

CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN DE MAREAS Y CORRIENTES A LO LARGO DEL CANAL MORALEDA (43° 54' S - 45° 17' S)

CHARACTERIZATION OF THE TIDAL REGIME
AND CURRENTS ALONG THE CHANNEL MORALEDA (43° 54' S - 45° 17' S)

JUAN FIERRO C.*
MAURICIO BRAVO R.*
MANUEL CASTILLO S.**

Servicio Hidrográfico y Oceanográfico
de la Armada de Chile *
Universidad Católica de Valparaíso **
Valparaíso, Chile.

RESUMEN

Mediante el empleo de análisis estadístico y armónico, se estudia la información de nivel del mar y corrientes registradas en la boca del Guafo y canal Moraleda (Figura 1). Dicha información fue recolectada mediante diversos instrumentos, los que se instalaron de modo de cubrir el área comprendida entre la boca norte del canal Moraleda hasta su encuentro transversal con el canal Darwin.

Se determinó junto al carácter semidiurno mixto de la onda de marea, un desfase promedio de 12 minutos entre la ocurrencia de las pleamares y bajamares de puerto Melinka y puerto Lagunas. Esta simultaneidad sugiere la presencia de una onda de marea estacionaria a lo largo del canal o que el aporte y renovación de aguas se produciría además de a través de la boca del Guafo, por los innumerables canales transversales que conectan dicho canal principal con el océano Pacífico.

En el canal principal no se evidenció la reversibilidad de la corriente, característica típica de canales y pasos interiores influenciados fundamentalmente por la onda de marea. Lo anterior se debe a que las corrientes también aparecen forzadas por perturbaciones de largo período que podrían atribuirse a procesos meteorológicos.

Los valores extremos de corrientes registradas fueron de 66,5 cm/s y 53,7 cm/s para las estaciones SHOA-2 y SHOA-1 respectivamente.

ABSTRACT

Sea level and currents in "Boca del Guafo" and Moraleda channel (Figure 1) are studied using statistical and Fourier (harmonic) analyses. The data were collected using oceanographic instruments that covered a wide geographical area, from the northern most point of Moraleda channel to Darwin channel.

Palabras claves: Mareas, corrientes, Chile, canal Moraleda.

Key words: Tides, currents, Chile, channel Moraleda.

Recibido para publicación: 30 de mayo de 1998. Aceptado el 03 de febrero de 2000.

The results of the harmonic analysis indicated that the area has a semidiurnal tide with a 12-minute phase shift between the ports of Melinka and Lagunas. This result shows that the tidal wave does not only propagate along the Moraleda canal, but at the same time enters the region through several transversal channels that connect the Pacific Ocean with the Moraleda channel.

Along the main channel (Moraleda) no reverse current was recorded, which is an unusual characteristic for the channels and inlets in the Chilean Inland Seas. The main reason for this unexpected behavior is due to the fact that currents are also forced by long period disturbances that could be related to meteorological processes.

The maximum currents recorded were 66.5 cm/s and 53.7 cm/s at stations SHOA-2 and SHOA-1, respectively.

INTRODUCCIÓN

En las últimas tres décadas, la zona de canales del sur de Chile ha sido testigo de un importante auge en el tráfico marítimo, fundamentalmente en lo referente a actividades de explotación de recursos pesqueros como en el ámbito turístico. Dicho tráfico involucra tener un cabal conocimiento tanto de las señalizaciones marinas, accidentes morfológicos como de las características más relevantes en la circulación de las aguas. En este punto, uno de los agentes de mayor importancia en los patrones de circulación dentro de estas zonas, lo constituyen los fenómenos asociados a la propagación de la onda de marea desde el vecino océano Pacífico hacia las aguas interiores.

Al respecto, estudios puntuales desarrollados en la zona del canal Moraleda indican la fuerte influencia de este forzante sobre la circulación, llegando a ser en algunos casos más importante que aquellos derivados del aporte de agua dulce desde el interior de fiordos y glaciares (Salinas y Hormazábal, 1996).

Sin embargo, el problema radica en el hecho de carecer de observaciones sistemáticas y prolongadas de parámetros tales como nivel del mar y corrientes en estas zonas, lo que dificulta el conocimiento de la circulación y aumenta el riesgo en la navegación.

Por lo anterior, resulta necesario estudiar y caracterizar los procesos que determinan los patrones de circulación dentro de estas zonas de morfología compleja a objeto de mejorar el actual conocimiento respecto de las características de la onda de marea en aguas interiores de la región de los fiordos y la circulación presente en puntos específicos del canal Moraleda.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objeto de caracterizar el régimen de mareas y corrientes a lo largo del canal Moraleda, se desarrollaron en el marco del proyecto Cimar-Fiordo 1, las actividades oceanográficas necesarias para la obtención de series de tiempo del

| Nivel del Mar | | | | |
|-------------------------|-----------|------------|------------------------|---------------------|
| Lugar Geográfico | Latitud | Longitud | Instrumento | Período |
| Puerto Melinka | 43° 54' S | 073° 45' W | Mareógrafo Metercraft | 05/09/95 - 05/11/95 |
| Puerto Lagunas | 45° 17' S | 073° 43' W | Mareógrafo Aanderaa | 05/09/95 - 05/11/95 |
| Faro San Pedro | 47° 43' S | 074° 53' W | Mareógrafo Metercraft | 05/09/95 - 05/11/95 |
| Corrientes | | | | |
| Lugar Geográfico | Latitud | Longitud | Instrumento | Período |
| Puerto Ballena (SHOA-2) | 44° 08' S | 073° 28' W | Correntómetro Aanderaa | 04/09/95 - 03/11/95 |
| Puerto Nassau (SHOA-1) | 44° 33' S | 073° 35' W | Correntómetro Aanderaa | 04/09/95 - 03/11/95 |

nivel del mar y corrientes según se detalla en la siguiente tabla:

Para el anclaje de los correntómetros se utilizó como plataforma de trabajo el buque oceanográfico AGOR. "Vidal Gormaz", quedando éstos ubicados en el veril de 100 m, a 10 m de la superficie, y en sectores en donde el ancho medio del canal es aproximadamente de 20 km. Por su parte, la instalación de los mareógrafos se realizó con el apoyo de la LSG. "Hallef", unidad naval con base en puerto Chacabuco. La Fig. 1 muestra la ubicación del instrumental empleado.

