

INFORME FINAL

Convenio I: Asesoría Integral para la Pesca y Acuicultura, 2013

Proyecto 1.2: Determinación de los patrones de circulación en los mares interiores de la región de Magallanes

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA. Y EMT / Abril 2015



INFORME FINAL

Convenio I: Asesoría Integral para la Pesca y Acuicultura, 2013 **Proyecto 1.2**: Determinación de los patrones de circulación en los mares interiores de la región de Magallanes

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Abril 2015

REQUIRENTE

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO

Subsecretaria de Economía y EMT Katia Trusich Ortiz

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo Leonardo Núñez Montaner

Jefe División Investigación en Acuicultura F. Leonardo Guzmán Méndez

JEFE PROYECTO

Elías Pinilla Matamala



SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Abril 2015

AUTORES

Elías Pinilla Matamala Marcela Arriagada Ortega Gabriel Soto Soto Cristian Ruiz Soto Pablo Reche García

COLABORADORES

Patricio Salas Salas César Loncón Lemus Milton Salas Salas Manuel Moya Vega Luis Avello Fernández Laura Méndez Espiño



ÍNDICE GENERAL

			Página		
ÍNDICE GENERAL					
ÍNDICE FIGURAS					
INDICE ANEXOS x					
RESUMEN EJECUTIVO					
1.	ANTE	CEDENTES	1		
2.	2. OBJETIVOS				
	2.1	Objetivo general	4		
	2.2	Objetivos específicos	4		
3.	METO	DDOLOGÍA	6		
	3.1	Objetivo específico 2.2.1: Prospección de Nuevas Áreas	6		
	3.2	Objetivo específico 2.2.2: Modelación de condiciones oceanográficas y			
	• •	patrones de circulación	11		
	3.3	Objetivo específico 2.2.3: Implementar modelo ROMS en escala regional X a XII Región v evaluación	24		
	3.4	Objetivo específico 2.2.4: Evaluación de una plataforma pre-operacional			
		para XII Región en sectores de alta resolución seleccionados	25		
	3.5	Objetivo específico 2.2.5: Validación modelo atmosférico WRF X-XI Región e implementación en XII	26		
	3.6	Objetivo específico 2.2.6: Implementar modelos de alta resolución			
		en los siguientes sectores: Estrecho de Magallanes a Tierra del fuego			
		(Canal Cockburn)	27		
	3.7	Objetivo específico 2.2.7: Compra e instalación, con fondos del proyecto,			
		de U1 licencia de software Mike Customized para su uso en la	10		
		Subsecretaria de Pesca y Aculcultura	40		
4.	GEST	TIÓN DEL PROYECTO	43		
5.	RESL	JLTADOS	53		
	5.1	Objetivo específico 2.2.1	53		
	5.2	Objetivo específico 2.2.2	55		
	5.3	Objetivo específico 2.2.3	42		
	5.4	Objetivo específico 2.2.4	75		



	5.5	Objetivo específico 2.2.5	84		
	5.6	Objetivo específico 2.2.6	85		
	5.7	Objetivo específico 2.2.7	133		
6.	DISC	USIÓN	135		
	6.1	Modelo hidrodinámico del mar interior de Chiloé	135		
	6.2	Modelo hidrodinámico y observaciones en Aysén	137		
	6.3	Modelo hidrodinámico y observaciones en región de Magallanes	148		
	6.4	Oceanografía operacional en el sur de Chile	155		
	6.5	Modelación hidrodinámica en fiordos con ROMS	157		
	6.6	Modelo atmosférico WRF	157		
7.	CONC	CLUSIONES	160		
8	DEEE		16/		
0.			104		
FIG	URAS				
TAE	BLAS				
ANE	XOS:	(CD)			
Anexo I. Anexo II. Anexo III.		Levantamiento Batimétrico, Caracterización Hidrográfica y Sedimentológica. Estadística de Corrientes y Mareas. Correntometría Lagrangiana.			
Ane	xo IV.	Informes de Campañas.			
Ane	xo V.	Evaluación del nivel del mar en modelo hidrodinámico MIKE 3 FM en el Chiloé.	mar interior de		
Ane	xo VI.	Modelación hidrodinámica en el mar interior de Chiloé.			
Ane	xo VII.	Base de Datos. (CD)			
Ane	xo VIII	Evaluación modelo ROMS.			
Ane	xo IX.	Dispersión de partículas modelo regional Chiloé-Aysén.			
Ane	xo X.	Evaluación modelo hidrodinámico de alta resolución Cockburn Invi	erno.		
Ane	xo XI.	Dispersión de partículas modelo regional Cockburn.			
Ane	xo XII.	Implementación, evaluación del modelo atmosférico WRF para la z Austral de Chile	zona Sur-		
Ane	xo XIII	Modelos lagrangianos de transportes de partículas en golfo Almira	nte Montt		

ii

ÍNDICE FIGURAS

- **Figura 1**. Dominio de MIKE3 del modelo regional Chiloé-Aysén mostrando malla flexible de elementos triangulares junto a la batimetría interpolada.
- **Figura 2**. Dominio regional y discretización del modelo de MIKE 3 que abarca desde el Seno de la Península de Taitao hasta el extremo Sur de Magallanes.
- Figura 3. Área geográfica donde fueron realizadas prospecciones.
- Figura 4. Esquema de puntos de dragado realizados en cada una de las 17 áreas a prospectar.
- **Figura 5**. Esquema de los 9 puntos donde se realizaron lances de CTD-O en las prospecciones. El rectángulo representa el área de 300 por 500 metros (15 hectáreas).
- Figura 6. Mareógrafos HOBO water level logger.
- **Figura 7.** a) Sitio donde fue instalado el mareógrafo. b) cota de marea creada. c) nivelación del mareógrafo respecto a la cota.
- Figura 8. Modelo de elevación digital (DEM) extraído de la batimetría SHOA X Región.
- Figura 9. Archivo de capas mostrando cuencas hídricas individuales que desembocan a cota cero.
- Figura 10. Dominio del modelo hidrodinámico en mar interior de Chiloé.
- Figura 11. Resolución vertical de 25 capas tipo sigma.
- Figura 12. Mapa estaciones CIMAR 10.
- Figura 13. Condición inicial de salindad superficial y a 25 metros.
- Figura 14. Condción inicial de Temperatura superficial y a 25 metros.
- Figura 15. Nivel del mar en las condiciones de borde del modelo.
- Figura 16. Condiciones de borde para modelo de salinidad y temperatura.
- Figura 17. Datos de vientos el modelo GFS.

- Figura 18. Mediciones de correntometría realizadas en campañas de 2010.
- **Figura 19.** Plano vertical de un modelo de MIKE3 mostrando la distribución de las capas sigma en función de la profundidad.
- **Figura 20.** Condiciones iniciales de temperatura en superficie procedentes del modelo global Mercator sobre dominio regional Chiloé-Aysén.
- Figura 21. Condiciones iniciales de salinidad en superficie procedentes del modelo global Mercator sobre dominio regional Chiloé-Aysén.
- **Figura 22.** Serie de tiempo de la condición de borde de nivel del mar en los 3 bordes del modelo regional Chiloé-Aysén.
- Figura 23. Condición de borde de temperatura de MIKE3 a partir del modelo global Mercator.
- Figura 24. Condición de borde de salinidad de MIKE3 a partir del modelo global Mercator.
- Figura 25. Posición de las estaciones meteorológicas HOBO instaladas en la campaña Chonos otoño 2014.
- **Figura 26.** Rosa de vientos correspondiente al registro de la estación meteorológica HOBO instalada en isla Kent (boca canal Ninualac).
- **Figura 27.** Rosa de vientos correspondiente al registro de la estación meteorológica HOBO instalada en las cercanías de canal King (isla Izaza).
- **Figura 28.** Componente U de la velocidad del viento a 10 metros sobre la superficie del modelo global de reanálisis NCEP/NCAR.
- **Figura 29.** Componente V de la velocidad del viento a 10 metros sobre la superficie del modelo global de reanálisis NCEP/NCAR.
- Figura 30. Presión atmosférica sobre la superficie del modelo global de reanálisis NCEP/NCAR.
- Figura 31. Datos de vientos el modelo WRF Mayo 2011, resolución 3 km².
- **Figura 32.** Campo del nivel del mar transcurridos 5 pasos de tiempo, dando nota de la estabilización del modelo.
- Figura 33. Dominio de modelo ROMS para la X y XI Región.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Figura 34. Zonas en donde fueron instaladas las estaciones meteorológicas.
- Figura 35. Instalación estación meteorológica en localidad de Metri.
- Figura 36. Instalación estación meteorológica en localidad de Puqueldón.
- Figura 37. Instalación estación meteorológica en localidad de Raúl Marín Balmaceda.
- Figura 38. Instalación estación meteorológica en localidad de Puerto Aguirre.
- **Figura 39.** Zoom de la malla flexible de elementos triangulares del modelo regional Chiloé-Aysén mostrando la alta resolución en los canales del archipiélago de Chonos.
- Figura 40. Archivo dfsu que define la resistencia de fondo mediante la rugosidad.
- Figura 41 Escenarios de los modelos de dispersión de partículas.
- Figura 42 Posición centros de cultivo empleados en el modelo de dispersión de partículas en el archipiélago de Chonos. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).
- Figura 43. Dominio de alta resolución de golfo Almirante Montt que incluye las profundidades del sector.
- Figura 44. Resolución del dominio de alta resolución en sector de canal Unión. En colores la profundidad.
- **Figura 45.** Resolución del dominio de alta resolución en sector de canal Morla Vicuña y los canales Kirke y Santa María. En colores la profundidad.
- **Figura 46.** Resolución del dominio de alta resolución en Golfo almirante Montt y senos adyacentes. En colores la profundidad.
- Figura 47. Condición inicial de salinidad superficial en dominio golfo Almirante Montt.
- Figura 48. Condición inicial de salinidad sección desde canales Unión-Kirke-Ultima esperanza en dominio golfo Almirante Montt.
- Figura 49. Caudal río Serrano

Figura 50. Mediciones de ADCP y mareógrafos en golfo Almirante Montt

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- **Figura 51.** (Arriba) Dominio de alta resolución en canal Cockburn, y (abajo) modelo de elevación digital utilizado en el modelo.
- Figura 52. Estaciones dela campaña CIMAR 3 FIORDOS, Etapa 2, usadas para la construcciones de las condiciones iniciales de temperatura y salinidad del modelo de Alta resolución de Cockburn.
- **Figura 53.** Condiciones iniciales de salinidad del modelo de alta resolución de Cockburn en superficie.
- **Figura 54.** Condiciones iniciales de temperatura del modelo de alta resolución de Cockburn en superficie.
- **Figura 55.** Posiciones de los mareógrafos utilizados para validar en nivel del mar en el modelo de alta resolución de Canal Cockburn.
- **Figura 56.** Condición de borde de salinidad (izquierda), y temperatura (derecha), utilizada en el borde océano Pacifico del modelo de Alta Resolución de Canal Cockburn.
- **Figura 57.** Condición de borde de salinidad (izquierda), y temperatura (derecha), utilizada en el borde Isla Carlos III del modelo de Alta Resolución de Canal Cockburn.
- **Figura 58.** Condición de borde de salinidad (izquierda), y temperatura (derecha), utilizada en el borde Punta Arenas del modelo de Alta Resolución de Canal Cockburn.
- **Figura 59.** Campo de viento promedio utilizado en el modelo para todo el dominio (arriba) y en la zona de Canal Cockburn (abajo), extraído de Reanálisis NCEP, NOAA.
- **Figura 60.** Mapa que señala Área de estudio donde se realizaron las mediciones de campo, a) Archipiélago Chonos y b) canal Cockburn.
- **Figura 61.** Track de las distintas secciones para medir las corrientes transversales en las campañas de primavera y otoño del Archipiélago de Chonos, en color azul indica el cambio de posición en la época de otoño.
- Figura 62. Track de las distintas secciones para medir las corrientes transversales en la campaña de Cockburn.
- **Figura 63.** Ubicación geográfica de ADCP anclado (color amarillo), mareógrafos (color rojo) y estaciones meteorológicas (color blanco). En la XI Región. Archipiélago de Chonos. (a)Campaña de primavera y (b) campaña de otoño.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- **Figura 64.** Ubicación geográfica de las estaciones de ADCP anclado (color amarillo), mareógrafos (color rojo) y estaciones meteorológicas (color blanco). En la XII Región. En las campañas de invierno y verano en Canal Cockburn.
- **Figura 65.** Ubicación geográfica de las boyas derivadores en la XI Región. Archipiélago de Chonos.
- Figura 66. Ubicación geográfica de las boyas derivadores en la XII Región. Canal Cockburn.
- **Figura 67.** Estaciones de CTD-O realizadas en las mediciones del Archipiélago de los Chonos. a) campaña de primavera. b) campaña de otoño de 2013.
- **Figura 68.** Estaciones de CTD-O realizadas en mediciones del canal Cockburn en la campaña de invierno y verano.
- Figura 69. Mapa con estaciones de muestreo Crucero CIMAR 15 Fiordos.
- Figura 70. Sección vertical de Temperatura y salinidad del canal Smyth, perteneciente a datos de CIMAR 15.
- Figura 71. Distribución horizontal de salinidad: a) 5metros b) 25metros c) 75 metros y d) 200 metros. Las interpolaciones fueron construidas a partir de la base de datos del crucero CIMAR 15.
- **Figura 72.** Distribución horizontal de temperatura: a) 5 metros b) 25 metros c) 75 metros y d) 200 metros. Las interpolaciones fueron construidas a partir de la base de datos del crucero CIMAR 15.
- Figura 73. Estaciones de CTD-O realizadas en Rennell.
- Figura 74. Secciones verticales representativas de la distribución de salinidad, en los canales Smyth y Viel.
- Figura 75. Distribución horizontal con valores de salinidad realizados en las proximidades de isla Rennell a) 5 metros b) 25 metros c) 50 metros y d) 100 metros.
- Figura 76. Secciones verticales representativas en la distribución de temperatura, en los canales Smyth y Viel.
- Figura 77. Distribución horizontal con valores de temperatura realizados en las proximidades de isla Rennell. a) 5 metros b) 25 metros c) 50 metros y d) 100 metros.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Figura 78. Secciones verticales representativas en la distribución de oxígeno disuelto, en los canales Smyth y Viel.
- Figura 79. Distribución horizontal de valores de oxígeno disuelto realizados en las proximidades de isla Rennell. a) 5 metros b) 25 metros c) 50 metros y d) 100 metros.
- Figura 80. Modelo digital de elevación para alrededores de islas Rennell.
- Figura 81. Ampliación del DEM para los sitios 1, 2 y 3 de prospección.
- Figura 82. Ampliación del DEM para los sitios 4, 5 y 6 de prospección.
- Figura 83. Ampliación del DEM para los sitios 7, 8, 9. 10 y 11 de prospección.
- Figura 84. Ampliación del DEM para los sitios 12, 13, 14 y 15 de prospección.
- Figura 85. Ampliación del DEM para los sitios 16, 17, 18, 19 y 20 de prospección.
- **Figura 86.** Series de tiempo a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra), modelada en corrida001 (línea azul) y corrida002 (línea verde).
- **Figura 87.** Series de tiempo a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra), modelada en corrida001 (línea azul), corrida002 (línea verde) y corrida008 (línea café).
- **Figura 88.** Series de tiempo a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra), modelada en corrida001 (línea azul), corrida002 (línea verde), corrida008 (línea café) y corrida 004 (línea magenta).
- **Figura 89.** Series de tiempo a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra), modelada en corrida001 (línea azul), corrida002 (línea verde), corrida008 (línea café), corrida 004 (línea magenta) y corrida 005 (línea naranja).
- **Figura 90.** Series de tiempo a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra) y modelada en corrida009 (línea roja).
- Figura 91. Series residuales a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra) y modelada en corrida002 (línea verde), corrida008 (línea café), corrida 004 (línea magenta), corrida 005 (línea naranja) y corrida009 (línea roja).
- **Figura 92**. Series de tiempo a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra), modelada en corrida001 (línea azul), corrida002 (línea verde), corrida008 (línea café), corrida 004 (línea magenta) y corrida 005 (línea naranja).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- **Figura 93**. Series de tiempo a 10 m. de la componente v_norte-sur, observada (línea negra), modelada en corrida001 (línea azul), corrida002 (línea verde), corrida008 (línea café), corrida 004 (línea magenta) y corrida 005 (línea naranja).
- **Figura 94**. Series de tiempo a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra) y modelada en corrida005 (línea naranja).
- **Figura 95**. Series de tiempo a 10 m. de la componente v_norte-sur, observada (línea negra) y modelada en corrida005 (línea naranja).
- Figura 96. Series residuales a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra) y modelada en modelada en corrida002 (línea verde), corrida008 (línea café), corrida 004 (línea magenta), corrida 005 (línea naranja) y corrida009 (línea roja).
- **Figura 97.** Series horarias (izquierda) y residuales (derecha) componente u_este-oeste, observada (negro) y modelada (rojo) en Chacao-golfo Ancud.
- **Figura 98.** Series horarias (izquierda) y residuales (derecha) componente v_norte-sur, observada (negro) y modelada (rojo) en Chacao-golfo Ancud.
- **Figura 99**. Series horarias (izquierda) y residuales (derecha) componente u_este-oeste, observada (negro) y modelada (rojo) boca fiordo Comau.
- **Figura 100**. Flujo residual en Chacao golfo Ancud obtenido a través de medición de ADCP remolcado (arriba) y a través de modelación hidrodinámica con MIKE 3 (abajo).
- **Figura 101**. Flujo residual (m/s) en Boca fiordo Comau obtenido a través de medición de ADCP remolcado (arriba) y a través de modelación hidrodinámica con MIKE 3 (abajo).
- **Figura 102**. Flujo residual (m/s) en Boca fiordo Comau obtenido a través de medición de ADCP remolcado (arriba) y a través de modelación hidrodinámica con MIKE 3 (abajo).
- **Figura 103.** Flujo residual (m/s) en Boca fiordo Reñihué obtenido a través de medición de ADCP remolcado (arriba) y a través de modelación hidrodinámica con MIKE 3 (abajo).
- **Figura 104**. Flujo residual (m/s) en Boca estero Palvitad obtenido a través de medición de ADCP remolcado (arriba) y a través de modelación hidrodinámica con MIKE 3 (abajo).
- **Figura 105.** Flujo residual (m/s) en golfo Corcovado obtenido a través de medición de ADCP remolcado (arriba) y a través de modelación hidrodinámica con MIKE 3 (abajo).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- **Figura 106.** Ubicación de los equipos instalados en la campaña Chonos otoño 2014 utilizados para validar el modelo regional Chiloé-Aysén.
- Figura 107. Comparación de las series de tiempo del nivel del mar del modelo 015 y las registradas por el mareógrafo en isla Kent.
- Figura 108. Comparación de las series de tiempo del nivel del mar del modelo 015 y las registradas por el mareógrafo en canal King.
- Figura 109. Comparación de las series de tiempo del nivel del mar del modelo 001 y las registradas por el mareógrafo en canal Moraleda.
- Figura 110. Comparación de las series de tiempo del nivel del mar del modelo 011 y las registradas por el mareógrafo en canal Moraleda.
- **Figura 111.** Comparación de las series de tiempo de la componente U de la velocidad de la corriente mareal (y sus residuales asociados) del modelo regional Chiloé-Aysén y las registradas por el ADCP en el canal King.
- **Figura 112.** Comparación de las series de tiempo de la componente V de la velocidad de la corriente mareal (y sus residuales asociados) del modelo regional Chiloé-Aysén y las registradas por el ADCP en el canal King.
- **Figura 113.** Comparación de las series de tiempo de la componente U de la velocidad de la corriente mareal (y sus residuales asociados) del modelo regional Chiloé-Aysén y las registradas por el ADCP en el canal Ninualac.
- **Figura 114.** Comparación de las series de tiempo de la componente V de la velocidad de la corriente mareal (y sus residuales asociados) del modelo regional Chiloé-Aysén y las registradas por el ADCP en el canal Ninualac.
- **Figura 115.** Comparación de las series de tiempo de la componente U de la velocidad de la corriente mareal (y sus residuales asociados) del modelo regional Chiloé-Aysén y las registradas por el ADCP en el canal Pérez Sur.
- **Figura 116.** Comparación de las series de tiempo de la componente V de la velocidad de la corriente mareal (y sus residuales asociados) del modelo regional Chiloé-Aysén y las registradas por el ADCP en el canal Pérez Sur.
- **Figura 117.** Comparación de las series de tiempo de la componente U de la velocidad de la corriente mareal (y sus residuales asociados) del modelo regional Chiloé-Aysén y las registradas por el ADCP en el canal Goñi.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Figura 118. Comparación de las series de tiempo de la componente V de la velocidad de la corriente mareal (y sus residuales asociados) del modelo regional Chiloé-Aysén y las registradas por el ADCP en el canal Goñi.
- Figura 119. Ubicación mediciones empleadas en la evaluación del modelo Chiloé-Aysén de invierno-primavera.
- Figura 120. Comparación de series de tiempo del nivel del mar en el canal Chacabuco.
- Figura 121. Comparación de series de tiempo del nivel del mar en la isla Colorada.
- Figura 122. Comparación de series de tiempo del nivel del mar en el islote Quetros.
- Figura 123. Comparación de series de tiempo del nivel del mar en Melinka.
- Figura 124. Comparación de series de tiempo del nivel del mar en el fiordo Comau.
- Figura 125. Comparación de series de tiempo del nivel del mar en el canal Chacao.
- **Figura 126.** Comparación de series de tiempo de correntometría euleriana en el canal Chacabuco a 5, 10, 20 y 40 metros de profundidad de la componente U de la velocidad. Flujo residual en trazo discontinuo y escala en eje izquierdo.
- **Figura 127.** Comparación de series de tiempo de correntometría euleriana en el canal Chacabuco a 5, 10, 20 y 40 metros de profundidad de la componente V de la velocidad. Flujo residual en trazo discontinuo y escala en eje izquierdo.
- Figura 128 Comparación de series de tiempo de correntometría euleriana en el canal Darwin a 5, 10, 20 y 30 metros de profundidad de la componente U de la velocidad. Flujo residual en trazo discontinuo y escala en eje izquierdo.
- **Figura 129.** Comparación de series de tiempo de correntometría euleriana en el canal Darwin a 5, 10, 20 y 30 metros de profundidad de la componente V de la velocidad. Flujo residual en trazo discontinuo y escala en eje izquierdo.
- **Figura 130.** Comparación de series de tiempo de correntometría euleriana en el paso Casma a 5, 10, 20 y 40 metros de profundidad de la componente U de la velocidad. Flujo residual en trazo discontinuo y escala en eje izquierdo.
- **Figura 131.** Comparación de series de tiempo de correntometría euleriana en el paso Casma a 5, 10, 20 y 40 metros de profundidad de la componente V de la velocidad. Flujo residual en trazo discontinuo y escala en eje izquierdo.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Figura 132. Evaluación del nivel del mar en el estero Gato utilizando el modelo GFS.
- Figura 133. Evaluación del nivel del mar en el estero Gato utilizando el modelo WRF.
- Figura 134. Evaluación del nivel del mar en Melinka utilizando el modelo GFS.
- Figura 135. Evaluación del nivel del mar en Melinka utilizando el modelo WRF.
- Figura 136. Evaluación del nivel del mar en isla Mercedes utilizando el modelo GFS.
- Figura 137. Evaluación del nivel del mar en isla Mercedes utilizando el modelo WRF.
- Figura 138. Evaluación de la componente U de la velocidad en el canal Moraleda entre los modelos GFS vs WRF.
- Figura 139. Evaluación de la componente V de la velocidad en el canal Moraleda entre los modelos GFS vs WRF.
- Figura 140. Evaluación de la componente U de la velocidad en el canal Puyuhuapi entre los modelos GFS vs WRF.
- Figura 141. Evaluación de la componente V de la velocidad en el canal Puyuhuapi entre los modelos GFS vs WRF.
- Figura 142. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14), el Modelo Regional de Magallanes 2012 (MRM12), y los valores observados en el Morla-Vicuña. Las correlaciones, RMSE y desviación medio (BIAS) que se presentan corresponden a la comparación del MRM14 vs lo observado.
- Figura 143. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14), el Modelo Regional de Magallanes 2012 (MRM12), y los valores observados en Caleta Meteoro. Las correlaciones, RMSE y desviación medio (BIAS) que se presentan corresponden a la comparación del MRM14 vs lo observado.
- **Figura 144.** Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14), el Modelo Regional de Magallanes 2012 (MRM12), y los valores observados en Puerto Edén. Las correlaciones, RMSE y desviación medio (BIAS) que se presentan corresponden a la comparación del MRM14 vs lo observado.
- Figura 145. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14) y los valores observados en Punta Arenas.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Figura 146. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14) y los valores observados en Puerto Deseado (Argentina).
- Figura 147. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14) y los valores observados en Seno Chasco.
- Figura 148. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14) y los valores observados en Bahía Escondida.
- Figura 149. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14) y los valores observados en Bahía Beaufort.
- Figura 150. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14) y los valores observados en la Isla Carlos III.
- Figura 151. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14) y los valores observados en el Estero Staples.
- Figura 152. Espectros de energía del nivel del mar en datos modelados (izquierda), calculados en Paso Froward, Morla Vicuña y en el océano pacifico, y de datos observados (derecha) en Bahía Escondida y Morla Vicuña, el punto del océano Pacifico corresponde a un modelo global de mareas.
- Figura 153. Series de tiempo de la componente U horaria (derecha), y residual de la corriente observada (negra) y modelada en ROMS (roja) en Canal Chacao a 5, 10, 20 y 40 metros.
- Figura 154. Series de tiempo de la componente V horaria (derecha), y residual de la corriente observada (negra) y modelada en ROMS (roja) en Canal Chacao a 5, 10, 20 y 40 metros.
- **Figura 155.** Espectros de energía de la componente U de las series observadas (izquierda) y modelada (derecha), de la corriente en Canal Chacao.
- **Figura 156**. Series de tiempo de la componente V horaria (derecha), y residual de la corriente observada (negra) y modelada en ROMS (roja) en Fiordo Comau a 5, 10, 20 y 40 metros.
- **Figura 157.** Espectros de energía de la componente U de las series observadas (izquierda) y modelada (derecha), de la corriente en Fiordo Comau.
- Figura 158. Marco conceptual para un sistema de información sobre el clima.

- Figura 159. Sistema oceanográfico operacional en el golfo de Finlandia.
- Figura 160. Modelo conceptual del sistema de predicción marina.
- Figura 161. Transecto con ADCP remolcado en el canal King mostrando la componente U de la velocidad residual.
- Figura 162. Velocidad residual de la componente U en un transecto del canal King extraído del modelo regional Chiloé-Aysén 018.
- Figura 163. NRMSE entre la medición y el modelo de la velocidad residual de la componente U en un transecto del canal King.
- Figura 164. Transecto con ADCP remolcado en el canal Moraleda mostrando la componente V de la velocidad residual.
- Figura 165. Velocidad residual de la componente V en un transecto del canal Moraleda extraído del modelo regional Chiloé-Aysén 018.
- Figura 166. NRMSE entre la medición y el modelo de la velocidad residual de la componente V en un transecto del canal Moraleda.
- Figura 167. Transecto con ADCP remolcado en el canal Bynon mostrando la componente U de la velocidad residual.
- Figura 168. Velocidad residual de la componente U en un transecto del canal Bynon extraído del modelo regional Chiloé-Aysén 018.
- **Figura 169.** NRMSE entre la medición y el modelo de la velocidad residual de la componente U en un transecto del canal Bynon.
- Figura 170. Transecto con ADCP remolcado en el canal Aysén mostrando la componente U de la velocidad residual.
- Figura 171. Velocidad residual de la componente U en un transecto del canal Aysén extraído del modelo regional invierno-primavera Chiloé-Aysén.
- Figura 172. Transecto con ADCP remolcado en el canal Darwin mostrando la componente U de la velocidad residual.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Figura 173. Velocidad residual de la componente U en un transecto del canal Darwin extraído del modelo regional invierno-primavera Chiloé-Aysén.
- Figura 174. Transecto con ADCP remolcado en el canal Costa mostrando la componente V de la velocidad residual.
- Figura 175. Velocidad residual de la componente V en un transecto del canal Costa extraído del modelo regional invierno-primavera Chiloé-Aysén.
- **Figura 176.** Comparativa de correntometría lagrangiana a 4 metros de profundidad en el canal King entre la observación con boyas derivadoras (azul) y el modelo regional Chiloé-Aysén 018 (rojo).
- **Figura 177.** Comparativa de correntometría lagrangiana a 8 metros de profundidad en el canal King entre la observación con boyas derivadoras (azul) y el modelo regional Chiloé-Aysén 018 (rojo).
- **Figura 178.** Comparativa de correntometría lagrangiana a 4 metros de profundidad en el canal Ciriaco entre la observación con boyas derivadoras (azul) y el modelo regional Chiloé-Aysén 018 (rojo).
- **Figura 179.** Comparativa de correntometría lagrangiana a 8 metros de profundidad en el canal Ciriaco entre la observación con boyas derivadoras (azul) y el modelo regional Chiloé-Aysén 018 (rojo).
- **Figura 180.** Comparativa de correntometría lagrangiana a 4 metros de profundidad en el canal Ninualac entre la observación con boyas derivadoras (azul) y el modelo regional Chiloé-Aysén 018 (rojo).
- Figura 181. Comparativa de correntometría lagrangiana a 8 metros de profundidad en el canal Ninualac entre la observación con boyas derivadoras (azul) y el modelo regional Chiloé-Aysén 018 (rojo).
- **Figura 182.** Comparativa de correntometría lagrangiana a 4 metros de profundidad en el canal Bynon entre la observación con boyas derivadoras (azul) y el modelo regional Chiloé-Aysén 018 (rojo).
- **Figura 183.** Comparativa de correntometría lagrangiana a 8 metros de profundidad en el canal Bynon entre la observación con boyas derivadoras (azul) y el modelo regional Chiloé-Aysén 018 (rojo).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- **Figura 184.** Serie de nivel del mar en canal Morla Vicuña observado (negro) y modelado (rojo) en escala horaria (arriba) y residual (abajo).
- Figura 185. Serie de nivel del mar en seno Obstrucción observado (negro) y modelado (rojo) en escala horaria (arriba) y residual (abajo).
- Figura 186. Series horarias (izquierda) y residuales (derecha) componente u_este-oeste, observada (negro) y modelada (rojo) en canal Morla Vicuña.
- Figura 187. Series horarias (izquierda) y residuales (derecha) componente u_este-oeste, observada (negro) y modelada (rojo en seno Poca Esperanza.
- Figura 188. Series horarias (izquierda) y residuales (derecha) componente v_norte-sur, observada (negro) y modelada (rojo) en seno Poca Esperanza
- Figura 189. Series horarias (izquierda) y residuales (derecha) componente u_este-oeste, observada (negro) y modelada (rojo) en Golfo Almirante Montt.
- **Figura 190.** Series horarias (izquierda) y residuales (derecha) componente v_norte-sur, observada (negro) y modelada (rojo) en Golfo Almirante Montt.
- Figura 191. Series del nivel del mar observadas y del modelo de alta resolución de Canal Cockburn, en Bahía Escondida, Seno Chasco e Isla Carlos III.
- Figura 192. Espectros de energía del nivel del mar en los puntos de control del modelo de alta resolución de Canal Cockburn.
- **Figura 193.** Series de tiempo de la componente U de la corriente en Seno Chasco a 4, 10, 20 y 40 metros de profundidad, para los datos observados, modelados y de viento, en los modelos Alta resolución Canal Cockburn.
- Figura 194. Espectros de energía de la componente U de la corriente en Seno Chasco, para datos del modelo de alta resolución de Canal Cockburn (izquierda) y observados (derecha).
- **Figura 195.** Series de tiempo de la componente U de la corriente en Seno Dyneley a 4, 10, 20 y 40 metros de profundidad, para los datos observados, modelados y de viento, en los modelos Alta resolución Canal Cockburn.
- **Figura 196.** Espectros de energía de la componente U de la corriente en Seno Dyneley, para datos del modelo de alta resolución de Canal Cockburn (izquierda) y observados (derecha).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- **Figura 197.** Series de tiempo de la componente V de la corriente en Canal Pedro a 4, 10, 20 y 40 metros de profundidad, para los datos observados, modelados y de viento, en los modelos Alta resolución Canal Cockburn.
- Figura 198. Espectros de energía de la componente V de la corriente en Canal Pedro, para datos del modelo de alta resolución de Canal Cockburn (izquierda) y observados (derecha).
- **Figura 199.** Series de tiempo de la componente V de la corriente en Seno Lyell a 4, 10, 20 y 40 metros de profundidad, para los datos observados, modelados y de viento, en los modelos Alta resolución Canal Cockburn.
- Figura 200. Espectros de energía de la componente V de la corriente en Seno Lyell, para datos del modelo de alta resolución de Canal Cockburn (izquierda) y observados (derecha).
- Figura 201. Transecto transversal de la componente V de la corriente en la boca del Seno Lyell, dentro del modelo de alta resolución de Canal Cockburn.
- Figura 202. Transecto transversal de la componente V de la corriente en la boca del Canal Pedro, dentro del modelo de alta resolución de Canal Cockburn.
- Figura 203. Transecto transversal de la componente V de la corriente en la boca del Seno brujo con batimetría replicada según transecto (arriba), y con batimetría idealizada (abajo) dentro del modelo de alta resolución de Canal Cockburn.
- Figura 204. Transecto transversal de la componente V de la corriente en la boca del Seno Dyneley, dentro del modelo de alta resolución de Canal Cockburn.
- Figura 205. Transecto transversal de la componente V de la corriente en la boca del Seno Bluff, dentro del modelo de alta resolución de Canal Cockburn.
- Figura 206. Transecto transversal de la componente U de la corriente en Canal Magdalena, dentro del modelo de alta resolución de Canal Cockburn.
- Figura 207. Trayectorias de derivadores y dispersión de partículas del modelo alta resolución de Cockburn, en Canal pedro y Seno Lyell.
- Figura 208. Trayectorias de derivadores y dispersión de partículas del modelo alta resolución de Cockburn, Seno Chasco, Seno Brujo y Seno Dyneley.
- Figura 209. Secciones del dominio del modelo de alta resolución de Cockburn.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Figura 210. Campo de flujo promedio en la sección A del dominio a 0(a), 50(b), 100(c) metros y al fondo (d).
- Figura 211. Campo de flujo promedio en la sección B del dominio a 0(a), 50(b), 100(c) metros y al fondo (d).
- Figura 212. Campo de flujo promedio en la sección C del dominio a 0(a), 50(b), 100(c) metros y al fondo (d).
- Figura 213. Campo de temperatura promedio en la sección C del dominio a 0(a), 50(b), 100(c) metros y al fondo (d).
- Figura 214. Campo de salinidad promedio en la sección C del dominio a 0(a), 50(b), 100(c) metros y al fondo (d).
- Figura 215. Campo de densidad promedio en la sección C del dominio a 0(a), 50(b), 100(c) metros y al fondo (d).
- Figura 216. Transecto longitudinal de temperatura promedio del modelo de alta resolución a través de Canal Cockburn.
- Figura 217. Transecto longitudinal de salinidad promedio del modelo de alta resolución a través de Canal Cockburn.
- Figura 218. Transecto longitudinal de densidad promedio del modelo de alta resolución a través de Canal Cockburn.
- Figura 219. a) transecto efectuado en canal Moraleda norte a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Moraleda durante la campaña de Chonos en primavera 2013.
- Figura 220. Distribución vertical de salinidad realizada en canal Moraleda norte durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).
- Figura 221. Distribución vertical de temperatura realizada en canal Moraleda norte durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Figura 222. Distribución vertical de oxígeno disuelto realizada en canal Moraleda norte durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).
- Figura 223. a) Transecto efectuado en canal Moraleda sur a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Moraleda durante la campaña de Chonos en primavera 2013.
- **Figura 224.** Distribución vertical de hidrografía realizada en canal Moraleda sur durante los transectos de ADCP remolcado. a) Salinidad, b) temperatura, c) oxígeno disuelto.
- Figura 225. a) Transecto efectuado en los canales Simpson y King a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal King. (c) flujo residual (componente V) en canal Simpson durante la campaña de Chonos en primavera 2013.
- Figura 226. Distribución vertical de salinidad realizada en los canales Simpson y King durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).
- Figura 227. a) transecto efectuado en canal King a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal Moraleda durante la campaña de Chonos en primavera 2013.
- **Figura 228**. Distribución vertical de salinidad realizada canal King durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).
- **Figura 229.** Distribución vertical de temperatura realizada en I canal King durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).
- Figura 230. a) transecto efectuado en los canales Memory-Bynon-Goñi a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Memory. (c) flujo residual (componente U) en los canales Bynon-Goñi durante la campaña de Chonos en primavera 2013.
- Figura 231. Distribución vertical de salinidad realizada en los canales Memory, Bynon y Goñi durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b)

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h); c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).

