tierra a la luna produce un efecto considerablemente mayor en la altura de la marea, que la distancia de la Tierra al Sol. De esta forma existe una tendencia de las mareas a ser mayores durante el perigeo (Máximo acercamiento a la Luna), que durante el apogeo (Máximo alejamiento a la Luna).

Cuando la Luna se acerca, aumenta la fuerza de atracción. Levantando el agua que está entre el centro de la Tierra y la Luna. En ese momento, La tierra, también se acerca a la Luna, dejando atrás y levantando el agua que está en su parte posterior.

Efecto de la rotación terrestre

Esta claro que si la Tierra y la Luna estuvieran estacionarias en sus movimientos relativos, existiría una alta marea permanente directamente en el meridiano que apunta hacia la Luna y otra en el meridiano opuesto. Por otra parte, existiría una baja permanente en las longitudes intermedias. Sin embargo, debido a que la Luna se demora aproximadamente 25 horas en pasar dos veces consecutivas frente a un mismo meridiano, durante ese lapso, pasan dos altas y dos bajas por un meridiano cualquiera de la Tierra.

Efecto de la gradiente del fondo.

Cuando en una playa, las olas del mar empiezan a desplazarse por aguas cuya profundidad disminuye, se reduce el largo de las mismas y aumenta su altura. Exactamente lo mismo ocurre con la onda de marea. Este fenómeno es mucho más notorio cuando la gradiente del fondo es suave que cuando es pronunciado.

Efecto combinado del sol y luna

La fuerza de atracción del Sol, a veces actúa en el mismo sentido que la Luna y, a veces, lo hace en sentido contrario. Por ejemplo; cuando existe Luna Nueva o Llena, ambas fuerzas actúan juntas en el mismo sentido, sumándose. Esto produce una marea de mayor elevación que la normal. Estas mareas son llamadas de sicigia y ocurren a intervalos de aproximadamente 14 días. Cuando la luna está en cuarto creciente o menguante, la marea causada por el efecto combinado del Sol y la luna son menores que la de sicigias y reciben el nombre de marea de cuadratura. También se producen a intervalos de aproximadamente 14 días y en forma alternada con las de sicigias.

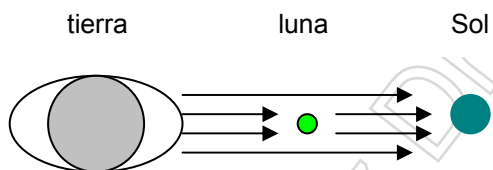


Fig. N° 1 (“Atracción de las aguas”)

Otros efectos.

Existen otros efectos que afectan a las mareas. Por ejemplo; la latitud del punto ubicado en la superficie de la tierra, justo en la línea imaginaria que une el centro de la Tierra, justo en la línea imaginaria que une el centro de la tierra con la luna. Este punto, que se mueve constantemente hacia el Oeste, varía entre latitudes 24 grados Norte y sur, produciendo ciertas irregularidades en las mareas que se producen en latitudes altas.

III.- TIPOS DE MAREAS

De acuerdo a la cantidad de pleas y bajamares que se produzcan durante un día lunar, en un lugar específico, se distinguen tipos de mareas:

- A.- **Semidiurna:** cuando se producen diariamente dos altas y dos bajas, con relativa igualdad de altura entre correspondientes altas y bajas. Este tipo de marea se produce en prácticamente toda la costa de los Océanos, que no tienen accidentes geográficos muy notables.
- B.- **Diurna:** Cuando en un día se produce sólo una alta y una bajamar. Este tipo de mareas se produce generalmente en grandes golfos.
- C.- **Mixta:** Este tipo de mareas se caracteriza por grandes desigualdades de altura entre altas o bajas consecutivas. Es posible que se produzcan dos altas y dos bajas el mismo día, pero en determinadas épocas pasan a ser diurnas. Mareas de este tipo, se producen en la boca oriental del Estrecho de Magallanes y en algunos otros lugares del mundo.

IV.- **DEFINICIONES**

- A.- **Pleamar:** Nivel máximo alcanzado por una marea creciente de un día cualquiera.
- B.- **Bajamar:** Nivel mínimo alcanzado por una marea vaciante de un día cualquiera.
- C.- **Hora de la Plea y de la Baja:** Instante que ocurre la plea o bajamar.
- D.- **Altura de la marea:** Distancia vertical entre el nivel del mar y el nivel de reducción de sondas, en un instante cualquiera.
- **Altura de la Plea** : Nivel más alto alcanzado por una marea y el nivel de reducción de sondas.
 - **Altura de la bajamar:** Nivel más bajo alcanzado por la marea vaciante y el nivel de reducción de sondas.
- E.- **Amplitud de la marea** : Diferencia de altura entre una pleamar y una baja marea consecutivamente en un día cualquiera.
- F.- **Apsides:** Puntos en la órbita de un planeta o de la luna que están más cerca o más lejos del centro de atracción:

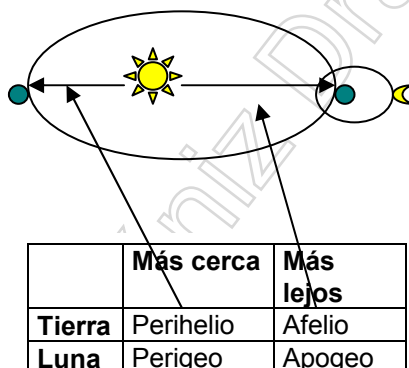


Fig. N° 2 ("Apsides")

- G.- **Corriente:** Movimiento horizontal del agua. Se clasifican en:
- **Corrientes de mareas:** producidas por las mismas fuerzas que provocan las mareas.
 - **Corrientes oceánicas** o corrientes propiamente dichas, constituyen los movimientos de un sistema circulatorio general.
- H.- **Corriente de Flujo o reflujo:**
- **Corriente de flujo:** Movimiento de una corriente hacia la costa o río arriba.
 - **Corriente de reflujo:** Movimiento de una corriente de marea que se aleja de costa.
- I.- **Diferencia de mareas:** Tiempo transcurrido entre la hora de la pleamar y bajamar de un lugar determinado.
- J.- **Duración del flujo y del reflujo.**
- **Duración del flujo:** Tiempo durante el cual una corriente crece.
 - **Duración del reflujo:** Tiempo cuando la corriente decrece.

- K.- **Duración de la creciente y vaciante:**
- **Duración creciente:** Tiempo que transcurre desde la bajamar hasta la pleamar
 - **Duración vaciante:** Tiempo que transcurre desde la pleamar hasta la bajamar.
- L.- **Establecimiento del puerto (E. del P.)** Se expresa en horas y minutos. Representa el intervalo entre el paso de la luna por el meridiano del lugar y la siguiente pleamar. Es decir para obtener la hora de la pleamar en un día determinado, basta obtener de la Tabla de Mareas, la hora media del paso de la luna por el meridiano del lugar para ese día y sumarle el E. del P.
- M.- **Estoa:** Es el momento en que la velocidad de la corriente de marea esta cerca de cero o también que la corriente cambia de dirección y su velocidad es nula.
- N.- **Marea:** Oscilación periódica del nivel del mar que resulta de la atracción gravitacional de la luna y del sol que actúa sobre la tierra rotativa.
- O.- **Marea de sicigias:** Marea que se produce durante la luna llena o nueva. La amplitud de la marea tiende a aumentar entre un 10% a un 30% de la amplitud media del lugar.
- P.- **Nivel medio del mar:** Es la media aritmética de los niveles del mar determinados a intervalos iguales, durante una larga serie de observaciones. Este valor es adoptado como plano fundamental o de **origen de las nivelaciones geodésicas. Es decir la altura de un cerro se mide respecto al N.M.M.**
- Q.- **Nivel de reducción de sondas:** Es el plano al cual están referidas las sondas o profundidades de una localidad. Desde este nivel se cuentan las alturas de las mareas de las tablas. El SHOA emplea como **Nivel de Reducción de Sondas** el plano de la mayor bajamar de sicigias de la localidad, estando la luna en el perigeo.
- R.- **Puerto Patrón:** Es un lugar donde se observan la marea por un lapso periódico de tiempo y se determinan las constantes de mareas. Este puerto aparece en la Tabla I, con las predicciones diarias de la hora y altura de las pleas y bajamares, sobre sus respectivos planos de referencias. Se emplea también para la comparación de observaciones simultaneas con los puertos secundarios, cuya lista y datos aparecen en la Tabla II.
- S.- **Simbología de corrientes**