Los registros continuos del nivel del mar recolectados por los mareógrafos fueron discretizados a intervalos de una hora, obteniéndose de esta manera series horarias, las que fueron sometidas a un análisis armónico (Foreman, 1977) con el fin de obtener los constituyentes armónicos de la onda de marea, posibilitando la futura emisión de pronósticos de mareas en ambos lugares. Así también, los constituyentes fueron utilizados para caracterizar los regímenes de marea presentes en el área de estudio mediante el coeficiente de Courtier "F" (Glosario de Mareas y Corrientes. Pub. SHOA N° 3013, 1992), el cual se define como:

$$F = \frac{\text{amplitud K1} + \text{amplitud O1}}{\text{amplitud M2} + \text{amplitud S2}}$$

Sí $0 < F < 0,25$, la marea es semidiurna; mientras que si $0,25 < F < 1,50$, el régimen de marea es semidiurno mixto con una marcada desigualdad diaria en las alturas de las pleamares y bajamares. Además, se calcularon las diferencias promedio de los instantes de ocurrencia de las pleamares y bajamares entre puerto Melinka y puerto Lagunas, y los rangos máximos y mínimos de la marea tanto en sicigia como en cuadratura.

Por otro lado, los correntómetros fueron programados para obtener la magnitud y dirección de la corriente a intervalos de 1 hora. Dado que estos instrumentos refieren en forma original la dirección al norte magnético, luego para efectos de análisis los registros de SHOA-1 y

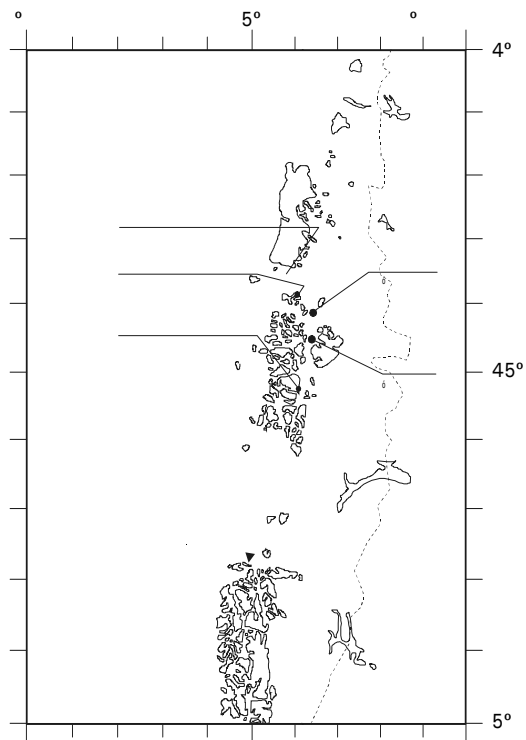


Figura 1: Ubicación del instrumental.
Figure 1: Instruments positioning.

SHOA-2 fueron corregidos por la desviación magnética terrestre indicada para la zona de estudio, quedando los datos referidos al norte geográfico.

Las series de corrientes corregidas inicialmente se sometieron a un análisis de estadística básica tendiente a visualizar frecuencias porcentuales en la dirección y magnitud adoptada por los flujos de agua, además de determinar valores extremos en cada sitio de anclaje (puerto Nassau, puerto Ballena).

Posteriormente, las series fueron descompuestas en componentes ortogonales (componente U: perpendicular al canal; componente V: a lo largo del canal), determinándose los Diagramas de Vector Progresivo (PVD) para ambas series, con el objeto de simular la trayectoria que tendría una partícula en el caso que toda el agua, dentro de varios kilómetros del punto de medición tuviera una velocidad constante. Esta técnica es útil en cuanto nos muestra un flujo medio neto (Neshyba y Fonseca, 1981)

Tabla I. Constituyentes Armónicos Principales de la Marea.

Table I. Main tidal harmonic constituents.

| Constituyente | Período (hrs) | Característica | Puerto Melinka Amplitud (cm) | Puerto Lagunas Amplitud (cm) |
|--|---------------|----------------|------------------------------|------------------------------|
| O1 | 25.82 | Diurno | 14.3426 | 12.9865 |
| K1 | 23.93 | Diurno | 13.8169 | 15.2153 |
| N2 | 12.66 | Semidiurno | 16.5756 | 15.6347 |
| M2 | 12.42 | Semidiurno | 78.4907 | 76.1095 |
| S2 | 12.00 | Semidiurno | 32.9770 | 30.8695 |
| % de la energía total de la onda de marea | | | 82.24 | 84.45 |

Tabla II. Constituyentes Armónicos de Aguas Someras.

Table II. Shallow water harmonic constituents.

| Constituyente | Característica | Puerto Melinka Amplitud (cm) | Puerto Lagunas Amplitud (cm) | Faro San Pedro Amplitud (cm) |
|--|----------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| M03 | 1/3 Diurno | 0.2703 | 0.1950 | 0.4058 |
| MK3 | 1/3 Diurno | 0.1194 | 0.3681 | 0.2247 |
| MN4 | 1/4 Diurno | 0.3842 | 0.4237 | 0.1331 |
| M4 | 1/4 Diurno | 0.8827 | 1.2690 | 0.4850 |
| MS4 | 1/4 Diurno | 1.0966 | 0.9600 | 0.3077 |
| S4 | 1/4 Diurno | 0.0420 | 0.5064 | 0.4219 |
| M6 | 1/6 Diurno | 0.4070 | 0.4848 | 0.0274 |
| 2MS6 | 1/6 Diurno | 0.4141 | 0.3886 | 0.0476 |
| M8 | 1/8 Diurno | 0.2282 | 0.1897 | 0.0618 |
| Suma | | 3.8445 cm | 4.7853 cm | 2.115 cm |
| % de la energía total de la onda de marea | | 2.02 | 2.68 | 1.57 |

como también el supuesto desplazamiento de una partícula a través del tiempo.