- Figura 232. a) Transecto efectuado en los canales Goñi y Ciriaco a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal Goñi. (c) flujo residual (componente V) en canal Ciriaco durante la campaña de Chonos en primavera 2013.
- **Figura 233.** Distribución vertical de salinidad realizada en los canales Goñi y Ciriaco durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).
- **Figura 234.** a) transecto efectuado en canal Ninualac a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal Ninualac durante la campaña de Chonos en primavera 2013.
- Figura 235. Distribución vertical de salinidad realizada en el canal Ninualac durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).
- **Figura 236.** Distribución vertical de temperatura realizada en el canal Ninualac durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).
- **Figura 237.** Distribución vertical de salinidad en las secciones construidas en canal King, Bynon y Ninualac, durante la campaña Chonos primavera.
- Figura 238. Distribución Horizontal de salinidad para estratos de 5, 25, 50 y 125 metros, durante la campaña Chonos primavera.
- **Figura 239.** Distribución vertical de temperatura en las secciones construidas en canal King, Bynon y Ninualac, durante la campaña Chonos primavera.
- **Figura 240.** Distribución Horizontal de temperatura para estratos de 5, 25, 50 y 125 metros, durante la campaña Chonos primavera.
- **Figura 241.** Distribución vertical de oxígeno disuelto en las secciones construidas en canal King, Bynon y Ninualac, durante la campaña Chonos primavera.
- Figura 242. Distribución Horizontal de oxígeno disuelto para estratos de 5, 25, 50 y 125 metros, durante la campaña Chonos primavera.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- **Figura 243.** a) transecto efectuado en canal Bynon a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal Bynon durante la campaña de Chonos en Otoño 2014.
- **Figura 244.** Distribución vertical de la salinidad, realizada en canal Bynon durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- **Figura 245.** Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal Bynon durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- Figura 246. a) transecto efectuado en canal Memory a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual
- **Figura 247.** Distribución vertical de la salinidad, realizada en canal Memory durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- **Figura 248.** Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal Memory durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- **Figura 249.** a) transecto efectuado en canales Goñi-Ciriaco a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal Goñi. (c) flujo residual (componente V) canal Ciriaco. Durante la campaña de Chonos en Otoño 2014.
- **Figura 250.** Distribución vertical de la salinidad, realizada en canal Ciriaco durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h).
- **Figura 251.** Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal Ciriaco durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h).
- **Figura 252.** a) transecto efectuado en canal Ninualac a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal Ninualac durante la campaña de Chonos en Otoño 2014.

- **Figura 253.** Distribución vertical de la salinidad, realizada en canal Ninualac durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h).
- **Figura 254**. Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal Ninualac durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h).
- Figura 255. a) transecto efectuado en canal Pérez Sur a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Perez Sur durante la campaña de Chonos en Otoño 2014.
- **Figura 256.** Distribución vertical de la salinidad, realizada en canal Perez Sur durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- **Figura 257.** Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal Perez Sur durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- **Figura 258.** Distribución vertical de la temperatura, realizada en canal Perez Sur durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- **Figura 259.** a) transecto efectuado en canal King a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal King durante la campaña de Chonos en Otoño 2014.
- **Figura 260.** Distribución vertical de la salinidad, realizada en canal King durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- **Figura 261.** Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal King durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- **Figura 262.** Distribución vertical de la temperatura, realizada en canal King durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Figura 263. a) transecto efectuado en canal Moraleda a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Moraleda durante la campaña de Chonos en Otoño 2014.
- **Figura 264.** Distribución vertical de la salinidad, realizada en canal Moraleda durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- **Figura 265.** Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal Moraleda durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- Figura 266. Distribución vertical de salinidad en las secciones construidas en canal King, Bynon y Ninualac, durante la campaña Chonos otoño.
- Figura 267. Distribución Horizontal de salinidad para estratos de 5, 25, 50 y 125 metros, durante la campaña Chonos otoño.
- Figura 268. Distribución vertical de temperatura en las secciones construidas en canal King, Bynon y Ninualac, durante la campaña Chonos otoño.
- Figura 269. Distribución Horizontal de temperatura para estratos de 5, 25, 50 y 125 metros, durante la campaña Chonos otoño.
- **Figura 270.** Distribución vertical de oxígeno disuelto en las secciones construidas en canal King, Bynon y Ninualac, durante la campaña Chonos otoño.
- Figura 271. Distribución Horizontal de salinidad para estratos de 5, 25, 50 y 125 metros, durante la campaña Chonos otoño.
- **Figura 272.** Distribución vertical de densidad en las secciones construidas en canal King, Bynon y Ninualac, durante la campaña Chonos otoño.
- **Figura 273.** Distribución Horizontal de densidad para estratos de 5, 25, 50 y 125 metros, durante la campaña Chonos otoño.
- Figura 274. (a) Transecto efectuado en Pedro a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Pedro durante la campaña de Cockburn en invierno 2013.
- Figura 275. (a) Transecto efectuado en Seno Lyell a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Seno Lyell durante la campaña de Cockburn en invierno 2013.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Figura 276. (a) Transecto efectuado en estero Staples a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal bahía Inman durante la campaña de Cockburn en invierno 2013.
- Figura 277. (a) Transecto efectuado en canal Magdalena a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Magdalena durante la campaña de Cockburn en invierno 2013.
- **Figura 278.** (a) Transecto efectuado en seno Bluff a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en seno Bluff durante la campaña de Cockburn en invierno 2013.
- **Figura 279.** (a) Transecto efectuado en seno Brujo a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en seno Brujo durante la campaña de Cockburn en invierno 2013.
- Figura 280. (a) Transecto efectuado en Seno Dyneley a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en Seno Dyneley durante la campaña de Cockburn en invierno 2013.
- **Figura 281.** Distribución vertical de salinidad en las secciones construidas en paso Forward, canal Magdalena y canal Cockburn, durante la campaña Cockburn invierno.
- Figura 282. Distribución Horizontal de salinidad para estratos de 5, 25, 75 y 175 metros, durante la campaña Cockburn invierno.
- **Figura 283**. Distribución vertical de temperatura en las secciones construidas en paso Froward, canal Magdalena y canal Cockburn, durante la campaña Cockburn invierno.
- **Figura 284.** Distribución Horizontal de temperatura para estratos de 5, 25, 75 y 175 metros, durante la campaña Cockburn invierno.
- **Figura 285.** Distribución vertical de oxígeno disuelto en las secciones construidas en paso Froward, canal Magdalena y canal Cockburn, durante la campaña Cockburn invierno.
- Figura 286. Distribución Horizontal de oxígeno disuelto para estratos de 5, 25, 75 y 175 metros, durante la campaña Cockburn invierno.
- Figura 287. a) Transecto efectuado en canal Pedro a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Pedro, durante la campaña de Cockburn en verano 2014.
- **Figura 288.** Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal Pedro durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

(track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).

- Figura 289. Distribución vertical de la frecuencia de Brunt-Vaisala, realizada en canal Pedro durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- Figura 290. a) Transecto efectuado en canal Seno Lyell a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en seno Lyell, durante la campaña de Cockburn en verano 2014.
- **Figura 291.** Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en seno Lyell durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- **Figura 292.** Distribución vertical de la frecuencia de Brunt-Vaisala, realizada en seno Lyell durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- Figura 293. a) Transecto efectuado en estero Staples a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en estero Staples, durante la campaña de Cockburn en verano 2014.
- **Figura 294.** Distribución vertical de la frecuencia de Brunt-Vaisala, realizada en estero Staples durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- Figura 295. a) Transecto efectuado en canal Magdalena a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal Magdalena a escala de +-10cm/s y (c) flujo residual (componente U) a escala de +-20cm/s, durante la campaña de Cockburn en verano 2014.
- Figura 296. Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal Magdalena durante ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h).
- **Figura 297.** Distribución vertical de la frecuencia de Brunt-Vaisala , realizada en canal Magdalena ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h).
- Figura 298. a) Transecto efectuado en canal Seno Bluff a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en seno Bluff, durante la campaña de Cockburn en verano 2014.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- **Figura 299.** Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en seno Bluff durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- **Figura 300.** Distribución vertical de la frecuencia de Brunt-Vaisala , realizada en seno Bluff durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- **Figura 301.** a) Transecto efectuado en Seno Brujo a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en seno Brujo, durante la campaña de Cockburn en verano 2014.
- Figura 302. Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en seno Brujo durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- **Figura 303.** Distribución vertical de la frecuencia de Brunt-Vaisala , realizada en seno Brujo durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- Figura 304. a) Transecto efectuado en canal Seno Dyneley a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en seno Dyneley, durante la campaña de Cockburn en verano 2014.
- **Figura 305.** Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en seno Dyneley durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- **Figura 306.** Distribución vertical de la frecuencia de Brunt-Vaisala, realizada en seno Dyneley durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).
- **Figura 307.** Distribución vertical de salinidad en las secciones construidas en paso Froward, canal Magdalena y canal Cockburn, durante la campaña Cockburn verano.
- **Figura 308.** Distribución Horizontal de salinidad para estratos de 5, 25, 75 y 120 metros, durante la campaña Cockburn verano.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- **Figura 309.** Distribución vertical de temperatura en las secciones construidas en paso Froward, canal Magdalena y canal Cockburn, durante la campaña Cockburn verano.
- Figura 310. Distribución Horizontal de temperatura para estratos de 5, 25, 75 y 120 metros, durante la campaña Cockburn verano.
- **Figura 311.** Distribución vertical de oxigeno disuelto en las secciones construidas en paso Froward, canal Magdalena y canal Cockburn, durante la campaña Cockburn verano.
- Figura 312. Distribución Horizontal de oxigeno disuelto para estratos de 5, 25, 75 y 120 metros, durante la campaña Cockburn verano.
- **Figura 313.** Distribución vertical de la densidad en las secciones construidas en paso Froward, canal Magdalena y canal Cockburn, durante la campaña Cockburn verano.
- **Figura 314.** Distribución Horizontal de la densidad para estratos de 5, 25, 75 y 120 metros, durante la campaña Cockburn verano.
- Figura 315. Flujos residuales de la componente U de la velocidad de la corriente y del viento en el canal King.
- Figura 316. Flujos residuales de la componente V de la velocidad de la corriente y del viento en el canal King.
- Figura 317. Vectores promedios de la velocidad de la corriente mareal en el canal King y magnitud en la componente V.
- Figura 318. Componentes U y V de la velocidad del viento de reanálisis tras ser aplicado un filtro de 60 horas.
- Figura 319. Transecto Norte-Sur en canal King mostrando distribución transversal de densidad.
- Figura 320. Flujos residuales de la componente U de la velocidad de la corriente y del viento en el canal Ninualac.
- **Figura 321.** Flujos residuales de la componente V de la velocidad de la corriente y del viento en el canal Ninualac.
- Figura 322. Transecto Norte-Sur en canal Bynon mostrando distribución transversal de densidad.

Figura 323. Transecto Norte-Sur en canal Bynon mostrando distribución transversal de salinidad.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



- **Figura 324.** Flujos residuales de la componente U de la velocidad de la corriente y del viento en el canal Pérez v Sur.
- **Figura 325.** Flujos residuales de la componente V de la velocidad de la corriente y del viento en el canal Pérez Sur.
- Figura 326. Flujos residuales de la componente U de la velocidad de la corriente y del viento en el canal Goñi.
- Figura 327. Flujos residuales de la componente V de la velocidad de la corriente y del viento en el canal Goñi.
- Figura 328. Transecto Norte-Sur en canal Moraleda mostrando distribución transversal de densidad.
- Figura 329. Vectores promedios de la velocidad de la corriente mareal en el canal King.

ÍNDICE TABLAS

- Tabla 1.
 Vértices de cada área de prospección.
- Tabla 2.
 Tabla resumen de la instalación de cada estación, con su respectiva posición geográfica.
- Tabla 3.Sector donde se realizaron los transectos con ADCP remolcado en la XI Región periodo
primavera (a) y otoño (b).
- Tabla 4.Sector donde se realizaron los transectos con ADCP remolcado en la XII Región en
invierno (a) y verano (b).
- Tabla 5.Posición geográfica de equipos instalados en campaña de invierno (a) y verano (b) en
canal Cockburn
- Tabla 6.Posición geográfica de equipos instalados en campaña de primavera (a) y otoño (b)
en archipiélago de Chonos.
- Tabla 7.
 Parámetros utilizados en las corridas 001 y 002.
- Tabla 8.Parámetros utilizados en las corridas 008 y 004.
- Tabla 9Parámetros utilizados en las corridas 005 y 009.
- Tabla 10.
 Evaluación estadística Modelo MIKE vs ADCP en Chacao-Golfo Ancud
- Tabla 11.
 Evaluación estadística Modelo MIKE vs ADCP residual en Chacao-Golfo Ancud
- Tabla 12.
 Evaluación estadística Modelo MIKE vs ADCP en Boca Comau
- Tabla 13.
 Evaluación estadística Modelo MIKE vs ADCP residual en Boca Comau
- Tabla 14.
 Posición y tiempo de registro de los equipos empleados en la validación de los modelos hidrodinámicos en la XI región, proyecto "Macrozonas".
- Tabla 15. Estadísticos de validación del nivel del mar, proyecto "Macrozonas"

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



- Tabla 16.Estadísticos de validación de correntometría en el canal Moraleda, proyecto"Macrozonas"
- Tabla 17.
 Estadísticos de validación de correntometría en la boca del canal Puyuhuapi, proyecto "Macrozonas"
- Tabla 18. Estadísticos de validación de correntometría en la isla Gusanos, proyecto "Macrozonas"
- Tabla 19.
 Estadísticos de validación de correntometría en la isla Mercedes, proyecto "Macrozonas"
- **Tabla 20.**Posición y tiempo de registro de los equipos empleados en la validación de los
resultados de los modelos hidrodinámicos de Chiloé-Aysén de verano-otoño.
- Tabla 21. Estadísticos de validación del nivel del mar en isla Kent
- Tabla 22.
 Estadísticos de validación del nivel del mar en canal King
- Tabla 23.
 Estadísticos de validación del nivel del mar en canal Moraleda.
- Tabla 24.
 Estadísticos de validación del nivel del mar en isla Teresa
- Tabla 25.
 Estadísticos de correntometría en canal King a 5 metros de profundidad
- Tabla 26.
 Estadísticos de validación de correntometría en canal King a 10 metros de profundidad.
- Tabla 27.
 Estadísticos de validación de correntometría en canal King a 20 metros de profundidad.
- Tabla 28.
 Estadísticos de validación de correntometría en canal King a 40 metros de profundidad.
- Tabla 29.
 Estadísticos de correntometría en canal Ninualac a 5 metros de profundidad
- Tabla 30.
 Estadísticos de validación de correntometría en canal Ninualac a 10 metros de profundidad
- Tabla 31.
 Estadísticos de validación de correntometría en canal Ninualac a 20 metros de profundidad.
- Tabla 32.
 Estadísticos de validación de correntometría en canal Pérez Sur a 40 metros de profundidad

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.
- Tabla 33.
 Estadísticos de correntometría en canal Goñi a 5 metros de profundidad.
- Tabla 34.
 Estadísticos de validación de correntometría en canal Goñi a 10 metros de profundidad.
- Tabla 35.
 Estadísticos de validación de correntometría en canal Goñi a 20 metros de profundidad.
- Tabla 36.
 Estadísticos de validación de correntometría en canal Goñi a 40 metros de profundidad.
- **Tabla 37.** Posición y tiempo de registro de los equipos empleados en la validación de los resultados de los modelos hidrodinámicos de Chiloé-Aysén de invierno-primavera.
- Tabla 38.
 Estadísticos de validación de la anomalía del nivel del mar del modelo hidrodinámico de Chiloé-Aysén de invierno-primavera.
- Tabla 39.
 Estadísticos de validación de correntometría euleriana en el canal Chacabuco del modelo hidrodinámico de Chiloé-Aysén de invierno-primavera.
- Tabla 40.
 Estadísticos de validación de correntometría euleriana en el canal Darwin del modelo hidrodinámico de Chiloé-Aysén de invierno-primavera.
- Tabla 41.
 Estadísticos de validación de correntometría euleriana en el paso Casma del modelo hidrodinámico de Chiloé-Aysén de invierno-primavera.
- Tabla 42.
 Estadísticos de evaluación del nivel del mar entre los modelos atmosféricos GFS vs

 WRF.
- Tabla 43.
 Estadísticos de evaluación de la componente U de la velocidad en el canal Moraleda entre los modelos atmosféricos GFS vs WRF.
- Tabla 44.
 Estadísticos de evaluación de la componente V de la velocidad en el canal Moraleda entre los modelos atmosféricos GFS vs WRF
- Tabla 45.
 Estadísticos de evaluación de la componente U de la velocidad en el canal Puyuhuapi entre los modelos atmosféricos GFS vs WRF
- Tabla 46.Estadísticos de evaluación de la componente V de la velocidad en el canal Puyuhuapi
entre los modelos atmosféricos GFS vs WRF
- Tabla 47.
 Posición de los Mareógrafos usados en la validación del MRM12 y MRM14.
- Tabla 48.Valores de correlación (% R²), Desviación Media (BIAS) y Error cuadrático medio
(RMSE) entre el Modelo Regional de Magallanes 2014 (MRM14) y valores observados

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

de mareógrafos instalados en la Región. Se presentan los valores obtenidos en 3 de estas estaciones para el modelo Regional de Magallanes 2012 (MRM12).

- Tabla 49.Valores De correlación y RMS normalizado entre las series observadas y modeladas en
ROMS, de la componte U y V de la corriente en Canal Chacao y Fiordo Comau.
- Tabla 50.
 Estadísticos de Evaluación de Series U/V Filtradas del modelo ROMS.
- Tabla 51.Posición y tiempo de registro de transectos de ADCP remolcado campaña "Chonos –
Otoño 2014".
- Tabla 52.Posición y tiempo de registro de transectos de ADCP remolcado campaña "Chonos –
Primavera 2011".
- Tabla 53. Posición y tiempo de liberación de derivadores en campaña "Chonos Otoño 2014".
- Tabla 54.Índice estadísticos correspondientes a los derivadores de canal King a 4 metros de
profundidad.
- Tabla 55.Índice estadísticos correspondientes a los derivadores de canal King a 8 metros de
profundidad.
- Tabla 56.
 Índice estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Ciriaco a 4 metros de profundidad.
- Tabla 57.Índice estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Ciriaco a 8 metros de
profundidad.
- Tabla 58. Índice estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Ninualac a 4 metros de profundidad.
- Tabla 59.
 Índice estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Ninualac a 8 metros de profundidad.
- Tabla 60.Índice estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Bynon a 4 metros de
profundidad.
- Tabla 61.
 Índice estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Bynon a 8 metros de profundidad.
- Tabla 62.
 Evaluación estadística Modelo MIKE vs Mareógrafo canal Morla-Vicuña

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Tabla 63. Evaluación estadística Modelo MIKE vs Mareógrafo seno Obstrucción
- Tabla 64. Evaluación estadística Modelo MIKE vs ADCP canal Morla-Vicuña
- Tabla 65. Estadística Modelo MIKE vs ADCP residual canal Morla-Vicuña
- Tabla 66.
 Evaluación estadística Modelo MIKE vs ADCP seno Poca Esperanza
- Tabla 67.
 Evaluación estadística Modelo MIKE vs ADCP residual seno Poca Esperanza
- Tabla 68.
 Evaluación estadística Modelo MIKE vs ADCP golfo Almirante Montt
- Tabla 69.
 Evaluación estadística Modelo MIKE vs ADCP residual golfo Almirante Montt.
- Tabla 70.
 Evaluación estadística de correntometría euleriana del modelo Cockburn Invierno.
- Tabla 71.
 Estadísticas de corrientes y nivel del mar entre valores observados y del modelo de Alta Resolución de Cockburn.



ÍNDICE ANEXOS

1 r	n۱	
11.	1))	2
~	~,	•

- Anexo I. Levantamiento Batimétrico, Caracterización Hidrográfica y Sedimentológica.
- Anexo II. Estadística de Corrientes y Mareas.
- Anexo III. Correntometría Lagrangiana.
- Anexo IV. Informes de Campañas.
- Anexo V. Evaluación del nivel del mar en modelo hidrodinámico MIKE 3 FM en el mar interior de Chiloé.
- Anexo VI. Modelación hidrodinámica en el mar interior de Chiloé.
- Anexo VII. Base de Datos. (CD)
- Anexo VIII. Evaluación modelo ROMS.
- **Anexo IX.** Dispersión de partículas modelo regional Chiloé-Aysén.
- Anexo X. Evaluación modelo hidrodinámico de alta resolución Cockburn Invierno.
- Anexo XI. Dispersión de partículas modelo regional Cockburn.
- Anexo XII. Implementación, evaluación del modelo atmosférico WRF para la zona Sur-Austral de Chile.
- Anexo XIII Modelos lagrangianos de transportes de partículas en golfo Almirante Montt

RESUMEN EJECUTIVO

En el mes de abril de 2014 se realizó la campaña de medición de parámetros batimétricos sedimentológicos e hidrográficos (CTDO) de 20 áreas para prospecciones de zonas aptas para la acuicultura. De los 20 sectores identificados, en 3 de ellos, no fue posible efectuar mediciones mediante ecosonda, fue el caso de los sectores 5, 7 y 8, las características expuestas de la zona donde se ubicaron las mediciones dificultaron la realización de las mediciones, básicamente por presentar condiciones climáticas adversa.

En la mayoría de las zonas se identificaron profundidades mayores a 100m, sobrepasando en algunos casos los 300m. Tal fue el caso de los sectores 1, 2, 4 y 6. Se observó que la batimetría tiende a aumentar desde la línea de costa. Sin embargo, resultados preliminares señalan que los relieves submarinos evidencia una topografía abrupta. La hidrografía registró una columna de agua estratificada en la mayoría de los sectores. La primera capa superficial (1-25), presentó características estuarinas: baja salinidad, mayor temperatura y elevadas concentraciones de oxígeno disuelto. Debajo de los 25m los parámetros se estabilizan registrando condiciones de características oceánicas y perfiles homogéneos con la profundidad. Es importante señalar que en todos los sectores se registró una columna de agua bien oxigenada, no fue registrado ningún perfil con condiciones de hipoxia.

Tanto para los sectores del Archipiélago de Chonos, región de Aysén como canal Cockburn en la región de Magallanes, se realizaron todas las campañas oceanográficas comprometidas, con mediciones de parámetros de corrientes, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nivel del mar y meteorología.

En general la circulación en el sector del archipiélago de Chonos presentó una configuración de la corriente relativamente similar en ambas estaciones del año, destacando en la mayoría de los casos flujos de 2 y tres capas, con una capa superficial de salida hacia el océano una segunda capa de entrada atribuida al efecto de la corriente de marea (entrando al archipiélago de Chonos y en algunos casos una tercera capa de agua profunda. Los resultados exhibieron una significativa influencia de la marea dentro de todos los canales donde también se observó una distorsión de la corriente ocasionada por la batimetría del sector. Los resultados obtenidos a través de los campos de hidrografía, dentro del archipiélago de Chonos, estarían reforzando el planteamiento de los flujos en capas, indicando flujos superficiales de salida menos salinos (≈31,5psu), con mayor temperatura (>10°C) y más oxigenado (>8mg/L), a través de los canales transversales. A su vez se observó un flujo entre 30-50m con ingreso de agua de características oceánicas por los mismos canales, esta agua oceánica sería de mayor salinidad (32psu), menor temperatura (<10°C) y menor concentración de oxigeno (<7,5°C).

El canal Moraleda presentó en ambas estaciones una capa superficial con una circulación en sentido norte y una capa profunda hacia el sur, destacando una mayor profundización de la capa superficial en el lado derecho de la dirección del flujo atribuible a la recepción de plumas de agua dulce derivadas del drenaje terrestre, como la descarga de agua dulce que provienen del fiordo Aysén, junto con otros fiordos. Los campos hidrográficos complementaron la conformación de capas, en canal Moraleda este patrón estuvo claramente definido, donde se observaron 2 estratos definidos. Un estrato superficial con un transporte de agua hacia el norte (flujo de salida), de agua de características estuarinas, menor salinidad, mayor temperatura y elevada concentración de oxígeno disuelto. El estrato más profundo, localizado debajo de 100m, correspondiente al flujo de entrada (dirección sur) presentó características oceánicas, aguas de mayor salinidad, menor temperatura y oxígeno disuelto.

En canal Cockburn los datos de Correntometría, obtenidos a través de ADCP anclado y remolcado, presentaron corrientes de baja influencia mareal y donde a pesar de identificar una circulación en capas, con una capa superficial de salida y una capa de entrada sub-superficial, la batimetría, configuración de la costa y los vientos parecen jugar un rol importante en la modulación de la corriente. Esta información también fue replicada parcialmente en los campos hidrográficos, donde puede observarse agua estuarina en superficie, sin embargo la columna de agua tendió a mostrarse homogénea principalmente en canal Cockburn y Magdalena, canales que se caracterizan con propiedades mayoritariamente oceánica (aguas océano Pacifico).

Se construyeron condiciones iniciales de temperatura y salinidad para el dominio del mar de Chiloé basado en datos de CIMAR FIORDOS 10, que es la campaña que incluye CTDO más densa en la zona del mar de Chiloé, sin bien es cierto, espacialmente cubren una buena porción del dominio, la parte de la columna más superficial se encuentra con una mucho menor densidad de datos, gran parte se encuentran bajo los 5 m de profundidad.

Se realizaron pruebas se sensibilidad a distintos parámetros dentro del modelo, tales como, técnica matemática de solución de ecuaciones, resistencia de fondo, viento, modelos de turbulencia y condiciones iniciales. Estas pruebas fueron comparadas con mediciones de adcp anclado y remolcado en 2 puntos, la boca de fiordo Comau (sistema de fiordos) y la conexión del canal Chacao con el golfo de Ancud (sistema de canales). Los resultados muestran que la técnica de solución matemática de alto orden obtiene resultados ostensiblemente de mayor calidad, pero con un tiempo de cómputo superior 3 a 4 veces a la solución matemática de bajo orden. Las pruebas realizadas con resistencia de fondo y modelos de turbulencia tuvieron efectos marginales de dentro de las simulaciones en estas zonas, sin embargo, en el caso de los modelos de turbulencia, la cantidad de parámetros dentro de cada uno de estos modelos no fue modificada, sino más bien, solo se evaluaba el tipo de modelo de turbulencia (LOG LAW o K-Epsilon) con sus valores por defecto.

El modelo logra con buen acuerdo en la estructura de corrientes tanto horarias como residuales en la boca del fiordo Comau y en golfo de Ancud cercano a Chacao. Los mayores desacuerdos se encontraron en la capa superficial evidentemente influenciada por la acción del viento en ambos

sectores y que el modelo atmosférico (GFS) utilizado para forzar la modelación hidrodinámica no estaría replicado de forma precisa. El modelo hidrodinámico del mar de Chiloé, también fue evaluado en otros 5 lugares y épocas, concretamente en el margen occidental de la isla de Chiloé mostrando resultados que en general están correlacionados sobre 80% en la escala mareal.

En el archipiélago de Chonos los resultados de validación del modelo regional de alta resolución de MIKE3 son por lo general satisfactorios, en parte debido al carácter predominantemente mareal de la hidrodinámica y la relativa facilidad por parte de sencillos modelos barotrópicos de simular tal señal. Sin embargo los transportes netos, efecto de los flujos residuales producidos por los forzantes, no son de tan alta calidad pues a la fecha estos mismos forzantes (viento y agua dulce) son de una resolución espacial y temporal tal que no dan cuenta adecuadamente de la variabilidad espacial y temporal que se da en un área tan compleja como son los canales, islas y fiordos de la XI región. Respecto de las estructuras verticales la demanda de modelos baroclínicos introduce mayores incertidumbres sobre el modelo pues la cuantificación del ingreso de agua dulce al sistema por parte de los ríos y glaciares mediante modelos hidrológicos es aún una materia pendiente e imprescindible en el mantenimiento de flujos estratificados típicos de ambientes estuarinos y de fiordos como los de la XI región. Aun así las principales estructuras, como son las estructuras verticales de flujos opuestos de 2 y 3 capas y flujos geostróficos, han sido replicadas por parte del modelo allí donde se han validado los resultados frente a mediciones de ADCP remolcado.

La implementación de modelos hidrodinámicos en la región de Magallanes, expuso las dificultades que representa realizar simulaciones numéricas en la zona. La gran extensión geográfica, la complicada configuración topográfica, la falta de estudios, de sondas batimétricas y de datos, especialmente en la cuantificación de las entradas de agua dulce al sistema, resultan en severas limitantes para la caracterización hidrodinámica de la zona. Sin embargo los modelos implementados pudieron responder apropiadamente como es la propagación de la onda de marea en la región, y de manera parcial, como es la circulación a gran y mediana escala en la zona del Canal Cockburn, siendo en términos general relativamente consistente con lo observado.

En general, el modelo barotrópico pudo replicar la marea en los canales principales de la Región de manera confiable, disminuyendo su calidad en los cuerpos de agua interiores (e.g Golfo Almirante Montt, Skyring, etc.). Por su parte, el modelo de alta resolución mostró la importancia del viento en la capa superficial del canal Cockburn, el cual rompe la estratificación e impulsa un flujo residual neto hacia el Estrecho de Magallanes (al menos en verano), siendo contrarrestado por un contraflujo hacia el océano Pacifico. En los fiordos estudiados, generalmente el modelo presentó concordancia con las estructuras espaciales de los residuales, y cierta coherencia con las magnitudes observadas, replicando estructuras de 2 o tres capas según fue el caso, sin embargo en la dispersión de partículas el modelo no obtuvo la precisión esperada. Por lo tanto no se debe evaluar este modelo por su precisión, ya que carece de ella, el enfoque estuvo puesto en buscar que el modelo sea capaz de resolver los rasgos generales presentes en la zona, lo cual el modelo cumplió de manera suficiente.