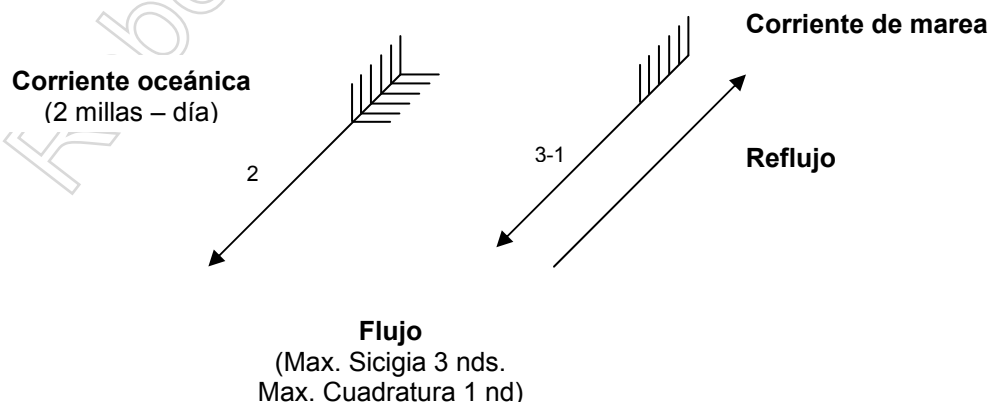


Fig. N° 3 ("Simbología de corrientes")

- T.- **Puerto Secundario:** Es un lugar donde se ha observado una serie corta de observaciones de mareas hasta dos meses y se hayan o no comparadas con observaciones de un puerto patrón, que tenga un tipo de marea comparable.
- U.- **Sicigia:** Fase de la luna cuando es llena o nueva.
- V.- **Sonda:** Profundidad obtenida en la operación de sondaje la cual una vez corregida por la marea, se vacía en la carta náutica.

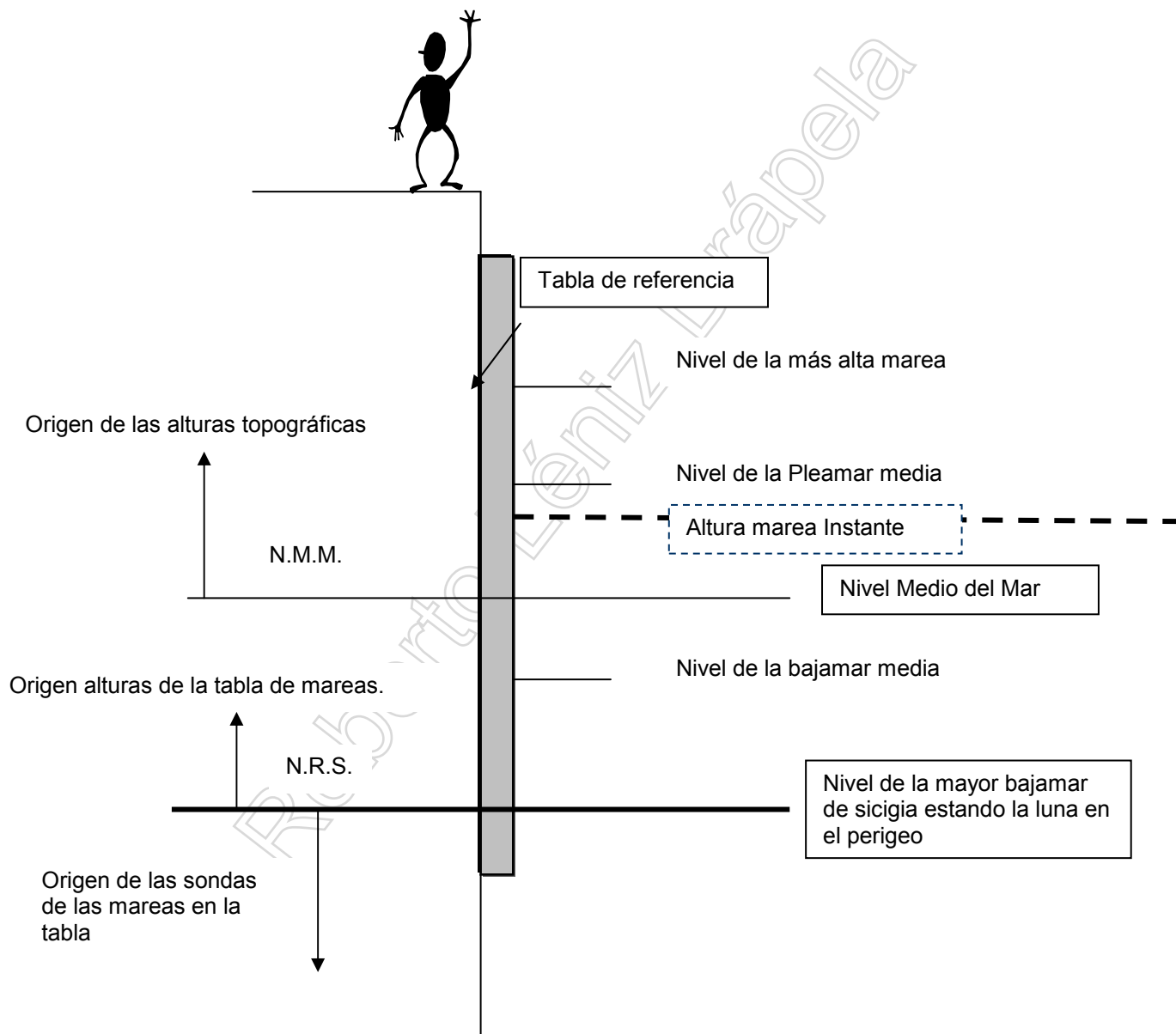


Fig. N° 4 ("Niveles de mareas")

TABLA DE MAREAS

Es una publicación anual que contienen, para la costa de Chile, la predicción diaria de las horas y alturas de las mareas y otros datos útiles para la navegación.

La **Tabla I** da para los puertos patrones, la hora y altura de la pleamar y bajamar para todos los días del año. Estos datos han sido obtenidos de los registros de la red de mareógrafos que mantienen el SHOA y procesados en dicho servicio

Algunos puertos patrones son: Arica, Iquique, Antofagasta, Valparaíso, Talcahuano, Puerto Montt, Punta Arenas, Puerto Williams, Bahía Orange, etc.

La **Tabla II** contiene las diferencias en horas y alturas de la pleamar y bajamar entre un puerto secundario y el puerto patrón que corresponde. Basta aplicar estas diferencias con sus signos a los datos en la Tabla I para obtener la hora y altura de las pleas y bajas en el puerto secundario considerado.