Por otro lado, a las series de componentes se les aplicó los siguientes procesos: determinación y posterior sustracción del promedio y la tendencia; eliminación de fluctuaciones de baja y alta frecuencia, empleando para tal efecto, el filtro Coseno-Lanczos de poder medio de 40 horas. De esta manera se visualizó por un lado el comportamiento de los vectores corriente a través del tiempo, y por otro lado se evaluó a partir de las varianzas asociadas a cada proceso en particular, la influencia de las

fluctuaciones de alta (marea) y baja frecuencia sobre las corrientes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nivel del Mar

Del análisis armónico de las series de alturas horarias se pudo separar una amplia gama de constituyentes (36 para cada serie), siendo los más destacados en términos de amplitud, los asociados principalmente a períodos semidiurnos (M2, S2 y N2) con un 68% de la

energía total de la onda de marea (Tabla I). Con los resultados precedentes se determinó un régimen de marea del tipo semidiurno mixto con escasa desigualdad diaria tanto para puerto Melinka como puerto Lagunas (coeficiente de Courtier de 0,25 y 0,26 respectivamente). Se debe tener en cuenta que la marea registrada en sectores abiertos al océano Pacífico, evidencia mayores valores para este coeficiente, presentándose también semidiurna mixta, pero con una marcada desigualdad diaria, situación no detectada en los puertos de estudio.

La Fig. 2 muestra las alturas horarias del nivel del mar registradas en puerto Melinka y puerto Lagunas, respectivamente.

También fue posible discriminar constituyentes armónicos de aguas someras (Pugh, 1987), los cuales sin embargo, presentaron un porcentaje inferior al 3% de la energía total de la onda (Tabla II). Al respecto, comparando porcentajes de iguales constituyentes de aguas someras tanto para los puertos en estudio como para la estación de marea de faro San Pedro, ubicada en el acceso norte del canal Messier (golfo de Penas), se detectó que la máxima influencia de

estos armónicos se da hacia el interior del canal Moraleda (puerto Lagunas). Puerto Melinka, aparece como una zona intermedia, en tanto que faro San Pedro queda menos influenciada por estos constituyentes. Los valores detectados, si bien son mínimos (Tabla II) hacen suponer que en la medida que la onda de marea avanza hacia el interior del canal, se hace más importante la reducción de fondo con el consiguiente efecto friccional.

Con la totalidad de los constituyentes armónicos extraídos de los registros originales para ambos lugares, fue posible emitir pronósticos de marea. La Tabla III muestra un ejemplo de cálculo de mareas (pleamares y bajamares para puerto Melinka, mayo y junio 1998).

El análisis de las diferencias promedio de los instantes de ocurrencia de las pleamares y bajamares en el área de interés mostró un desfase de 0,2 horas entre ambos puertos, donde la onda de marea primero se presentó en la localidad de puerto Melinka. Este resultado es similar al registrado en la Pub. SHOA N° 3009. Por otro lado, y considerando que la distancia de separación entre estas dos localida-

Figura 2: Alturas del Nivel del Mar.

Figure 2: Sea Level Hights.

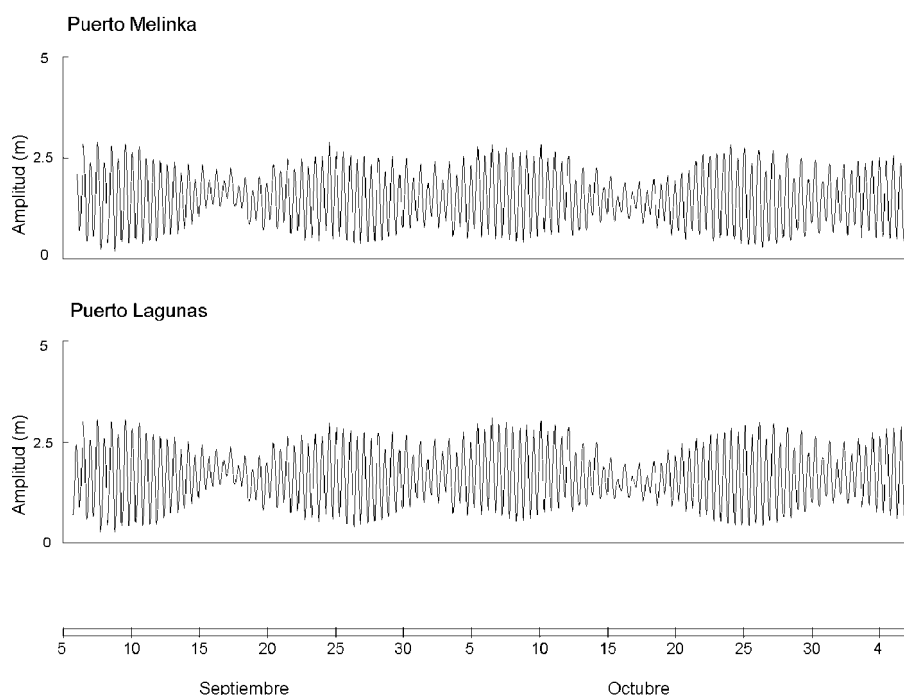


Tabla III: Predicciones de marea Puerto Melinka.