El modelo hidrodinámico implementado en golfo Almirante Montt tiene una muy buena representación en la zona exterior de este sistema (canal Morla Vicuña) replicando tanto en la escala horaria como residual los patrones generales existentes en esta zona, pero tiene a perder precisión en la zona interior del golfo, esta zona presentó un alta variabilidad asociado a la acción del viento que no pudo ser resuelta en los acotados experimentos que se pudo implementar. Las condiciones iniciales del campo de masa no pudieron establecerse completamente a no contar con mediciones de amplia cubertura en la zona y durante una misma campaña. Sin embargo, los resultados son provechos en cuanto a que permiten una estrategia para abordar las problemáticas que no han sido resueltas, entre las que cuentan: la cuantificación de los flujos de agua dulce de este sistema, representación de patrones de viento y presión atmosférica.

Para la implementación de los modelos WRF y ROMS se buscó la colaboración de expertos nacionales en el desarrollo de estas temáticas. De esta manera el desarrollo del modelo WRF estuvo a cargo del Departamento de Meteorología de la Universidad de Valparaíso, mientras que ROMS fue realizado en colaboración con Académicos de la Universidad de Concepción y la Universidad de los Lagos a través de la consultora OASC. El modelo regional implementado con ROMS para la macro región Reloncaví-Chiloé-Palena-Aysén presentó un ajuste parcial con respecto a lo observado, mientras en canal Chacao fue capaz de reproducir oscilaciones de alta frecuencia, no fue capaz de determinar con certeza la estructura de los flujos residuales, mientras que en el otro punto analizado, fiordo Comau, el modelo fue un tanto impreciso en las altas frecuencias, especialmente en la capa somera, si fue capaz de replicar la estructura temporal y vertical de los residuales, siendo capaz de reproducir los procesos de baja frecuencia presentes en la zona, posiblemente debido a su cercanía al Golfo de Ancud, cuyas características son de mayor escala, y no responden necesariamente a la circulación estuarina presente en el fiordo Comau.

El presente informe muestra el desarrollo de un marco conceptual para el desarrollo de la oceanografía operacional en la zona Sur-Austral de Chile. Entendiendo esto como información, ya sea través de observaciones o modelos numéricos, del estado del océano en tiempo real para la toma de decisiones respecto de contingencias ambientales o sanitarias que puedan ocurrir. Este marco conceptual consiste en una serie de módulos que deben desarrollarse a largo plazo. Estos módulos incluyen: Sistema de monitoreo, sistema de control y asimilación de datos, modelo atmosférico, submodelo de agua dulce, modelo hidrodinámico y plataforma de visualización de datos. Existen escasa información relativa a observaciones oceanográficas en la zona Sur-Austral de Chile en tiempo real o generación de series de datos extensas en el tiempo, eso supone limitaciones importantes en cuanto a montar un sistema de asimilación de datos (tiempo real,. De forma gruesa se puede indicar que por cada región existe uno o dos puntos geográficos con información en tiempo real (o cercano a tiempo real), lo que se considera insuficiente dada la enorme variabilidad del sistema de fiordos y canales. Se considera que un mejor uso de estos datos estaría dado, por ejemplo, para mantenerlos como puntos de validación del modelo hidrodinámico.

Se propone un sistema de monitoreo y pronósticos para el golfo Almirante Montt, región de Magallanes basada en observaciones oceanográficas (salinidad, temperatura, oxigeno, etc.) en tiempo real, acopladas a un modelo hidrodinámico y con un sistema de información geográfico capaz de alertar de posibles eventos que sean riesgosos para el ecosistema. Este sistema de alerta sería un importante aporte para detectar posibles efectos ambientales, dado que el sistema semicerrado del golfo Almirante Montt tiene una reducida ventilación con respecto al sistema externo de mayor influencia oceánica lo que lo hace más frágil del punto de vista ambiental.

Durante marzo de 2014 tuvo lugar la implementación y capacitación de MIKE Customised Dashboard Manager IMS en las oficinas de SubPesca en Valparaíso. Por su parte DHI cumplió con la instalación del software MIKE Customised bajo los requerimientos de SubPesca. En referencia a la ejecución de la capacitación, se estima que esta estuvo limitada por los conocimientos previos de este tipo de plataformas, las cuales no cuentan con manuales detallados para su ejecución. Finalmente con las simulaciones hidrodinámicas entregadas por IFOP, Subpesca logró implementar un sistema que permita realizar simulaciones de dispersión de partículas desde una plataforma implementada para tal motivo y con licencia propia del software. Por lo que se considera a este objetivo como cumplido.



SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



1. ANTECEDENTES

El área de estudio está inserta en el sector septentrional de la zona de fiordos y canales del sur de Chile, considerada esta última, como una de las más extensas del planeta y conformando una de las mayores zonas estuarinas del mundo (Cameron & Pritchard, 1963). En general estas zonas estuarinas son altamente productivas (Wolff, 1980), presentando característica topográficas que conforman áreas protegidas de las condiciones meteorológicas.

La presencia de profundos canales y fiordos que comunican numerosos cuerpos de agua genera la existencia de complicados patrones de circulación, los cuales son un resultado de la influencias de forzantes meteorológicos y oceanográficos, los cuales son a su vez consecuencia de la influencia regional de fenómenos de mayor escala, derivados de la interacción océano atmósfera del Océano Pacifico y Atlántico y el gran sistema estuarino continental. Estos sistemas oceánicos introducen energía a la zona estuarina mediante la llegada de ciclones extratropicales que generan la presencia de fuertes vientos oceánicos, junto a la formación de sistemas frontales que continuamente generan uno de los ambientes de mayor pluviosidad en el planeta. Asimismo, la penetración de energía hacia aguas interiores, proveniente de la propagación de ondas de marea hacia la zona estuarina, generan la existencia de diversas estructuras hidráulicas, que en fiordos y canales, determinan patrones de transporte de agua complejos de caracterizar.

Desde el punto de vista geográfico, se observa como uno de los detalles característicos la presencia de constricciones batimétricas que, si bien no actúan como limites absolutos para la circulación entre cuencas, si determinan la existencia de singularidades en el intercambio de agua entre éstas, las cuales se expresan como por ejemplo, en la presencia de flujos contrarios en dos o más capas, haciendo necesario la descripción de éstas como parte de la estimación de parámetros relevantes, tales como el tiempo de residencia de una cuenca.

Como parte de los proyectos de *Convenio de desempeño "Asesoría integral para la toma de decisiones en Pesca y Acuicultura"* (entre la Subsecretaría de Economía e IFOP), ASIPA 2011/2012/2013, se comenzó el desarrollo de modelos numéricos hidrodinámicos que fuesen capaces de disminuir la incertidumbre reinante que existe en la zona sur austral de Chile (X a XII Regiones) respecto a la propagación de patógenos y plagas entre los centros de cultivo de salmónidos. A través de estos modelos y con el objeto de estimar la capacidad de transporte de partículas pasivas (o patógenas), se han realizado una serie de simulaciones de dispersión de partículas acopladas a modelos hidrodinámicos previamente desarrollados.

El modelo implementado por IFOP en proyectos anteriores es MIKE 3 HD FM; éste es un sistema de modelamiento en 3 dimensiones que considera la solución numérica de las ecuaciones tridimensionales incompresibles de Navier-Stokes utilizando el enfoque de Reynolds, los supuestos de Boussinesq y de presión hidrostática, por lo que el modelo consiste en las ecuaciones de conservación de masa y momentum, temperatura, salinidad y densidad considerando un esquema

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

turbulento de cierre. Como algoritmo de solución discreta de las ecuaciones indicadas, el modelo utiliza el método de volúmenes finitos centrados en cada celda. La estructura de discretización en una malla irregular permite un buen ajuste al borde costero, por lo que se considera que este tipo de solución es la adecuada para zonas de topografía compleja. En la vertical utiliza coordenadas sigma que pueden ser combinadas con una estructuración rectangular. Para la integración temporal, se utiliza un enfoque semi-implícito donde los términos horizontales son tratados explícitamente y los verticales de manera implícita. Este modelo ha sido ampliamente utilizado para reproducir distintos procesos en distintos escenarios en sectores costeros, oceánicos, canales, estuarios y lagos (Tehepikova & Chuvarenko, 2001). Fue desarrollado por DHI (Instituto de Hidráulica y Medio Ambiente Danés (www.dhigroup.com/).

De estos modelos desarrollados por IFOP, a la fecha se han implementados 2 modelos hidrodinámicos regionales de gran escala, uno en las regiones X y XI (entre el seno Reloncaví y península Taitao) (Figura 1) y otro en la XII región (Desde Golfo de Penas a Tierra del Fuego) (Figura 2). Los dominios de estos modelos poseen una resolución promedio cercana a 20km cerca de los bordes en océano abierto, zona donde no interesa el detalle del cálculo y se ahorra el gasto de cómputo. Esta resolución aumenta a ~1.5km en zonas internas y canales, lugar donde la batimetría y la configuración de la línea de costa juegan un rol más protagónico en la dispersión de ondas y fluctuaciones barotrópicas. Esto último hace sustancial poseer datos confiables de la batimetría para las zonas de alta complejidad, y así lograr generar modelos de elevación digital capaces de representar lo más fielmente posible el sistema. En este punto se ha trabajado mayormente con batimetrías SHOA y pequeños trabajos de origen académico y privados, que han ayudado a extender la cobertura de los modelos de elevación digital (DEM). Datos de viento obtenidos de modelos atmosféricos globales GFS y de mesoescala (WRF) han sido utilizados para generar campos de vientos para los distintos escenarios simulados, mientras que datos de mareógrafos y modelos globales de nivel del mar se han usado para generar las mareas en los bordes. A su vez, datos de aportes fluviales de distintas fuentes han sido integrados como fuentes de agua dulce al modelo, reproduciendo flujos de alta boyantes, característicos de la zona de canales. Sin embargo, aún queda pendiente una mejor estimación del aporte real de los deshielos.

De esta forma se logró obtener simulaciones de patrones de circulación de gran escala entre la X y XI Región forzados principalmente por el viento, la marea y los aportes fluviales de agua dulce. Estos modelos han sido validados por controles de calidad, índices estadísticos (*e.g* RMSE, BIAS) y por mediciones en terreno de parámetros hidrográficos (temperatura, salinidad), corrientes, mareas, aporte fluvial y de viento. Estas mediciones han sido realizadas en distintas campañas oceanográficas, orientadas a la obtención de datos de carácter estacional, de modo de poder configurar modelos bajo distintos escenarios, en los cuales el viento, la marea y aportes fluviales (o deshielos directamente) presentan distinto grado de influencia en el campo de corrientes.

Los resultados del modelo de gran escala para las regiones X y XI, presentaron mejores correlaciones en zonas donde la circulación es dominada por la señal de marea, o sea en sectores insulares (Archipiélago de Chiloé y Archipiélago de Chonos), mientras que estas disminuyen en

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

sectores continentales (sistema de fiordos). A través de este modelo hidrodinámico, se acopló un modelo de dispersión, donde las características de las partículas fueron asimiladas a las propiedades físicas del virus ISA. Estos resultados hicieron posible zonificar en macrozonas las regiones de estudio en función de la capacidad de trasporte de partículas de virus ISA, tomando en cuenta las características de cada sistema. El resultado fue la creación de 4 macrozonas en la X Región y 5 en la XI Región.

Por su parte, el modelo regional realizado en la XII Región, debido a su gran tamaño, mayor complejidad topográfica y canales de mayor profundidad y por lo tanto, un mayor costo computacional que significa realizar un modelo de tales dimensiones, se realizó acotado a un modelo 2D, esto es con un solo nivel vertical. De manera similar al modelo regional de las X y XI Regiones, la evaluación del modelo da cuenta que a medida que la onda de marea ingresa a zonas interiores, esta va perdiendo calidad en el modelo en cuanto a su propagación, sin embargo fueron suficientemente confiables como para ser usado para alimentar modelos de alta resolución dentro de este dominio. En particular este modelo regional fue utilizado para generar las condiciones iniciales y de borde de dos modelos de alta resolución dentro de este.

En general, la evaluación de este modelo presentó enormes complejidades y limitaciones, uno de estos aspectos se refiere a la calidad de los datos batimétricos. La escasa disponibilidad de datos de alta resolución tiende a mermar los efectos reales de batimetría sobre las corrientes, siendo representada con un alto grado de error por los modelos. Otra limitación importante sucede con la cuantificación de los flujos de agua dulce, debido a que actualmente la única información en la región de Magallanes disponible y de utilidad es operada por la Dirección General de Aguas (DGA), solamente con una estación en el rio Serrano, mientras que para el resto de fuentes cuantificadas solo existen algunos archivos históricos, con poca continuidad.



2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Extender la cobertura y resolución de la información oceanográfica disponible en la XII región mediante la aplicación de técnicas de modelación de alta resolución, prospección de zonas de desarrollo acuicultor y la aplicación de estudios de reanálisis de los modelos implementados actualmente, perfeccionando los resultados obtenidos, su confiabilidad y precisión.

2.2. Objetivos específicos

- 2.2.1 Prospección de Nuevas Áreas: Efectuar prospección en un total de 20 áreas predefinidas, modificando la ubicación de las mismas en caso de que las condiciones de terreno lo hagan necesario, haciendo levantamiento de información ambiental, compilar la batimetría disponible generando un modelo digital de elevación (DEM), levantar información hidrográfica (salinidad, temperatura oxígeno) y caracterización sedimentológica. Sumado a esto se debe realizar levantamiento batimétrico exploratorio de acuerdo a norma SHOA 3105.
- **2.2.2** Modelación de condiciones oceanográficas y patrones de circulación: Se debe realizar un análisis retrospectivo de los resultados obtenidos por el modelo hidrodinámico MIKE 3 en términos de la calidad de información obtenida y efectividad de los modelos aplicados hasta la fecha.
- **2.2.3** Implementar modelo ROMS en escala regional X a XII Región y evaluación respecto de modelaciones de proyectos anteriores, utilizando la información obtenida hasta la fecha en términos de datos ambientales y oceanográficos.
- **2.2.4** Evaluación de una plataforma pre-operacional para XII Región en sectores de alta resolución seleccionados, prueba piloto pronósticos a 24 horas para Golfo Almte. Montt.
- **2.2.5** Validación modelo atmosférico WRF X-XI Región e implementación en XII, densificando la disponibilidad de mediciones de mayor calidad que las actuales a fin de establecer una mejor utilización de esta herramienta como fuente de información atmosférica para las áreas indicadas.
- 2.2.6 Implementar modelos de alta resolución en los siguientes sectores: Estrecho de Magallanes a Tierra del fuego (Canal Cockburn) incluyendo los sectores aledaños a Isla Clarence. Sector centro norte de la XI región, Archipiélago de los Chonos Canal Moraleda. Extender la zona de alta resolución de Golfo Almirante Montt a fin de cubrir aquellas zonas bajo prospección determinadas en el grupo de objetivos específicos (1).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

2.2.7 Compra e instalación, con fondos del proyecto, de 01 licencia de software Mike Customized para su uso en la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, incluyendo en dicha instalación la capacitación de personal de la Subsecretaría de Pesca. Dicha capacitación deberá estar dividida en una primera etapa dirigida al uso de los resultados de MIKE generada hasta la fecha, debiendo en una segunda fase en un plazo no superior a 3 meses, realizarse una segunda capacitación la cual deberá ser dictada por especialistas de DHI en el uso y aplicación de Mike Customised a problemas medioambientales y de acuicultura utilizando los resultados generados por los modelos desarrollados por IFOP en la X, XI y XII Regiones.



3. METODOLOGÍA

3.1 Objetivo específico 2.2.1: Prospección de Nuevas Áreas: Efectuar prospección en un total de 20 áreas predefinidas, modificando la ubicación de las mismas en caso de que las condiciones de terreno lo hagan necesario, haciendo levantamiento de información ambiental, compilar la batimetría disponible generando un modelo digital de elevación (DEM), levantar información hidrográfica (salinidad, temperatura oxígeno) y caracterización sedimentológica. Sumado a esto se debe realizar levantamiento batimétrico exploratorio de acuerdo a norma SHOA 3105.

Las posiciones finales de los 20 sitios de prospección fueron determinadas en reunión entre IFOP y Subpesca (ver detalle en capitulo: Gestión de proyecto) para el 9 de octubre de 2013. Los puntos determinados de cada sitio se muestran en la **Figura 3**, y los vértices de cada área en la **Tabla 1**. La totalidad de los 20 sitios están ubicados en los alrededores de islas Rennell, al oeste del Puerto Natales.

Cabe señalar que debido al retraso en la obtención de los puntos por parte de Subpesca se debió planificar la campaña de prospección para el mes de abril de 2014, debido a compromisos contractuales con las embarcaciones que no permitieron un ajuste adecuado de todos los compromisos.

3.1.1 Levantamiento de la información

Se recopiló información relativa a estudios de carácter oceanográfico en los sectores de interés. Las fuentes de información batimétricas fueron recopiladas desde el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) y complementadas con datos GEBCO (General Bathymetric Chart of Ocean). Información hidrográfica fue recopilada de los cruceros CIMAR-FIORDOS y anteriores mediciones realizadas por IFOP en zonas aledañas del presente estudio. Las bases de datos son entregadas como archivo de texto plano (tabuladas, separadas por espacio y utilizando puntos). Cada archivo de texto posee un encabezado, donde se indica el origen de la fuente de datos, el lugar donde fueron tomados los datos, el instrumento utilizado y la posición geográfica del instrumento y/o datos. Para el caso de las bases de datos de CTDO, estos fueron construidos utilizando un formato estándar adecuado al software Ocean Data View (ODV), ODV es un software para la exploración interactiva y la visualización de datos oceanográficos y otras características georreferenciadas, como ARGO, WOCE (World Ocean Circulation Experiment), World Ocean Database Project, SeaDataNet, World Ocean Atlas, and Medar/Medatlas projects. Estos datos son entregados en un dispositivo de almacenamiento digital (DVD) anexo a este informe.

3.1.2 Modelo Digital de Elevación (DEM)

Con la información batimétrica recopilada se desarrolló un Modelo Digital de Elevaciones (DEM) para representar el relieve submarino de los sectores de estudio, para ello fueron digitalizados los sondajes provenientes de las cartas SHOA complementando con información GEBCO. Se utilizó información batimétrica de las siguientes cartas náuticas: 10500, 10700, 10722. El modelo se construyó a través del software Mesh Generator de MIKEZERO, el cual, permitió la interpolación de los datos batimétricos y representación gráfica del relieve submarino. La interpolación de la batimetría se realizó mediante una técnica de interpolación triangular usando para ello el método de vecino natural a través del polígono de Thiessen. Cabe señalar que la zona alrededor de islas Rennell carece de información suficiente de sondas batimétricas del SHOA, a pesar que GEBCO cubre de buena forma aquella zona, los datos incluidos tienen un evidente error, como considerar, por ejemplo, a canales profundos como el Smyth, profundidades menores a 10m. Por esta razón, se decidió descartar la información de GEBCO para esta zona. Para complementar la información, sobre todo de sectores más costeros, se asumió como valor de profundidad 0 m a la línea de costa, para de esta manera poder generar pendientes más próximas a la realidad.

Campaña de medición

Las mediciones de terreno para realizar el levantamiento batimétrico, fueron realizadas en abril de 2014. Estas actividades consistieron en el registro de sondas batimétricas, caracterización hidrográfica (temperatura, salinidad y oxígeno disuelto) y del tipo de sustrato. Del total de 20 zonas a prospectar (**Figura 3**) solo fue posible ejecutar 17 de ellas, ya que las otras 3 faltantes (zona 5, 7 y 8) no fueron desarrolladas producto de factores climáticos adversos. Las bases de datos de batimetría son adjuntadas en el ANEXO VII, como datos brutos e interpolados.

3.1.3 Toma de muestra y procesamiento sedimentológico

a) Muestreo en terreno

Para este estudio se tomaron muestras directamente mediante dragas. El diseño de muestreo para esta variable se realizó de acuerdo a lo que establece la resolución 3612 (Subsecretaría de Pesca¹) para la elaboración del plano de sustrato, se tomó una muestra (200 gramos) en cada vértice del sector solicitado, con estaciones distribuidas uniformemente en el interior del área. Cada área monitoreada posee una superficie de aproximadamente 15 hectáreas, o 150.000 metros cuadrados. De esta manera se cubrió la variabilidad longitudinal y transversal de los sitios seleccionados (**Figura 4**). Con estos muestreos se determinó, en primera instancia, presencia de fondo duro o blando, información que fue utilizada para crear un plano de sustrato. Cada muestra recogida con draga fue congelada y guardada para su posterior análisis sedimentológico en laboratorio.

¹ http://www.subpesca.cl/normativa/605/w3-article-10517.html

b) Análisis de muestras

Se pesaron 100 gramos de sedimento húmedo, registrando este valor como peso húmedo (sedimento), luego se dejó reposar por un periodo de 30 minutos en 100 ml. de solución de hexametafosfato de sodio 0,2 Normal. Transcurrido ese tiempo se procedió a lavar el sedimento sobre un tamiz fino (0.063 mm), eliminando fracciones de limos y arcilla junto con el agua de lavado, lo que se cuantificará por diferencia de peso como la porción de fango.

El sedimento retenido se trasvasijó a un pocillo de aluminio y se seca en estufa a 100°C entre 28 a 48 horas, dependiendo del tipo de sedimento. Una vez que seco, se colocaron las muestras en desecador por a lo menos 1 hora, para luego ser pesadas, obteniendo el peso pre-tamiz.

c) Tamizado en seco

Una vez obtenido el peso final constante del sedimento seco (Peso Pre-tamiz), se pasaron las muestras a través de un tamizador Retsh As 200 con agitación magnética durante 15 minutos, utilizando tamices de 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 y 0.063 mm.

Posteriormente, se pesaron las muestras retenidas de cada uno de los tamices utilizados, lo que servirá como base de cálculo para los porcentajes de las distintas fracciones sedimentarias. El peso del fango se calculó por la diferencia entre el peso de la muestra original (100 g) y la sumatoria de los pesos registrados en cada tamiz.

d) Cálculo de humedad

Para realizar los cálculos de las fracciones sedimentarias, se calculó el peso de sedimento seco, lo que se obtuvo conociendo los valores de la humedad de la muestra de sedimento de acuerdo a los siguientes pasos:

- De la muestra anteriormente homogeneizada, se pesaron 30 gramos de sedimento, registrando éste peso como (Peso Húmedo (humedad), luego se secó en estufa entre 100 a 105 °C por un periodo entre 24 a 48 horas.
- Transcurrido el tiempo la muestra se retiró de la estufa y se colocó en desecador. Se registró el peso del sedimento como peso seco. Para calcular la materia seca en la muestra húmeda utilizada en el ensayo de granulometría se utilizó la siguiente fórmula:

Peso seco (sedimento) =Peso húmedo (sedimento) * <u>Peso seco (humedad) - b</u> Peso húmedo (humedad)

Donde "**b**" corresponde a la corrección por la salinidad del agua de mar contenida en los espacios intersticiales del sedimento.

b = Peso húmedo (sedimento) * <u>Peso agua evaporada (humedad)</u> * **c** Peso húmedo (humedad) Donde "**c**" equivale a: 0,034 entre la I Región y la V Región. 0,033 entre la VI Región y la X Región (Océano Pacífico). 0,032 entre la X Región y la XII Región (Mar Interior).

e) Análisis de datos

Con los pesos corregidos obtenidos en cada tamiz se calculó el porcentaje, con dos decimales, de cada fracción sedimentaria, de acuerdo a la escala de Wentworth, para cada una de las muestras. Con los resultados obtenidos se calcularon las siguientes variables sedimentológicas: diámetro medio de grano, grado de selección, clasificación, curtosis y asimetría.

Para la elaboración de las cartas sedimentológicas, se utilizó el método de los polígonos de Thiessen, esto consiste en delimitar áreas de influencia (unidades discretas) a partir de un conjunto de puntos. El tamaño y la configuración de los polígonos dependieron de la distribución de los puntos originales. Una limitante que tiene el método es que no se puede estimar el error asociado, pues el valor para cada polígono se obtiene a partir de un solo punto.

Para cada estación se realizó un archivo de capas con los puntos que representan las muestras, transformando los vértices a coordenadas. Las muestras corresponden a datos puntuales, por lo que fue necesario asignarle un carácter de área, en la cual se generan los polígonos de Thiessen, de esta manera, fue incorporado a cada polígono su respectivo segmento dominante. La herramienta de proximidad presente en ARGIS 10.1, fue utilizada para dividir el área cubierta por las características de entrada en las zonas próximas. Estas áreas representaron "zonas llenas", donde cualquier ubicación dentro del polígono está más cerca de su punto de entrada asociado que a cualquier punto de entrada.

La amplitud del área cubierta, el programa tiende a estimarlo por defecto, dejando en muchos casos las estaciones más extremas con mayor dominancia, para ello se aplicó un área de análisis predeterminada, la cual fue el área total asignada a cada futura concesión. Cada una de las áreas determinadas por el método, se transformó en un shape de polígono con el área para cada punto, la cual se le asignó un campo denominado "Dominancia". A partir de esto se construyó la simbología para cada uno de los sectores.

Caracterización hidrográfica

Se efectuó un levantamiento de las condiciones hidrográficas (salinidad, temperatura y oxigeno), incluyendo oxígeno disuelto, en cada una de las áreas prospeccionadas, que tienen un área de 15 hectáreas cada una, efectuando una cantidad de 9 estaciones de CTD-O en cada área de interés (**Figura 5**). Para tal efecto se empleó un CTDO Sea Bird v S19 Plus. Es importante destacar que los datos de oxígeno disuelto no fueron validados con muestras tomadas por botellas oceanográficas.

Nivel del mar

Con el objeto de establecer las variaciones que experimente la superficie del mar durante la ejecución del sondaje, se efectuaron mediciones continuas del nivel del mar en el área de trabajo. Para ello al comienzo del estudio se instaló 1 mareógrafo HOBO water level logger en el canal Smyth (52.01761° sur y -73.82969° oeste), adyacente a las Islas Rennell. Como se observa en la **Figura 6** este sistema cuenta con 2 dispositivos, ambos se instalan en forma simultánea, uno es instalado en tierra a una altura inferior a 5m, registrando la presión atmosférica, mientras que el otro es instalado en el agua, a una profundidad de 10m, para medir las variaciones de presión asociada a los cambios del nivel del mar. Al contar con estos 2 registros es posible efectuar las correcciones de la presión en el agua, producto de la presión atmosférica.

Para referir las mediciones del nivel del mar respecto a una posición terrestre se colocó una cota sobre la cual se realizó una nivelación topográfica cerrada. La nivelación es una técnica ampliamente utilizada en el marco de las observaciones del nivel del mar, la cual permite vincular dichas observaciones y los planos que de ella se infieran, a una marca en tierra conocida como cota de marea. La **Figura 7** muestra la posición del mareógrafo, la cota y la nivelación del mareógrafo.

a) Sondaje y Georreferenciación

A comienzo del estudio se contaba con realizar un posicionamiento de las sondas y medición de las mismas mediante de un sistema de GPS diferencial (modelo Trimble) y un ecosonda Bathy-500DF, (Syqwest), sin embargo y debido a una falla técnica, focalizada en el transductor del ecosonda, esto generó una falla de comunicación (probablemente a un golpe producido en el transporte del equipo). Sumado a esto, el sistema de GPS diferencial presentó complicaciones con la recepción de señal de satélites en forma constante, posiblemente por la agreste topografía de la zona, y a las inestables condiciones meteorológicas (Iluvia), no fue posible realizar levantamiento batimétrico y acople del posicionamiento geográfico a través de este sistema. Esta falencia fue suplida, realizando, una batimetría empleando un GPS portátil Garmin gpsmap78C, con un datum WGS84 y el ecosonda de la embarcación (Garmin 320C) con un intervalo de grabación de 1 minuto, generando una grilla de 190 sondas georreferenciadas aproximadamente en un área de 21 hectáreas (700 x 300m) y separadas cada 20m cubriendo la totalidad de las áreas de interés con margen adicional de 100m hacia cada lado, para tener mayor veracidad de la información. Estas medidas extraordinarias debieron ser realizadas para cumplir las mediciones de la manera más apropiada, de no haber efectuado estas medidas se corría el riesgo de incumplir las mediciones y no poder dar respuesta al objetivo.

Para la elaboración de los mapas batimétricos fue utilizada la herramienta de pre-proceso MESH GENERATOR del software MIKEZERO, con el que se confeccionó una grilla triangular a partir de las sondas registradas, efectuando un suavizado de los triángulos para luego realizar una interpolación con el método del vecino natural, generando una superficie poligonal característica de la morfología del piso marino en cada sitio.

Los resultados de este objetivo, debido a lo extenso y complejo, son presentados en ANEXO I, donde se incluyen todas las gráficas junto a descripción del área de interés, incluyendo los datos de posición geográfica. Toda la información generada es entregada en una base de datos digital.

Especificaciones embarcación de apoyo a las prospecciones

Las prospecciones y campañas oceanográficas son realizadas a bordo de la embarcación "Don Antonio" con capacidad para 3 tripulantes y 4 pasajeros. Botada en el año 2000 y de 16'50 metros de eslora, 4'50 metros de manga y 1,90 metros de puntal cuenta con un generador diésel de 12 y 220 voltios, además de otro auxiliar de emergencia. Motor diésel de 240 hp que desplaza la embarcación a 8'5 nudos de promedio. Elementos de navegación tales como GPS. Radar y ecosonda. Cuenta con un winche adaptado de apoyo a labores oceanográficas (maniobras de fondeo y levantamiento de equipos), pluma y cable de 200 metros de longitud.

3.2 Objetivo específico 2.2.2: Modelación de condiciones oceanográficas y patrones de circulación: Se debe realizar un análisis retrospectivo de los resultados obtenidos por el modelo hidrodinámico MIKE 3 (DHI, 2011) en términos de la calidad de información obtenida y efectividad de los modelos aplicados hasta la fecha.

En un primer punto se realizaron análisis a los dominios y datos de entrada de los modelos anteriormente desarrollados por IFOP de manera tal de disminuir la incertidumbre en el pre-proceso de entrada de datos al modelo, estos análisis son útiles para todas las implementaciones realizadas. Como segundo paso, y basado en los modelos regionales implementados anteriormente, se realizaron anidamientos de distinta características dependiendo de la zona a modelar de manera tal de mejorar la representación tanto horizontal como vertical del sistema. A continuación se presentan 3 tipos de análisis para:

a) Modelo de elevación digital:

Para el desarrollo del presente proyecto se ha trabajado en el desarrollo de metodologías que permitan definir qué tipo de interpolación espacial realizar, de manera de poder aumentar la confianza de los modelos de elevación digital (DEM) utilizados, dependiendo de la resolución de los datos de batimetrías disponibles. En este aspecto se ha optado por evaluar diversos métodos de interpolaciones específicos para DEM y así poder determinar cuál es el más idóneo para nuestros intereses. Estos métodos fueron los siguientes:

- Distancia inversa al peso
- Mínima curvatura
- Método modificado de Shephard
- Vecino natural

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Vecino más cercano
- Polinomio de regresión
- Función radial
- Triangulación con interpolación lineal
- Promedio móvil
- Datos métricos
- Polinomio local
- Kriging de bloque
- Kriging de punto

Partiendo de un DEM de alta resolución (Figura 8) se procedió a eliminar regularmente el 90% de los datos. Esto es uno de cada diez en secuencia lineal. Sobre este nuevo DEM de menor resolución se aplicaron los diversos métodos de interpolación, los cuales se compararon entre sí y con el DEM original por medio de índices estadísticos y visualmente en busca de singularidades.

En cada caso, para definir la topografía del fondo marino que se utilice en la interpolación de los DEM se utilizaron datos batimétricos del Servicio Hidrográfico de la Armada y complementariamente GEBCO. El dominio fue discretizado usando una malla flexible en elementos finitos triangulares según el método de Delaunay. Los pasos para la generación son idénticos a la implementación del modelo regional.

- procesamiento de la línea de costa de la zona de interés usando información del Instituto Geográfico Militar de Chile (IGM). Si bien, esta línea de costa es de alta resolución, en la definición de pasos posteriores como la triangulación y la resolución estos contornos se van suavizando acorde de al tamaño de los triángulos en la zonas costeras, pues la resolución de este contorno no puede ser superior al tamaño de los triángulos de menor tamaño.
- Definición de las líneas de contorno abiertas del dominio.
- Generación de arcos que permiten el cambio de resolución en zonas de interés, es decir, aquí se pretende generar una zona de transición los más suave posible, desde elementos más grandes a los más pequeños.
- Triangulación de la línea de costa en software de pre-proceso MESH GENERATOR de MIKEZERO, ajustando máxima área de elementos, mínimo ángulo permitido de los triángulos y el máximo número de nodos.
- Suavizamiento de los triángulos generados.
- Interpolación de la batimetría al dominio mediante una técnica de interpolación triangular usando para ello el método de vecino natural.
- Refinamiento de los elementos de la malla ajustados a la batimetría.

 Análisis de la malla mediante técnicas de análisis en búsqueda de triangulaciones defectuosas.

Los trabajos de campo fueron realizados en dos áreas diferentes, la primera comprendió la XI región (Archipiélago de Chonos), mientras que la segunda se efectuó en la XII región (canal Cockburn), donde se realizaron mediciones estacionales para cada una de estas áreas. En el presente informe se incluyeron parte de las mediciones de primavera para Archipiélago de Chonos y canal Cockburn (invierno). Las mediciones estaciónales restantes, para cada campaña hasta la elaboración del presente informe se encuentran a la espera de ser ejecutadas, para cada periodo estacional sub-siguiente.

b) Fuentes de agua dulce

Las fuentes de agua dulce son uno de los forzantes que actúan en el modelo a través del influjo de volúmenes de agua que dan lugar a la generación de gradientes de salinidad y temperatura, los cuales van a influir en la flotabilidad (*"buoyancy"* en inglés) y por tanto, en la circulación termohalina dentro de un sistema baroclínico.