Algunos puerto Secundarios son: Bahía de Tongoy, Bahía de Quintero, Rada Topocalma, Bahía de Ancud, Puerto Toro, Etc.

La **Tabla III** da la corrección que debe aplicarse a la altura de la pleamar o bajamar de un puerto patrón o secundario para obtener la altura de la marea en un momento cualquiera.

Otras informaciones complementan esta publicación, ellas son:

- Tablas de la luna: fases, declinación y ápsides.
- Salidas y puestas de sol en Valparaíso y en diferentes latitudes.
- Salidas y puestas de la luna.
- Tránsito de la luna por el meridiano de Greenwich.
- Información de corrientes y estoa en Canal Chacao, Angostura Inglesa, Primera y Segunda Angostura del Estrecho de Magallanes, Angostura Kirke y Pta Wreck (Dungenes).

En cada una de las tablas aparece las instrucciones y advertencias de las diferentes tablas que explican detalladamente el uso de ella.

VI.- DESCRIPCIÓN DE LAS TABLAS

TABLA I “Predicciones de Mareas”

Contiene la predicción de hora y altura de pleamares y baja mares, para todos los días del año, en los Puerto Patrones. La altura de la marea está referida al Nivel de Reducción de sondas (N.R.S.) y se da en metros y centímetros.

La hora usada para la predicción de cada puerto se indica al pie de cada página, teniendo presente cuando se haga uso de las tablas dentro del período de verano, que se debe **suma una hora** a la indicada en el pronóstico diario.

VALPARAÍSO, 2006

37

HORAS Y ALTURAS DE PLEAMARES Y BAJAMARES

Lat. 33° 02' S
Long. 71° 38' W

ZONA HORARIA + 4

Long. 71 38

ENERO						FEBRERO						MARZO					
Día	Hora	Altura	Día	Hora	Altura	Día	Hora	Altura	Día	Hora	Altura	Día	Hora	Altura	Día	Hora	Altura
	h. m.	m.		h. m.	m.		h. m.	m.		h. m.	m.		h. m.	m.		h. m.	m.
1 DO	0536 1121 1653 2332	0.20 1.16 0.36 1.90	16 LU	0610 1152 1725 2357	0.32 1.13 0.44 1.64	1 MI	0002 0637 1233 1826	1.91 0.14 1.39 0.25	16 JU	0627 1222 1812	0.37 1.27 0.44	1 MI	0523 1122 1722 2338	0.09 1.52 0.16 1.84	16 JU	0517 1119 1722 2328	0.34 1.41 0.37 1.48
2 LU	0622 1209 1745	0.19 1.19 0.34	17 MA	0642 1224 1759	0.35 1.12 0.46	2 JU	0047 0719 1321 1918	1.80 0.18 1.41 0.32	17 VI	0027 0652 1254 1848	1.48 0.41 1.27 0.50	2 JU	0600 1205 1810	0.11 1.57 0.20	17 VI	0540 1148 1756 2357	0.36 1.44 0.40 1.39
3 MA	0020 0708 1258 1839	1.87 0.20 1.21 0.35	18 MI	0028 0713 1259 1834	1.58 0.39 1.12 0.51	3 VI	0132 0802 1413 2016	1.65 0.26 1.41 0.44	18 SA	0057 0719 1331 1930	1.37 0.46 1.28 0.57	3 VI	0020 0638 1249 1902	1.70 0.18 1.59 0.30	18 SA	0604 1220 1834	0.40 1.45 0.45
4 MI	0109 0756 1352 1934	1.79 0.23 1.23 0.40	19 JU	0059 0744 1336 1911	1.50 0.43 1.12 0.57	4 SA	0219 0846 1512 2126	1.45 0.35 1.41 0.56	19 DO	0129 0747 1415 2024	1.25 0.51 1.28 0.65	4 SA	0103 0716 1337 2000	1.51 0.29 1.56 0.43	19 DO	0028 0629 1255 1918	1.28 0.45 1.44 0.51
5 JU	0200 0845 1450 2035	1.68 0.28 1.25 0.48	20 VI	0132 0817 1420 1955	1.41 0.48 1.13 0.64	5 DO	0313 0935 1620 2256	1.25 0.46 1.40 0.65	20 LU	0209 0821 1510 2145	1.12 0.57 1.29 0.71	5 DO	0149 0757 1432 2113	1.30 0.41 1.50 0.55	20 LU	0103 0657 1336 2014	1.15 0.51 1.42 0.58
6 VI	0252 0935 1553 2145	1.54 0.34 1.28 0.57	21 SA	0208 0852 1511 2052	1.31 0.52 1.15 0.71	6 LU	0425 1032 1735	1.07 0.55 1.41	21 MA	0306 0906 1620 2339	0.99 0.63 1.31 0.70	6 LU	0246 0844 1539 2248	1.10 0.54 1.43 0.62	21 MA	0146 0729 1427 2136	1.02 0.59 1.38 0.63
7 SA	0349 1027 1700 2308	1.38 0.39 1.33 0.63	22 DO	0252 0933 1613 2216	1.20 0.57 1.20 0.76	7 MA	0038 0605 1142 1849	0.64 0.98 0.61 1.45	22 MI	0447 1016 1739	0.90 0.68 1.36	7 MA	0416 0949 1701	0.96 0.65 1.39	22 MI	0254 0815 1538 2323	0.90 0.66 1.36 0.62
8 DO	0455 1121 1806	1.23 0.44 1.40	23 LU	0351 1022 1719	1.09 0.60 1.27	8 MI	0201 0738 1254 1953	0.56 0.98 0.62 1.51	23 JU	0113 0643 1145 1853	0.61 0.91 0.68 1.46	8 MI	0032 0619 1119 1827	0.60 0.93 0.71 1.39	23 JU	0459 0942 1706	0.86 1.37 1.37
9 LU	0036 0609 1215 1907	0.62 1.12 0.48 1.48	24 MA	0001 0515 1120 1823	0.74 1.00 0.62 1.37	9 JU	0256 0840 1356 2043	0.47 1.03 0.59 1.57	24 VI	0211 0755 1303 1953	0.49 0.98 0.61 1.58	9 JU	0147 0742 1247 1935	0.53 0.99 0.69 1.44	24 VI	0048 0645 1131 1827	0.54 0.92 0.71 1.44
10 MA	0155 0725 1309 2002	0.56 1.06 0.51 1.55	25 MI	0126 0644 1220 1921	0.65 0.97 0.61 1.48	10 VI	0336 0922 1446 2124	0.40 1.08 0.53 1.62	25 SA	0253 0842 1406 2044	0.36 1.09 0.50 1.71	10 VI	0233 0828 1349 2024	0.46 1.07 0.62 1.51	25 SA	0142 0740 1254 1930	0.43 1.04 0.61 1.55
11 MI	0257 0831 1401 2051	0.48 1.05 0.51 1.62	26 JU	0226 0757 1319 2013	0.54 1.00 0.57 1.61	11 SA	0409 0955 1526 2200	0.35 1.14 0.47 1.66	26 DO	0332 0923 1459 2130	0.25 1.21 0.38 1.83	11 SA	0308 0901 1434 2102	0.41 1.15 0.54 1.56	26 DO	0223 0820 1355 2021	0.32 1.18 0.48 1.67
12 JU	0345 0924 1448 2148	0.40 1.07 0.50 1.67	27 VI	0313 0852 1415 2102	0.41 1.05 0.51 1.73	12 DO	0440 1025 1603 2232	0.32 1.18 0.42 1.68	27 LU	0409 1002 1547 2214	0.16 1.33 0.26 1.90	12 DO	0338 0929 1512 2135	0.37 1.21 0.47 1.59	27 LU	0259 0858 1446 2106	0.22 1.32 0.34 1.75
13 VI	0426 1007 1532 2213	0.34 1.09 0.47 1.70	28 SA	0355 0939 1507 2148	0.30 1.13 0.42 1.84	13 LU	0508 1054 1636 2302	0.31 1.21 0.39 1.66	28 MA	0446 1041 1634 2256	0.10 1.44 0.18 1.91	13 LU	0405 0956 1545 2205	0.34 1.28 0.41 1.60	28 MA	0335 0936 1533 2149	0.15 1.47 0.23 1.79
14 SA	0503 1045 1613 2250	0.31 1.11 0.45 1.70	29 DO	0435 1023 1558 2233	0.20 1.21 0.33 1.92	14 MA	0535 1122 1708 2330	0.32 1.24 0.39 1.62				14 MA	0430 1023 1617 2233	0.33 1.33 0.38 1.59	29 MI	0410 1015 1620 2230	0.10 1.59 0.16 1.75
15 DO	0537 1119 1650 2324	0.30 1.12 0.43 1.68	30 LU	0516 1105 1647 2318	0.14 1.28 0.26 1.94	15 MI	0601 1151 1740 2358	0.34 1.26 0.41 1.56				15 MI	0454 1051 1649 2301	0.33 1.38 0.37 1.54	30 JU	0446 1056 1708 2312	0.10 1.68 0.15 1.65
			31 MA	0556 1148 1736	0.12 1.34 0.23										31 VI	0521 1137 1758 2354	0.15 1.72 0.20 1.50