Table III: Melinka Port tide predictions.

| PUERTO MELINKA, CHILE, 1998 | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|------------------|-----|--------------|------------------|-------|--------------|------------------|-----|--------------|------------------|
| MAYO | | | | | | JUNIO | | | | | |
| DIA | HORA H.M. | ALTURA METROS | DIA | HORA H.M. | ALTURA METROS | DIA | HORA H.M. | ALTURA METROS | DIA | HORA H.M. | ALTURA METROS |
| 01 | 0426 | 2.26 | 16 | 0353 | 2.12 | 01 | 0559 | 1.99 | 16 | 0505 | 2.12 |
| V | 1006 | 1.06 | S | 0938 | 0.89 | L | 1154 | 1.33 | M | 1106 | 1.01 |
| | 1635 | 2.63 | | 1606 | 2.51 | | 1831 | 2.23 | | 1734 | 2.40 |
| | 2314 | 0.95 | | 2240 | 0.85 | | | | | | |
| 02 | 0522 | 2.09 | 17 | 0440 | 2.05 | 02 | 0123 | 1.22 | 17 | 0012 | 0.95 |
| S | 1102 | 1.25 | D | 1030 | 0.98 | M | 0735 | 1.97 | MI | 0624 | 2.07 |
| | 1737 | 2.44 | | 1700 | 2.42 | | 1338 | 1.34 | | 1226 | 1.12 |
| | | | | 2340 | 0.93 | | 2003 | 2.20 | | 1859 | 2.34 |
| 03 | 0032 | 1.09 | 18 | 0541 | 2.00 | 03 | 0244 | 1.19 | 18 | 0133 | 0.98 |
| D | 0644 | 1.98 | L | 1136 | 1.07 | MI | 0858 | 2.07 | J | 0806 | 2.15 |
| | 1226 | 1.36 | | 1809 | 2.36 | | 1506 | 1.23 | | 1403 | 1.09 |
| | 1905 | 2.32 | | | | | 2120 | 2.24 | | 2033 | 2.40 |
| 04 | 0209 | 1.13 | 19 | 0052 | 0.96 | 04 | 0342 | 1.10 | 19 | 0251 | 0.91 |
| L | 0829 | 2.01 | M | 0708 | 2.00 | J | 0953 | 2.21 | V | 0924 | 2.37 |
| | 1418 | 1.34 | | 1257 | 1.12 | | 1604 | 1.10 | | 1526 | 0.92 |
| | 2042 | 2.34 | | 1934 | 2.37 | | 2213 | 2.31 | | 2150 | 2.55 |
| 05 | 0326 | 1.07 | 20 | 0207 | 0.92 | 05 | 0426 | 1.00 | 20 | 0357 | 0.79 |
| M | 0942 | 2.15 | MI | 0839 | 2.12 | V | 1035 | 2.36 | S | 1022 | 2.66 |
| | 1539 | 1.18 | | 1424 | 1.06 | | 1648 | 0.98 | | 1630 | 0.69 |
| | 2156 | 2.43 | | 2057 | 2.49 | | 2253 | 2.37 | | 2250 | 2.71 |
| 06 | 0422 | 0.97 | 21 | 0318 | 0.81 | 06 | 0501 | 0.90 | 21 | 0449 | 0.67 |
| MI | 1031 | 2.32 | J | 0948 | 2.33 | S | 1111 | 2.48 | D | 1111 | 2.94 |
| | 1633 | 1.01 | | 1539 | 0.91 | | 1724 | 0.86 | | 1724 | 0.48 |
| | 2245 | 2.53 | | 2206 | 2.66 | | 2329 | 2.42 | | 2340 | 2.82 |
| 07 | 0503 | 0.86 | 22 | 0420 | 0.68 | 07 | 0532 | 0.82 | 22 | 0534 | 0.59 |
| J | 1110 | 2.46 | V | 1044 | 2.59 | D | 1145 | 2.58 | L | 1155 | 3.15 |
| | 1715 | 0.88 | | 1641 | 0.71 | | 1758 | 0.75 | | 1812 | 0.33 |
| | 2323 | 2.59 | | 2304 | 2.83 | | | | | | |
| 08 | 0537 | 0.76 | 23 | 0512 | 0.56 | 08 | 0003 | 2.46 | 23 | 0025 | 2.86 |
| V | 1144 | 2.57 | S | 1133 | 2.84 | L | 0601 | 0.75 | M | 0614 | 0.55 |
| | 1750 | 0.79 | | 1736 | 0.52 | | 1216 | 2.68 | | 1236 | 3.26 |
| | 2355 | 2.61 | | 2354 | 2.93 | | 1830 | 0.64 | | 1855 | 0.28 |
| 09 | 0605 | 0.69 | 24 | 0557 | 0.47 | 09 | 0037 | 2.48 | 24 | 0107 | 2.83 |
| S | 1215 | 2.64 | D | 1217 | 3.06 | M | 0630 | 0.71 | MI | 0652 | 0.57 |
| | 1821 | 0.72 | | 1825 | 0.37 | | 1248 | 2.75 | | 1315 | 3.25 |
| | | | | | | | 1904 | 0.54 | | 1935 | 0.33 |
| 10 | 0026 | 2.60 | 25 | 0039 | 2.95 | 10 | 0112 | 2.48 | 25 | 0147 | 2.75 |
| D | 0630 | 0.66 | L | 0636 | 0.44 | MI | 0659 | 0.67 | J | 0730 | 0.64 |
| | 1244 | 2.68 | | 1258 | 3.20 | | 1320 | 2.81 | | 1353 | 3.14 |
| | 1851 | 0.66 | | 1911 | 0.31 | | 1938 | 0.48 | | 2013 | 0.44 |
| 11 | 0057 | 2.57 | 26 | 0122 | 2.90 | 11 | 0147 | 2.45 | 26 | 0225 | 2.63 |
| L | 0655 | 0.65 | M | 0712 | 0.48 | J | 0730 | 0.65 | V | 0807 | 0.75 |
| | 1312 | 2.70 | | 1336 | 3.23 | | 1353 | 2.84 | | 1431 | 2.96 |
| | 1922 | 0.62 | | 1952 | 0.33 | | 2013 | 0.47 | | 2050 | 0.61 |
| 12 | 0129 | 2.50 | 27 | 0203 | 2.78 | 12 | 0221 | 2.40 | 27 | 0303 | 2.49 |
| M | 0721 | 0.67 | MI | 0747 | 0.58 | V | 0803 | 0.65 | S | 0846 | 0.88 |
| | 1341 | 2.71 | | 1412 | 3.16 | | 1427 | 2.82 | | 1510 | 2.75 |
| | 1955 | 0.59 | | 2032 | 0.43 | | 2049 | 0.52 | | 2129 | 0.79 |
| 13 | 0203 | 2.41 | 28 | 0242 | 2.63 | 13 | 0256 | 2.35 | 28 | 0341 | 2.33 |
| MI | 0749 | 0.71 | J | 0823 | 0.72 | S | 0839 | 0.68 | D | 0929 | 1.01 |
| | 1411 | 2.70 | | 1448 | 3.01 | | 1504 | 2.75 | | 1553 | 2.54 |
| | 2031 | 0.61 | | 2110 | 0.58 | | 2127 | 0.61 | | 2213 | 0.97 |
| 14 | 0237 | 2.30 | 29 | 0322 | 2.46 | 14 | 0332 | 2.28 | 29 | 0423 | 2.18 |
| J | 0820 | 0.75 | V | 0900 | 0.89 | D | 0919 | 0.76 | L | 1017 | 1.14 |
| | 1444 | 2.67 | | 1527 | 2.81 | | 1544 | 2.64 | | 1644 | 2.35 |
| | 2109 | 0.67 | | 2152 | 0.77 | | 2209 | 0.73 | | 2308 | 1.13 |
| 15 | 0314 | 2.20 | 30 | 0403 | 2.28 | 15 | 0413 | 2.21 | 30 | 0515 | 2.06 |
| V | 0855 | 0.81 | S | 0944 | 1.06 | L | 1006 | 0.87 | M | 1117 | 1.25 |
| | 1522 | 2.60 | | 1611 | 2.59 | | 1632 | 2.52 | | 1746 | 2.19 |
| | 2151 | 0.75 | | 2242 | 0.97 | | 2303 | 0.86 | | | |
| | | | 31 | 0452 | 2.11 | | | | | | |
| | | | D | 1038 | 1.22 | | | | | | |
| | | | | 1710 | 2.38 | | | | | | |
| | | | | 2351 | 1.14 | | | | | | |