La caracterización y definición de las fuentes de agua dulce (ríos y glaciares) a lo largo del dominio comprendido entre las regiones X, XI y XII, es de gran complejidad debido a la gran extensión del propio dominio en sí mismo, la intrincada orografía y la enorme variabilidad espacial y temporal de dichas fuentes. Esta labor requiere de un trabajo de modelización aparte en el cual integrar la escorrentía neta sobre las cuencas hídricas. La escorrentía neta viene determinada por el balance hídrico entre la precipitación y la tasa de evaporación de cada cuenca hídrica.

Para la descripción de las fuentes de agua dulce dentro de nuestro modelo hemos utilizado una aproximación que se espera mejorar en el futuro. En esta aproximación se ha querido tener en cuenta la escorrentía neta de las cuencas principales entre el río Maullín (X región) y el extremos Sur de la XII región. Para ello, se tomó como base de datos aquella con un registro temporal constante e igual para todas las principales cuencas hidrológicas. Esta base de datos fue tomada de la DGA en su *Balance Hídrico de Chile, 1987*, <u>http://www.dga.cl/Paginas/default.aspx</u> en el cual se recogen las escorrentías anuales netas medias entre los años 1951-1980. Existen boletines más recientes (2001), pero no son accesibles a través de la red pues aún no se encuentran digitalizados.

Debido a las innumerables cuencas hídricas que vierten sus aguas directamente al mar, especialmente en la zona insular de las XI y XII Regiones, este informe engloba y recoge las escorrentías de todas estas sub-cuencas dentro de cuencas hídricas mayores a escala sub-regional. Por lo tanto, se tiene el valor total de la escorrentía neta que llega al mar para esa cuenca hidrológica (y todas sus sub-cuencas), pero no cuáles son sus puntos de descarga al mar ni en qué proporción contribuye cada una de estas fuentes puntuales. Así pues, tanto la escala espacial como la escala temporal (promedios anuales) son de baja resolución por sí.

El método de aproximación llevado a cabo trata de mejorar las escalas espaciales y temporales, incrementando sus resoluciones. Para aumentar la resolución espacial, esto es definir los principales puntos/fuentes de descarga de agua dulce al medio marino de cada una de las cuencas hídricas dadas por la DGA en su Balance Hídrico de Chile, 1987, se optó por identificar dentro de cada una de esas sub-cuencas de escala sub-regional todas las cuencas hídricas individuales de relevancia. Así, en zonas insulares, donde la superficie de las cuencas es sustancialmente menor en extensión a las que se pueden encontrar en el continente, el umbral a partir del cual una cuenca individual se considera de relevancia es menor que en su homólogo continental. Este criterio umbral es proporcional a la extensión promedio de todas las cuencas de una sub-cuenca de escala subregional. Para poder hacer esta discretización, se contó con archivos de capas SIG derivados de modelos de elevación digital topográficos. Estos DEM engloban las áreas que se encuentran dentro de una misma divisoria de aguas común que desalojan a cota cero. El criterio a utilizar para determinar el umbral de relevancia de cada una de estas áreas es expresado en la metadata en unidades de superficie (figura 9). De esta manera se extrapolan los caudales conocidos de una cuenca a las cuencas cercanas de las cuáles no se dispone información, siendo la relación que quardan las superficies de ambas cuencas la que determine cuál será el caudal estimado de la cuenca de la que no tenemos información de descarga. Una metodología similar fue utilizada por Meruane et al. (2013) en la misma latitud.

Para resolver el problema planteado por una baja resolución temporal de promedios anuales, se tomaron como referencia estaciones de aforo de la DGA con promedios diarios durante todo un año. Allí donde no había información (no superiores a un mes) se interpoló linealmente para completar la serie temporal. De estas series temporales con promedios diarios durante un año se extrajo el porcentaje que supone cada día en la descarga total anual y tal porcentaje se aplicó a los ríos/subcuencas de la cuenca hídrica en la cual se encuentra dicho río con registro de promedio diario. De esta manera, las subcuencas presentan una curva de distribución de la descarga diaria durante un año de distinta magnitud pero que siguen el mismo patrón de distribución.

c) Modelo global de constituyentes de la marea

Se ha trabajado en la mejora de los forzantes de borde de modelos MIKE 3, y en concreto el forzante que supone la onda mareal. Allí donde no se dispone de mareógrafos cuyas observaciones permitan utilizar datos registrados como input de entrada a nuestro modelo, o bien utilizar esos mismos datos para extraer los constituyentes armónicos de la señal de la marea y realizar pronósticos, el modelo global de constituyentes de la marea es una herramienta de gran utilidad en el ahorro de recursos y tiempo. Si bien tiene limitaciones que aconsejan su uso en determinadas situaciones.

La alta calidad de estas constituyentes viene dada a que las principales frecuencias de la onda mareal en océano abierto vienen dadas por constituyentes astronómicas diurnas en cambio en el

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

interior del sistema de fiordos se desarrollan otras frecuencias complejas dadas por la interacción de la onda mareal con la batimetría y la línea de costa que este sistema global no reproduce tan certeramente, desaconsejándose su uso en zonas menores a 20 metros de profundidad.

Se usó la herramienta de pre y post proceso del modelo MIKE 3, la que cuenta con un modelo global de constituyentes de la marea con una resolución espacial de 0.125° x 0.125°, 0.25° x 0.25° y 0.50° x 0.50° de resolución basados en datos altimétricos de TOPEX/POSEIDON. Para los modelos de 0.25° y 0.50° incluyen los constituyentes armónicos (K1, O1, P1, Q1) y semidiurnas (M2, S2, N2, K2). Para el modelo de 0.125° incluyen los armónicos (K1, O1, P1, Q1) y semidiurnas (M2, S2, N2, K2) además de M4 y S1. Se realizaron simulaciones para comprobar cuál de estos modelos de marea obtenía mejores resultados comprando los resultados con una observación hecha en la zona interior de fiordos y canales. Se utilizó el coeficiente de correlación y RMSE para realizar esta comparación.

3.2.1 Implementación de dominios de alta resolución para reanálisis

El modelo regional Chiloé-Aysén (Figura 1) se dividió en subsistemas dentro de este que se detallan a continuación:

3.2.1.1 Mar interior de Chiloé:

- a) <u>Dominio</u>: El dominio de este modelo abarca todo el mar interior de Chiloé incluyendo golfos Corcovado y Ancud además del seno y fiordo de Reloncaví. (Figura 10). Este dominio cuenta con 17.623 elementos triangulares de distinto tamaño. Los elementos mayores se ubican en los grandes golfos y tienen un tamaño aproximado de 2000 m. Mientras que las zonas más someras y costeras alcanzan resoluciones máximas de 400 m. aproximadamente.
- b) <u>Resolución vertical</u>: En cuanto a la discretización de la columna de agua, se impusieron 25 capas de tipo sigma cuya característica es que siguen el contorno del fondo marino. Estas 25 capas se distribuyeron con alta resolución en la superficie y el fondo dejando la parte central de la columna de agua con las capas de mayor tamaño (Figura 11).
- c) <u>Condiciones iniciales</u>: La condición inicial de flujo es denominada "arranque en frío", la cual, es un campo de flujo nulo al comenzar la simulación que se estabilizará luego de ciertos pasos de tiempo hasta alcanzar un equilibrio asociado a los forzantes, generalmente esto tarda menos de 24 horas, por lo cual, estos resultados son quitados de los análisis. La condición inicial de temperatura y salinidad se obtuvo a través de información de CTD del crucero CIMAR fiordos 10, en etapa primavera (Figura 12), si bien es cierto, este crucero de realizó el año 2004, dentro de la recopilación de información fue este el que presentaba

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

mayor densidad de datos en una misma campaña, por lo cual, de podrían definir de buena forma las estructuras de temperatura y salinidad en todo el sistema sobre todo la estratificación. De esta forma se construyeron archivos mediante un método de interpolación bilineal tanto vertical como horizontal, resultando en una matriz de datos de 1000 m de resolución horizontal y 2 metros de resolución vertical tanto de temperatura como de salinidad en todo el dominio. Un ejemplo de salinidad superficial y a 25 m. se puede observar en la **Figura 13.** Análogamente para temperatura se muestra en la **Figura 14.**

- d) <u>Condiciones de borde</u>: Las condiciones de borde de nivel del mar fueron obtenidas de simulaciones del modelo regional, de tal forma que en el punto central de cada borde se obtuvieron series de tiempo a las cuales se les calculó mediante análisis armónico las constituyentes de marea para luego realizar un pronóstico de nivel de mar en los bordes para cualquier periodo que requiera simulación (Figura 15). En el caso de temperatura y salinidad fueron usados datos de campañas de medición realizadas por IFOP en distintos periodos. Dependiendo del periodo también se usan datos de distintos cruceros CIMAR fiordos. Un ejemplo de salinidad y temperatura en el borde sur (Golfo Corcovado) se aprecia en la Figura 16.
- e) <u>Forzantes atmosféricas</u>: Todas las forzantes atmosféricas provienen de modelos atmosféricos cuyos datos varían espacial y temporalmente. En este caso los datos provienen del modelo global atmosférico GFS (Global Forecast System), perteneciente a la NOAA. Este modelo tiene una resolución de ½ ° (55 Km. Aprox.) son utilizados datos de viento, presión a nivel del mar y temperatura principalmente. Cabe señalar que se está trabajando en la implementación de un modelo de mesoescala (WRF) para mejorar la resolución de entrada de este tipo de datos. Una vez que los datos son ingresados al modelo, este interpola linealmente los datos a cada elemento triangular definido en la malla (Figura 17).
- f) <u>Fuentes de agua dulce</u>: Para esta forzante se utilizó la metodología general explicada anteriormente referente a fuentes de agua dulce.
- g) <u>Estrategia de modelación y estudios de sensibilidad</u>: Con el fin de mejorar los resultados de modelaciones pasadas, se realizaron pruebas con distintos parámetros para evaluar su contribución en el balance dinámico. Cabe señalar que las pruebas de sensibilidad se realizaron por un periodo acotado, ya que por la gran cantidad de simulaciones involucradas en este y otros proyectos imposibilita una gran extensión en el periodo de modelación, por tanto, la estrategia es realizar estudios de sensibilidad acotados en el tiempo, pero que den respuesta a la variación de distintos parámetros en distintos lugares. Se realizarán las comparaciones en 2 lugares del mar interior de Chiloé, uno en la boca de fiordo Comau y otra en la conexión del canal Chacao con el Golfo de Ancud, dos lugares que representan sistema distintos, uno controlado por la gran energía mareal (Chacao) y el otro, la boca de un fiordo con estratificación con mayor influencia del agua dulce. Las evaluaciones se harán con mediciones realizadas en diciembre de 2010 y julio de 2011. Se cotejarán resultados de

secciones de ADCP remolcado, con el fin de evaluar el flujo residual y de ADCP Anclado para verificar la variabilidad temporal.

- h) Mediciones:
- ADCP remolcados y anclados: Se seleccionaron secciones transversales a la salida del canal Chacao, en la boca del fiordo Comau, el fiordo Reñihue, paso Nao, estero Palvitad y golfo Corcovado aplicando técnicas de medición con un ADCP remolcado en tiempo real durante un ciclo mareal completo (24.5 hrs) a través de un perfilador acústico Doppler (ADCP) RDI Workhorse Sentinel de 150 kHz. A su vez se instaló un ADCP RDI Workhorse Sentinel de 300 kHz anclado a una profundidad aproximada de 60 m en el sector de Chacao-golfo de Ancud, mientras que al costado norte de la boca del fiordo Comau se instaló un ADCP a 50 m. de profundidad (Figura 18).
- Nivel de mar: Se realizaron mediciones de nivel del mar en distintos lugres del mar interior de Chiloé, por periodos mínimos de 30 días durante la primavera del año 2010. Para medir y registrar las variaciones del nivel del mar, se instalaron mareógrafos RBR, modelo TGR-1050HT Hydrotide. La configuración de estos consiste en registros de datos cada 10 minutos y fueron instalados a 10 metros de profundidad. Se instalaron 5 mareógrafos en el periodo de verano en los sectores de Hueihue (-41° 53.619', -73° 30.308') Quinchao (-42°30.969', -73°27.602'), Comau (-42°7.936', -72°34.490'), Palvitad (-43°1.133', -72°49.356'), Putemún (-42°27.480', -73°44.972') (Figura 18).

Además, el **ANEXO VI**, incluye 5 posiciones de ADCP anclados, en donde, se evalúa el modelo MIKE3 en otras épocas y otros lugares dentro del mar de Chiloé. Las posiciones y fechas de instalación están indicadas en la **Figura VI-1**.

- i) <u>Índices estadísticos</u>:
- Error Medio Cuadrático (RMSE): es una medida cuadrática que mide la media de la magnitud del error, no muestra la dirección de las desviaciones.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (X_{obsi} - X_{model,i})^2}{n}}$$

En donde,

- x = dato del pronostico
- y = dato de la observación
- n = número de datos.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Error medio cuadrático normalizado: forma no-dimensional del RMSE, está normalizado al rango de datos observados.

$$NRMSE = \frac{RMSE}{X_{obs,max} - X_{obs,min}}$$

 Coeficiente de Correlación: es una medida estadística que trata de medir la relación entre 2 variables, oscila entre -1 y 1, siendo el signo, la dirección (proporcional o inversamente proporcional) y la cifra la magnitud de la relación.

$$R = \frac{Cov_{xy}}{S_x S_y}$$

Cov_{xy} = covarianza entre el modelo y la observación,

- S_x = desviación estándar del modelo
- S_y = desviación estándar de la observación.

j) Parámetros de sensibilidad

I. Resistencia de fondo:

El estrés de fondo es determinado por la ley de fricción cuadrática.

Donde, C_f es el coeficiente de arrastre.

 $\vec{u}_{b} = (u_{b}, v_{b})$ velocidad del flujo encima del fondo

Para calculo en 3 dimensiones \vec{u}_b es la velocidad a una distancia Δz_b encima del fondo y el coeficiente de arrastre es determinado asumiendo un perfil logaritmico entre el fondo el punto Δz_b .

$$c_{f} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{\Delta z_{b}}{z_{0}}\right)\right)^{2}}$$

, , Constante de Von Karman (0.4)

- z_0 , Longitud de rugosidad de fondo
- k_s Altura de la rugosidad
- $z_0 = mk_s$ con m aprox 1/30

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

Por tanto, dentro de la paremetrización del modelo se calcula K_s y que de acuerdo a los valores recomendados por el desarrollador fluctua entre 0.01 y 0.3 m. Se realizaron distintas simulaciones haciendo variar este parametro.

$$\frac{\vec{\tau}_b}{\rho_0} = c_f \vec{u}_b \left| \vec{u}_b \right|$$

II. Técnica de solución (orden de esquema numérico) :

El tiempo y exactitud de la simulación pueden ser contralados por el orden del esquema numerico. Tanto el esquema para el tiempo de integración como la discretización espacial pueden ser seleccionados. En este caso MIKE 3 contiene soluciones de bajo orden (primero orden explicito Euler) y alto orden (segundo orden semi implicito Runge Khuta), para mayor detalle se puede referir a la documentación científica de MIKE 3 FM (DHI, 2014). Basicamente el esquema de alto orden conlleva periodos de simulación de hasta 4 veces lo que implica un esquema de bajo orden. En I desarrollo de modelación de proyectos pasados nunca fue utilizado el esquema de alto orden, debido a lo inviable que se tornaban los tiempos de cómputo. Aquí se implementan por primera vez pruebas de sensibilidad de esquemas numericos de orden superior.

III. Turbulencia:

La turbulencia se modela utilizando el concepto de viscosidad turbulenta. La viscosidad turbulenta se describe a menudo por separado para el transporte vertical y la horizontal. Existen varios modelos de turbulencia que se pueden aplicar. Una viscosidad constante, una viscosidad verticalmente parabólica y el modelo k- ϵ estándar (Rodi, 1984). En muchas simulaciones numéricas de turbulencia de pequeña escala no se puede resolver con la resolución espacial elegida. Esta clase de la turbulencia se puede aproximar usando modelos de escala sub-grilla. (DHI, 2014).

Turbulencia Horizontal: Se utiliza la formulación de Smagorinsky, que básicamente propuso expresar la escala de transporte en una sub-grilla para obtener una viscosidad de remolino efectiva con una escala de longitud de esas características. Este modelo de turbulencia en la horizontal no fue modificado en las simulaciones. Para mayor detalle en la formulación ver documentación científica de MIKE 3 FM, (DHI, 2014).

$$A_{H} = C\Delta x \Delta y \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^{2} + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^{2} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^{2} \right]^{1/2}$$

Donde, C es la constante horizontal de mezcla. $\Delta x \Delta y$ tamaño de la grilla. Valores tipicos de C están en torno 0.1 y 0.3.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

Turbulencia vertical: Se comparan los modelos de turbulencia "Log-Law" y "K-Epsilon". La formulación "Log Law" utiliza un coeficiente parabólico escalado con profundidades locales y esfuerzos de fondo y superficie. En la formulación K-Epsilon la viscosidad turbulenta es determinada como función de la energía cinética turbulenta (TKE) y la disipación de TKE. Para mayor detalle en la formulación ver documentación científica de MIKE 3 FM, (DHI, 2014).

3.2.1.2 Archipiélago de Chonos

El reanálisis de los resultados obtenidos en el archipiélago de Chonos en estudios previos ("Diseño y estudio técnico de macrozonas de agrupaciones de concesiones en la Zona Sur Austral: X a XII Regiones" del año 2011) se ha efectuado sobre un modelo de escala regional que comprende los archipiélagos de Chiloé y Chonos hasta la península de Taitao, aunque los resultados que de él se extrajeron son exclusivos para el dominio de Chonos. En un principio, y por establecer una comparativa de reanálisis "uno a uno" de los resultados anteriores con los actuales, se pensó desarrollar la modelación actual en el mismo periodo que la anterior modelación (año 2011). Sin embargo, debido al menor número de estaciones de evaluación (mareógrafos y ADCP) del proyecto de Macrozonas se decidió tomar un periodo que contara con un mayor número de estaciones de medición para dar una mayor cobertura espacial a la validación del modelo. De esta manera se decidieron aprovechar unas de las últimas mediciones de terreno (mareógrafos, correntometría euleriana y lagrangiana y estaciones meteorológicas) registradas en la campaña nombrada "Chonos – Otoño 2014" como blanco de evaluación de los resultados de las presentes modelaciones. Esta campaña oceanográfica iniciada a finales de mayo registró mediciones desde tal fecha hasta principios de julio 2014.

- a) <u>Dominio</u>: El dominio de este modelo, como indica su nombre, tiene una cobertura regional que se extiende desde el límite costero entre las provincias de Osorno y Llanquihue por el Norte hasta la península de Taitao por el Sur y desde el meridiano 77° por el Oeste hasta el continente por el Este (Figura 1).
- b) <u>Batimetría</u>: se ha utilizado una compilación de batimetrías efectuadas por el SHOA y GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans). Estos puntos discretos de profundidad fueron interpolados sobre la malla de elementos triangulares mediante el método de vecino natural a través del polígono de Thiessen. Se dispone de cobertura batimétrica en todo el dominio, a diferente resolución horizontal, desde un promedio de 2500 metros entre 2 puntos en zonas exteriores a menos de 75 metros en determinadas zonas interiores.
- c) <u>Resolución vertical</u>: Según si el régimen de los modelos es barotrópico o baroclínico se emplearon bien 2 ó 15 capas verticales respectivamente. El aumento del número de capas en un régimen baroclínico responde a la necesidad de representar la estructura vertical

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

derivada del campo de densidades vertical. En cualquiera de los 2 casos se utilizó un esquema de capas sigma. Las capas sigma ordenan las coordenadas verticales en función de la topografía del fondo y son una buena herramienta para representar los efectos dinámicos sobre la topografía (DHI, 2011), extendiéndose desde la superficie libre hasta el fondo (**Figura 19**). Otorgan una mayor resolución en aguas someras donde se sitúa la zona de interés del estudio.

d) <u>Condiciones iniciales</u>: La condición inicial de flujo es denominada "arranque en frío" por ser un campo de flujo nulo con el que se da comienzo a la simulación, el cual se estabilizará luego de ciertos pasos de tiempo hasta alcanzar un equilibrio dinámico asociado a los forzantes. Generalmente esto tarda menos de 24 horas, por lo cual estos resultados son eliminados de los análisis estadísticos.

En los casos en que se aplicó un modelo baroclínico la temperatura y salinidad iniciales del dominio se obtuvieron del modelo global MERCATOR desarrollado por Mercator Ocean (Francia, 2001). Mercator Ocean es una compañía sin ánimo de lucro que cuenta con diversos servicios de oceanografía operacional, entre los que se encuentra la entrega de bases de datos en tiempo pasado del modelo MERCATOR. Estas bases de datos son entregadas como medias diarias a una resolución espacial de 1/12° en la horizontal y una resolución variable en la vertical, por lo que deben ser tratadas para poderlas convertir en input y formato legible por el modelo MIKE 3 FM. De esta manera el input final es un archivo tridimensional (.dfs3) espaciado regularmente en cada una de las direcciones X, Y, Z y cuyos valores de atributo (temperatura y salinidad) serán interpolados linealmente a cada uno de los nodos que forman la malla flexible del dominio (Figuras 20 y 21).

e) <u>Condiciones de borde</u>: Infieren sobre 3 bordes: Norte, Oeste y Sur cómo se puede ver en la **Figura 1**.

El forzante de la marea fue obtenido del modelo global basado en datos altimétricos del sensor TOPEX/POSEIDON con una resolución de 0.25°x0.25° y cuya onda está formada por los constituyentes armónicos astronómicos, excluyendo las derivadas de aguas someras, pues en nuestro caso los bordes se sitúan en aguas profundas oceánicas. El archivo de entrada o del forzante mareal es un archivo unidimensional (.dfs1) en el que su atributo (nivel del mar en este caso) varía tanto a lo largo del borde respectivo como en el tiempo; es por esto que no es posible la representación visual del conjunto en una imagen, sino sólo en puntos discretos (Figura 22).

Los bordes de temperatura y salinidad (Figuras 23 y 24) son construidos a partir de los archivos tridimensionales utilizados para las condiciones iniciales, de los cuales se extraen los archivos bidimensionales (.dfs2) que corresponden con la posición y dimensión de cada uno de los bordes y en los que los atributos de temperatura y salinidad varían en la latitud/longitud (según los bordes sigan meridianos o paralelos respectivamente) y en el

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

tiempo. Cuando la resolución espacial y temporal de nuestro modelo no coincide con la resolución del archivo de entrada (en este caso condición de borde de temperatura y salinidad) el modelo interpola los valores del forzante (temperatura y salinidad) a cada uno de los nodos de la malla flexible, interpolación lineal en caso de discontinuidad en la resolución temporal e interpolación normal en caso de discontinuidad de la resolución espacial (DHI, 2011). La resolución espacial en la horizontal original entregada por Mercator Ocean es de 1/12°, la máxima resolución en la vertical es de 1 m y la resolución temporal es de 24 horas (valores promedios diarios).

f) <u>Forzantes atmosféricas</u>: Se utilizaron tanto datos registrados por equipos instalados en la campaña "Chonos – Otoño 2014" en una simulaciones, como datos procedentes de modelos globales en otras simulaciones.

En la mencionada campaña "Chonos – Otoño 2014" se instalaron 2 estaciones meteorológicas HOBO, equipadas con anemómetro para medición de velocidad y dirección del viento y barómetro para registro de presión atmosférica. Estos equipos se ubicaron en las inmediaciones de isla Kent (45.09069°S / 74.28941°E) y canal King (44.55558°S/ 74.17835°E, registrando cada 10 minutos entre el 20/05/14 y el 04/07/14 y entre el 30/05/14 y el 03/07/14, respectivamente. La ubicación de ambas estaciones se muestra en el mapa en la **Figura 25**. Estos datos ingresan como forzantes que varían en el tiempo pero son constantes en toda la superficie el dominio (.dfs0). El viento predominante de isla Kent y más veloz en ese periodo es N (**Figura 26**) al igual que en el canal King, aunque las mayores intensidades en esta última posición corresponden a vientos E (**Figura 27**).

Los datos de forzantes atmosféricas provenientes de modelos atmosféricos varían tanto espacial como temporalmente. En este caso los datos provienen del modelo global NCEP/NCAR, perteneciente a la NOAA. Este modelo genera análisis atmosféricos usando bases de datos históricos (desde 1948) junto a análisis de las actuales condiciones mediante el sistema de asimilación de datos CDAS (NOAA/ESRL, 2014). Los datos empleados provienen de un modelo de reanálisis que entrega salidas cada 6 horas con una resolución cercana a 1.9° (210 Km. aproximadamente) y en él son utilizados datos de componentes del viento a 10 m sobre la superficie (Figuras 28 y 29) y presión atmosférica a nivel del mar (Figura 30). Señalar que una vez que los datos son ingresados al modelo, y debido a las diferentes grillas de cada modelo, MIKE3 interpola linealmente los datos de forzantes atmosféricos a cada elemento triangular definido en la malla del dominio.

Además en la última fase del proyecto se ha podido contar con datos de forzantes meteorológicos procedentes de modelos WRF (Weather Research and Forecasting) los cuales dan cobertura de la X y XI regiones por todo el año 2011 a una alta resolución de 3 km² (**Figura31**). El análisis de ambos forzantes se realizó por un mínimo de 20 días entre el 1 y el 20 de Mayo del 2011. Las series de tiempo de variables de ambos modelos, como anomalía del nivel medio del mar y componentes ortogonales de correntometría euleriana, fueron

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

evaluadas frente a las mediciones realizadas en tales fechas, que son las mismas que las empleadas en el proyecto de "Diseño y estudio técnico de macrozonas de agrupaciones de concesiones en la Zona Sur Austral: X a XII Regiones" como muestra la **Tabla 14**.

g) <u>Fuentes de agua dulce</u>: Para este forzante se utilizó la metodología general explicada anteriormente referente a fuentes de agua dulce.

3.2.1.3 Región de Magallanes

Se desarrolló un nuevo modelo Regional en la zona de Magallanes (**MRM14**) de carácter barotrópico (2D), es decir con densidad del agua constante, con el objeto de obtener condiciones de borde y condiciones iniciales del nivel del mar para modelos de alta resolución en las zonas de Canal Cockburn- Estrecho de Magallanes, Seno Skyring y Golfo Almirante Montt, como también mejorar el Modelo Regional de Magallanes del proyecto ASIPA 2012 (**MRM12**). La simulación de este nuevo modelo comprendió el periodo de 1 de enero/1 de febrero de 2014 (31 días), cuyos resultados fueron entregados como valores horarios. El periodo modelado se estableció haciendo coincidir la simulación con las mediciones de terreno de la campaña Cockburn verano 2014, cuyos resultados son presentados en este informe.

Especificaciones del modelo MRM14:

a) <u>Dominio</u>: Este abarca toda la región de Magallanes y la costa atlántica desde Puerto Deseado, en Argentina. Por el norte parte desde el borde sur de la Península de Taitao hasta el paso Drake por el sur. El borde occidental está situado en el océano Pacifico, mientras que el borde oriental está en océano Atlántico. El modelo posee 40346elementos triangulares, los cuales varían en tamaño entre zonas más oceánicas a zonas interiores. Las resoluciones mayores estuvieron cercanas a los 400 metros en las zonas de angosturas, constricciones y unión de canales, donde el ancho del canal o bahía fuese crítico para el tiempo de cómputo y la estabilidad del modelo. Mientras que en las zonas oceánicas cercanas a los bordes, la resolución fue de ~ 30 Km. El dominio del modelo posee 4 bordes, el borde norte, desde la costa de la Península Taitao hasta el meridiano 77°W, el borde oeste, que es a lo largo del meridiano 77°W entre los paralelos 46.3°S y 57°S, el borde sur, que está ubicado a lo largo del paralelo 57°S, entre los meridianos 77°W y 62.5°W y el borde oriental, ubicado aproximadamente a lo largo del meridiano 62.5°W, entre los paralelos 57°S y 46.5°S aproximadamente (Figura 2).

b) <u>Resolución vertical</u>: El modelo al ser barotrópico, solo usó un nivel vertical, lo que significa que la columna de agua fue considerada como una sola unidad, sin estratificación ni cizalle vertical.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

c) <u>Condiciones iníciales</u>: No se utilizaron condiciones iníciales, por lo que se usó un "arranque en frio", lo cual es un campo de flujo nulo al comenzar la simulación, este se estabiliza luego de un número pequeño de pasos de tiempo hasta alcanzar un equilibrio asociado al forzante (**Figura 32**).

d) <u>Condiciones de borde</u>: Las condiciones de borde del nivel del mar utilizadas en el modelo fueron obtenidas a partir del modelo de pronósticos global de mareas de MIKE, que posee una resolución espacial de 0.25°x 0.25°. A partir de estos resultados se evaluó la calidad de los resultados, siendo confiables en los bordes del dominio, considerando que los bordes están en zonas oceánicas, donde la señal de marea no se ve perturbada por la batimetría, la línea de costa ni flujos de alta boyantes. Estas condiciones de borde del nivel del mar presenta variabilidad temporal y espacial a lo largo de los bordes. El modelo no consideró el esfuerzo el viento.

e) <u>Resistencia de fondo</u>: Con el fin de mejorar los resultados de las simulaciones anteriores en la región de Magallanes (**MRM12**), se trabajó con valores de resistencia de fondo, aumentando o disminuyendo la influencia de la batimetría especialmente en las zonas de canales interiores. Se modificó el valor de la altura de rugosidad en los bordes, aumentando la fricción en ellos, y así disminuyendo el ruido causado por el límite, provocando el desarrollo de ondas más estables que entran al dominio. Se usó valores entre 0.05 y 0.1 m.

f) <u>Modelo de elevación digital</u>: Se trabajó en el DEM base del dominio, disminuyendo cambios dramáticos en la topografía submarina para evitar inestabilidades en la simulación. Se trabajó con interpolaciones de Krigging y del vecino natural, se evaluó como estas interpolación evitan cambios abruptos en la batimetría, mostrando ambas ser igualmente eficientes, usando finalmente la técnica de interpolación del vecino natural, incluida en MIKE. Interpolaciones sobre zonas suavizadas, generaron modelos de elevación digital que permitieron la correcta propagación de la onda de marea a través del modelo.

3.3 Objetivo específico 2.2.3: Implementar modelo hidrodinámico ROMS en escala regional X a XII Región y evaluación respecto de modelaciones de proyectos anteriores, utilizando la información obtenida hasta la fecha en términos de datos ambientales y oceanográficos.

El sistema de modelamiento oceánico regional ROMS-AGRIF es un modelo de circulación oceánica de última generación (Shchepetkin y McWilliams, 2005) que ha sido especialmente diseñado para las simulaciones precisas de los sistemas oceánicos regionales. Este modelo en la primera etapa fue implementado en el clúster computacional del Departamento de Geofísica de la Universidad de Concepción, labor que fue realizada por el Dr. Andrés Sepúlveda, investigador que asesora el desarrollo de la implementación de este modelo por parte de IFOP.

- <u>Dominio</u>: Cubre desde los 40°sur a los 48°Sur (Figura 33), mientras que el borde oceánico se encuentra en los 78°Long. Está compuesto por 32 niveles verticales y consta de una resolución horizontal de 1 Km. El dominio implementado para la región de Magallanes no pudo cumplirse debido al retraso en la implementación del clúster computacional, de todas formas, esta labor se está completando en la actualidad y podrá ser entregada en una adenda.
- <u>Condiciones iniciales y de borde</u>: Son producto del proyecto MyOcean (http://www.myocean.eu/). Este consiste en observaciones de T, S, corrientes y nivel del mar globales que fueron reprocesadas y que combinan datos in situ (T, S) y productos satelitales (corrientes y nivel del mar) en una grilla regular de 1/4° desde 1993 -2012, con una frecuencia semanal y mensual. (Guinehut, 2012; Larnicol, 2006).
- <u>Atmosfera</u>: Modelo WRF con resolución de 5 Km incluye datos de componentes u v del viento.
- <u>Fuentes de agua dulce</u>: 4 fuentes puntuales con el valor promedio del mes de agosto de 2011 de cada rio con los flujos restringidos a los primeros 5 metros.
- Periodo de simulación: Se modeló el periodo correspondiente a agosto de 2011, y comparados con datos de nivel del mar y anclajes de ADCP en Chacao-golfo de Ancud, boca del fiordo Comau, Canal Chacabuco, Canal Darwin y Canal Casma, mientras que en Magallanes, el modelo contemplo el periodo correspondiente a noviembre de 2012, donde se evaluó en Bahía Beaufort y Golfo Xaltegua. Se evalúan las series horarias y residuales de los fondeos a 5-10-20 y 40 m.
- **3.4 Objetivo específico 2.2.4:** Evaluación de una plataforma pre-operacional para XII Región en sectores de alta resolución seleccionados.

Este objetivo fue modificado por Decreto Ministerio de Economía N° 172 del 8 de noviembre de 2013. El objetivo original incluía prueba piloto de pronóstico numérico. Por tanto, este objetivo se remite a la evaluación técnica de un sistema de pronósticos operacional para el Golfo Almirante Montt.