FONDO GRIS SE DEBE SUMAR UNA HORA A LA PREDICCIÓN

Nota:

- A las 24:00 hrs. del segundo sábado de marzo se atrasan los relojes en una hora.
- A las 24:00 hrs. del segundo sábado de octubre se adelantan los relojes en una hora.

Es decir de Marzo a Octubre Zona + 4; de Octubre a Marzo Zona + 3

Ej. N° 1: Calcular los datos de marea del puerto de Valparaíso, para el día 2 de enero de 2006

Los datos de la tabla de Mareas pag. 37 son.

- Baja a las 06:22 altura 0.19 mts
- Plea a las 12:09 altura 1.19 mts
- Baja a las 17:45 altura 0.34 mts

Como el 2 de enero es hora de verano, (+3) debemos sumar una hora. (La Tabla lo destaca con fondo gris).

- Baja a las 07:22 altura 0.19 mts
- Plea a las 13:09 altura 1.19 mts
- Baja a las 18:45 altura 0.34 mts

Respuesta: B: 07:22 / 0.19 mts.; P: 13:09 / 1.19 mts.; B: 18:45 / 0.34 mts.

¡Cuidado!, para la hora de invierno no se suma una hora.

TABLA II “Puertos Secundarios”

Esta Tabla contiene las diferencias promedio entre la hora y la altura de la marea de un puerto secundario y el puerto patrón correspondiente. Bastará con aplicar estas diferencias con sus signos a los valores correspondientes de la Tabla I, para obtener la hora y la altura de la marea en el puerto secundario.

En ciertos puertos que aparecen en esta tabla II, las diferencias en altura con el puerto patrón están precedidas de un (*) en lugar del signo. Este asterisco indica que dicha cantidad es un factor que se multiplica por la altura de la marea del puerto patrón, dando como resultado la altura de la plea o baja del puerto secundario.

Nº	LOCALIDAD	POSICIÓN		DIFERENCIAS DE MAREAS				E. del P.	Rango de la Marea en Sicigias
		Lat.	Long.	Hora		Altura			
				Plea	Baja	Plea	Baja		
		sur	weste	H. M.	H. M.	M	M	H. M.	M
CHILE									
				PUERTO PATRÓN: ARICA					
210	RADA DE ARICA.....	18 29	70 19	VER PÁGINAS DE LA 13 A LA 16				8 32	1.40
				PUERTO PATRÓN: ANTOFAGASTA					
215	CALETA VITOR	18 45	70 21	-0 08	-0 08	-0.23	-0.44	8 29	1.20
220	CALETA CHICA	19 21	70 17	-0 08	-0 08	-0.08	-0.08	8 17	1.20
225	BAHÍA DE PISAGUA.....	19 36	70 16	-0 10	-0 10	+0.02	-0.02	8 42	1.42
230	CALETA JUNÍN	19 39	70 11	-0 20	-0 20	-0.12	-0.24	8 30	1.22
				PUERTO PATRÓN: IQUIQUE					
235	BAHÍA DE IQUIQUE	20 13	70 10	VER PÁGINAS DE LA 17 A LA 20				8 55	1.50
				PUERTO PATRÓN: ANTOFAGASTA					
240	CALETA MOLLE	20 17	70 08	-0 11	-0 11	-0.13	-0.06	8 20	1.31
241	CALETA PATILLOS	20 44	70 11	-0 18	-0 18	-0.06	-0.08	8 40	1.31
245	CALETA LOBOS	21 01	70 10	-0 25	-0 25	+0.12	-0.03	9 13	1.20

Fig. N° 6 ("Ejemplo de Tabla II")

Datos de hora y altura de la marea de un lugar, empleados para corregir los datos del Puerto Patrón.

Ej. N° 2 Calcular los datos de marea de Caleta Oscuro para el día 14 de febrero.

	Baja		Plea		Baja	
	Hora	Altura	Hora	Altura	Hora	Altura
Puerto Patrón	06:22	0.22	12:10	1.31	17:52	0.34
Corrección	-00:25	-0.27	-00:25	-0.09	-00:25	-0.27
Puerto Secundario	05:57	-0.05	11:45	1.22	17:27	0.07

Respuesta: B: 05:57 / -0.05 mts.; P: 11:45 / 1.22 mts.; B: 17:27 / 0.07 mts.

Ej. N° 3 Calcular los datos de marea de Rada Buchupereo para el día 20 de noviembre.

	Baja		Plea		Baja	
	Hora	Altura	Hora	Altura	Hora	Altura
Puerto Patrón	06:22	0.22	12:10	1.31	17:52	0.34
Corrección	-00:30	*0.10	-00:30	*0.40	-00:30	*0.10
Puerto Secundario	05:52	0.02	11:40	0.52	17:22	0.03

Respuesta: B: 05:52 / 0.02 mts.; P: 11:40 / 0.52 mts.; B: 17:22 / 0.03 mts.

TABLA III “Procedimiento para calcular la altura de la marea en un momento cualquiera”

Con esta tabla se obtiene la corrección que debe aplicarse a la altura de la pleamar o bajamar de un puerto cualquiera, para obtener la altura de la marea en un momento determinado.

Para emplear esta tabla se debe entrar con los parámetros que se indican:

- (a) Duración de la llenante a vaciante (Hora Plea – Hora Baja).
- (b) Diferencia de tiempo entre el momento considerado y la hora de la plea o baja más cercano (Hora Plea/Baja – Instante).
- (c) Amplitud de la Marea el día considerado (Altura Plea – Altura Baja).

Ej. N° 4: Determinar la corrección para obtener la altura de la marea con los siguientes parámetros:

- (a) Duración de la llenante : 05:40 hrs.
- (b) Diferencia de tiempo entre el momento considerado y la hora de la plea : 01:19 hrs.
- (c) Amplitud de la Marea : 4.8 mts.