EL TIEMPO EMPLEADO CORRESPONDE AL MERIDIANO 60 W. ZONA + 4 HORAS

des es de aproximadamente 154 km, se determinaría una rapidez promedio para una onda progresiva viajando por el canal del orden de 770 km/h. Este valor inconsistente podría sugerir la presencia de una onda de marea estacionaria a lo largo del canal Moraleda, o que el aporte de agua a través de los canales adyacentes al canal principal, vale decir, Tuamapu, King y Darwin, entre otros, son tan significativos que generarían la simultaneidad de dicha ocurrencia.

De los registros de nivel del mar observados se obtuvieron los siguientes rangos extremos de mareas para el área de estudio. Puerto Melinka presentó un rango máximo en sicigia lunar de 2,79 metros, mientras que en cuadratura alcanzó valores mínimos de 0,29 metros. Por su parte, puerto Lagunas presentó un rango máximo y mínimo de 2,66 y 0,39 metros en sicigia y cuadratura, respectivamente. Con estos resultados, se constató un incremento en los rangos de marea en sectores al interior del canal Moraleda con respecto a los rangos típicos máximos presentes en el área oceánica (del orden de 1,60 metros).

Corrientes

La estación SHOA-1 registró una magnitud media de 16,8 cm/s (0,33 nudos) con un máximo de 53,7 cm/s (1,04 nudos) en dirección Sur ($161^{\circ},9$); mientras que la estación SHOA-2 registró una intensidad media de 12,7 cm/s (0,25 nudos) y máximo de 66,5 cm/s (1,29 nudos) en la misma dirección que el registro anterior ($160^{\circ},1$). Estos valores extremos concuerdan con aquellos indicados para el área de estudio por la carta SHOA N° 800 (Isla Guafo a Golfo de Penas, 1988).

En las Figs. 3 (SHOA-1) y 4 (SHOA-2), se presentan, los histogramas de frecuencia de magnitud y dirección de los registros de corrientes. En SHOA-1 se observó que el 73% de las observaciones fluctuaron entre 9 a 24,9 cm/s, mientras que solo un 0,2% del total del registro superó los 49 cm/s (Fig. 3). En tanto que en SHOA-2, se presentaron corrientes que fluctuaron mayoritariamente entre 1,2 a 16,9 cm/s (75% de los casos), con 34 registros (1,2%) por sobre 49 cm/s (Fig. 4).

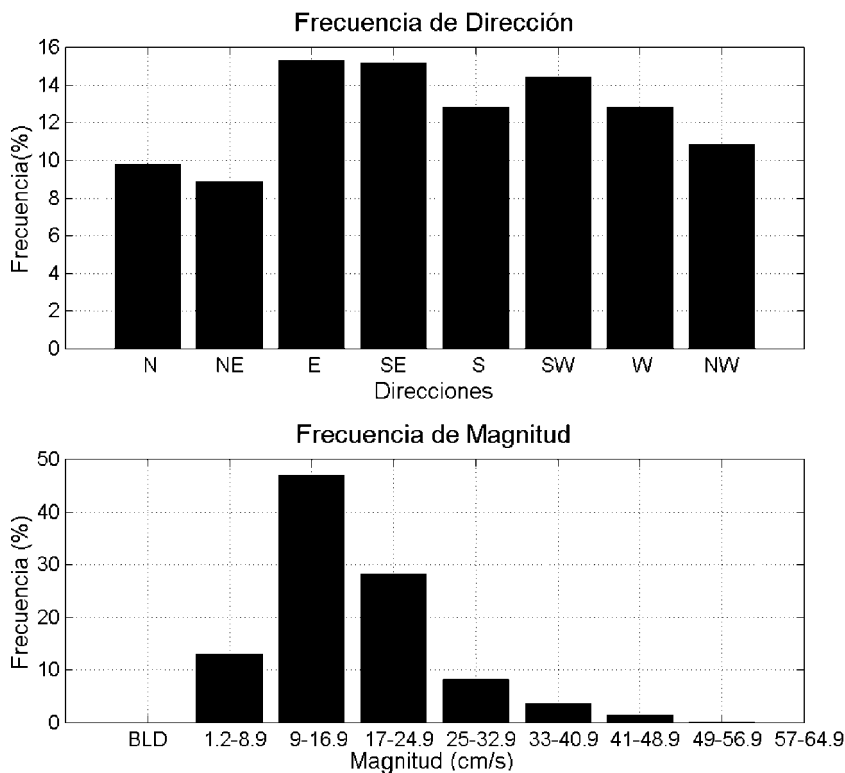


Figura 3: Histogramas de Frecuencias SHOA-1.