Este objetivo tiene como finalidad elaborar un marco conceptual para el desarrollo de plataformas oceanográficas operacionales. Para llevar a cabo esto, se realizó una revisión bibliográfica verificando el estado del arte de este tipo de sistemas alrededor del mundo y Chile. Se utilizó la información del objetivo 2.2.6 relacionado a la implementación de un modelo de alta resolución para el golfo Almirante Montt con el fin de evaluar las limitaciones de un sistema operacional para aquel sector. Finalmente se realiza una evaluación económica asociada a los costos de implementación y

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

mantención de un sistema de este tipo. Se recopiló información de sistemas de monitoreo en tiempo real en la zona Sur-Austral de Chile. Posteriormente se procedió a realizar una evaluación económica sobre costos para implementar un sistema de monitoreo y pronósticos oceanográficos.

3.5 Objetivo específico 2.2.5: Validación modelo atmosférico WRF X-XI Región e implementación en XII, densificando la disponibilidad de mediciones de mayor calidad que las actuales a fin de establecer una mejor utilización de esta herramienta como fuente de información atmosférica para las áreas indicadas.

La implementación del modelo WRF se llevó a cabo por el académico del Departamento de Meteorología de la Universidad de Valparaíso, Jorge Arévalo. El documento que emana de dicho estudio es presentado en forma íntegra en el **ANEXO XII**.

Para la evaluación del modelo WRF es necesario contar con observaciones realizadas por estaciones meteorológicas, a continuación se detallan estas mediciones.

Estaciones meteorológicas

Entre los días 22 de agosto y 3 de Septiembre del 2013, fueron instaladas 4 estaciones meteorológicas marca HOBO micro estación, modelo H21-002, la cual cuenta con sensor de presión barométrica (modelo BPB-CM50, rango 660 a 1070 mbar), sensor de temperatura (modelo Smart TMB-M002) y sensor velocidad y dirección del viento (modelo WCC- M003, veleta Young 05106). Las estaciones midieron por un periodo de 3 meses (Figura 34, Tabla 2).

Estación Metri: Seno de Reloncaví:

Instalada el día 22 de Agosto del 2013 alrededor de las 13:30 hrs. en sector Metri (Carretera Austral), en centro de investigación Metri perteneciente a la Universidad de Los Lagos. Las coordenadas geográficas de la zona de emplazamiento son latitud -41,59474°S y longitud - 72,70452°W. El logger fue programado cada intervalo de 10 minutos, con mediciones de 30 segundos en cada intervalo. La Estación quedó a 12 metros sobre el nivel del mar (Figura 35).

Estación Puqueldón: Chiloé central:

Instalada el día 23 de Agosto del 2013 alrededor de las 10:30 hrs. en domicilio de un particular, en sector de Puqueldón en Isla Lemuy. Las coordenadas geográficas de la zona de emplazamiento son latitud -42,59927°S y longitud -73,65849°W. El logger fue programado cada intervalo de 10 minutos, con mediciones de 30 segundos en cada intervalo. La estación quedó instalada a 118 metros sobre el nivel del mar (Figura 36).
Estación Raúl Marín Balmaceda: Golfo Corcovado:

Instalada el día 30 de agosto del 2013 alrededor de las 12:00 hrs. en Alcaldía de Mar de Raúl Marín Balmaceda, a cargo del Alcalde de Mar Sr. Marcos Mazzey. Las coordenadas geográficas de la zona de emplazamiento son latitud -43,77393 °S y longitud -72,95559 °W. El logger fue programado cada intervalo de 10 minutos, con mediciones de 30 segundos en cada intervalo. La Estación quedó a 15 metros sobre el nivel del mar (Figura 37).

Estación Puerto Aguirre: Canal Moraleda:

Instalada el día 3 de Septiembre del 2013 alrededor de las 10:00 hrs. en Capitanía de Puerto de Puerto Aguirre, a cargo del Capitán de Puerto Sr. Oscar Barría Téllez. Las coordenadas geográficas de la zona de emplazamiento son latitud -45,16459 °S y longitud -73,52145 °W. El logger fue programado con intervalos de 10 minutos, con mediciones de 30 segundos en cada intervalo. La Estación quedó a 8 metros sobre el nivel del mar (**Figura 38**).

3.6 Objetivo específico 2.2.6: Implementar modelos de alta resolución en los siguientes sectores: Estrecho de Magallanes a Tierra del fuego (Canal Cockburn) incluyendo los sectores aledaños a Isla Clarence. Sector centro norte de la XI región, Archipiélago de los Chonos - Canal Moraleda. Extender la zona de alta resolución de Golfo Almirante Montt a fin de cubrir aquellas zonas bajo prospección determinadas en el grupo de objetivos específicos (1).

3.6.1 Modelos de alta resolución

Los modelos de alta resolución se pueden considerar anidamientos dentro del dominio de modelos regionales, de manera que los resultados del último pueden utilizarse como datos de entrada de los primeros. Esto es de gran ayuda donde hay carencia de información de terreno o cuando la información aportada desde modelos globales no es suficiente confianza; los modelos de alta resolución son implementados usualmente en aquellas zonas donde la complejidad de la línea de costa y batimetría requieren de una mejor definición de los cálculos computacionales, y es en estas zonas donde la información de los modelos globales (i.e. altimetría de onda mareal) presenta mayores errores.

Así, los modelos regionales descritos en el Objetivo 3.2.2 (**Figuras 1 y 2**) fueron utilizados para desarrollar modelos de alta resolución dentro de sus dominios.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

3.6.1.1 Modelo de Alta Resolución Archipiélago de Chonos

Con el fin de optimizar los limitados recursos informáticos, el objetivo 2.2.2 de análisis retrospectivo en el archipiélago de Chonos se suma a la modelación de alta resolución en la misma localización, de manera que el análisis retrospectivo cuenta a su vez con la mejora de la alta resolución aplicada en su dominio. Con esto se consigue que los resultados sean válidos tanto para el objetivo 2.2.2 pues la simulación tiene lugar en el mismo dominio de las simulaciones anteriores a la fecha, como también cumplen con el objetivo 2.2.6 de ampliar la alta resolución en el archipiélago de Chonos. Tal como se estipuló la alta resolución se extiende entre el canal King por el Norte y el canal Ninualac por el Sur con el borde oceánico como límite occidental y el canal Moraleda por el Este (aún éste último incluido en el dominio de alta resolución). El umbral para definir el tamaño de los elementos que conforman la malla flexible en dominios de alta resolución se definió por el número de estos elementos a lo ancho de los canales que se considera necesario para representar en cierto grado de confianza los patrones de circulación a media y gran escala. Este número arbitrario se fijó en un mínimo de 5 elementos, el cual permite elaborar una interpolación de la batimetría que defina tantos los bordes como el centro del canal (Figura 39). La alta resolución se aplicó en los canales principales y aquellos que se consideran relevantes para los flujos de circulación entre los canales interiores con los sistemas exteriores (océano abierto y fiordos de la zona continental).

Con estas premisas y un dominio de aproximadamente 200.000 km² que abarca desde el límite de las X y XI regiones por el Norte, la península de Taitao por el Sur y el meridiano 77° por el Oeste (**Figura 1**), la malla flexible queda conformada por cerca de 59000 elementos triangulares de tamaños que van desde los 12 km de lado en zonas oceánicas hasta por debajo de los 500 m en canales interiores y zonas someras.

Partiendo así de la malla flexible de alta resolución y junto con la metodología del objetivo 2.2.2 los resultados del modelo regional Chiloé-Aysén han sido obtenidos mediante sucesivas pruebas. Siendo la hidrodinámica en estuarios tipo fiordo regida por la entrada de onda mareal, la aceleración debida a la rotación de la Tierra alrededor de su eje, la batimetría, la estratificación por ingresos de masas de alta boyantes y el campo de viento (Valle-Levinson, 2010), serán estos mecanismos los que se irán añadiendo y modificando para determinar cuál o cuáles de ellos son los que controlan la hidrodinámica y el transporte a media y gran escala.

A continuación se describen los distintos modelos llevados a cabo y sus características:

001: modelo barotrópico de 2 capas sigma, forzante mareal (modelo global MIKE Zero 0.25°x0.25° resolución), sin forzante del viento. Resistencia de fondo (Figura 40) variable para evitar inestabilidades en los bordes, 1 metro en un área estrecha cercana a los bordes y 0.05 metros en el resto del dominio.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- 003: modelo barotrópico de 2 capas sigma. Forzante mareal (modelo global MIKE Zero 0.25°x0.25° resolución), sin forzante del viento. Resistencia de fondo variable, 1 metro en un área estrecha cercana a los bordes y 0.5 metros en el resto del dominio.
- 005: modelo barotrópico de 2 capas sigma. Forzante mareal (modelo global MIKE Zero 0.25°x0.25° resolución). Viento variable en el tiempo y constante en dominio; anemometría tomada en campaña Chonos Otoño 2014 mediante estación HOBO en isla Kent (44.55558°S/74.28941°W) Figura 26. Resistencia de fondo variable, 1 metro en un área estrecha cercana a los bordes y 0.5 metros en el resto del dominio.
- 006: modelo barotrópico de 2 capas sigma. Forzante mareal (modelo global MIKE Zero 0.25°x0.25° resolución). Viento variable en el tiempo y constante en dominio; anemometría tomada en campaña Chonos Otoño 2014 mediante estación HOBO en isla King (45.09069°S/74.17835°W) Figura 27. Resistencia de fondo variable, 1 metro en un área estrecha cercana a los bordes y 0.5 metros en el resto del dominio.
- 008: modelo barotrópico de 15 capas sigma. Forzante mareal (modelo global MIKE Zero 0.25°x0.25° resolución). Viento estación HOBO de isla King. Resistencia de fondo variable, 1 metro en un área estrecha cercana a los bordes y 0.5 metros en el resto del dominio.
- 010: modelo baroclínico de 15 capas sigma. Forzante mareal (modelo global MIKE Zero 0.25°x0.25° resolución). Viento estación HOBO de isla King. Resistencia de fondo variable, 1 metro en un área estrecha cercana a los bordes y 0.5 metros en el resto del dominio. Hidrodinámica de aguas someras resuelta por una integración temporal y discretización espacial de alto orden. Condiciones iniciales de temperatura y salinidad constantes en el dominio (10°C, 32 PSU, respectivamente). Forzantes de temperatura y salinidad en los bordes también constantes (10°C, 32 PSU, respectivamente). Se incluye el ingreso de boyantes de los ríos.
- 011: modelo barotrópico de 2 capas sigma. Forzante mareal (modelo global MIKE Zero 0.25°x0.25° resolución). Resistencia de fondo variable, 1 metro en un área estrecha cercana a los bordes y 0.5 metros en el resto del dominio. Viento variable en el tiempo y en el espacio; datos de viento (U/V a 10 metros sobre el suelo) obtenidos de la NOAA del modelo global de reanálisis NCEP/NCAR con una resolución espacial de 1.9° y calculados cada 6 horas.
- 012: modelo baroclínico de 15 capas sigma. Forzante mareal (modelo global MIKE Zero 0.25°x0.25° resolución). Viento estación HOBO de isla King. Resistencia de fondo variable, 1 metro en un área estrecha cercana a los bordes y 0.5 metros en el resto del

²⁹

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

dominio. Hidrodinámica de aguas someras resuelta por una integración temporal y discretización espacial de alto orden. Fuentes de agua dulce incluidas. Condiciones iniciales y forzantes de borde de temperatura y salinidad variables en el dominio y procedentes del modelo global Mercator de resolución 1/12°.

- 013: igual al modelo 012, pero cuya solución técnica para la integración temporal y discretización espacial de las ecuaciones de aguas someras del régimen baroclínico es resuelta en alto orden.
- 015: modelo barotrópico de 15 capas sigma. Forzante mareal (modelo global MIKE Zero 0.25°x0.25° resolución). Resistencia de fondo variable, 1 metro en un área estrecha cercana a los bordes y 0.5 metros en el resto del dominio. Viento variable en el tiempo y en el espacio; datos de viento (U/V a 10 metros sobre el suelo) obtenidos de la NOAA del modelo global de reanálisis NCEP/NCAR con una resolución espacial de 1.9° y calculados cada 6 horas.

Todas estas simulaciones están comprendidas entre el 7 y el 14 de Junio del año 2014, periodo en el cual se solapan con las mediciones de nivel medio del mar y correntometría euleriana con ADCP anclado de la campaña "Chonos-Otoño 2014. Se realizó una simulación más para este modelo estacional verano-otoño, basada en los avances y fallas de las anteriores, que comprendiera el periodo en que se realizaron las mediciones de correntometría lagrangiana con derivadores y de ADCP remolcado entre el 19 de mayo y el 4 de junio del año 2014. Esta simulación corresponde al modelo 018 de régimen baroclínico de 15 capas sigma que opera sus cálculos de hidrodinámica, temperatura/salinidad y turbulencia en bajo orden. Forzante mareal (modelo global MIKE Zero 0.25°x0.25° resolución). Resistencia de fondo variable, 1 metro en un área estrecha cercana a los bordes y 0.5 metros en el resto del dominio. Viento variable en el tiempo y en el espacio; datos de viento (U/V a 10 metros sobre el suelo) obtenidos de la NOAA del modelo global de reanálisis NCEP/NCAR con una resolución espacial de 1.9° y calculados cada 6 horas. Fuentes de agua dulce incluidas como entrada en la capa más superficial. Condiciones iniciales y forzantes de borde de temperatura y salinidad variables en el dominio y procedentes del modelo global Mercator de resolución 1/12°.

Con el fin de establecer diferentes escenarios estacionales que tengan en cuenta y pongan de manifiesto la relevancia de las variaciones intra-anuales en la descarga de agua dulce en el medio marino, así como los patrones de vientos típicos de cada periodo, se realizó un segundo modelo entre el 10 y el 30 de Octubre 2011. Este modelo se construyó siguiendo las mejoras que cada forzante aportó al modelo previo de Junio 2014 (malla flexible, condiciones de borde del nivel del mar, campo de masas) con la salvedad de que el forzante del viento proviene del modelo WRF. En resultados del objetivo 2.2.2 se compara y analiza el efecto de cada uno de estos 2 tipos de forzantes en la calidad de

los resultados. Siendo WRF un modelo construido sobre un enmallado de mayor resolución que GFS y por tanto, mayor variabilidad espacial, se optó por utilizar vientos WRF en la construcción de este segundo modelo para que refleje la variabilidad intraanual de los forzantes atmosféricos. Disponiendo tan sólo de datos de viento WRF para el año 2011, el modelo estacional se ejecutó en Octubre de tal año y no en el 2014, por lo que el modelo regional Chiloé-Aysén incluye variabilidad inter-anual además de intraanual.

Debido al diseño de las campañas oceanográficas las mediciones de correntometría lagrangiana y de ADCP remolcado se realizaron antes de la instalación de los equipos ADCP fondeados. Estas mediciones están dispersas en el tiempo y es por ello que no se incluyeron los periodos en que se realizaron dentro de las simulaciones de este modelo estacional invierno-primavera, lo cual alargaría en demasía el tiempo de cómputo comprometiendo resultados de otros objetivos. Por tanto, cada vez que se compara un transecto del flujo residual cuyos periodos de medición/simulación no coincidan se debe tener en cuenta que las condiciones ambientales del modelo no representan las mismas que acontecieron en el terreno cuando se realizó la medición y que hay un ingreso de incertidumbre en la comparativa. Además la evaluación de correntometría lagrangiana y de ADCP fondeados, sino que más bien representan estructuras y/o patrones cuyos criterios de validación son mejor sometidos a análisis visual que a un análisis fundamentado en meros valores estadísticos.

Para el periodo de Octubre 2011 no se realizaron validaciones correspondientes a correntometría lagrangiana por no haberse realizado tales mediciones en la campaña oceanográfica correspondiente a tal periodo.

Modelo de dispersión de partículas en Archipiélago de Chonos

A cada una de estas 2 simulaciones de escenarios de variabilidad intra-anual (Mayo-Junio correspondiente a un escenario de verano-otoño y Octubre correspondiente a un escenario típico de invierno) se implementaron sendos modelos desacoplados de transporte y dispersión de partículas (incluyendo advección y dispersión) para periodos de 72 horas correspondientes a sicigia y cuadratura. Los modelos de dispersión han sido diseñados para reproducir el peor escenario posible de infección en cada uno de los escenarios hidrodinámicos previos. Las partículas tendrán una dispersión máxima por 72 horas (esperanza de vida aproximada del virus ISA) desde 5 y 25 metros de profundidad (rango de profundidades de una jaula tipo de salmón) y en su dispersión no son alteradas ni degradadas en sus condiciones iniciales, salvo en su posición por flujos advectivos y difusivos. Las dispersiones de cada uno de estos escenarios (8 en total, **Figura 41**) parten desde cada agrupación de centros de cultivo salmonícolas localizados dentro del área de alta resolución del archipiélago de Chonos (canal King – canal Ninualac). La posición de estos centros se muestra en la **Figura 42**.

3.6.1.2 Modelo de Alta Resolución Golfo Almirante Montt

- a) **Dominio**: Este dominio tiene 14.800 elementos y se extiende por el oeste desde el canal Unión hasta el seno de Ultima Esperanza, incluyendo los senos Poca Esperanza, Obstrucción y Worsley entre los principales (Figura 43). La información batimétrica corresponde a sondas de cartas náuticas SHOA, digitalizadas manualmente en su mayoría, ya que la información digitalizada se encuentra segmentada y cubre solo algunos sectores. Se utilizaron distintos tamaños de elementos de acuerdo a la geometría de la cuenca dejando aquellos lugares de constricciones y estrechamientos con mayor resolución. El sector de menor resolución es el más cercano al borde abierto oeste (canal Unión) con un tamaño aproximado de 800m (Figura 44), en algunos lugares como pasos restringidos la resolución en este canal puede alcanzar 300m. El siguiente sector va desde el canal Morla Vicuña hasta los canales Kirke y Santa María, el primero alcanza una resolución de 200m mientras que las constricciones del Kirke y Santa María llegan hasta los 60m de resolución. (Figura 45). Desde este último sector hasta el Golfo almirante Montt incluyendo los brazos de distintos fiordos (Última esperanza, Worsley, Poca Esperanza) la resolución va desde los 200 a los 800m (Figura 46).
- b) Condiciones de borde: Las condiciones de borde de nivel del mar fueron extraídas del modelo regional en las cercanías de canal Unión, se extrajo una serie de tiempo horaria. En cuanto a temperatura y salinidad fueron utilizados observaciones provenientes de perfiles de CTD realizados en campaña oceanográfica en aquella zona.
- c) Condiciones iniciales: Las condiciones iniciales fueron utilizadas mediciones de CTDO de campaña realizadas por IFOP previamente y complementadas con datos CIMAR-FIORDOS en aquellos lugares en donde no habían mediciones de IFOP, si bien es cierto que los datos de IFOP y CIMAR no coinciden en el mismo año, el cubrir aquellas zonas con datos CIMAR-FIORDOS durante misma estacionalidad permite que la condición inicial mantenga el patrón de estratificación de aquel sector al interior del dominio, evitando problemas de gradientes abruptos por interpolaciones con pocos datos (Figura 47 y 48).
- d) Fuentes de agua dulce: Se utilizó el único registro de agua dulce en el sector perteneciente al caudal del rio Serrano de la DGA (Figura 49). Se impusieron fuentes aproximadas en otros lugares, especialmente en derrames de glaciares, que representan el mismo patrón temporal del rio serrano, pero siendo una porción más

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

pequeña, esto el 10% o 25% del caudal de rio Serrano. Esto es una aproximación absolutamente arbitraria, pero el hecho no imponer más entradas de agua dulce subestimaría en demasía el volumen de agua dulce que entra al sistema.

 e) Forzante atmosférica: Para el caso de información atmosférica fueron utilizadas distintas fuentes tales como: Modelo global atmosférico GFS, modelo global ECMWF y datos de estaciones meteorológicas ubicadas dentro del Golfo Almirante Montt.

f) Campañas oceanográficas en Golfo Almirante Montt

Durante agosto y septiembre de año 2012 se efectuaron cruceros oceanográficos Golfo Almirante Montt, en donde realizaron mediciones de correntometría. Las modelaciones son contrastadas contra estas observaciones.

Se realizaron mediciones de correntometría eulerianas en la columna de agua a través de anclajes de ADCP's, en modo de auto-contenido, durante los periodos estacionales con una duración de al menos 30 días. Acoplado a estas mediciones se realizaron mediciones de nivel del mar, por medio de mareógrafos con medición y registros de datos cada 10 minutos instalados a 10 metros de profundidad. (**Figura 50**).

g) Dispersión de partículas

Se realizaron simulaciones para verificar el comportamiento el modelo lagrangiano de dispersión de partículas versus la observación de boyas derivadoras. Los resultados son proyectados mediante mapas y tablas en el **ANEXO XIII**. Posteriormente se procedió a presentar un set de escenarios de hidrodinámica y dispersión de partículas simulados en el sector de Golfo Almirante Montt por un periodo de 72 horas. Los puntos de liberación de partículas obedecen a centros de cultivo de salmónidos actualmente operativos (**Figura XIII-4**).

Los escenarios básicamente se basan en cambios en condiciones de marea, viento y flujos de agua dulce. Para fijar una condición de viento extremo (tormenta) se utilizó información climatológica de la Dirección Meteorológica de Chile, bajo lo cual se estimó que el predominio en la dirección de los vientos máximos era NW - W para el Golfo Almirante Montt. Las condiciones de marea fueron fijadas en términos de periodos de sicigias y cuadraturas para cada dominio, mientras que los flujos de agua dulce se establecieron como caudales máximos o mínimos anuales (periodo deshielo y no deshielo) basados en la única fuente de información disponible (Rio Serrano).

3.6.1.3 Modelo Alta resolución Canal Cockburn

- a) Dominio: El dominio del modelo de alta resolución abarca el Estrecho de Magallanes desde Punta Arenas por el oriente, hasta la Isla Carlos III por el noroeste, hacia el suroeste, conteniendo el Canal Cockburn, y hacia el sur y sureste, el Seno Almirantazgo, y Bahía Inútil respectivamente. El dominio tiene 24023 elementos triangulares, cuyos tamaños varían entre 1 kilómetro cerca de las costas y 6 kilómetros en zonas profundas del Estrecho de Magallanes y la entrada del Canal Cockburn al Pacifico, mientras que dentro del Canal Cockburn, la resolución llega a los 400 metros en promedio. El dominio tiene 3 bordes, en el Estrecho de Magallanes a la altura de Punta Arenas (EM1), en la salida del Canal Cockburn hacia el Pacifico (COK) y en el Estrecho de Magallanes en la Isla Carlos III (EM2) (Figura 51).
- b) Resolución vertical: Para la discretización de la columna de agua del dominio, se utilizaron 20 niveles verticales con distribución sigma, la cual se distribuye de acuerdo a la superficie del fondo. Esta distribución se define a partir de 3 parámetros de distribución vertical:
 - a. $\sigma_{c_{c}}$ que es el factor de ponderación entre la distribución equidistante y la distribución de estiramiento, donde 1 es una distribución equidistante y 0 es una distribución más estirada. Se usó 0.1.
 - b. θ es el parámetro de control de superficie, oscila entre 0 y 20, se usó 5.
 - c. b es el parámetro de control de fondo, oscila entre 0 y 1, se usó 1.

Si $\theta < 1$ y b = 0, se obtiene una resolución vertical de equidistante. Al aumentar el valor de θ , la resolución más alta se consigue cerca de la superficie. Si $\theta > 0$ y b = 1, se obtiene una alta resolución tanto cerca de la superficie como cerca de la parte inferior.

c) Condiciones Iniciales: Se generó un campo estacionario de 3 dimensiones en todo el dominio para la distribución de temperatura y otro para salinidad. Estos volúmenes fueron construidos a partir lances de CTD de la campaña CIMAR3, etapa 2 (Figura 52) la cual contiene estaciones que cubren todo el dominio. Estas estaciones están distribuidas de forma que la estación más lejana a otra no supera los 60 kilómetros. A partir de estos lances, se realizó una interpolación bilineal dentro del dominio para la salinidad y la temperatura (Figuras 53 y 54). Estos datos son entre octubre y noviembre del año 1997, sin embargo la mayor cobertura y mayor densidad que ofrecen permiten que se generen las estructuras termo salinas verticales y horizontales esperables para la zona.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

d) Condiciones de borde: Las condiciones de borde del nivel del mar fueron obtenidas a partir del Modelo Regional de Magallanes, siendo previamente validado en cada borde. En el caso de EM1 se utilizó un mareógrafo en línea en Punta arenas (53.123°S, 70.861°W), cuyos datos están en línea en <u>http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/</u>. En EM2 se validó con un mareógrafo (53.772°S, 71.858°W) instalado en la campaña Cockburn verano 2014, que es parte de este proyecto. A su vez en COK se utilizó un mareógrafo instalado en el Seno Chasco (54.418°S, 71.109°W) durante la campaña Cockburn verano 2014 (Figura 55).

Las condiciones de borde de temperatura y salinidad fueron construidas a partir de los datos de la campaña CIMAR3, etapa2 (**Figura 52**), esto con el fin de poder establecer un equilibrio entre los bordes y el interior del dominio. Estos bordes son condiciones estacionarias que se mantienen durante la simulación, manteniendo la estratificación en la entrada al dominio (**Figuras 56, 57 y 58**).

- e) Forzantes atmosféricos: El viento (junto con la marea y las fuentes de agua dulce) es el forzante principal de la circulación estuarina, principalmente en las capas superficiales. Para forzar el modelo a través del viento se utilizaron campos de viento obtenidos de Reanálisis de GFS (Global Forecast System), perteneciente a la NOAA. Estos campos de viento tienen una resolución 1° x 1° (~100 Km), a intervalos de 6 horas, y son vientos a 10 metros de altura (Figura 59). En etapas posteriores del desarrollo de los modelos de alta resolución se busca trabajar con forzantes atmosféricos obtenidos de WRF (Weather Research and Forecasting), modelo que está en etapa de implementación.
- f) Forzantes de agua dulce: A través de la metodología explicada en el ítem "Fuentes de agua dulce", se obtuvo valores de caudales medios para distintas fuentes de agua dulce presentes en el dominio.
- g) Resistencia de fondo: A través del ajuste del tipo de resistencia de fondo, se buscó generar un canal más fluido para la entrada de ondas al dominio, aumentando la fricción en los bordes. En este caso se ha ocupado valores de altura de rugosidad de 0.05m.
- h) Técnica de solución: Con el objeto de aumentar la precisión de los cómputos, se evalúan las formas de discretización espacial y temporal, utilizando algoritmos de alto orden, estos son más precisos, pero aumentan el tiempo de cómputo.
- i) Viscosidad turbulenta: Se usó el modelo de viscosidad turbulenta (eddy) horizontal de Smagorinsky, el cual depende de las derivadas locales del campo de velocidad y el tamaño de la sub-grilla grilla de muestreo. Se utiliza un valor constante de 0.28. En el caso de viscosidad turbulenta vertical se utilizó la formulación κ-ε, la cual

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

describe la viscosidad vertical turbulenta como función de la energía cinética turbulenta (TKE), κ , y la disipación de TKE, ϵ . Se trabajó con intervalos de viscosidad turbulenta de 1.8e-6 y 0.2 m²s⁻

j) Modelo de dispersión de partículas

A partir de los resultados de los modelos hidrodinámicos de invierno y verano, se acoplo un modelo de dispersión de partículas el cual dispuso como fuentes de dispersión: A) Estero Estaples, b) Seno Lyell, c) Seno Chasco y d) Seno Brujo. Estos puntos fueron designados debido a la presencia de actividad acuícola y/o al la solicitud de instalación de centros de cultivos, los cuales están presentes en el dominio del modelo. Las dispersiones se realizaron a5 y 25 metros de profundidad, y los resultados presentados corresponden a la primeras 72 horas transcurridas desde la dispersión.

3.6.2 Campañas oceanográficas

A continuación se describe la metodología de medición para Aysén y Cockburn (Figura 60).

a) ADCP Remolcado

Para la realización de este estudio, se efectuaron mediciones con un ADCP en tiempo real, a través de un sistema de acoplado y remolcado del ADCP, utilizando para ello un perfilador acústico Doppler (ADCP) RDI Workhorse Sentinel de 150 kHz. Este equipo fue configurado con la opción Bottom Tracking, que permitió medir las corrientes durante un track de navegación a tiempo real por 24 hrs. El equipo fue fijado en un costado de la embarcación, remolcado y orientado hacia el fondo marino, a una velocidad inferior a 5 nudos. Los intervalos de medición se realizaron cada 5 segundos. Los tracks de navegación fueron posicionados mediante GPS Garmin 60cx. Los datos fueron almacenados inmediatamente en un archivo en el computador, al cual, el equipo va conectado. Las fechas, duración, tamaños de celda y otras informaciones de cada experimento se indican desde las **Tablas 3-4-5-6**.

Las mediciones de ADCP remolcado fueron utilizadas para extraer la corriente residual, definida como aquella parte de la corriente que queda después de remover las señales de frecuencia semidiurna y diurna durante uno o más ciclos de marea (Tee, 1977). Para esto los datos de compás del ADCP fueron corregidos siguiendo el método de Joyce (1989) y los datos erróneos de velocidades fueron removidos siguiendo el procedimiento explicado por Valle-Levinson&Atkinson (1999). La señal semidiurna de la marea, representada por la constituyente M2 con un período de 12,42 horas, y la señal diurna, representada por la constituyente K1 con un período de 23,93 horas, fueron separadas de la señal submareal de los componentes del flujo observado usando análisis de regresión sinusoidal de mínimos cuadrados (Lwiza *et al.,*

1991). La señal submareal representó el flujo residual o promedio de estas dos componentes armónicas para el período de mediciones. Por último los datos de velocidad fueron rotados en la dirección de más alta variabilidad.

Las mediciones de corrientes obtenidas con ADCP remolcado fueron complementadas con perfiles de temperatura, salinidad y oxigeno obtenidos a través de un CTDO, se efectuaron mediciones a lo largo del transecto en función de la frecuencia semidiurna de marea, la primera medición se efectuó al comenzar el transecto correspondiendo a la hora 0 (0h), el segundo transecto con estaciones de CTDO se efectuó aproximadamente 12 después de la primera medición (12h), durante el último transecto de ADCP remolcado se efectuó una medición final de CTDO pasada 24 horas desde el inicio (24h). La información de CTDO permitió acoplar campos de hidrografía (salinidad, temperatura y oxígeno disuelto), para conocer la distribución y variación durante un ciclo de marea diurno. De estos campos fueron seleccionados los que mejor representaron las mediciones de ADCP.

Es importante señalar que durante la campaña de canal Cockburn en la época invierno, no se incluyeron mediciones de CTDO debido a un desperfecto del equipo (Sea-Bird). Es por esta razón que los resultados de ADCP remolcado no incluirán análisis de CTDO.

En ambas zonas (Aysén y Magallanes), se seleccionaron secciones transversales a los principales canales y accesos al área de interés, con el fin de determinar la variabilidad transversal de los flujos con una duración mínima de un ciclo mareal completo (24.5 horas.).En la campaña efectuada en el archipiélago de Chonos durante primavera los canales estudiados fueron: Moraleda (parte norte y sur), King, Simpson, Goñi, Ciriaco, Memory, Bynon y Ninualac en tanto en otoño no conto con mediciones en Simpson, tampoco conto con mediciones en Moraleda sur, producto del mal tiempo, pero si se reemplazó por estudios más detallado en los canales Memory, Bynon y Pérez Sur (**Figura 61**). En tanto En el área de Cockburn en invierno y verano los sitios estudiados fueron: Canal Pedro, Seno Lyell, Bahía Inman, Canal Magdalena, Seno Bluff y Seno brujo (**Figura 62**).

b) ADCP Anclado

Se realizaron mediciones de correntometría eulerianas en la columna de agua a través de anclajes de ADCP's, en modo de auto-contenido, en los principales canales, durante los periodos estacionales con una duración de 30 días.

Para efecto de análisis y dado que estos instrumentos se refieren en forma original a la dirección del norte magnético, los registros son corregidos por la desviación magnética terrestre, indicada para la zona de estudio, quedando los datos referidos al norte geográfico. Después de corregir la dirección de la corriente se calcularon las componentes ortogonales U (este) y V (norte) de la corriente, las que son rotadas siguiendo los ejes de máxima y mínima variabilidad.

De los datos de corrientes obtenidos a través del ADCP anclado se calcularon los flujos residuales para las capas de 5-10-20-30-40-50 y 60m. Con el propósito de separar las oscilaciones de marea con las fluctuaciones asociada a un forzamiento distinto a la marea. Para ello cada componente de la corriente horaria (U y V) fue filtrada mediante un filtro de paso bajo Lanczos de 121 pesos con un periodo de corte de 40 horas, para tal efecto fueron empleados programas de Matlab ya preparados. Por otra parte y de manera análoga a las mediciones de ADCP remolcado a los registros de corrientes se les realizó un análisis armónico utilizando como entrada el algoritmo de Pawlowicz (2002a) el vector complejo de la forma: w = u+vi. El algoritmo utilizado para estimar la amplitud y fase y se basa en el algoritmo descrito por Godin (1972), Foreman (1977) y Foreman (1978) implementado por Pawlowicz (2002). Por lo tanto se definió la corriente total (VT) asociada a la corriente directa medida por el ADCP, es decir, la corriente por marea más la componente residual (vr) asociada a otros mecanismos (viento, topografía, inercial, etc.).

Para caracterizar la corriente en una forma estadística se realizaron tablas de incidencia de la corriente junto con cálculos de la media, máximo y desviación estándar. Además se construyeron histogramas de magnitud y dirección para determinar la frecuencia de la corriente en ambos casos.