Respuesta: 0.62 mts.

(b) Diferencia de tiempo entre el momento considerado y la hora de la plea o baja mas cercano					
(a) = 05:40	llenante a vaciante				
(a) Duración de la					
Corrección en metros a la altura de plea o bajamar					
(c) 4.8 mts	Amplitud de la Marea el día considerado				

Fig. N° 7 (“Ejemplo de Tabla III”)

Formato para efectuar este cálculo

HORA		MOMENTO CONSIDERADO		ALTURA	
Hora Plea		Hora Plea/Baja más cercana		Altura Plea	
Hora Baja		Momento Considerado		Altura Baja	
Duración vaciante o llenante		Diferencia		Amplitud de la marea	
(a)		(b)		(c)	
				Altura Plea/baja más cercana	
				Corrección	
				Altura Marea Instante	

Resolución de la Tabla III empleando fórmulas:

$$\text{Corrección} = \frac{c}{2} \times (1 - \cos(180 \times \frac{b}{a}))$$

- (a) Duración de la llenante.
(b) Diferencia de tiempo entre el momento considerado y la hora de la plea.
(c) Amplitud de la Marea.

Ej. N° 5 Determinar la corrección de la Tabla III empleando la fórmula anterior con los datos del ejemplo N° 4.

- (a) = 5.667 hrs. (05 + 40 / 60)
(b) = 1.317 hrs. (01 + 19 / 60)
(c) = 4.8 mts.

$$\text{Corrección} = \frac{4.8}{2} \times (1 - \cos(180 \times \frac{1.32}{5.67}))$$

Respuesta: Por fórmula Corrección = 0.612 mts.

Ej. N° 7 Calcular la altura de la Marea Rada Buchupereo para el día 20 de noviembre a las 13:35.

Por **Tabla I y II**, y empleando los procedimientos anteriores, obteniendo los siguientes datos:

Hora Plea = 11:40 Altura Plea 0.52 Mts
Hora Baja = 17:22 Altura Baja 0,03 Mts

HORA		MOMENTO CONSIDERADO		ALTURA	
Hora Baja		Hora Plea		Altura Plea	
Hora Plea		Momento Considerado		Altura Baja	
Duración vaciante		Diferencia		Amplitud de la marea	
(a) Horas		(b) Horas		(c) Mts.	
				Altura Plea más cercana	
				Corrección	
				Altura Marea Instante	

Respuesta: Altura de la Marea en ese Instante fue de 0,38 mts.

VII.- CALCULOS VARIOS CON LA ALTURA DE LA MAREA EN UN INSTANTE DETERMINADO

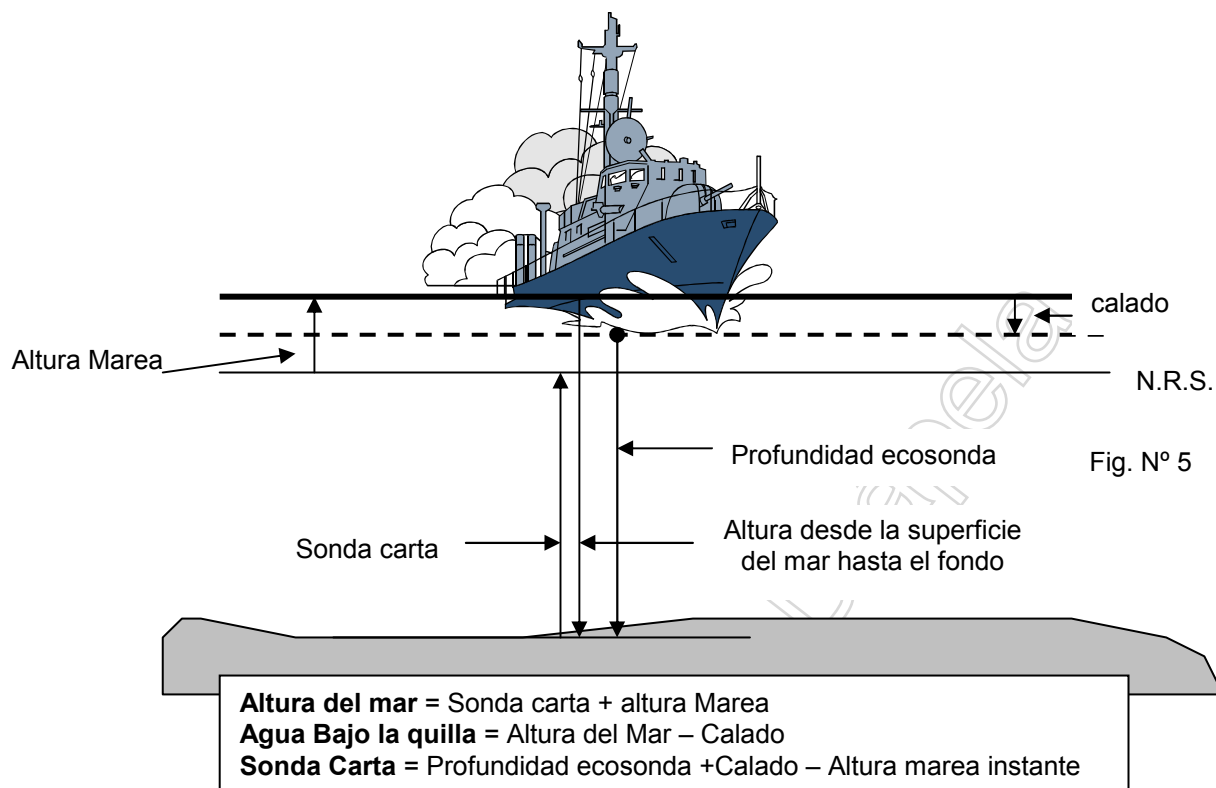


Fig. N° 8 (“Alternativas de empleo de la altura de la Marea”)

- **Sonda carta:** Indicación de profundidad que se encuentra estampada en la carta de navegación para un lugar determinado
- **Altura del mar:** Desde la superficie hasta el fondo.
- **Profundidad ecosonda:** Altura del mar desde el Transductor del ecosonda hasta el fondo.
- **Calado:** Distancia entre la línea de flotación hasta la quilla (Transductor del ecosonda)
- **Altura marea instante:** Es la altura del agua sobre el nivel de reducción de sondas

Ej. N° 8: Caso I “Cálculo de sonda de la carta”.

Datos:

Altura de la Marea	= (-) 0,72	mts
Profundidad Ecosonda	= (+) 20,0	mts
Calado	= (+) 3,4	mts
Sonda carta	= 22,68	mts

Respuesta: Sonda carta = 22,68 mts = 22 mts

Ej. N° 9 Caso II "Cálculo la altura del agua bajo la quilla"

Datos:

Altura de la Marea	= (+)	0,72	mts
Sonda carta	= (+)	22,68	mts
Calado	= (-)	3,4	mts
Altura del agua bajo quilla	=	20,00	mts

Respuesta: Agua bajo la quilla = 20 mts.