Figura 3: Histograms of frequencies SHOA-1.

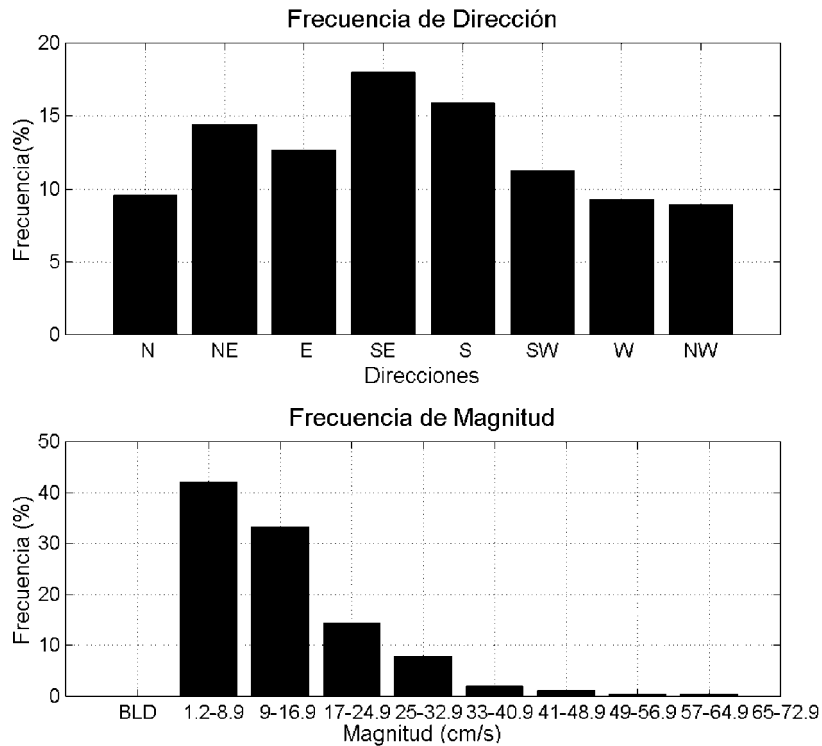


Figura 4: Histogramas de Frecuencias SHOA-2.
Figure 4: Histograms of frequencies SHOA-2.

Por su parte, en los histogramas de frecuencia de dirección, se observó una alta dispersión de las corrientes; en SHOA-1 (Fig. 3), la frecuencia mínima fue de 8,85% (NE) y el máximo de 15,31% (E), en forma análoga para SHOA-2 (Fig. 4), el rango de frecuencia fue entre 8,92% (NW) a 18,01% (SE). Esto último también queda en evidencia en el diagrama de dispersión de las componentes ortogonales de ambos registros de corrientes (Figs. 5 y 6). Esta dispersión apreciada en las mediciones de dirección del flujo, se contraponen al comportamiento típico esperado por las corrientes en zonas de canales y pasos interiores, es decir, corrientes claramente reversibles, las cuales se caracterizan por un cambio en su dirección con respecto al eje del canal (alrededor de 180°) en las fases de marea de llenante y vaciante. Si se consideran factores tales como aportes de agua de canales adyacentes incidiendo sobre la circulación principal del Moraleda y el ancho del canal en los lugares de monitoreo, se explicaría esta alta dispersión direccional del flujo. Estos efectos han sido también observados en estudios efectuados en el estrecho de Magallanes,

en donde se menciona la influencia de las ondas transmitidas por canales adyacentes al flujo principal (Cerde, 1993).

Los diagramas de vector progresivo (Figs. 5 y 6), mostraron que una partícula afectada por un campo homogéneo de corrientes se desplazaría en promedio del orden de 2,0 a 3,5 kilómetros por día en dirección neta al sureste en el caso de la estación SHOA-2 y en dirección sur en el caso de la estación SHOA-1, lo que implicó un desplazamiento total de 109 km y 195 km en las direcciones señaladas, para SHOA-1 y SHOA-2 respectivamente durante el periodo de medición.

El comportamiento de los vectores corriente en el tiempo, son presentados en las Figs. 7 y 8. En ellos se aprecia claramente la influencia de fluctuaciones de baja y alta frecuencia sobre el registro original (corriente total) de las corrientes medidas. Nótese que las series correspondientes solo al efecto de mareas son concordantes con los histogramas de frecuencia para la dirección (Figs. 3 y 4), no mostrando

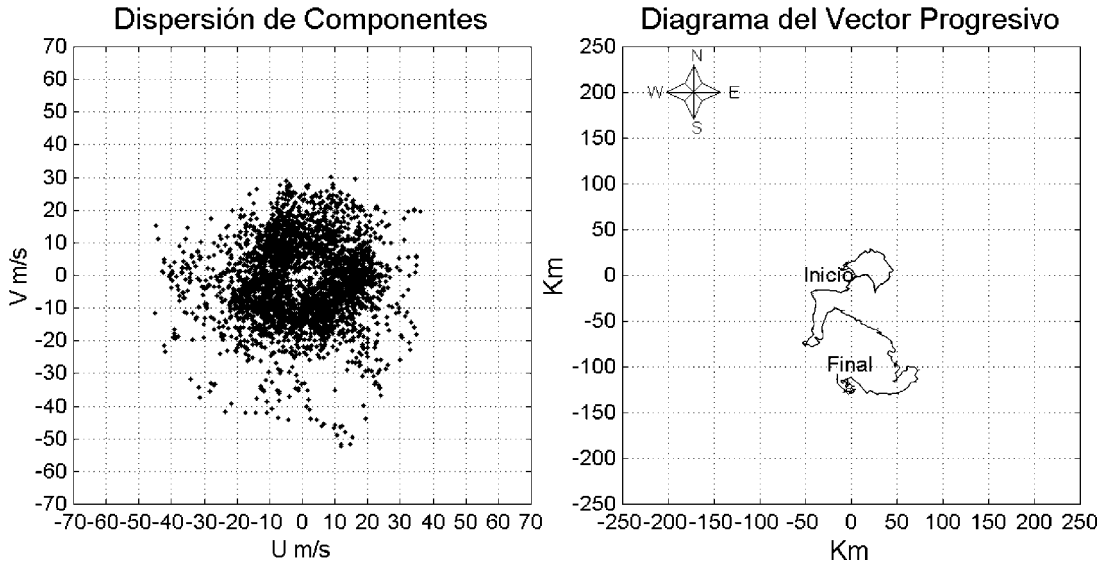


Figura 5: Dispersión y PVD de Corrientes SHOA-1.