Para determinar la dirección a lo largo de la cual la corriente oscila se calcularon los ejes de máxima varianza (EMV) por medio de un análisis de las componentes principales, que describen la información de un conjunto de variables observadas mediante un conjunto de variables más pequeña y que se obtiene de la descomposición en valores propios (autovalores) y vectores propios (autovectores) de la matriz de covarianzas.

Acoplado a estas mediciones se realizaron mediciones de nivel del mar, por medio de mareógrafos HOBBO con medición y registros de datos cada 10 minutos instalados a 10 metros de profundidad. Para caracterizar los procesos atmosféricos se instalaron estaciones meteorológicas automática modelo Davis 6152 Vantage Pro2 y HOBBO, capaces de medir dirección y velocidad del viento, temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar y presión atmosférica., (**Figuras 63 y 64**). Para complementar la información se realizaron mediciones corrientes lagrangianas, las cuales, se realizaron con boyas derivadores por un periodo de 48 horas (**Figuras 65 y 66**).

Es importante mencionar que debido a fallas técnicas del instrumental oceanográfico no se contó con mediciones del ADCP de canal Pérez Sur en la época de primavera. También se encontraron complicaciones en los mareógrafos instalados en canal Cockburn durante invierno y del archipiélago de Chonos en primavera

c) Mediciones de CTD-O

Para obtener registros en la columna de agua de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto se realizaron mediciones mediante CTD-O, con la finalidad de realizar perfiles de distribución de

estos parámetros observar, medir y relacionar su comportamiento en la columna de agua, para lograr caracterizar la estructura termo-halina, identificar estratificación, tipos de aguas y patrones de distribución. Se efectuaron en columna de agua desde superficie (1m) hasta la máxima profundidad de fondo dependiendo de la batimetría, la profundidad máxima de medición fue de 225m. Las mediciones se realizaron mediante un CTD seabird 19 plus V2 o en su remplazo un Sea&Sun. Es importante señalar que el segundo ctd solo fue utilizado en casos de emergencia.

Fue utilizado un protocolo estándar para la toma de muestra de acuerdo a las recomendaciones del SHOA disponible en: <u>http://www.shoa.cl/cendhoc/manual/index.htm</u>, . Para un óptimo resultado de los datos, se realizó un pos-procesamiento, siguiendo los procedimientos recomendados por el fabricante, software SBE Data Processing de SeaBird. En el caso de los datos de ctd Sea&Sun, fueron procesados mediante rutina MatLab 7.1.

Una vez que los datos han fueron procesados, se construyó una matriz numérica integrando salinidad (psu), temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/L), en función de la profundidad. Posteriormente se realizó una construcción graficas sinópticas, de secciones verticales con lugares geográficos estratégicos, mediante interpolaciones verticales y horizontales a través del software Ocean Data View 4.5. Finalmente una revisión sinóptica de los perfiles verticales permite descartar o corregir algún error final de tendencia o conjunto de datos de tendencia erráticas.

Para las campañas de Chonos primavera y otoño (**Figura 67**), se construyeron secciones verticales de canal King, canal Bynon y canal Ninualac. Para las campañas de Cockburn invierno y verano (**Figura 68**), se construyeron secciones verticales de paso Froward, canal Magdalena y canal Cockburn.

Las bases de datos son entregadas, como archivo texto plano (tabuladas, separadas por espacio y utilizando puntos). Cada archivo de texto posee un encabezado, donde se indica el origen de la fuente de datos, el lugar donde fueron tomados los datos, el instrumento utilizado y la posición geográfica del instrumento y/o datos. Para el caso de las bases de datos de CTDO, estos fueron construidos utilizando un formato estándar adecuado al software Ocean Data View (ODV), ODV es un software para la exploración interactiva y la visualización de datos oceanográficos y otras características georeferrenciadas, como ARGO, WOCE (WorldOceanCirculationExperiment), WorldOceanDatabase Project, SeaDataNet, WorldOcean Atlas, and Medar/Medatlasprojects. Estos datos son entregados en un dispositivo de almacenamiento digital (DVD) anexo a este informe.

3.7 Objetivo específico 2.2.7: Compra e instalación, con fondos del proyecto, de 03 licencias de software Mike Customised para su uso en la Subsecretaria de Pesca y Acuicultura, incluyendo en dicha instalación la capacitación de personal de la Subsecretaría de Pesca. Dicha capacitación deberá estar dividida en una primera etapa dirigida al uso de los resultados de MIKE generada hasta la fecha, debiendo en una segunda fase en un plazo no superior a 3 meses, realizarse una segunda capacitación la cual deberá ser dictada por especialistas de DHI en el uso y aplicación de Mike Customised.

MIKE CUSTOMISED es una herramienta de apoyo a las decisiones que permite el acceso inmediato a los datos generados por modelaciones previas realizadas por modelos hidrodinámicos, siendo un instrumento para el análisis, simulación y evaluación de condiciones oceanográficas.

Las actividades para llevar a cabo estos objetivos son las siguientes:

• Reunión IFOP-SUBPESCA:

Cuándo: Jueves, 14 de marzo de 2013 10:00-12:00 (CLST). Dónde: Subpesca Valparaíso, Puerto Montt- Dinamarca. (Video Conferencia).

El día 14 de marzo de 2013 se llevó a cabo la segunda reunión de trabajo entre profesionales de IFOP, representantes de la Subsecretaria de Pesca (SUBPESCA) y DHI Dinamarca en una videoconferencia tripartita entre Valparaíso, Puerto Montt y Dinamarca.

Participantes:

- 1. Juan Pablo Belmar, Subpesca
- 2. Elías Pinilla, IFOP
- 3. Carolina Oyarzo, IFOP
- 4. Thomas Uhrenholdt DHI, Dinamarca.

<u>Objetivo de la reunión</u>: Implementación, transferencia de tecnología y capacitación de un sistema interactivo (MIKE Customised) para análisis de conectividad y rastreamiento de virus (a través de "particle tracking") asociados a la actividad acuícola.

En resumen, se planificó una capacitación a Subpesca en Software MIKE Customised. IFOP fue el responsable de generar los campos hidrodinámicos, mientras que DHI hizo la instrucción a Subpesca en usos de datos del modelo hidrodinámico y su uso para dispersión de partículas.

- Requerimientos:
 - Se necesita de una licencia exclusiva para Subpesca del software MIKE Customised, que debe ser cubierta con fondos del proyecto. Lo cual se cumplió

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Se requiere los campos hidrodinámicos realizados por IFOP en la misma versión de software de MIKE Customised. Para esto se utilizaron datos de modelación hidrodinámica en el mar interior de Chiloé.
- Finalmente, la capacitación fue realizada entre el 17-28 de marzo de 2014.

Con la implementación de este software, SubPesca pretende crear una plataforma de visualización de los resultados obtenidos de MIKE 3 para usuarios dentro del sistema y/o vía web. Dentro de las múltiples herramientas de que dispone MIKE Customised se construyó la herramienta Dashboard Manager IMS, cuyo principal objetivo es la implementación de un sistema altamente flexible que permita desarrollar aplicaciones o herramientas por el usuario para responder a requerimientos específicos, que se corresponde con los objetivos requeridos por SubPesca.

La versatilidad de IMS no se reduce a la vinculación con los resultados de los modelos, sino que permite la inclusión de base de datos de toda la información que posea una referencia espacial (latitud, longitud), incorporando la posibilidad de incluir series de tiempo de diversos instrumentos o modelos como parte de la base datos.

El entorno de IMS proporciona la posibilidad de generar rutinas de acuerdo a los requerimientos del usuario, para lo que es necesaria la elaboración de códigos en lenguaje IRON PHYTON. De esta forma, el desarrollo de códigos en el entorno de IMS hace posible enfrentar el manejo de datos y la creación de herramientas de análisis para la información proporcionada por IFOP en sus diversos proyectos.

En las obligaciones que atañen al IFOP, éste cumplió en la entrega de los archivos de resultados de modelaciones de MIKE 3. Para ello se empleó un modelo utilizado en proyectos anteriores cuyo dominio comprende el mar interior de Chiloé, acotado en su borde Norte por la apertura oceánica del canal de Chacao, por el Sur-Oeste por la boca del Guafo y en el Sur por la confluencia del golfo del Corcovado con el canal Moraleda. El modelo representa la densidad en función de la temperatura y salinidad (régimen baroclínico) y consta de 25 capas sigma (siguen el contorno de la batimetría) y 18000 elementos triangulares forman la malla flexible que discretizan el dominio con diferente grado de resolución.

Una vez caracterizado el campo hidrodinámico se procedió a simular el modelo acoplado de dispersión de partículas para generar los archivos necesarios para la capacitación. En esta ocasión se tomó como referencia un posible caso real en el cual las partículas serían definidas con las mismas características del virus ISA en su masa, longevidad máxima, flujo, y tasas de decaimiento. Estas partículas serían dispersadas desde ciertas posiciones que se corresponden con centros de cultivo de salmones.

Con estos antecedentes, entre el 17 y 28 de Marzo 2014, Franz Thomsen (desarrollador de DHI) se desplazó a las oficinas de la Subsecretaría de Pesca en Valparaíso para dar inicio a 2 semanas en las que se implementaría MIKE Customised dentro del sistema y con acceso web, junto a la

correspondiente capacitación de los responsables de su uso y gestión. El calendario de actividades quedó definido de la siguiente manera:

- Lunes 17 de marzo: viaje a Valparaíso.
- Martes 18: Instalación del software y análisis de la información y datos, así como una evaluación de la información faltante.
- Miércoles 19: Configuración de interfaz web.
- Jueves 20: Configuración de interfaz web.
- Viernes 21: Ajustes del software para la conversión de los archivos de resultados de MIKE 3.
- Lunes 24: Ajustes del software para la conversión de los archivos de resultados de MIKE 3.
- Martes 25: Configuración del servicio de ejecución.
- Miércoles 26: Test del sistema.
- Jueves 27: Capacitación y entrenamiento de personal.
- Viernes 28: Últimos ajustes y dudas.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA

4. GESTIÓN DEL PROYECTO

a) Prospecciones de nuevas áreas

- Durante el mes de febrero de 2013 se realizó petición al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, por datos del programa CIMAR FIORDOS en la región de Magallanes, para obtener información en las cercanías de islas Rennell.
- El 24 de julio de 2013 Subpesca envía a IFOP vía correo electrónico 15 de los 20 sitios requeridos. IFOP requiere de la totalidad de los 20 sitios para gestionar arriendo y licitación de embarcaciones.
- El 12 de septiembre de 2013 Subpesca envía a IFOP los 5 sitios restantes, pero estos se encuentran en una zona alejada de acuerdo general que hace imposible su implementación, se acuerda que Subpesca entregará los 5 sitios restantes dentro del área acordada anteriormente.
- Las posiciones finales de los 20 sitios de prospección fueron determinadas en reunión entre IFOP y Subpesca para el 9 de octubre de 2013.
- Por calendario de arriendo de embarcaciones y licitaciones comprometidas se tuvo que recalendarizar el muestreo de prospecciones para el mes marzo de 2014.
- Para el mes de noviembre de 2013 se realizó una capacitación a personal de IFOP para la realización de batimetrías de precisión de acuerdo a normativa SHOA. Esta capacitación fue realizada por el experto Claudio Bernal.
- 7 de noviembre de 2013 se obtienen, luego de petición a Subpesca, los vértices geodésicos (monolitos) obtenidos durante estudios realizados por dicha cartera en la zona de Islas Rennell. Esto contribuye a minimizar costos y tiempo en instalación de vértices geodésicos en aquella zona.

b) Clúster de computo científico:

La cantidad de simulaciones requeridas para ese y otros proyectos en desarrollo hace absolutamente necesario contar con una capacidad de cómputo idónea que haga posible la realización de las modelaciones requeridas. Sobre este punto cabe señalar lo siguiente.

 Durante los meses de marzo, abril y mayo de 2013 se realizó una exhaustiva investigación sobre que equipamiento era necesario para llevar a cabo las tareas requeridas. Se consultó con expertos chilenos en modelación de alto rendimiento la configuración de equipos. Una

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

vez que se clarifica el tipo de equipo necesario se realizan peticiones a proveedores, lo cual resulta de alta complejidad ya que por tratarse de un área en Chile no muy desarrollada, existen muy pocos proveedores que puedan cumplir con los requerimientos.

 Finalmente en octubre de 2013, llega la única oferta que cumple las expectativas con una máquina con una totalidad de 128 núcleos, 256 GB de RAM y 16 TB de almacenamiento. El detalle del tipo de CLUSTER es el siguiente:

Clúster de Cómputo Científico Integrado en Fábrica compuesto por:

- Rack de 42U con PDU (Unidad de Distribución de
- Energía)
- Switch Infiniband Mellanox IS5022 de 8 puertos
- Switch Gigabit Ethernet de 24 puertos LG-Ericcson
- ECS4610-26T
- Cables Gigabit Ethernet
- Cables Infiniband de Cobre QDR
- Sistema Operativo Linux CentOS 6
- Software de Administración de Cluster SGI: Management Center Standard Edition
- Software de Administración de Carga de Trabajo
- Altair PBS Pro para 8 sockets con licencia: Altair PBS Pro para 8 sockets
- 1 Nodo de Líder SGI C2108-G9 configurado con:
 - Procesadores AMD Opteron 6344 de 12 núcleos de 2.6GHz y 16MB cache L3 (24 núcleos)
 - 32GB de memoria (8x4GB DDR3), 1600MHz
 - 5x 3TB 7.2K rpm 6Gbps 3.5" SATA (HDD)
 - Tarjeta PCIe LSI RAID con capacidad RAID 0, 1, 10, 5, 50, 60.
 - Tarjeta PCIe Infiniband Mellanox ConnectX-2 QDR de 1 puerto
- 2 Nodos de Cómputo SGI CH2106-G7 configurado con:
 - 4 Procesadores AMD Opteron 6376 de 16 núcleos de
 - 2.3GHz/16MB cache L3 (64 núcleos por servidor)
 - 128GB de Memoria RAM (16x 8GB Dual Rank Registered), 1333MHz
 - 1x Disco Duro SATA de 1TB 7.2K rpm
 - Incluye dos puertos Gigabit Ethernet e interfaz IPMI
 - Tarjeta PCIe Infiniband Mellanox ConnectX-2 QDR de 1 puerto
 - UPS marca East modelo EA-900 6000VA/4.200W Tecnología online doble conversión. Configuración entrada y salida monofásica. Tarjeta SNMP para administración y monitoreo remoto. Incluye 1 banco Interno de baterías para una autonomía de 20 minutos aprox. 3000VA, de carga.

- PGI Accelerator Fortran/C/C++ Workstation Linux License

- PGI Accelerator Fortran/C/C++ Workstation Linux 1 Yr Subscription
- La complejidad por el tipo de compra, ajustes de precios internacionales y actualización de piezas retrasó la implementación del clúster, que finalmente se implementó en diciembre de 2014. Se espera que para el 2015 se pueda utilizar en toda su capacidad.

c) Implementación de modelos ROMS y WRF

Para la implementación de ambos modelos IFOP realizó convenios con expertos a nivel nacional en desarrollo de estos modelos. Se firmaron los respectivos contratos con ambas instituciones quedando como punto relevante la colaboración y/o posibilidad de publicaciones científicas respecto de estas temáticas.

ROMS: Se realizó asesoría de la empresa OASC, cuyos miembros: Andrés Sepúlveda académico de la UDEC, Gonzalo Olivares académico de ULA y Osvaldo Artal de la UDEC poseen la experiencia suficiente para colaborar en este desarrollo.

WRF: Se realizó mediante asesoría con el Departamento de Meteorología de la Universidad de Valparaíso, específicamente con el profesor Jorge Arévalo, académico de dicho departamento.

d) Licencias MIKE 3 y MIKE Customised

Durante el desarrollo del proyecto se contempla la adquisición de licencias del Software MIKE 3 HD FM (modelo hidrodinámico) y MIKE CUSTOMISED (para post-procesamiento de SUBPESCA). El desarrollador de estos Software es el Instituto Danés DHI. Se actualizó la licencia de MIKE 3 a su última versión de manera tal de poder realizar simulaciones de alto rendimiento ya que en esta versión pueden ser utilizados múltiples núcleos del Clúster de forma paralela. También fue adquirida la licencia de MIKE CUSTOMISED para Subpesca de manera tal de poder realizar la capacitación en el mes de marzo de 2014. La capacitación de este software tuvo que ser acomodado a la disponibilidad de especialistas de DHI.

e) Seminarios y difusión

El Taller 1 de difusión organizado por el Instituto de Fomento Pesquero se llevó a cabo el martes 23 de julio de 2013. Se invitó a especialistas y actores relevantes para este estudio La presentación se realizó en el Hotel Gran Pacifico, salón Patagonia a partir de las 09:00 horas.

El Taller contó con la presencia de 3 expertos nacionales en temáticas relacionada con la modelación numérica en océano y atmosfera, estos son: Dr. Gonzalo Olivares, de la Universidad de los Lagos con la exposición "Fortaleza, limitaciones y potencialidades del ROMS en la zona sur austral de Chile", Dr. Elías Ovalle, de la Universidad de Concepción con "Algunas consideraciones de la circulación en el Reloncaví" y finalmente el experto y académico de la Universidad de Valparaíso Jorge Arévalo con su presentación "Consideraciones para la implementación y validación del modelo meteorológico WRF".

Además de la presentación de expertos nacionales participaron:

- Dr. José Luis Blanco, Director ejecutivo de IFOP
- Dr. Leonardo Guzmán, Jefe de la División de Investigación en Acuicultura de IFOP.
- Representantes regionales de SUBPESCA y SERNAPESCA
- Representantes de empresas Salmonicultoras
- Representantes de consultoras asociadas a la acuicultura

f) Reuniones de coordinación con SUBPESCA.

Estas reuniones, entre el ejecutor del proyecto (División Investigación en Acuicultura, IFOP) y la contraparte técnica (Departamento de Acuicultura, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura), tienen como propósito reforzar y conducir el desarrollo del proyecto hacia los temas más relevantes y que dieron origen a este estudio (*e.g.*, metodologías y grado de avance de las principales actividades asociadas al proyecto). Por otra parte, para un mejor desarrollo de las actividades comprometidas y para lograr una mayor cobertura participativa, se utilizaron los distintos medios al alcance (correo electrónico, telefonía y teleconferencia). La aplicación de esta modalidad de trabajo facilita la posterior colaboración ante requerimientos específicos que se generen en el desarrollo del proyecto.

Reunión coordinación Nº1:

Cuándo: Miércoles, 30 de enero de 2013 17:30-18:00 (GMT-04:00) Santiago. Dónde: Subpesca, Valparaíso - Dirección zonal IFOP, Puerto Montt. (Video Conferencia) El día 30 de enero de 2013 se llevó a cabo la primera reunión de trabajo entre profesionales de IFOP y representantes de la Subsecretaria de Pesca (SUBPESCA), en dependencias de dicha institución en Puerto Montt.

Participantes:

- 1. Cristian Acevedo, Subpesca
- 2. Juan Pablo Belmar, Subpesca
- 3. Luis Daza, Subpesca
- 4. Leonardo Guzmán, IFOP
- 5. Gastón Vidal, IFOP
- 6. Elías Pinilla, IFOP

Objetivo de la reunión: Discutir los principales aspectos metodológicos de la propuesta. De esta forma fue presentada cada una de las metodologías asociada a cada objetivo del proyecto. Especial énfasis tuvo el tratamiento del objetivo 3.2.7 "Compra e instalación, con fondos del proyecto, de 03 licencias de software Mike Customised para su uso en la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Para esto IFOP indicó que se realizarían talleres con especialistas de DHI Dinamarca, el primero en donde se afinarían las demandas específicas de SUBPESCA y el segundo donde se realizarían la implementación y transferencia de las herramientas antes expuestas. Juan Pablo Belmar de SUBPESCA indica que es preferible definir de antemano que herramientas serán implementadas, ante esto, IFOP sugiere que se realice una reunión con DHI Dinamarca para evaluar las posibilidades de desarrollo de este producto. Se acuerda una fecha estimativa para realizar reunión con DHI Dinamarca.

Reunión coordinación N°2:

Cuándo: Jueves, 14 de marzo de 2013 10:00-12:00 (CLST).

Dónde: Subpesca Valparaíso, Puerto Montt- Dinamarca. (Video Conferencia).

El día 14 de marzo de 2013 se llevó a cabo la segunda reunión de trabajo entre profesionales de IFOP, representantes de la Subsecretaria de Pesca (SUBPESCA) y DHI Dinamarca en una videoconferencia tripartita entre Valparaíso, Puerto Montt y Dinamarca.

Participantes:

- 5. Juan Pablo Belmar, Subpesca
- 6. Elías Pinilla, IFOP
- 7. Carolina Oyarzo, IFOP
- 8. Thomas Uhrenholdt, DHI, Dinamarca.

Objetivo de la reunión: Implementación, transferencia de tecnología y capacitación de un sistema interactivo (MIKE Customised) para análisis de conectividad y rastreamiento de virus (a través de "particle tracking") asociados a la actividad acuícola.

Juan Pablo Belmar, en una exposición, indica cuales son las necesidades de SUBPESCA en cuanto al procesamiento de resultados de los modelos hidrodinámicos desarrollados por IFOP, esto básicamente radica en realizar dispersión de partículas en distintos niveles. Thomas Uhrenholdt de DHI, presenta una metodología pensada en la conectividad de zonas

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

por medio de un modelo de dispersión de partículas que es capaz de crear mapas de probabilidades. Mike Customised es la interface del usuario, es decir cómo presentarlas y combinarlas luego del procesamiento de todas las fases.

Se considera que IFOP debería hacer correr el modelo hidrodinámico Mike 3 con dispersión e partículas y hacer post-procesamiento de partículas para luego incluirlos como base de datos del Mike Customised. Se concuerda que primeramente IFOP creará mapas de conectividad y luego se las entregará a la SUBPESCA. Se especifica los tipos de capacitaciones:

- 1) Thomas Uhrenholdt realizaría una capacitación por una semana sobre la aplicación para la conectividad y creación de mapas.
- 2) Mike Customised, cómo hacerlo, mantenerlo, etc., cuya capacitación lo realizaría otro experto de DHI por 1 a 2 semanas.

EL Software cumple dos funciones:

- 1) Planeamiento: a través de la conectividad se puede planear y tomar decisiones (por ejemplo planificación de entrega de concesiones).
- Pronóstico: se usa operacionalmente, por ejemplo en el caso de un derrame de petróleo, o marea roja. Es un sitio operacional que se utiliza para conocer exactamente la dirección de la partícula.

En resumen, IFOP hace la conectividad o campos hidrodinámicos, mientras que SUBPESCA los cálculos post proceso con Mike Customised. Se pide a DHI Dinamarca que envíe una propuesta por escrito que indique los detalles de la asesoría y los costos asociados.

Reunión coordinación Nº3

Cuándo Miércoles 24 de Jul de 2013 09:30 – 12:00 (CLT)

Ubicación Puerto Montt, Dirección Zonal, Valparaíso, Subpesca. (videoconferencia)

Participantes:

- 1. Juan Pablo Belmar, Subpesca
- 2. Luis Daza, Subpesca
- 3. Elías Pinilla, IFOP

<u>Objetivo de la reunión</u>: Dar a conocer a contraparte técnica de Subpesca Valparaíso, los alcances del pasado taller realizado el día 23 de julio de 2013 en la ciudad de Puerto Montt, y avances del proyecto a la fecha.

- Se expone por parte de Subpesca el tema de los Bancos Naturales, debido a que Contraloría General de la República cuestiona disposiciones de la LGPA y Reglamento de Concesiones de Acuicultura que señala que se deben medir hasta los 30 m de profundidad. A raíz de esta observación IFOP señala que no poseen cámaras y que el arrendamiento de estas es casi imposible de costear, más aún en Magallanes donde las profundidades son muchos mayores a 30 metros.

-IFOP señala que el modelo ROMS permite hacer modelamientos a niveles más regionales, lo cual, cumple con los objetivos esperados por el proyecto, sin embargo, no funciona del todo bien entregando información a altas resoluciones.

-También IFOP dio detalles del taller realizado el día 23 de julio de 2013, específicamente sobre consultas que surgieron por los sectores de investigación de la XII región correspondiente al Seno Skyring y Golfo Almirante Montt, donde se ubican centros de cultivo de salmones.

-En este último lugar se expuso con mayor énfasis el sector de Almirante Montt, donde en el citado taller se consultó por parte de los asistentes con respecto al oxígeno en las capas de agua más profundas, llegando a la conclusión que las tasas de residencia y recambio de estas son de periodos muy prolongados, y que por ende serian zonas de escasos niveles de oxígeno disuelto en las capas más profundas que podrían verse acentuadas por el consumo de oxígeno de los peces en cultivo, haciendo de estos lugares eventualmente poco aptos para la acuicultura.

Compromisos.

- IFOP deberá entregar un polígono de la zona de prospección.
- Entregar las presentaciones del pasado taller a Subpesca (nivel central y Puerto Montt).
- IFOP solicita las observaciones a preinforme final del proyecto en de Magallanes.
- IFOP solicita a Subpesca propuesta de "MIKE Customised" para agilizar el subcontrato con DHI Dinamarca.

- Reunión coordinación Nº4

Cuándo: lun 28 de Oct de 2013 11:00 – 14:30 (CLST) Ubicación Dirección Zonal Puerto Montt (videoconferencia)

- 1. Juan Pablo Belmar, Subpesca
- 2. Leonardo Guzmán, IFOP
- 3. Gastón Vidal, IFOP
- 4. Elías Pinilla, IFOP
- 5. Gabriel Soto, IFOP
- 6. Cristian Ruíz, IFOP

<u>Objetivo de la reunión:</u> Ejecución de Proyectos ASIPA actual, Elaboración de TTR para ciclo 2014 – 2015

- IFOP expone lo complejo que resultó el retraso en obtención de las áreas de prospección definitivas, ya que por temas de arriendo de embarcación no se podrá cumplir según lo estipulado por cronograma.
- Cristián Ruiz de IFOP, señala la metodología a utilizar en las prospecciones, indicando en detalle el tipo de batimetría a realizar.
- Se señala los convenios por desarrollos de modelos WRF y ROMS con asesores externos.
- Subpesca indica cuales son los proyectos a ejecutar para el ciclo 2014-2015 y se acuerda junto a IFOP a llegar a términos técnicos de referencia consensuados.
- Se acuerda para segunda semana de noviembre de 2013 la entrega de TTRs por parte de IFOP con las ideas señaladas por SUBPESCA.

Reunión coordinación Nº5

Cuándo: 29 de enero de 2014 11:00 – 14:30 (CLST) Ubicación: CTPA IFOP, Castro – Subpesca, Valparaíso (videoconferencia)

- 1. Juan Pablo Belmar, Subpesca
- 2. Elías Pinilla, IFOP
- 3. Gabriel Soto, IFOP

Objetivo de la reunión: Estado Ejecución de Proyecto

- IFOP expone el estado de avance del proyecto referido específicamente a las campañas de medición tanto en la zona de Magallanes como de Aysén, las cuales se encuentran con retraso de acuerdo al cronograma inicial.
- IFOP indica el estado de desarrollo de las modelación y de la complejidad en la adquisición de un Clúster de cómputo científico necesario para avanzar como mayor celeridad en las modelaciones comprometidas.
- Discusión de los nuevos proyectos ASIPA 2014 del área de oceanografía.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

Reunión coordinación Nº6

Cuándo: 12 de junio de 2014 15:00 – 17:30 (CLST) Ubicación: Puerto Montt, Dirección Zonal, Valparaíso, Subpesca. (Videoconferencia)

- 1. Juan Pablo Belmar, Subpesca
- 2. Gastón Vidal, IFOP
- 3. Elías Pinilla, IFOP
- 4. Gabriel Soto, IFOP

Objetivo de la reunión: Estado Ejecución de Proyecto

- IFOP expone el estado de avance del proyecto referido específicamente a las campañas de medición tanto en la zona de Magallanes como de Aysén, y se indican que a la fecha (12 de junio) se iniciaba la última campaña de medición de proyecto ubicada en la zona del archipiélago de conos, región de Aysén.
- IFOP indica el estado de desarrollo de las modelación específicamente en ROMS y WRF indicándose que se encuentran con retraso debido a la complejidad en la adquisición de un Clúster de cómputo científico y los temas administrativos y técnicos que han complejizado esta tarea y que son ajenos a la dirección del proyecto.
- IFOP indica a Subpesca que se ha solicitado una prorroga al Ministerio de Economía con el fin de postergar la entrega del informe final desde Agosto de 2014 hacia Octubre de 2014, para de esta manera incluir de buena forma los objetivos que se encuentran con mayor retraso.

Reunión coordinación Nº7

Cuándo: 10 de septiembre de 2014 15:00 – 17:30 (CLST) Ubicación: Puerto Montt, Dirección Zonal, Valparaíso, Subpesca. (Videoconferencia)

- 1. Susana Giglio, Subpesca
- 2. Gastón Vidal, IFOP
- 3. Elías Pinilla, IFOP
- 4. Gabriel Soto, IFOP
- 5. Cristian Ruiz, IFOP

Objetivo de la reunión: Estado Ejecución de Proyecto

 Ante el cambio de profesionales en la contraparte técnica de Subpesca y la integración de Susana Giglio como reemplazante de Juan Pablo Belmar. Se realiza esta reunión para incorporar e informar a la nueva profesional de Subpesca sobre metodologías y avances en el desarrollo de este proyecto.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

g) Convenio Mercator Ocean: 14/02/2014

En febrero de 2014 se firma un convenio con Mercator Ocean (**Figura 20 y 21**), esta es una institución de origen Francés perteneciente a un conjunto de prestigiosas instituciones relaciones al ambiente marino. Entre estas están CNRS (Centro Nacional de Investigación Científica), IFREMER (Instituto Francés para la Explotación del Mar), IRD (Instituto de Investigación para el Desarrollo), METEOFRANCE y SHOM (Servicio Hidrográfico Nacional).

Mercator Ocean tiene desarrollado un modelo global operacional del océano, y cuyos resultados pueden estar disponibles para distinto tipo de instituciones sin fines de lucro. En ese ámbito se firma un convenio con la posibilidad de contar con datos modelados por Mercator Ocean de los últimos 3 años (2011-2014) para la zona oceánica sur-austral de Chile. Las variables que están disponibles son temperatura y salinidad. Este tipo de información es vital para la construcción tanto de condiciones de borde como iniciales de los modelo regionales.



5. **RESULTADOS**

5.1 Objetivo 2.2.1

Prospección de Nuevas Áreas: Efectuar prospección en un total de 20 áreas predefinidas, modificando la ubicación de las mismas en caso de que las condiciones de terreno lo hagan necesario, haciendo levantamiento de información ambiental, compilar la batimetría disponible generando un modelo digital de elevación (DEM), levantar información hidrográfica (salinidad, temperatura oxígeno) y caracterización sedimentológica. Sumado a esto se debe realizar levantamiento batimétrico exploratorio de acuerdo a norma SHOA 3105.3.2.1.

Levantamiento de la información

Crucero CIMAR15 (Figuras 69-72): Este estudio se realizó entre 18-22 de octubre de 2009 entre el Estrecho de Magallanes y el Cabo de Hornos. La base de datos fue proporcionada por CENDHOC, a través de una solicitud formal vía electrónica.

Durante el crucero Cimar 15 la salinidad fluctúo entre 28,46 psu y 33,12 psu con una valor medio de 30,9psu. Mientras que los registro de temperatura estuvieron entre un rango de 5,28 - 8,42 °C, respectivamente, con un valor medio de 6,7°C. La sección vertical de la estructura termohalina, en el canal Smyth, presenta un columna de agua estratificada., sobre los 50m se observa una capa de menor salinidad marcada por la isohalina de 31psu y de temperatura menor a 7°C. Bajo los 100m se observa un estrato más profundo de características uniforme con salinidad de 33psu y temperatura de 8,5°C.

La distribución espacial horizontal de la estructura termohalina evidencia presencia de agua estuarina AE (<28psu) y de menor temperatura ≈6°C, marcada en la capa de 5m, sin embargo, en la capa de 25m se observa diferencias donde el AE, se manifiesta en la parte sureste, mientras que la parte noroeste que corresponde a la conexión oceánica, presenta salinidad mayores a 30 psu.

Crucero Islas Rennell: Durante el verano de 2013. Se realizó un crucero oceanográfico en las cercanías de Rennell específicamente en los canales Smyth, Cutler y Viel, perteneciente al proyecto ASIPA 2012: Caracterización y modelación de los patrones de circulación marina en la XII región de Magallanes, donde fueron realizadas estaciones de CTD-O (figura 73), midiendo parámetros hidrográficos como salinidad, temperatura y oxígeno disuelto. A continuación se detallan algunos resultados:

La salinidad estuvo entre rangos de 21,08 psu y máximos de 33,25 psu con una valor medio de 31,74 psu \pm 2,63. Los registros salinos tanto en el canal Smyth como en el canal Viel, presentan rangos y patrones similares, así los menores valores salinidad se presentaron en superficie (\approx 21psu), desde la superficie y hasta los 25m la salinidad experimenta un abrupto aumento para alcanzar valores de 30 psu. A partir de los 50m y hasta los 200m la salinidad sigue aumentando de

manera discreta, para formar un segundo estrato con valores de 33 psu. De esta manera, tanto en el canal Smyth como Viel, se observó una marcada haloclina (Figura 74). La distribución horizontal de la salinidad (Figura 75) no reveló diferencias espaciales marcadas entre el canal Smyth y el canal Viel, sino más bien confirma la marcada estratificación Observada en los perfiles verticales.