Ej. N° 10 Caso III "Calculo de la altura del mar desde la superficie"

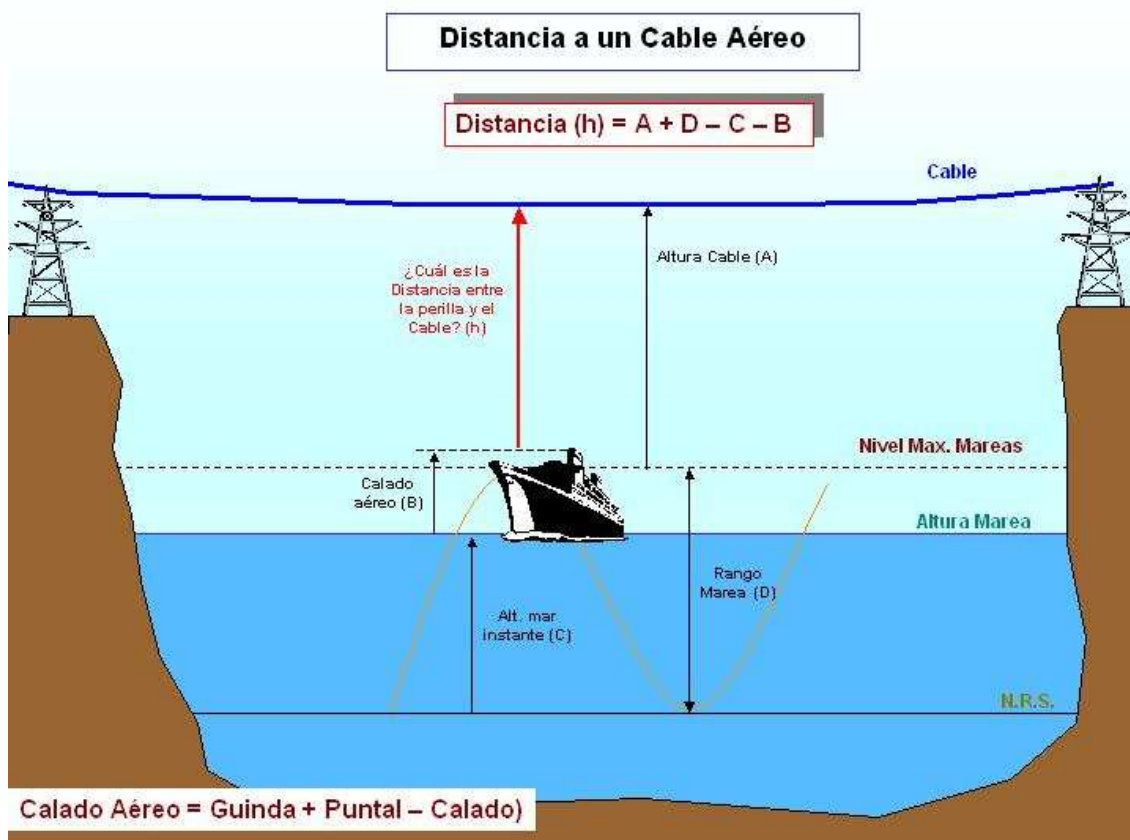
Datos:

Altura de la Marea	= (+)	0,72	mts
Sonda carta	= (+)	22,68	mts
Altura del mar desde superficie	=	22,30	mts

Respuesta: Altura del mar = 22,3 mts.

VIII.- CÁLCULO APROXIMADO PARA DETERMINAR LA ALTURA DE UN CABLE AÉREO

Para determinar la distancia a la cual el buque pasará de un cable aéreo, se empleará la siguiente fórmula:



en que:

h = **Distancia al Cable** desde la Perilla o punto más alto del buque.

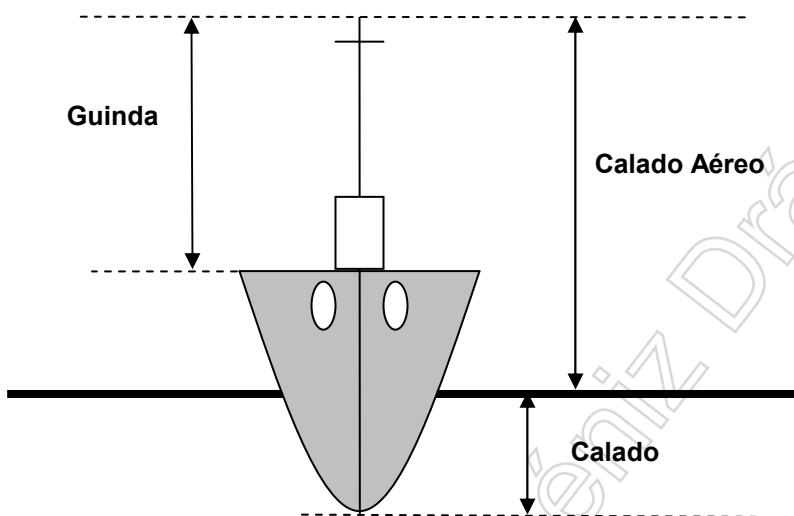
A = **Altura del cable** que se obtiene del derrotero o carta náutica.

D = **Rango de Marea en Sicigia**, de la tabla de marea, Tabla II, para cada lugar.

C = **Altura de la marea** para un determinado instante y lugar.

B = **Calado Aéreo**, altura desde la línea de agua hasta la perilla o punta más alto.

$$\text{Calado Aéreo} = \text{Guinda} + \text{Puntal} - \text{Calado}$$



Guinda = Distancia de la primera cubierta a la perilla.

Puntal = Distancia de la quilla a la primera cubierta.

Calado = Distancia de la quilla a la línea de agua.

Ejemplo:

Su buque va a navegar el canal Chacao y desea saber a qué altura estarán los cables aéreos ubicados en el sector de la roca Remolinos:

Datos:

Fecha	= 20 de noviembre
Hora	= 15:10
Altura cable (carta)	= 59 mts.
Guinda	= 22.3 mts.
Puntal	= 7.3 mts.
Calado	= 3.2 mts.

Cálculo:

1.- Mareas:

Puerto Patrón = Puerto Montt
Lugar = Bahía Pargua
Hora de verano = Sumar una hora a la predicción.
Rango Marea = 5.20 mts. (De la Tabla II)

	Hora Plea	Altura Plea	Hora Baja	Altura Baja
Pto. Patrón	10:25	5.92 mts.	16:45	1.48 mts.
+ 1 (Hora Verano)	+01:00		+01:00	
Pto. Patrón	11:25		17:45	
Co Pto. Secundario	-00:06	-0.29 mts.	-00:03	+0.32 mts.
Pto Secundario	11:19	5.63 mts.	17:42	1.80 mts.

a) Duración de la llenante o vaciante

Hora Plea = 17:42
Hora Baja = 11:19
Duración llenante = 06:23 (a)

b) Dif. tiempo momento y la hora de la Plea/bajamar más cercana.

Hora Plea = 17:42
Momento = 15:10
Dif. Tiempo = 02:32 (b)

c) Rango de marea

Alt. Plea = 5.63 mts.
Alt. Baja = 1.80 mts.
Rango de Mareas = 3.83 mts. (c)

Corrección Tabla III = - 1.31 mts.

Alt Baja = 1.80 mts.
Co. = 1.31 mts.

Altura marea = 3.11 mts.

2.- Altura Cable:

Calado Aéreo = Guinda + Puntal – Calado = 22.3 + 7.3 – 3.2 = 26.4 mts.

Distancia al cable (h) =

Altura Cable(A) + Rango Mareas(D) – Altura marea(C) – Calado Aéreo (B)

Distancia = 59.0 + 5.2 – 3.1 – 26.4 = 34.7 mts.

Respuesta : La distancia entre la perilla y el cable aéreo será de **34.7 mts** app

IX.- CÁLCULO PARA DETERMINAR MOMENTO QUE SE TENDRA DETERMINADA AGUA BAJO LA QUILLA.

En algunas ocasiones es necesario navegar o permanecer una zona de bajas profundidades en que la sonda es menor que el calado pero que al sumar la marea permite en determinados momento su navegación o permanencia.