Figure 5: Currents SHOA-1 Dispersion and PVD.

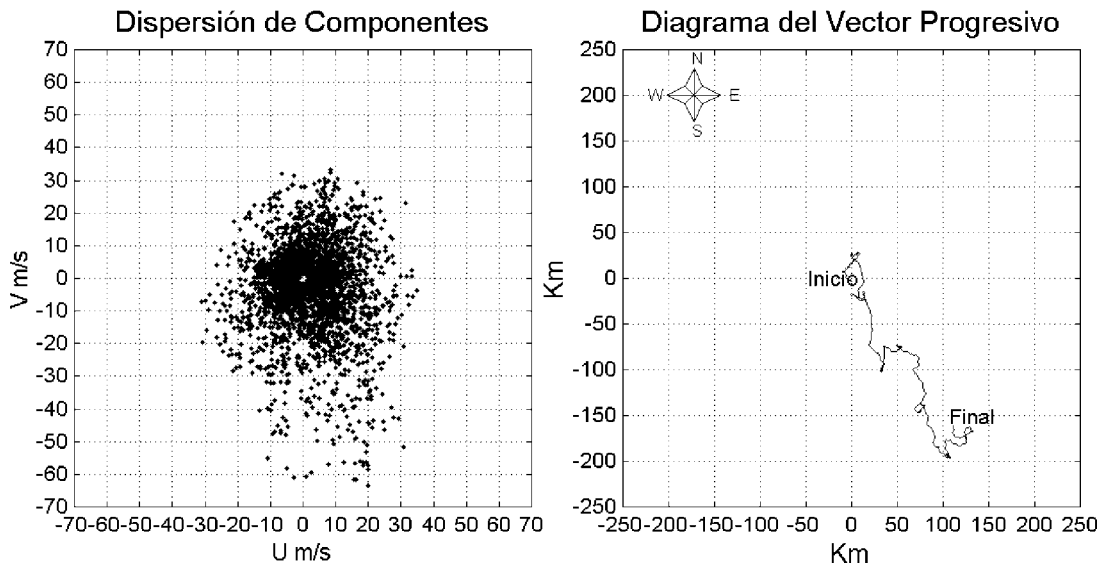


Figura 6: Dispersión y PVD de Corrientes SHOA-2.

Figure 6: Currents SHOA-2 Dispersion and PVD.

reversibilidad los flujos de agua. Por otro lado, el efecto lunar, se mostró más importante en SHOA-2 (puerto Ballena), observándose en períodos de sicigias lunares un evidente incremento en la intensidad de las corrientes.

Al respecto, el porcentaje de la varianza total debida al efecto mareal se situó en un 65% para SHOA-2 (puerto Ballena), mientras que el ubicado más al interior del canal Moraleda (SHOA-1, puerto Nassau) registró valores de varianza

de aproximadamente 42% y 58% del total, por efecto mareal y de fluctuaciones de baja frecuencia respectivamente.

CONCLUSIONES

Con el presente estudio, se logró un mayor conocimiento respecto de las características más sobresalientes del régimen de mareas y su propagación en el canal Moraleda, además del

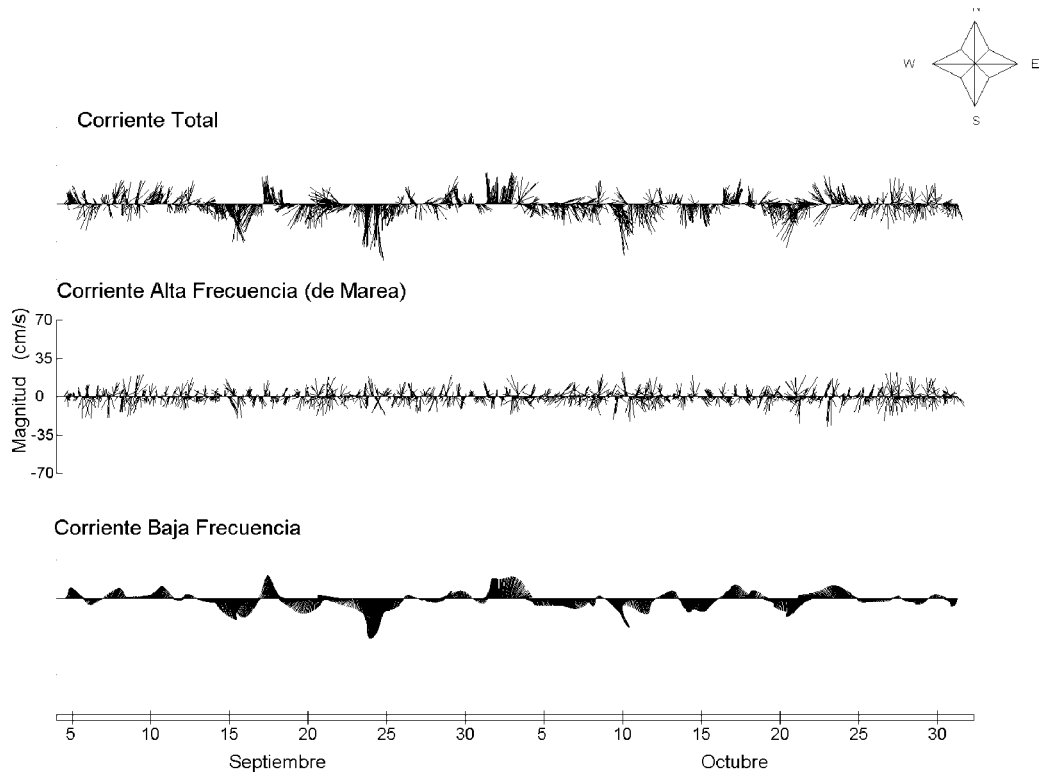


Figura 7: Corrientes medidas en Puerto Nassau, SHOA-1.
 Figure 7: Currents Measured at Port Nassau, SHOA-1.