La temperatura presentó un mínimo de 8,36°C y máximo 15,5 °C, con una temperatura media de 8,92°C ±0,84. La capa superficial reveló los mayores registros térmicos, después un estrato profundo donde la temperatura es menor y estable (aproximadamente 8°C). En medio de estas dos capas se ubicó una termoclina demostrada por el abrupto descenso entre la superficie a 40 metros de profundidad, observada en ambos canales, es importante señalar que en canal Viel la isoterma de 9°C es localizada alrededor de los 50m, mientras que en el canal Smyth se ubica debajo de 25m (**Figura 76**). Sin embargo, al igual que la salinidad la temperatura no expuso diferencias espaciales significativas en la distribución horizontal (**Figura 77**).

El oxígeno disuelto durante este crucero estuvo entre mínimo de 6,35 mg/L localizado en la estación 4 a 202m, mientras que la máxima fue registrada en superficie (1m), en la estación 11 con 11,67 mg/L. la concentración de oxígeno media fue de 7,26mg/L \pm 0,89. El oxígeno también presentó una estratificación marcada a través de una oxiclina con concentraciones elevadas en superficie. Entre 1 y 40 m la concentración desciende abruptamente hasta valores \approx 7 mg/L. Entre 30-40 la concentración de oxigeno sigue disminuyendo aunque de forma monótona, presentando una estructura vertical casi homogénea (**Figura 78**). El oxígeno disuelto presentó diferencias espaciales marcadas en el estrato superficial (**Figura 79a**) donde la zona noreste presenta concentraciones mayores a 11mg/L, mientras que la zona suroeste presenta concentraciones menores a 10mg/L. una situación similar se observa en el estrato de 100m, las estaciones localizadas al norte del paralelo 52°S presenta concentración inferiores a 6,4 mg/L (**Figura 79d**).

Modelos de elevación Batimétrico (DEM)

La **Figura 80** muestra el modelo digital de elevación en los alrededores de islas Rennell, en dicho modelo se aprecia como la conformación batimetría hacia noroeste de isla Rennell (parte oeste del canal Smyth) la profundidad sobrepasa los 500m, mientras que hacia el sureste de la isla Silva Renard la profundidad es menor a 300m, la menores profundidades se localizaron alrededor de la isla Cutler (<100m). Cabe señalar que la información batimétrica aún sigue siendo insuficiente para identificar con exactitud las profundidades de aquellos sectores, y es más bien un forzamiento del método de interpolación. Las **Figuras 81, 82, 83, 84 y 85** muestran una ampliación del modelo digital de elevación para cada sitio en donde se realizaron las prospecciones.

Los resultados del estudio sedimentológico, la medición de parámetros hidrográficos (CTDO) y la batimetría serán, debido a lo extenso de los resultados y para una mejor compresión son entregados en **ANEXO I.**

5.2 Objetivo 2.2.2

Modelación de condiciones oceanográficas y patrones de circulación: Se debe realizar un análisis retrospectivo de los resultados obtenidos por el modelo hidrodinámico MIKE 3 en términos de la calidad de información obtenida y efectividad de los modelos aplicados hasta la fecha.

5.2.1 Modelo hidrodinámico en el mar interior de Chiloé.

Se realizaron simulaciones por un periodos variables de 3 a 10 días con el objeto de calibrar el modelo implementado. Las primeras 24 horas de simulación de cada corrida fueron removidas por ser consideradas dentro del periodo de estabilización. Los parámetros usados en cada corrida se encuentran en la **Tabla 7, 8 y 9**. Los resultados se detallan a continuación.

Boca fiordo Comau: Se evalúa la componente principal de la corriente (u_este-oeste) a 10 m. La primera y segunda simulación se implementó con los parámetros indicados en la **Tabla 7**. En estas simulaciones el único cambio que se realizó fue la técnica de solución y se aprecia claramente que la corrida 002 obtiene un mejoramiento sustantivo respecto de la primera simulación (**Figura 86**). La corrida 001 presenta un comportamiento anómalo y muy alejado de la serie medida, por tanto, para las siguientes simulaciones se mantendrá la técnica se solución de alto orden.

La corrida 008 tuvo un cambio en el modelo de turbulencia, desde un modelo LOG LAW hacia un K-Epsilon. Los efectos provocados por este parámetro respecto de la simulación anterior son marginales no generando ningún cambio en la estructura general de la serie (Figura 87). En la corrida 004 se mantiene el modelo de turbulencia K-Epsilon y se evalúa la resistencia de fondo con valor 0.05. Los resultados indican además de un pequeño cambio de fase con respecto a la simulación anterior, pero no se percibe ningún cambio relevante en el patrón general (Figura 88). La corrida 005 evalúa la acción del viento dentro de la modelación, por lo tanto, esta variable no es incluida dentro de la simulación. Los resultados muestran un gran cambio respecto de simulaciones anteriores, generando un patrón de mayores magnitudes, pero en un solo sentido (entrando al fiordo) (Figura 89).

Finalmente al no reproducir el patrón general de residuales saliendo del fiordo en el periodo simulado, se estimó que las condiciones iniciales de salinidad podrían estar mal representadas en las primeras capas, por tanto, se modificó el archivo cambiando las 2 primeras capas de salinidad esquematizando los datos de tal manera de representar de mejor forma la Salinidad superficial, esto estaría ocurriendo porque muchos de los datos de CIMAR Fiordos 10 no tiene valores encima de los 5 metros de profundidad, por tanto basados en datos de otros estudios en los fiordos se incorporaron aquellos datos. El resultado de este cambio se observa en la corrida009, se aprecia que el modelo logra replicar de mejor forma el patrón de la serie en ese periodo (Figura 90).

Al calcular el flujo residual de cada serie simulada comparada con la observada es evidente que la corrida009 (línea roja) obtiene los mejores resultados generando idéntico patrón al observado con una leve tendencia a sobrestimar los valores (Figura 91).

Chacao - golfo Ancud: Basado en las mismas simulaciones realizadas para la zona de Comau, se aprecia en los resultados que existe menor variabilidad asociado a cambio de parámetros dentro del modelo de acuerdo a lo observado en las **Figuras 92 y 93.** Es claro que el modelo tiende a subestimar los valores observados, los mejores resultados, aunque marginales, están asociadas a la corrida005 (**Figuras 94 y 95**), en cuyo caso el viento no fue incluido. El flujo residual de la serie observada muestra que el flujo tiende a salir hacia Chacao de manera persistente. De las simulaciones la única que establece una mayor relación con el patrón observado es la corrida005 (**Figura 96**).

<u>Invierno 2011</u>

Posterior al periodo de calibración realizada en el periodo de diciembre de 2010, se procedió a realizar simulaciones para el periodo de invierno del año 2011, considerando anclajes y remolcados de ADCP, se realizaron modificaciones simples dentro del dominio ajustando algunos tamaños de elementos.

Anclaje ADCP Chacao:

La **Figura 97** muestra la componente u-este de la corriente observada y modelada por MIKE 3. Sobre el lado izquierdo aparecen las series horarias y sobre el derecho las residuales. A los 5m de profundidad la serie observada horaria muestra intensos pulsos hacia el este, probablemente asociados a eventos de viento más intensos, lo cual, no es respondido adecuadamente por el modelo, sin embargo, la correlación de las series horarias muestra un valor de 0.6, explicado por un buen acuerdo de la fase de las corrientes en esta escala, mientras que porcentaje de error es de un 17.3% (Tabla 9). Para las series residuales la correlación alcanza un 0.27 mientras que error es de un 12.15% (Tabla 10).

Entre los 10 y 40 m. de profundidad se observan series que en la escala horaria se encuentran con un menor rango de error en torno a un 15% y altas correlaciones (0.6 a 0.88) (**Tabla 9**). Los residuales presentan un comportamiento general acorde al flujo observado, esto es, un flujo hacia el oeste, salvo lo que sucede en el periodo de cuadraturas, en donde, se observa un pulso hacia el este.

La **Figura 98** muestra un panel con la componente v_norte, en esta se observa que a los 5m la corriente observada horaria tiene movimientos periódicos e intensos hacia el norte, mientras que el modelo muestra la misma tendencia pero no replica las intensidades, la correlación alcanza un valor de 0.53 y un 17% de error (**Tabla 9**). Las series residuales muestran claramente estos pulsos

intensos los cuales son capturados por el modelo mostrando una correlación de 0.71, sin embargo, no replican completamente su sentido ni intensidad.

Entre los 10 y 40 m. la componente v_norte en la escala horaria muestra en general muy altas correlaciones con valores sobre 0.82 (**Tabla 9**) y errores menores al 17%. Las series residuales a estas profundidades en general tienden a disminuir las correlaciones a mayores profundidades, mientras que errores se encuentran en torno al 30% (**Tabla 10**).

Anclaje ADCP Comau:

La **Figura 99** muestra la componente u_este en la boca del fiordo Comau. A los 5m la serie horaria modelada muestra en general un buen comportamiento respecto a lo observado con un error del 17% y una correlación de 0.28 (**Tabla 12**). La serie residual muestra un buen acuerdo entre los pulsos observados y los modelados con un error del 25% y una correlación de 0.45 (**Tabla 13**).

Las series de 10 y 20 metros de profundidad muestran un patrón similar en las series horarias con correlaciones en torno a 0.23 y errores de 14% (**Tabla 12**). En las series residuales aún son notorios los pulsos evidenciados a los 5m, pero de menor intensidad lo cual el modelo logra establecer, pero sin replicar las intensidades mayores, sobre todo da los 20m. Las correlaciones se encuentran entre 0.27 y 0.40, mientras que el error es de 18% (**Tabla 13**).

ADCP remolcados

<u>Chacao - Golfo de Ancud:</u> En términos del patrón residual transversal observado en esa zona (**Figura 100**), un rasgo importante que se observa es un promontorio ubicado en la parte central del transecto con una profundidad aproximada de 50m. Aquí se muestra que los flujos al lado norte del transecto tienden a ir hacia el golfo de Ancud (valores positivos de u_este), mientras que el lado sur existe la tendencia de salir hacia el canal Chacao (valores negativos de u_este). Se calculó el flujo residual modelado (**Figura 100**) que muestra que el patrón general observado es replicado de buena forma, flujo entrando al golfo de Ancud por el lado norte y saliendo hacia Chacao por el lado sur. En término de magnitudes se observa que existe coherencia en cuanto establecer valores máximos aproximados a los 10 cm/s en ambos sentidos.

<u>Boca fiordo Comau:</u> La variabilidad transversal en la boca del fiordo (**Figura 101**) muestra en general un flujo que entra por el lado norte de la boca y tiende a salir por el lado sur, con una buena parte del flujo superficial saliendo de fiordo. El modelo reproduce la estructura de entrada por el lado norte y de salida por el sector sur a mayor profundidad, mientras que la parte superficial es replicada adecuadamente mediante un flujo de salida.

<u>Paso Nao</u>: Se observa que en la parte central del transecto existe un zona de baja profundidad (40 m) y que estaría dividendo es dos cuencas con características similares, por un lado flujos al lado este de cada cuenca saliendo hacia el golfo de Ancud y hacia el lado oeste de cada cuenca, flujos

de entrada al seno de Reloncaví y que tienden a desarrollarse hasta la capas más profundas (Figura 102). El modelo tiende a replicar el comportamiento, provocando flujos de salida y entrada muy similares a los observados mediante ADCP remolcado. Cabe señalar que el flujo residual calculado a través de ADCP remolcado tiene una pérdida importante de la capa superficial y que en este caso es aproximadamente 8m. Esto debido a la zona de blanqueo y validez de datos del ADCP de 150Khz.

<u>Boca fiordo Reñihué</u>: La **Figura 103** muestra en la parte superior el flujo residual realizado en la boca el Fiordo Reñihué, en el lado norte un flujo de 2 capas, una capa superficial de entrada que se extiende hasta los ~80m de profundidad y una capa de salida cercano al fondo, mientras que al lado sur del fiordo se observó un flujo de 3 capas el que consistió en un flujo de salida en superficie de ~40m de espesor con velocidades máximas de 10 cm/s, un flujo de entrada de ~100m y un flujo de salida en el fondo. El modelo logra replicar los patrones generales observados, presentando diferencias en la extensión del flujo residual de salida principalmente.

<u>Estero Palvitad</u>: El flujo residual presenta hasta los 60m un flujo de salida que es replicado de buena forma por el modelo, mientras que en la parte más profunda aparece un flujo de entrada que cubre entre los 70 y 120 metros, el cual no es reproducido de forma correcta. Al lado sur se observa un núcleo de entrada a los 140 metros el cual si es observado en la modelación (Figura 104).

<u>Golfo Corcovado</u>: Presenta un flujo hacia el norte en el lado oeste de la transecto con un núcleo de mayor intensidad concentrado a los 100 m, lo que es replicado por el modelo, mientras que la parte superficial y este de la transecto presenta un flujo hacia el sur (**Figura 105**). El modelo muestra un flujo en todo el transecto hacia el sur hasta los 50 m y tiende a debilitarse hacia la parte oeste.

En el **ANEXO VI Figuras VI-1, VI-2, VI-3 VI-4 VI-5 y VI-6** se presentan resultados de evaluación del modelo MIKE3 para otros 5 sectores del mar de Chiloé. Los resultados aquí muestran que en general las correlaciones se encuentran alrededor del 80%.

5.2.2 Modelo regional alta resolución archipiélago de Chonos.

En el año 2011 se realizaron modelaciones hidrodinámicas correspondientes al proyecto "Diseño y estudio técnico de Macrozonas de agrupaciones de concesiones en la Zona Sur Austral: X a XII Regiones". En el área del archipiélago de Chonos la confiabilidad del modelo se cuantificó con mediciones correspondientes a la campaña de Otoño (Abril-Junio) del mismo año 2011. Estas evaluaciones se realizaron con mediciones de la anomalía del nivel medio del mar y correntometría euleriana en las estaciones detalladas en la **Tabla 14**.

Los índices estadísticos utilizados en las validaciones, tanto de proyectos anteriores como del actual, son el error cuadrático medio normalizado (NRMSE) y el coeficiente de correlación (CC, expresado en %) de series de tiempo de la anomalía del nivel medio del mar y correntometría euleriana. Estos estadísticos dan un valor numérico a la estimación de cuán ajustados están los resultados de los

modelos respecto de las mediciones en amplitud y fase, respectivamente y así servir de indicador para la calibración y posterior validación del modelo (HDR, 2007).

En las tablas anexas se presentan los resultados estadísticos de validación correspondientes a la anomalía del nivel medio del mar y correntometría euleriana para las distintas estaciones de medición del proyecto "Macrozonas" (2011).

En la **Tabla 15** los índices estadísticos del nivel del mar en Gato, Melinka y Mercedes. Resultados todos ellos de buena calidad y con errores por debajo del 8% y correlaciones por encima del 98%.

En la **Tabla 16** validaciones de correntometría euleriana en Moraleda realizadas con ADCP a 10, 20, 30 y 40 metros de profundidad. La componente V, que es la componente principal debido a la orientación Norte-Sur del canal, presenta las mejores correlaciones, siempre positivas y hasta del 80%, mientras que la componente U de la velocidad aun cuando sus correlaciones son positivas son de bajo orden (07-24%)

La **Tabla 17** muestra los índices de validación de corrientes de marea en la boca del canal Puyuhuapi a 10, 20, 30 y 40 metros de profundidad. La componente U de la velocidad es mejor representada que la V, aunque con bajas correlaciones positivas y errores por encima de 25% en superficie que aumentan con la profundidad.

Las **Tablas 18 y 19** contienen los estadísticos resultantes de la evaluación realizada del modelo con correntómetros mecánicos Falmouth instalados a 15 metros de profundidad en las inmediaciones de isla Gusanos e isla Mercedes respectivamente. En isla Gusanos las correlaciones son positivas pero de bajo orden, con errores por encima de 30%. Por su parte isla Mercedes arroja buenos resultados modelados tanto en fase como en amplitud, comportándose el modelo correctamente en esta estación.

En este objetivo de análisis retrospectivo de resultados de modelaciones anteriores se enfrentan los índices estadísticos NRMSE y coeficiente de correlación de estas modelaciones del año 2011 con las actuales. Debido a los distintos objetivos en la caracterización del medio de las campañas oceanográficas de ambos proyectos, las mediciones y, por tanto las validaciones de cada modelo, se han realizado en distintos puntos. Por tanto no podemos cuantificar en qué medida han mejorado o no los modelos en aquellos puntos discretos de validación del año 2011, pero sí en una escala general que comprende todo el dominio.

Para cuantificar la validez de un modelo nos apoyaremos en el uso de índices estadísticos. HDR en 2007 utilizó al igual que IFOP la herramienta de modelación numérica MIKE3 para simular la hidrodinámica del puerto de Nueva York y New Jersey. Este modelo se aplicó sobre un dominio mucho menor en superficie y complejidad al regional de Chiloé-Aysén (y cualquier otro de la zona Sur de Chile) por tratarse de un sistema estuarino del cual se conocen con detalle las condiciones

iniciales y forzantes en toda su extensión. Se estableció un umbral de confianza de los resultados del modelo fijados en que en el 80% de los puntos de medición y posterior validación el coeficiente de correlación del nivel medio del mar fuera superior al 90%, en corrientes mareales superior al 80% y los errores NRMSE inferiores al 10% para el nivel medio del mar e inferiores al 20% para series de tiempo de corrientes eulerianas. Además, se ha tenido en cuenta también la capacidad del modelo para replicar estructuras hidrodinámicas, esto es cómo se distribuyen en la transversal de un canal desde la superficie hasta el fondo las componentes de la velocidad de las corrientes de marea. Esto último no es cuantificable tan bien cuantitativamente como lo es cualitativamente y a criterio del observador.

En el modelo regional Chiloé-Aysén, correspondiente al presente proyecto, los parámetros que se han evaluado han sido series de tiempo de la anomalía del nivel medio del mar, componentes U/V de correntometría euleriana y comparativa de flujos residuales de la corriente. Estas evaluaciones de los resultados de los modelos se han hecho frente a mediciones correspondientes a la campaña de Chonos – Otoño 2014, cuya posición y tiempo de registro de los equipos se detalla en la **Tabla 20** y en la **Figura 106**.

5.2.2.1 Anomalía del Nivel Medio del Mar Modelo Estacional Verano-Otoño

La oscilación del nivel medio del mar es debida a las variaciones periódicas de la onda de marea gravitacional y a la presión atmosférica. Los resultados del modelo se validaron frente a registros de mareógrafos instalados en la campaña "Chonos-Otoño 2014, registrando data cada 5 minutos. Allí donde hubo periodos sin información se recreó un pronóstico del nivel del mar a partir de las componentes mareales y los residuales (Foreman, 1977; Pawlowicz et al., 2002b). El periodo de simulación, a pesar de su breve longitud, se escogió para poder abarcar desde un mínimo de cuadratura hasta un máximo de sicigia.

Tabla 21 con estadísticos correspondientes a la anomalía del nivel medio del mar de isla Kent (45.08034°S/74.26964°W). Mareógrafo HOBO instalado por IFOP en campaña Chonos – Otoño 2014.

La **Figura 107** muestra la serie de tiempo correspondiente a la anomalía del nivel medio del mar del modelo regional Chiloé-Aysén **015**, que es la que mejor se ajusta a la observación registrada por el mareógrafo en tal periodo. NRMSE de 6.69% y CC de 97.19%.

Tabla 22 con estadísticos correspondientes a la anomalía del nivel medio del mar de canal King (44.55671°S/74.17909°W). Mareógrafo HOBO instalado por IFOP en campaña Chonos – Otoño 2014.

La **Figura 108** muestra la serie de tiempo correspondiente a la anomalía del nivel medio del mar del modelo regional Chiloé-Aysén **015**, que es la que mejor se ajusta a la observación registrada por el mareógrafo en tal periodo. NRMSE de 6.04% y CC de 98.17%.

Tabla 23 con estadísticos correspondientes a la anomalía del nivel medio del mar de canal Moraleda (44.40787°S/73.63625°W). Mareógrafo HOBO instalado por IFOP en campaña Chonos – Otoño 2014.

La **Figura 109** muestra la serie de tiempo correspondiente a la anomalía del nivel medio del mar del modelo regional Chiloé-Aysén **001**, que es la que mejor se ajusta a la observación registrada por el mareógrafo en tal periodo. NRMSE de 3.30% y CC de 98.98%

Tabla 24 con estadísticos correspondientes a la anomalía del nivel medio del mar de isla Teresa (44.96030°S/73.80513°W). Mareógrafo HOBO instalado por IFOP en campaña Chonos – Otoño 2014.

La **Figura 110** muestra la serie de tiempo correspondiente a la anomalía del nivel medio del mar del modelo regional Chiloé-Aysén **011**, que es la que mejor se ajusta a la observación registrada por el mareógrafo en tal periodo. NRMSE de 6.60% y CC de 97.94%.

Como se puede apreciar a través de las distintas tablas y figuras es que han sido aquellos modelos de régimen barotrópico los que han arrojado unas mejores resultados, siendo las diferencias entre ellos menores al 2% tanto para NRMSE como para CC. Los modelos baroclínicos han presentado peores resultados, especialmente el modelo regional Chiloé-Aysén **013**.

Los resultados de las distintas estaciones son satisfactorios, con NRMSE por debajo de 10% y correlaciones por encima de 95%. Los mejores resultados se lograron en el canal Moraleda, NRMSE = 3.2982% y CC=98.98%.

5.2.2.2 Correntometría euleriana con ADCP anclado Modelo Estacional Verano-Otoño

Al igual que para el nivel del mar, el uso de parámetros estadísticos (NRMSE y coeficiente de correlación porcentual) nos darán una medida cuantificable de la exactitud de nuestros modelos. La estadística se acompaña de los correspondientes gráficos en los que se representan por separado las series de tiempo de las componentes U y V de la velocidad de la corriente de cada estación donde se instaló un ADCP anclado a 4 profundidades: 5, 10, 20 y 40 metros por debajo del nivel medio del mar. Además junto a cada serie de tiempo se grafica el flujo residual de la corriente. Estos flujos residuales han sido calculados aplicando un filtro Lanczos de paso bajo de 121 pesos y un poder medio de 40 horas, lo cual es suficiente para eliminar las oscilaciones de marea diurna y semidiurna de las oscilaciones debidas a forzantes (Fierro *et al.*, 2003).

CANAL KING

En las **Figuras 111 y 112** se muestran las series de tiempo correspondientes a la velocidad de las componentes U y V del canal King, juntos con sus flujos residuales asociados, para cada una de las

profundidades dadas. Están representadas aquellas series de tiempo de los modelos cuyos estadísticos reflejan mejores resultados.

Tabla 25 con estadísticos de correntometría (componentes U/V) correspondientes a canal King (44.55991°S/74.08840°W) a 5 metros de profundidad. Validación realizada contra ADCP instalado por IFOP en campaña Chonos – Otoño 2014.El modelo **005** se mostró como el que mejor resultados aporta con NRMSE de 13.95% y CC de 88.76% para la componente U y NRMSE de 17.04% y CC de 80.77% para la componente V.

Tabla 26 con estadísticos de correntometría (componentes U/V) correspondientes a canal King (44.55991°S/74.08840°W) a 10 metros de profundidad. Validación realizada contra ADCP instalado por IFOP en campaña Chonos – Otoño 2014.El modelo **005** se mostró como el que mejor resultados aporta con NRMSE de 16.23% y CC de 87.57% para la componente U y NRMSE de 14.87% y CC de 81.81% para la componente V.

Tabla 27 con estadísticos de correntometría (componentes U/V) correspondientes a canal King (44.55991°S/74.08840°W) a 20 metros de profundidad. Validación realizada contra ADCP instalado por IFOP en campaña Chonos – otoño 2014. En las figuras 22 y 23 se representan las series de tiempo correspondientes al modelo **005**: NRMSE 19.52% y CC 78.22% para la componente U y NRMSE de 12.96% y CC de 83.89% para la componente V.

Tabla 28 con estadísticos de correntometría (componentes U/V) correspondientes a canal King (44.55991°S/74.08840°W) a 40 metros de profundidad. Validación realizada contra ADCP instalado por IFOP en campaña Chonos – Otoño 2014.Nuevamente el modelo **005** es el más preciso en esta estación con NRMSE 30.82% y CC 65.85% para la componente U y NRMSE de 11.98% y CC de 86.11% para la componente V.

En el canal King el modelo que en general mejor se comportó fue el regional Chiloé-Aysén **005**, aunque los resultados son bastante similares entre todos los modelos barotrópicos. Es destacable que mientras para la calidad de la señal de la componente U de la velocidad decrece gradualmente con la profundidad, para la componente V la calidad de la señal mejora con la profundidad. En cualquier caso, y salvo para la componente U a 40 metros de profundidad, los resultados son buenos con NRMSE por debajo 20% y CC por encima de 80%, acercándose en algunos casos NRMSE a 10% (V a 40 metros) y CC a 90% (U a 5 metros).

En cuanto a los flujos residuales se observa que en la componente U el modelo tiende a sobreestimar el flujo de la observación, manteniéndose durante todo el periodo en transporte neto positivo (hacia el Este) mientras la observación fluctúa en su dirección de transporte. En la componente V los flujos residuales a todas las profundidades están mejor correlacionados, estando observación y modelo en el mismo sentido de transporte neto hacia el Norte ambos; también el error es menor, cercano al 30% en las capas más profundas.
CANAL NINUALAC

En las **Figuras 113 y 114** se muestran las series de tiempo correspondientes a la velocidad de las componentes U y V del canal Ninualac, juntos con sus flujos residuales asociados, para cada una de las profundidades dadas. Están representadas aquellas series de tiempo de los modelos cuyos estadísticos reflejan mejores resultados.

Tabla 29 con estadísticos de correntometría (componentes U/V) correspondientes a canal Ninualac (45.03334°S/74.20163°W) a 5 metros de profundidad. Validación realizada contra ADCP instalado por IFOP en campaña Chonos – Otoño 2014.NRMSE 23.86% y CC 60.47% para la componente U (modelo **008**) y NRMSE de 22.13% y CC de 83.08% para la componente V (modelo **005**).

Tabla 30 con estadísticos de correntometría (componentes U/V) correspondientes a canal Ninualac (45.03334°S/74.20163°W) a 10 metros de profundidad. Validación realizada contra ADCP instalado por IFOP en campaña Chonos – Otoño 2014.NRMSE 21.82% y CC 65.06% para la componente U (modelo **008**) y NRMSE de 16.05% y CC de 91.07% para la componente V (modelo **005**).

Tabla 31 con estadísticos de correntometría (componentes U/V) correspondientes a canal Ninualac (45.03334°S/74.20163°W) a 20 metros de profundidad. Validación realizada contra ADCP instalado por IFOP en campaña Chonos – Otoño 2014.NRMSE 49.98% y CC 23.44% para la componente U (modelo 015) y NRMSE de 16.22% y CC de 90.12% para la componente V (modelo 005).

En el canal Ninualac los mejores resultados se presentan en modelos barotrópicos, presentando los modelos de régimen baroclínico correlaciones negativas o sustancialmente más bajas que sus homólogos barotrópicos. La componente V se comporta más fielmente a lo observado que U con correlaciones superiores al 90% y errores ligeramente superiores al 15%.

Los flujos residuales de la componente U del modelo se mantienen en todo momento por debajo del cero lo que muestra transporte neto hacia el Oeste, mientras que en la observación fluctúa entre U positivo y U negativo, tanto más intenso cuanto más cerca de la superficie. La componente V del flujo residual en Ninualac es negativa en todas las profundidades para ambas series de tiempo observada y modelada, sin embargo el modelo no responde bien a los forzantes externos pues se mantiene cercano al cero.

CANAL PÉREZ SUR

Tabla 32 con estadísticos de correntometría (componentes U/V) correspondientes a canal Pérez Sur (44.74305°S/73.79499°W) a 40 metros de profundidad. Validación realizada contra ADCP instalado por IFOP en campaña Chonos – Otoño 2014.NRMSE 28.22% y CC 74.06% para la componente U (modelo **006**) y NRMSE de 13.95% y CC de 88.31% para la componente V (modelo **015**).

En las **Figuras 115 y 116** se muestran las series de tiempo correspondientes a la velocidad de las componentes U y V del canal Pérez Sur, juntos con sus flujos residuales asociados, para cada una de las profundidades dadas. Están representadas aquellas series de tiempo de los modelos cuyos estadísticos reflejan mejores resultados.

Debido a un incorrecto registro del ADCP fondeado en el canal Pérez Sur sólo se dispone de la medición en la capa de 40 metros de profundidad. Es la componente V es la que presenta mejores resultados y que son más relevantes en el transporte y conectividad que la componente U por tener mayores amplitudes (orientación Norte-Sur de este canal). La señal de la componente V de la corriente sigue el patrón cuadratura-sicigia lo que da cuenta del carácter fuertemente mareal de este canal. Nuevamente son los modelos barotrópicos los que aportan mejores resultados estadísticos, siendo las diferencias entre estos despreciables.

A pesar de ser la capa más profunda (y sujeta a menor variabilidad por causa de los forzantes) con la cual efectuamos evaluaciones se puede observar que los flujos residuales presentan buenas correlaciones, tanto o mejores que las de la corriente mareal, por encima del 90%.

CANAL GOÑI

En las **Figuras 117 y 118** se muestran las series de tiempo correspondientes a la velocidad de las componentes U y V del canal Goñi, juntos con sus flujos residuales asociados, para cada una de las profundidades dadas. Están representadas aquellas series de tiempo de los modelos cuyos estadísticos reflejan mejores resultados.

Tabla 33 con estadísticos de correntometría (componentes U/V) correspondientes a canal Goñi (44.87104°S/74.03757°W) a 5 metros de profundidad. Validación realizada contra ADCP instalado por IFOP en campaña Chonos – Otoño 2014.NRMSE 18.63% y CC 91.51% para la componente U (modelo 010) y NRMSE de 35.28% y CC de 55.01% para la componente V (modelo 008).

Tabla 34 con estadísticos de correntometría (componentes U/V) correspondientes a canal Goñi (44.87104°S/74.03757°W) a 10 metros de profundidad. Validación realizada contra ADCP instalado por IFOP en campaña Chonos – Otoño 2014.NRMSE 20.15% y CC 93.95% para la componente U (modelo 010) y NRMSE de 36.07% y CC de 69.01% para la componente V (modelo 008).

Tabla 35 con estadísticos de correntometría (componentes U/V) correspondientes a canal Goñi (44.87104°S/74.03757°W) a 20 metros de profundidad. Validación realizada contra ADCP instalado por IFOP en campaña Chonos – Otoño 2014.NRMSE 17.52% y CC 88.73% para la componente U (modelo 011) y NRMSE de 29.97% y CC de 64.22% para la componente V (modelo 011).

Tabla 36 con estadísticos de correntometría (componentes U/V) correspondientes a canal Goñi (44.87104°S/74.03757°W) a 40 metros de profundidad. Validación realizada contra ADCP instalado

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

por IFOP en campaña Chonos – Otoño 2014.NRMSE 22.06% y CC 90.67% para la componente U (modelo **012**) y NRMSE de 46.50% y CC de 47.02% para la componente V (modelo **013**).

La componente U es la más energética con mayores amplitudes de velocidad, atribuible a la orientación Oeste-Este del canal. En este canal fueron los modelos barotrópicos los que mejor reprodujeron el comportamiento dinámico. Los modelos baroclínicos, y especialmente en la componente U presentaron buenas correlaciones (90%), incluso mejores, pero con mayores errores que sus homólogos barotrópicos en las capas más superficiales. La componente V es de un carácter secundario en cuanto a intensidad y con un comportamiento menos armónico que U y más sujeto a oscilaciones de alta frecuencia. Para V los estadísticos son de menor calidad, pues hay una serie de eventos entre el 12/06/14 y el 13/06/14 que rompen el comportamiento armónico y que no son reflejadas en el modelo.

Son esos mismos eventos los que descompensan el flujo residual de la componente V que hasta ese entonces eran muy parejas entre observado y modelado. Esto hace que en V a 5 metros de profundidad (**Figura 118**), la capa más superficial donde las altas frecuencias debidas al viento son más evidentes, la correlación del flujo residual sea negativa. En las demás capas y tanto para U como para V las correlaciones y sus errores relativamente buenos (NRMSE en torno a 20% y CC de 90%), siguiendo el modelo la tendencia que marca el residual de las observaciones como se ve claramente en el zoom de la componente U a 5 y 10 metros de profundidad respectivamente (**figura 117**).

Parte del objetivo 2.2.6 establece la implementación de sendos modelos de dispersión de partículas a partir de modelos hidrodinámicos que tengan en cuenta la variabilidad estacional de los forzantes atmosféricos y de los ingresos de agua dulce en periodos de sicigia y cuadratura, como se muestra en la **Figura 41**. La modelación validada con mediciones de la campaña "Chonos-Otoño 2014" sirve de base para el escenario estacional verano-otoño. El segundo escenario estacional será de invierno-primavera y su modelo hidrodinámico (que abarca entre el 10 y el 30 de Octubre del 2011) evaluado frente a mediciones de la campaña "Chonos-Primavera 2011", cuyos equipos registraron en las fechas y posiciones que se detallan en la **Tabla 37** y la **Figura 119**.

Al igual que el modelo Chiloé-Aysén verano-otoño, el modelo correspondiente a invierno-primavera presenta su evaluación de series de tiempo de anomalía del nivel medio del mar y correntometría euleriana en esta sección, dejando la correntometría con ADCP remolcado o *Bottom Track* para el objetivo 2.2.6.