Ejemplo:

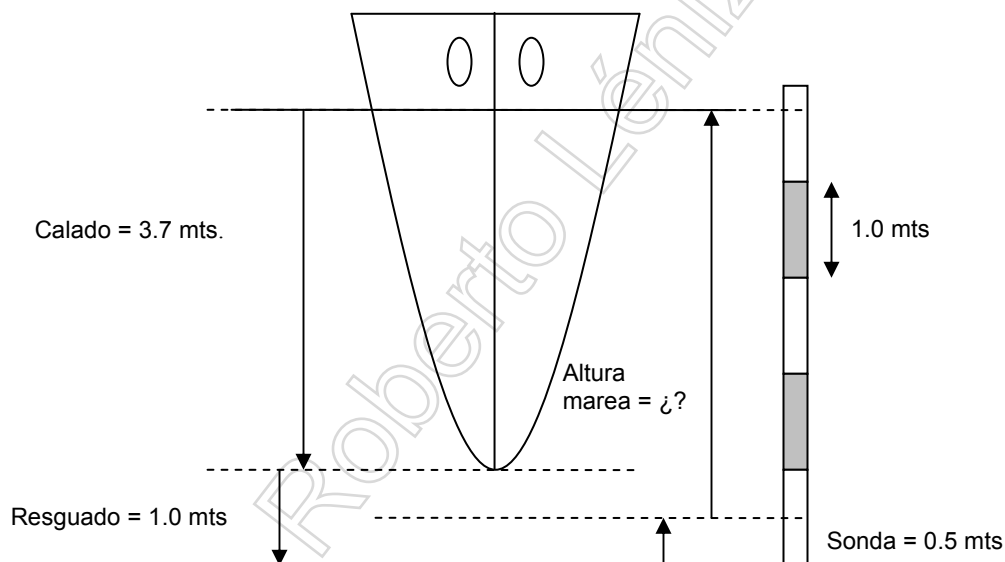
Se desea permanecer atracado el máximo de tiempo posible en el muelle del puerto de Castro el día 0 de noviembre de 2003 durante horas luz, existiendo una sonda carta de 0.5 mts. El calado del buque es de 3.7 mts y el comandante a dispuesto un resguardo bajo la quilla de 1.0 mts.

Datos:

Fecha = 20 de noviembre.
Sonda carta = 0.5 mts.
Calado = 3.7 mts.
Resguardo bajo la quilla = 1.0 mts.

Cálculo:

1.- Cálculo de Altura de la Marea



$$\text{Altura de la Marea} + \text{Sonda} = \text{Calado} + \text{Resguardo}$$

$$\text{Altura de la Marea} = \text{Calado} + \text{Resguardo} - \text{Sonda}$$

$$\text{Altura de la Marea} = 3.7 + 1.0 - 0.5 = 4.2 \text{ mts.}$$

$$\text{Altura de la Marea} = 4.2 \text{ mts.}$$

2.- Cálculo de los momentos que el buque puede permanecer atracado, producto de la Marea.

Puerto Patrón = Puerto Montt
Lugar = Puerto Castro
Hora de verano = Sumar una hora a la predicción.

	Hora Baja	Altura Baja	Hora Plea	Altura Plea	Hora Baja	Altura Baja
Pto. Patrón	04:16	1.87 mts.	10:25	5.92 mts	16:45	1.48 mts.
+ 1 (Hora Verano)	+01:00		+01:00		+01:00	
Pto. Patrón	05:16	1.87 mts	11:25	5.92 mts	17:45	1.48 mts.
Co Pto. Secundario	00:03	-0.30 mts.	-00:03	-0.72 mts	00:03	+0.30 mts.
Pto Secundario	15:19	1.57 mts.	11:28	5.20 mts.	17:48	1.18 mts.

Se debe determinar dos momentos uno antes de la Plea y otros después de la Plea en que existe suficiente agua bajo la quilla.

Antes de la Plea	Después de la Plea
(a) Duración de la llenante: Hora Plea = 11:28 Hora Baja = 05:19 Duración llenante = <u>06:09</u> (a)	(a) Duración de la vaciante: Hora Plea = 11:28 Hora Baja = 17:48 Duración llenante = <u>06:20</u> (a)
(c) Rango de marea: Alt. Plea = 5.20 mts. Alt. Baja = 1.57 mts. Rango de Mareas = <u>3.63 mts.</u>	(c) Rango de marea: Alt. Plea = 5.20 mts. Alt. Baja = 1.18 mts. Rango de Mareas = <u>4.12 mts.</u>
Determinación corrección: Alt. Plea = 5.20 mts. Altura Marea = 4.20 mts. Corrección = 1.00 mts	Determinación corrección: Alt. Plea = 5.20 mts. Altura Marea = 4.20 mts. Corrección = 1.00 mts
(b) Dif. tiempo momento y la hora de la Plea más cercana. Hora Plea = 11:28 Dif. Tiempo = - <u>02:12</u> (b) Momento = 09:16	(b) Dif. tiempo momento y la hora de la Plea más cercana. Hora Plea = 11:28 Dif. Tiempo = + <u>02:19</u> (b) Momento = 13:47

Tiempo: 13:47 – 09:16 = 4 h 31m

Respuesta : El buque podrá permanecer en el muelle de puerto de Castro entre las 09:16 y las 13.47 del 20 de noviembre de 2003, es decir 4 horas 31 minutos.

X.- **OTRA TABLAS**

TABLA IV “PREDICCIÓN DE CORRIENTES”

Permite obtener aproximadamente la hora de la estoa o corrientes según corresponda de los siguientes lugares:

- Canal Chacao (estoa).
- Angostura Inglesa (estoa).
- Angostura Kirke (estoa).
- Islotes Terán, Canal Jerónimo (estoa)
- Segunda Angostura, Estrecho de Magallanes (estoa – corrientes máximas)
- Primera Angostura, Estrecho de Magallanes (estoa – corrientes máximas)

Ej. N° 11 Calcular las corrientes máximas y estoa de la Primera Angostura, Estrecho de Magallanes, para el 20 de noviembre de 1999

Tener presente que el 20 de noviembre es hora de verano, por lo cual se le debe sumar una hora a la predicción de la tabla (Pag. 197).

Respuesta:

Corriente de reflujo	= 01:44 de 4,6 nudos
Estoa	= 05:13
Corriente de flujo	= 07:33 de 3,7 nudos
Estoa	= 11:31
Corriente de reflujo	= 14:29 de 4,6 nudos
Estoa	= 17:38
Corriente de flujo	= 20:58 de 3,9 nudos
Estoa	= 23:47

TABLA V “DATOS ASTRONÓMICOS DEL SOL Y DE LA LUNA”

Esta tabla contienen los siguientes datos del sol y de la luna

- Fases de la luna.
- Declinación de la luna.
- Ápsides de la Luna
- Equinoccios y solsticios del sol
- Orto y ocaso de la luna en Valparaíso.
- Orto y ocaso de la luna en el territorio nacional.
- Orto y ocaso del sol en Valparaíso.
- Orto y ocaso del sol en el territorio nacional.

Ej. N° 12 Calcular el orto del sol en L: 37° 10' S y G: 73° 34'W para el 20 de noviembre de 1999.

Latitud : 37° 10' S
Longitud : 73° 40' W = 4h 54,7m
Fecha : 20 de Noviembre de 2003
Zona horaria : Z = +3

Entrar a Tabla V "orto y Ocaso del Sol", con valores de latitud y fecha inmediatamente anteriores a los del problemas: Lat: 36° - Fecha: 19 de noviembre.