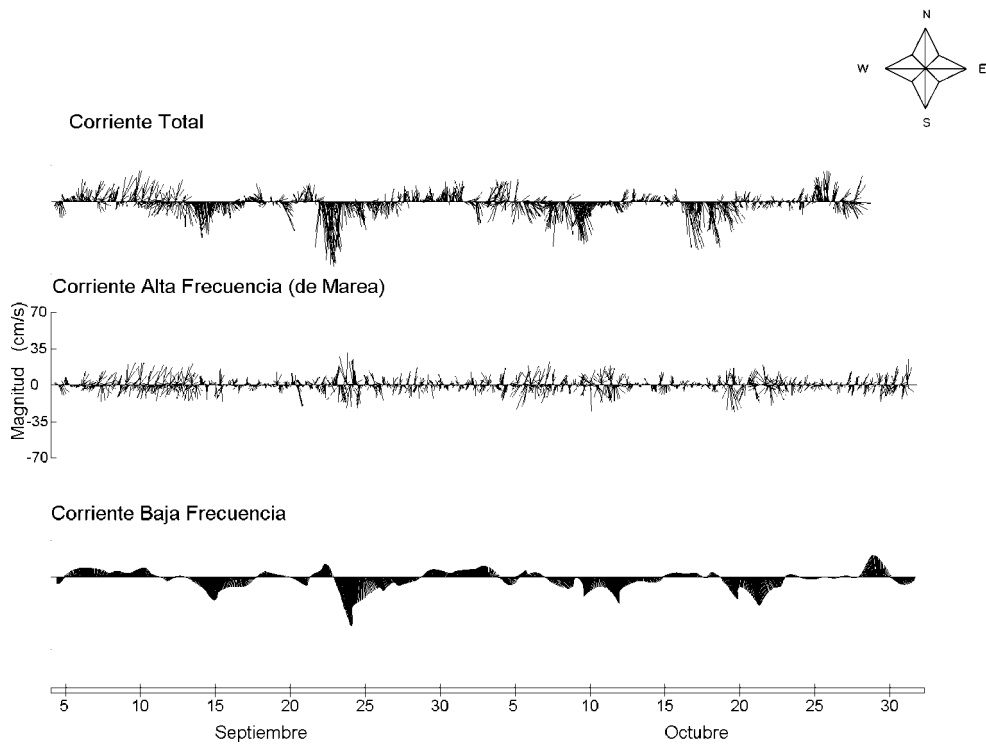


Figura 8: Corrientes medidas en Puerto Ballena, SHOA-2.
 Figure 8: Currents Measured at Port Ballena, SHOA-2.

comportamiento de las corrientes en puntos específicos del mismo. Al respecto, se concluye lo siguiente:

- La onda de marea en el canal Moraleda es del tipo semidiurna mixta, con mínima diferencia entre las alturas de pleamares y bajamares consecutivas.
- El desfase promedio en la ocurrencia de las pleamares y bajamares entre puerto Melinka y puerto Lagunas fue de 12 minutos. Esta simultaneidad hace sugerir la presencia de una onda de marea estacionaria a lo largo del canal o que el aporte y renovación de las aguas se produce además de la boca del Guafo, por los innumerables canales transversales al canal principal.
- Las corrientes registraron magnitudes medias de 12,7 cm/s y 16,8 cm/s, con máximos de 66,5 cm/s y 53,7 cm/s, para los correntómetros instalados a la cuadra de puerto Ballena (SHOA-2) y puerto Nassau (SHOA-1), respectivamente.
- Las corrientes marinas se presentaron altamente dispersas en términos de dirección, no mostrando las características de reversibilidad propias de canales y pasos interiores. Lo anterior es evidente, si se considera que la varianza asociada a la marea presentó valores entre 42% y 65% de la varianza total de las series correntométricas en donde este agente forzante es quién provoca fundamentalmente reversibilidades en los flujos de agua en canales.
- Los desplazamientos promedio de una partícula afectada por un campo homogéneo de corrientes son de 2,0 y 3,5 kilómetros por día en dirección neta al sureste y sur, para las estaciones correntométricas SHOA-2 (puerto Ballena) y SHOA-1 (puerto Nassau), respectivamente.

REFERENCIAS

- Carta SHOA. N° 800. 1988. Isla Guafo a Golfo de Penas. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.
- Cerda, C. 1993. Estudio de la propagación de ondas de marea en el estrecho de Magallanes. Tesis de Grado. Universidad Católica de Valparaíso. 101 pp.
- Foreman, M. G. G. 1977. Manual for Tidal Heights Analysis and Prediction. Pacific Marine Science, Report 77-10, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Victoria, B.C., Canada, 101 p.
- Glosario de Mareas y Corrientes. 1992. SHOA Pub. N° 3013. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. 2ª Edición.
- Neshiba, S. y T. Fonseca A. 1981. Corrientes Costeras. Manual de Medición y Análisis. Ediciones Universitarias de Valparaíso, 132 p.
- Pugh, D. T. 1987. Tides, Surges and Mean Sea-Level. John Wiley and Sons, LTD., U.K., 472 p.
- Salinas, S. y S. Hormazábal, 1996. Circulación en el Estrecho de Meninea, Canal de Moraleda 45° 15' S. Resultados Crucero Cimar-Fiordo 1, Resumen Ampliado.
- Tablas de marea de la Costa de Chile. 1995. SHOA Pub. N° 3009. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.