Hml = 04h 41,0m
Co. lat. = - 00h 02,9m (nota 1)
Co. día = - 00h 00,7m (nota 2)
Hmlc = 04h 37,4m
G lugar = 04h54,7m (Si Long es W se suma; si es E se resta)
Hmgr = 09h32,1m
Z = 03h (Si Z es (+) se resta, si es (-) se suma)
Hz (orto) = 06h32,1m

Nota 1: (interpolación de latitud)

Dif latitud siguiente (Lat: 38° - Lat: 36°) = 2°
Dif de tiempo (04:36 - 04:41) = - 5 minutos
Dif entre lat considerada y del lugar (37° 10' - 36°) = 1° 10 = 1,16°

$$\begin{array}{l} 2^\circ \text{ ----- } -5\text{m} \\ 1,16^\circ \text{ ----- } X \end{array} \quad \text{Co. Lat.} = \frac{1,16 \times (-5)}{2} = -2,9 \text{ m}$$

Nota 2: (interpolación por día)

Dif día siguiente tabulado (día 22 - día 19) = 3d.
Dif de tiempo (04:41 - 04:39) = - 2m.
Dif entre día base considerado y día del cálculo (día 20 - día 19) = 1d.

$$\begin{array}{l} 3\text{d} \text{ ----- } -2\text{m} \\ 1\text{d} \text{ ----- } X \end{array} \quad \text{Co. Día} = \frac{1 \times (-2)}{3} = -0.7 \text{ m.}$$

XI.- **FORMATO DE CÁLCULO**

CÁLCULO DE REDUCCIÓN DE SONTA AL FONDEO

Nombre _____

Navegando de _____ a _____

Fecha = _____

Puerto Fondeo = _____

Hora Fondeo = _____

Profundidad ecosonda = _____ mts.

Calado medio buque = _____ mts.

Puerto Patrón = _____

	Hora	Altura	Hora	Altura
Puerto Patrón (*)				
Corrección (Tabla II)				
Puerto Fondeo				

(*) Tener presente el cambio de hora.

Hora P/B		Hora P/B		Alt. Plea	
Hora P/B		Hora Fondeo		Alt. Baja	
Duración LI/V		Lapso		Amplitud	

Corrección por Tabla III = _____ mts.

Altura Plea/Baja = _____ mts.

Corrección por Tabla III (+/-) = _____ mts.

Alt. Marea Fondeo = _____ mts.

Profundidad al fondeo = _____ mts.

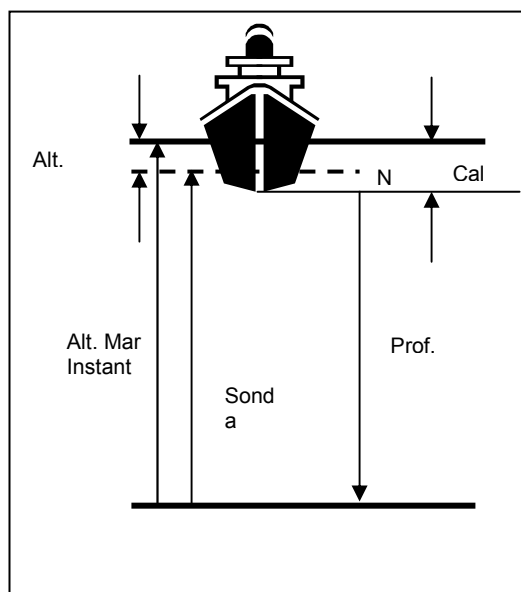
Calado medio buque (+) = _____ mts.

Altura Mar Fondeo = _____ mts.

Altura Mar Fondeo = _____ mts.

Alt. Marea Fondeo (-) = _____ mts.

Sonta Carta = _____ mts.



XII.- EJERCICIOS PROPUESTOS (Emplear cualquier Tabla de Mareas)

- 1.- Calcular la marea para el 7 de junio en Valparaíso. ¿Cuánto será la diferencia entre la plea y la baja (rango de marea)? ¿Cuánto subirá su buque?
- 2.- Calcular las mareas de Puerto Chacao del 1 de enero.
- 3.- Calcular las mareas de Bahía San Felipe (1135) del 13 y 14 de marzo.
- 4.- Calcular las mareas de Cancahual (495) del 28 de junio.
- 5.- Calcular la altura de la marea de Caleta Pescado para el 12 de mayo a las 14:12.
- 6.- Calcular la altura de la marea de Puerto Fanny (1200) para el 3 de marzo a las 12:30 horas.
- 7.- Calcular sonda carta de Puerto Navarino para el día 7 de junio a las 14.36, considerando que el calado del buque es de 2,8 mts y la indicación de profundidad del ecosonda es de 37,4 mts.
- 8.- Si la sonda carta es de 4,7 mts, el calado de 3,2 mts y Ud se encuentra en Puerto Montt el 21 de marzo a las 12:10. ¿Cuánta agua tendrá bajo la quilla?
- 9.- Determinar las mareas para el día 28 de octubre en Caleta Percy.
- 10.- Entre qué instante su nave puede permanecer atracado al muelle de Caleta Lennox si la sonda carta mínima es de 2,7 mts y su calado es de 3,2 mts para el día 13 de mayo, durante horas luz. Orto Sol = 09:00 y Ocaso Sol = 16:00.
- 11.- Ud debe desvarar su lancha de una caleta sin datos de marea. Se conoce que la luna cruzará el meridiano del lugar a las 14.33 horas (dato obtenido de la tabla de marea). Calcular la hora que ocurrirá aproximada la plea, objeto proceder a desvarar su nave, considerando que el E. del P. es de 4 horas 56 minutos, obtenido de la carta de navegación.
- 12.- Se vive el 11 de abril, su nave se encuentra en el malecón de Puerto Montt. Si el NRS se encuentra a 8 metros de la vertical de la bita de amarre. Determinar la altura media de la marea para ese día objeto determinar el lugar de la guardia, el trabajo de la pasarela y de las espías.
- 13.- Calcular sonda carta de Puerto Edén el 31 de mayo a las 23:30 horas. Calado = 3,72 mts y profundidad ecosonda = 14,7 mts.
- 14.- Calcular la sonda al fondeo en Puerto Williams del 18 de septiembre, a las 08:30, siendo el calado = 3,7 mts y la profundidad ecosonda = 17,2 metros.
- 15.- Determinar cantidad de agua bajo la quilla para las 15:10 horas del 7 de noviembre para Caleta Ocasión (1040) si sonda carta = 6.0 mts, calado = 3.1 mts.
- 16.- Calcular sonda al fondeo de Punta Satélite del 16 de abril. Si el calado = 2,1 mts, profundidad ecosonda 12,7 mts y el fondeo fue a las 01:00 horas.
- 17.- Ud. Fondea en Pto. Soffia el 13 de marzo a las 23:55 hrs. Calado 2.3 mts., sonda carta 8.4 mts. Calcular agua bajo la quilla.

Problemas de estoas y corrientes.

- 18.- Calcular la estoa del Canal Chacao (Boca oriental) para el 18 de septiembre.
- 19.- Determinar la hora de la estoa de la Angostura Inglesa para el 9 y 10 de octubre.
- 20.- Determinar las corrientes máximas de la Primera Angostura del Estrecho de Magallanes, para el 31 de diciembre.

Problemas con Orto y ocaso sol.

- 21.- Determinar el orto y ocaso del sol en Valparaíso para el 18 de Septiembre de 1999.

Roberto Léniz Drápela

Término Capítulo N° 7