5.2.2.3 Anomalía del Nivel Medio del Mar Modelo Estacional Invierno-Primavera

En este segundo modelo se pretendió dar una mayor cobertura a la evaluación de los resultados buscando una mayor robustez en la validación. Para ello se utilizaron mediciones del nivel del mar tanto de la campaña oceanográfica IFOP de tal fecha ("Chonos-Primavera 2011") como de series de

tiempo pronóstico a partir de registros de otras campañas (utilizando el algoritmo T-Tide) y un mareógrafo del servicio de la Armada de Chile (ver **Tabla 37**).

La **Tabla 38** recoge los estadísticos correspondientes a las evaluaciones de la anomalía del nivel del mar de las siguientes figuras.

La **Figura 120** muestra la comparativa de la anomalía del nivel mar en el canal Chacabuco con un NRMSE del 7.34% y una correlación de 94.93%.

La **Figura 121** muestra la comparativa de la anomalía del nivel mar en isla Colorada con un NRMSE del 5.84% y una correlación de 97.11%.

La **Figura 122** muestra la comparativa de la anomalía del nivel mar en el islote de Quetros con un NRMSE del 6.26% y una correlación de 96.37%.

La **Figura 123** muestra la comparativa de la anomalía del nivel mar en Melinka con un NRMSE del 5.25% y una correlación de 98.23%.

La **Figura 124** muestra la comparativa de la anomalía del nivel mar en el fiordo Comau con un NRMSE del 8.23% y una correlación de 97.31%.

La **Figura 125** muestra la comparativa de la anomalía del nivel mar en el canal Chacabuco con un NRMSE del 5.72% y una correlación de 97.33%.

Todos los estadísticos se mantienen en valores considerados aceptables (NRMSE < 10%, y correlaciones > 90%) para poder validar el modelo.

5.2.2.4 Correntometría euleriana con ADCP anclado Modelo Estacional Invierno-Primavera

Ver Tabla 37 y Figura 119 para ver tanto posición como tiempo de registro de estos equipos.

CANAL CHACABUCO

Las **Figuras 126** y **127** muestran las series de tiempo de correntometría euleriana registradas con ADCP anclado y descompuestas en sus componentes ortogonales U y V, respectivamente, a 5, 10, 20 y 40 metros de profundidad. Además se adjunta la serie de tiempo del flujo residual (obtenidas con un filtro Lanczos de paso bajo de 121 pesos y un poder medio de 40 horas). En la **Tabla 39** se presentan los estadísticos de la evaluación de ambas series de tiempo modeladas frente a las mediciones del total del flujo y el residual.

La componente U es la más energética con una amplitud cercana a 1.5 m/s en sicigias en la superficie. El modelo se ajusta aceptablemente bien, con errores entorno al 10% y correlaciones superiores a 90%. Los flujos residuales presentan correlaciones positivas y tendencias similares, salvo a 40 metros, lo que indica que el modelo asimila correctamente los forzantes en este sector. La profundidad de 40 metros es significativa pues en la componente V tiene una mayor amplitud y un flujo cercano a cero, mientras que en capas más someras la amplitud es menor y el flujo en promedio es marcadamente positivo hacia el Norte. Por su parte el modelo en la componente V es más preciso cuanto más profundo, al igual que la correlación en la fase de los pulsos. Esto parece indicar que en la componente V el modelo no reproduce tan bien los forzantes como en U. La capa más profunda (40 metros) de mayor componente mareal es la que presenta mejores estadísticos (NRMSE 13.09% y correlación 81.45%).

CANAL DARWIN

Las **Figuras 128** y **129** muestran las series de tiempo de correntometría euleriana registradas con ADCP anclado y descompuestas en sus componentes ortogonales U y V (junto a sus flujos residuales) respectivamente, a 5, 10, 20 y 30 metros de profundidad. En la **Tabla 40** se presentan los estadísticos de la evaluación de ambas series de tiempo modeladas frente a las mediciones del total del flujo y el residual.

La componente U del flujo no es bien simulado por el modelo; si bien el flujo observado es en promedio cercano a cero, el modelo fuerza a la corriente a fluir en promedio hacia el Oeste durante los 20 días de simulación.

La componente V es más energética que U, lo cual se explica por la posición de la estación dentro del canal Moraleda Sur, y resguardada de la boca del canal Darwin por la isla Milahues. Los errores del total de la velocidad son cercanos a 20% y aunque las correlaciones están entorno al 50%, las tendencias de baja frecuencia son similares en sentido y fase. Las correlaciones del flujo residual V mejoran los resultados del bruto o total.

PASO CASMA

Las **Figuras 130** y **131** muestran las series de tiempo de correntometría euleriana registradas con ADCP anclado y descompuestas en sus componentes ortogonales U y V (junto a sus flujos residuales) respectivamente, a 5, 10, 20 y 40 metros de profundidad. En la **Tabla 41** se presentan los estadísticos de la evaluación de ambas series de tiempo modeladas frente a las mediciones del total del flujo y el residual.

La componente U es la más energética con una amplitud cercana a 0.75 m/s en superficie en sicigia. En las capas superficiales (5 y 10 metros) de la componente U tanto modelo como observación

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

fluyen en promedio hacia el Oeste, aunque el modelo sobrestima tal flujo (hasta en un 200%). A 20 y 40 metros el modelo sigue desplazando agua hacia el Oeste, mientras que en la observación el promedio es cercano a cero. Por tanto, la capa superficial está sobreestimada en magnitud y espesor en el modelo.

En la observación de la componente V el flujo residual o promedio es hacia el Norte a 5 y 10 metros durante los 20 días de comparativa. El modelo por su parte fluctúa entre Norte y Sur a 5 metros y es cercano a cero en las demás profundidades, al igual que la observación en las capas más profundas a 20 y 40 metros. Los errores son menores a 20%. Las correlaciones del total del flujo para ambas componentes U y V son positivas, no así las correlaciones del residual lo cual indica una mala estimación y asimilación de los forzantes, que por la ubicación en la confluencia de las salidas del fiordo Aysén y Elefantes deben ser principalmente flujos de agua dulce en su desplazamiento hacia el Oeste (agua saliendo del fiordo Aysén) y hacia el Norte (agua saliendo del fiordo Elefantes).

5.2.2.5 Análisis de sensibilidad: viento modelo GFS vs modelo WRF

Con la metodología utilizada en el modelo 018 de reanálisis se implementaron 2 nuevos modelos hidrodinámicos que sólo difieren entre sí en el forzante del viento (**Figuras 30 y 31**). Esto permitirá determinar cuál forzante atmosférico es más óptimo en la mejora de calidad de los datos. Estos modelos se ejecutaron entre el 1 y el 20 de Mayo del año 2011 y fueron evaluados frente a los mareógrafos y ADCP fondeados registrados en la **Tabla 14**.

La **Tabla 42** contiene estadísticos de la anomalía del nivel medio del mar en el estero Gato (**Figuras 132, 133**), Melinka (**Figuras 134, 135**) e isla Mercedes (**Figuras 136, 137**). En las 3 estaciones la calidad de los datos, ya buena de por sí, mejora levemente (menor al 1%) con el uso del modelo WRF. La mayor relevancia de un modelo atmosférico sobre el otro, sin embargo, tiene que venir de la evaluación de la correntometría euleriana, pues el papel del viento sobre el nivel del mar se limita a casos de apilamiento de agua (o desalojo) y principalmente debido a la presión atmosférica.

Las **Tablas 43 y 44** muestran los estadísticos de evaluación de la correntometría euleriana correspondientes a las series de tiempo de las componentes U y V de la velocidad en el canal Moraleda, respectivamente, las cuales a su vez se representan gráficamente en las **Figuras 138 y 139**. Por la orientación del canal Moraleda la componente V es la principal, como así se observa en la amplitud de la señal. El modelo WRF disminuye los errores hasta casi un 15% y mejora las correlaciones tanto más cuanto más cerca de la superficie (hasta un 35% en superficie).

Las **Tablas 45 y 46** muestran los estadísticos de evaluación de la correntometría euleriana correspondientes a las series de tiempo de las componentes U y V de la velocidad en el canal Puyuhuapi, respectivamente, las cuales a su vez se representan gráficamente en las **Figuras 140 y 141**. El equipo se instaló en la salida del canal Puyuhuapi con el canal Moraleda. Ambas componentes son relevantes. Tanto en U como V los errores son similares entre los dos modelos, y

mientras que las correlaciones de fase del modelo WRF empeoran respecto del modelo GFS en las capas más profundas de la componente U a 20 y 40 metros, en el resto mejoran, en algunos casos hasta el 35%.

5.2.3 Modelo hidrodinámico regional Magallanes.

Las nuevas simulaciones realizadas con el modelo Regional de Magallanes 2014 (**MRM14**) mostraron una mejoría con respecto a la simulación del modelo Regional de Magallanes realizado en el proyecto ASIPA 2012 (**MRM12**), el cual también es barotrópico. Cambios en la interpolación del modelo de elevación digital, provocaron una propagación más sutil de la onda de marea a través de los canales, evitando efectos excesivos de resonancia producto de la batimetría. A su vez, el ajuste de la fricción de fondo cerca de los bordes ha permitido que la onda entre sin ruidos provocados por los limites, permitiendo la generación de las estructuras esperadas en la marea, especialmente en zonas de canales, cuyas disposición espacial contiene una gran complejidad, especialmente en la zonas interiores de Seno Skyring, Golfo Almirante Montt y Canal Messier. La presencia de máximos espectrales en altas frecuencias en el espectro de energía del nivel de mar en zonas interiores da cuenta del desarrollo de componentes de aguas someras en el modelo.

El **MRM14** fue evaluado en los 3 puntos considerados en **MRM12**, con datos observados desde mareógrafos (**Tabla 47**), estos son:

Morla Vicuña: Los resultados indican una mejoría en la reproducción de la onda de marea, donde la correlación mejoró de 85.11% en MRM12 a 90.22% en MRM14 (**Tabla 48**), lo cual se refleja en una correcta reproducción de la fase de la onda de marea y su estructura semidiurna, mientras que el error fue de 22 cm (2cm menos que MRM12), acentuando esta diferencia principalmente en la componente diurna. Por su parte la desviación media (BIAS) fue de 0.018m, casi 10 centímetros menos que MRM12, que presento una desviación media de 0.028 m (**Figura 142**).

Caleta Meteoro: En Caleta Meteoro se apreció una leve mejora en la correlación, aumentando de 96.83% en MRM12 a 97.59% en MRM14 (**Tabla 48**). Si bien, la onda ya estaba bien representada en el primer modelo, esta vez, las amplitudes se ajustaron mejor obteniendo un error menor a 9 cm, aumentando un centímetro con respecto a RMR12, sin embargo, la onda es representa con una alta fidelidad debido a su cercanía con el océano abierto, lugar donde la onda no es perturbada por accidentes batimétricos ni topográficos (**Figura 143**).

Puerto Edén: En Puerto Edén se produjo la mayor diferencia entre ambos modelos analizados, obteniendo una correlación de 96.72% en **MRM14** contra el 88.70% obtenido en **MRM12**, a pesar de presentar un buen ajuste entre las fases observadas y modeladas, las amplitudes en el **MRM12** fueron subestimadas, presentado un error de 18cm, en cambio en el **MRM14**, este error se reduce a 12 cm. La desviación media entre **MRM14** y los datos observados fue de -0.009m, mientras que en el **MRM12** este fue de 0.12m. Notar el cambio de signo, sugiriendo valores levemente sobrestimados en el nuevo modelo (**Figura 144**).

Simultáneamente y con el objeto de evaluar el **MRM14** para ser utilizado como condición de borde y condición iniciales de modelos de Alta Resolución en la Región de Magallanes, se evaluó en otros 7 lugares (**Tabla 47**), estos son:

Punta Arenas: El modelo en Punta Arenas presento un 80.352% de correlación con la marea observada, evidenciando un relativamente buen ajuste de las fases, aunque presenta un desfase máximo cercano 70 minutos en algunos pasos de tiempo (Figura 145). La presencia de las 2 angosturas es una fuente de perturbación de enorme importancia en la propagación de la onda de marea desde el Atlántico hacia el Estrecho, produciéndose la mayor atenuación en lado oriental del estrecho, entre la Primera Angostura y la Segunda Angostura (Salinas *et al*, 2004a). Sin embargo el modelo fue capaz de construir la estructura la señal semidiurna. El error entre el modelo y lo observado fue de 32 centímetros, mientras que la desviación media alcanzó los 0.002 m (Tabla 48).

Puerto Deseado (Argentina): Se realizó una evaluación del modelo en Puerto Deseado, Argentina, debido a su cercanía con el borde oriental del dominio (**Figura 146**). Los resultados indican un buen ajuste de la señal de marea con la observada permitiendo a la onda simulada estar en fase con la observada, logrando una correlación de 98.52%, un error de 26 cm y una desviación media de 4 cm con la marea observada (**Tabla 48**). La alta correlación y con un bajo error permiten asegurar que por el borde oriental del dominio, las condiciones de borde están en concordancia con lo esperado.

Seno Chasco

En Seno Chasco el modelo también presentó una gran eficiencia en la replicación de la señal de marea, debido en parte a su cercanía con el océano abierto, lugar donde la marea se propaga de manera fluida lo que la hace simple simular. En general las fases fueron similares, alcanzo un correlación de 94.135% (**Figura 147**), sin embargo las amplitudes alcanzaron un error de 13 cm, con una desviación media de -1.8 cm (**Tabla 48**). Estos resultaos serán usados para generar las condiciones de borde del nivel del mar en el Modelo de Alta Resolución en Cockburn

Bahía Escondida

En Bahía Escondida la marea presento valores de correlación de 90.77% con mareas observadas a partir de un mareógrafo instalado en la Campaña Cockburn verano 2014, sugiriendo un buen ajuste de fases, representando la estructura de marea de régimen mixto con predominancia semidiurna (F=0.65). Por su parte el error fue de 22 cm, forzado mayormente en la banda de semidiurna, donde se presentan las mayores amplitudes (**Figura 148**). La desviación media fue de 2.6 cm (**Tabla 48**).

Bahía Beaufort

En Bahía Beaufort la marea modelada presentó un buen ajuste con respecto a la observada, en parte debido a su cercanía con el borde oceánico de Canal Cockburn, mostrando resultados

similares a los obtenidos en Caleta Meteoro. La correlación con datos observado fue de 96.57% (**Figura 149**), con fases bien ajustadas, el error fue de 11 cm, ejercido principalmente en la señal semidiurna, mientras que la desviación media fue de 1.6 cm (**Tabla 48**).

Isla Carlos III

En la Isla Carlos III la correlación fue de 90.18% entre los simulado y lo observado evidenciando que las fases son cercanas a la esperada, donde el modelo es capaz de reproducir el régimen mixto mareal presente, mientras que error fue de 22 cm (**Figura 150**), con una desviación media de -3 cm (**Tabla 48**). Estos resultados son bastante significativas debido a que es en esta zona donde se encuentra el borde del dominio del Modelo de Alta Resolución que se está desarrollando en Cockburn, donde se usaran estos resultados como condición de borde del nivel del mar de dicho modelo.

Estero Staples

En Estero Staples (**Figura 151**) la correlación lo simulado y lo observado fue de 88.95% exhibiendo en general un buen ajuste entre las fases. El error fue de 24 cm, acentuándose mayormente en periodos de cuadratura, sicigia, mientras que la desviación media fue de 1.7 cm (**Tabla 48**).

Análisis espectral

Se obtuvo el espectro de energía del nivel del mar en 3 puntos del modelo, un punto en el océano Pacifico a la altura de Canal Cockburn, donde no hay influencia de la línea de costa, un punto cerca del Paso Froward con una influencia intermedia de la línea de costa y la batimetría, y un punto en Morla Vicuña, a la entrada del Golfo Almirante Montt, lugar rodeado de constricciones.

Estos puntos fueron comparados con datos observados en Bahía Escondida y en Morla Vicuña, se asume que los valores del modelo global de mareas en el Océano Pacifico son confiables. Estos espectros, que se muestran en la **Figura 152**, fueron construidos a partir de datos a intervalos de 10 minutos y fueron realizados con 10 grados de libertad. Ambos espectros son similares, denotando el grado de ajuste que tuvo el modelo con los datos observados. Se observan los máximos mareales, resaltando el carácter mixto de la marea, siendo la semidiurna levemente mayor a la diurna tanto en los puntos interiores como en el oceánico. En altas frecuencias resaltan los máximos a las 4 y 6 horas tanto en los datos observados como en los modelados, aunque si bien estos máximo se observaron en todos los puntos, la cantidad de energía contenida en estas bandas en Bahía escondida y en Morla Vicuña es significativamente mayor que en el pacifico, lo que expresa la importancia del desarrollo de las componentes someras de marea, cuando esta se propaga hacia una zona de constricciones batimétricas y topográficas, efectos altamente no lineales entregan asimetría al nivel del mar generando una resonancia generalizada en el sistema.

5.3 Objetivo 2.2.3

Implementar modelo ROMS en escala regional X a XII Región y evaluación respecto de modelaciones de proyectos anteriores, utilizando la información obtenida hasta la fecha en términos de datos ambientales y oceanográficos.

5.3.1 Mar de Chiloé

Se realizaron validaciones del modelo regional de Aysén en la boca del fiordo Comau y en la zona del Canal Chacao, usando las componentes U y V de la corriente a 5, 10, 20 y 40 metros de profundidad. Se usó datos horarios y datos filtrados, como residual de la corriente, para obtener los estadísticos de correlación y error cuadrático medio normalizado. Estas series fueron filtradas usando un filtro Coseno Lanczos con un poder medio de 40 horas después de pasar por un control de calidad. Luego se realizaron espectros de energía para las series las series observadas y modeladas, estos espectros cuentan con 10 grados de libertad.

Canal Chacao

La Figura 153 muestra las series de la componente U de corriente horaria (derecha) y residual (izquierda), de la corriente observada y la modelada. En general se observa que el modelo presenta mayores intensidades que las observadas en toda la columna de agua, en las series horarias este desajuste disminuye en cuadratura, donde el modelo tiende a ajustarse levemente mejor. Las correlaciones entre lo observado y lo modelado de las series horarias en Chacao en la componente U fue de 43.76, 45.31, 50.38, 56.65 y 59.49% para 5, 10, 20, 30 y 40m respectivamente (**Tabla 49**), decayendo el ajuste con la profundidad, mientras que el error osciló entre el 16 y 19 % aproximadamente. Los residuales modelados por su parte presentan un alto grado de desajuste, exhibiendo una mayor variabilidad que los observados, presentado generalmente menores correlaciones que los datos observados, siendo estas de 26.14, 23.61, 33.54, 47.13 y 51.18% a 5, 10, 20, 30 y 40m respectivamente, dando cuenta que el modelo tuvo problemas para reproducir las oscilaciones de baja frecuencia (a escalas sinóptica), aunque la diferencia fue más acotada a los 30 v 40 metros, prestando correlaciones similares entre las series crudas v las serias residuales. Por su parte el error fue de 20.22 a los 5 metros, mientras que a 10 y 20m fue superior al 80%, dando cuenta del grado de desajuste que hubo en las intensidades. El error disminuyó levemente a 30m siendo de 61.87% y de 48.08% a 40m (**Tabla 49**).

Las series de la componente V de la velocidad en Chacao se presentan en la **Figura 154**. Las series horarias, al igual que la componente U, presentan una alta sobreestimación de las intensidades en el modelo en todas las profundidades muestreadas. Las correlaciones entre observado y modelado para las serie horarios de la componente V en Chacao fueron de 21.96, 52.14, 63.24, 65.64 y 65.96% a 5, 10, 20, 30 y40m respectivamente. Si bien estos valores sugieren un buen ajuste, el error fue elevado, siendo de 61.64, 70.27, 67.65, 55.52, 54.14% las profundidades seleccionadas (**Tabla 49**). Las series filtradas presentaron un desajuste mayor, presentando incluso correlaciones negativas en superficie y en el fondo. Las correlaciones fueron de -5.01, 4.09, 13.12, 0.88 y-.0965 a

5, 10,20,30 y 40m respectivamente (**Tabla 49**). Estas correlaciones fueron bastante menores que en las series crudas, dando cuenta que los forzantes de baja frecuencia en esta componente no fueron reproducidos. El error de los residuales también aumenta con respecto a las series crudas, siendo de 60.59, 137.36, 112.01, 90.05 y 44.54% en las profundidades seleccionadas (**Tabla 49**).

La **Figura 155** muestra el análisis espectral de las series observadas (izquierda) y las series modeladas (derecha) de la componente U de la corriente en canal Chacao en las profundidades muestreadas. El espectro de la serie observada presenta a menos 4 máximos relativos que envuelven toda la columna de agua, siendo el mayor a las 12 horas. Sin embargo la señal a 6, 4 y 3 horas presenta cantidades significativas de energía. A su vez el espectro de las series modeladas muestra los mismos máximos observados en el ADCP, aunque de manera más homogénea, mientras en los datos observados, la capa de 5 metros tiene a ser más variable, en el modelo tiende a seguir el patrón de toda la columna. Sin embargo el ajuste en el dominio de la frecuencia es alto.

Fiordo Comau

Las series de la componente U de la corriente tanto observada como modelada en el Fiordo Comau se muestran en la **Figura 156**. En general las series estuvieron mejor ajustadas que en Chacao, presentando un mejor acople en las series crudas y filtradas. Las series crudas presentan mayor variabilidad de alta frecuencia en la señal modelada que la observada en todas las profundidades, lo que disminuye la correlación entre ambas. Las correlaciones entre lo observado y lo modelado en las series crudas fue de 20.55, 22.80, 25.93, 18.97, 8.72% a 5, 10, 20, 30 y 40 m respectivamente, disminuyendo la correlación con la profundidad. Por su parte el error fue de 17.36, 17.50, 16.17, 19.42 y 19.16% en las profundidades seleccionadas, manteniéndose relativamente bajos. Las series filtradas por su parte, presentaron un mejor ajuste que las crudas, desarrollando estructuras temporales acorde a lo observado, aumentando la correlación y disminuyendo el error entre ambas series. Las correlaciones de las series filtradas fue de 49.22, 44.29, 42.74, 39.06 y 17.59% en las profundidades seleccionadas, mientras que el error en las mismas profundidades para las series filtradas fue de 18.02, 18.46, 16.32, 16.69 y 22.41%, manteniéndose similares a las series crudas. Estos valores apuntan a que el modelo logra desarrollar los forzantes del residual en Comau.

Los espectros de energía de las corrientes observadas y modeladas se presentan en la **Figura 157**. En general el espectro observado presenta máximos significativos en altas frecuencias solo en las capas de 30 y 40m, presentado alta variabilidad en las capas someras, mientras el máximo espectral se presenta a las12 horas, se logra visualizar un máximo significativo a los 2 días. A su vez, el espectro de los datos modelados presenta el máximo absoluto del espectro a las 12 horas, este si desarrolla máximos espectrales en altas frecuencias en capas someras, específicamente a las 6 ,4 y 3 horas.

5.3.2 Región de Aysén

Los resultados se adjuntan en el Anexo VIII.

En general los ajustes entre las series observadas y las series modeladas fueron bajos, con valores de correlaciones bajos y errores altos. Esto debido en gran parte a las limitantes que presenta ROMS para poder construir mallas con un alto grado de detalles (como es el caso de la configuración topográfica de la línea de costa en la zona de canales del Sur de Chile), entre otras cosas.

Canal Darwin

Las series observadas y modeladas de canal Darwin de la componente U y V se muestran en la **figuras VIII-1 y VIII-2** respectivamente. En ellas notamos un mejor ajuste en la componente U. Sin embargo los flujos residuales observados son débiles. Estos presentan un mejor ajuste en la primera quincena de la serie, luego los residuales modelados tienden a volverse inversos con respecto de los observados. Los valores de correlación y RMSE entre las series modeladas y Observadas se presentan en la **Tabla 50**.

Canal Chacabuco

Las series observadas y modeladas de canal Darwin de la componente U y V se muestran en la **figuras VIII-3 y VIII-4** respectivamente. La corriente observada posee una componente mareal bastante fuerte, la cual también replica el modelo, sin embargo, esta presenta cierto desfase, lo cual hace decaer las correlaciones y aumenta el error. Los flujos residuales de las series modeladas son notoriamente más débiles que los de la corriente observada, tanto en como en V, con todo es en V donde el desajuste es mayor. Los valores de correlación y RMSE entre las series modeladas y Observadas se presentan en la **Tabla 50**.

Canal Casma

Las series observadas y modeladas de canal Darwin de la componente U y V se muestran en la **figuras VIII-5 y VIII-6** respectivamente. En el caso de Casma, no se pudo validar a 40 metros. Por u parte la componente U de la corriente presento un alto grado de desajuste, siendo negativo en toda la serie, mientras que el residual observado en U fue débilmente positivo. En la componente V, el modelo presento mayor variabilidad temporal, sin embargo, no pudo acoplarse con al señal observada, presento bajas correlaciones y altos errores. Los valores de correlación y RMSE entre las series modeladas y Observadas se presentan en la **Tabla 50**.

5.3.3 Región de Magallanes

Los resultados se adjuntan en el Anexo VIII.

Bahía Beaufort

Las series observadas y modeladas de canal Darwin de la componente U y V se muestran en la **figuras VIII-7 y VIII-8** respectivamente. En la componente Use presento la mayor variabilidad, tanto en la serie observada como en la modelada, presentando un cierto grado de ajuste entre ambas, el cual aumenta en profundidad, mientras que la componente V modelada se presenta totalmente desajustada, presentando una magnitud mayor, y un flujo inverso respecto de la observada. Los valores de correlación y RMSE entre las series modeladas y Observadas se presentan en la **Tabla 50.**

Golfo Xaltegua

Las series observadas y modeladas de canal Darwin de la componente U y V se muestran en la **figuras VIII-9 y VIII-10** respectivamente. De manera opuesta a lo observado en Beaufort, en Xaltegua estuvo mejor ajustada la componente V de la corriente residual modelada respecto a la observada, donde el modelo fue capaz de reproducir fluctuaciones de baja frecuencia presentes en las series observadas. Los valores de correlación y RMSE entre las series modeladas y Observadas se presentan en la **Tabla 50**.

5.4 Objetivo 2.2.4

Evaluación de una plataforma pre-operacional para XII región en sectores de alta resolución seleccionados.

5.4.1 Oceanografía operacional

Un sistema de predicción operacional consta básicamente de un sistema de observaciones (datos recopilados en tiempo real o cerca de lo real) un sistema de procesamiento de estos datos de manera de poder incluirlos dentro de la siguiente etapa que es la modelación. La modelación por su parte genera productos, ya sean estos, resultados directos de las simulaciones (corrientes, temperatura, salinidad, etc.) o bien, post procesos que generen subproductos que sirvan para la toma de decisiones de las autoridades. El diagrama de la **Figura 158**, basado en un sistema operacional conceptual de Trenberth (2008), lo ilustra de manera más gráfica. Este sistema comienza con las observaciones, la investigación científica, el análisis y los resultados de la información requerida por los tomadores de decisiones. Las decisiones sobre las prioridades y la coordinación entre los componentes del sistema están generadas por la necesidad de una comprensión científica junto con el tipo de información oceanográfica requerida por los tomadores de decisiones.

Si profundizamos en el marco conceptual más propio del sistema de modelación nos encontramos que la inicialización de los pronósticos, pasa en primera medida por tener un sistema de asimilación

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



de datos que sea capaz de capturar la variabilidad ambiental y corregir de alguna forma las desviaciones que pueda tener el modelo. En este sentido, la información proveniente de satélites o boyas es preponderante. Posteriormente, se debe proveer de información de los forzantes que interactúan en el sistema marino, como por ejemplo, la información atmosférica que debe ser provista por modelos atmosféricos operacionales y las condiciones de borde que también pueden ser extraídas de modelos de mayores escalas o climatologías adecuadas de la variación del contorno del sistema que quiera ser simulado. La **Figura 159** muestra el marco conceptual aplicado para un sistema operacional en el mar de Finlandia que indica que pronóstico atmosférico es obtenido por el por el modelo HIRLAM (High Resolution Limited Area Model) y el pronóstico de las características hidrológicas de las condiciones de borde en la entrada del Golfo de Finlandia por el modelo utiliza los resultados de los cálculos del modelo HIROMB como condiciones iniciales cuando se inicializa el cálculo operacional en el primer paso de tiempo (tiempo T=0). Cuando los datos de las observaciones de campo se encuentran disponibles, se utiliza un procedimiento de asimilación de las observaciones de campo se encuentran disponibles, se utiliza un procedimiento de asimilación de las observaciones de campo se encuentran disponibles, se utiliza un procedimiento de asimilación de las observaciones de campo se encuentran disponibles, se utiliza un procedimiento de asimilación de datos para corregir condición inicial.

a) Sistemas operacionales en el mundo

Noruega tiene implementado desde 2011 el sistema Norkyst-800 (Albretsen, 2011) desarrollado en colaboración entre el Instituto de Investigación Marina, el Instituto Meteorológico Noruego y el Instituto Hidrológico Noruego. Este sistema basado en el modelo numérico oceánico ROMS (Regional Ocean Modelling System) cubre la totalidad de la costa noruega desde las aguas profundas hasta el interior de los fiordos, con una grilla de resolución horizontal de 800 metros, pudiendo realizar modelaciones sobre todo el dominio o zonas arbitrarias de él. El objetivo de este sistema está pensado para servir de nexo entre modelos oceánicos de baja resolución (4 kilómetros) y modelos costeros de alta resolución (150-200 metros en la horizontal). Entre las aplicaciones de Norkyst-800 se encuentra el desarrollo racional de la acuicultura salmonera, lo que junto a la topografía de la línea de costa noruega, hacen de este sistema un buen ejemplo análogo para las costas chilenas.

En Canadá el equipo científico de Oceanografía Operacional del Departamento de Pesquerías y Oceános (DFO) perteneciente al Instituto Maurice Lamontagne ha construido un modelo de predicción (SLGO, Saint Lawrence Global Observatory) de corrientes, temperatura y cobertura por hielo en el estuario y golfo del río San Lorenzo, de vital importancia para las comunicaciones portuarias del país entre las grandes ciudades de la región de los Grandes Lagos y el Atlántico exterior. En este sistema se encuentran integrados un modelo numérico 3D oceanográfico junto a un modelo de predicción atmosférica del Servicio Meteorológico Canadiense. Este modelo ha sido validado con diferentes parámetros (cobertura, espesor y deriva del hielo, corrientes, temperatura, etc.).

En Estados Unidos la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) tiene en ejecución diferentes modelos de predicción oceánica:

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- NCOM (Navy Coastal Ocean Model) es un modelo de predicción de tiempo real a cargo de la Oficina Naval Oceanográfica basado en el Modelo de Océano de Princeton. Arroja información global de la superficie global de los océanos y resultados interpolados en una malla regular horizontal a diferentes profundidades de las aguas territoriales de los EEUU.
- HYCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model) modelo de predicción a 4 días con una resolución horizontal de 1/12 grados y coordenadas híbridas en la vertical. El modelo está alimentado por datos asimilados de altimetrías satelitales, SST satelital, perfiles verticales de temperatura y salinidad de redes de boyas de deriva y ancladas.
- AMSEAS (American Seas) está basado en el modelo NCOM y cubre el Golfo de México y el Caribe con una resolución horizontal de 1/36 grados y 40 niveles verticales. Como HYCOm también se basa en la asimilación de datos (NCODA) de distintas fuentes para forzar el modelo.
- USEAST (United States East Coast) basado en los mismos principios de AMSEAS pero siendo un modelo regional de la zona oceánica de la costa Este de EEUU.
- RTOFS (Real Time Ocean Forecast System) es un sistema de asimilación de datos de predicción a 120 horas operado por el Servicio Meteorológico Nacional.
- CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) es un sistema global integrado atmosféricotierra-oceánico operado por el Servicio Meteorológico Nacional.

b) Ejemplos en Chile: El caso de la acuicultura en el sur de Chile

Existen dos ejemplos sobre sistemas de monitoreo y pronósticos desarrollados en Chile. El primero de ellos data del año 2004 basado en el proyecto "Manejo integral de la salmonicultura a través de un enfoque ecosistémico utilizando técnicas de percepción remota y tecnologías oceanográficas de última generación". Este fue desarrollado en conjunto por Intesal de SalmonChile y las empresas AquaChile, Fjord Seafood, Marine Harvest Chile, Salmones Chiloé y Salmones Multiexport, enmarcado en el Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI) de Corfo. Básicamente este proyecto buscaba reforzar el monitoreo ambiental de las macrozonas de cultivo del salmón, junto con la configuración de un registro de variables atmosféricas, oceanográficas y biológicas relevantes para la producción acuícola. Así, las empresas dispondrían con anticipación de los pronósticos climáticos, oleaje, mareas y corrientes, mezclas, proliferaciones planctónicas y disminución de oxígeno disuelto, información de gran valor en el desarrollo de la actividad, que permite adoptar decisiones oportunas y planificar el desarrollo futuro de la industria. Las áreas geográficas de interés de este sistema se encontraban principalmente en la X región de los Lagos (fiordo y estuario de Reloncaví y el mar interior de Chiloé).

Este proyecto contaba con tres grandes unidades de trabajo: monitoreo e integración de información; montaje de un sistema de información geográfico, además de un sistema de pronósticos basados en modelos numéricos de oleaje, hidrodinámico y ecológico para los

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

siguientes cuatro días. El sistema de modelación estaba basado en la suite DHI MIKEZERO v2004, con los módulos hidrodinámicos MIKE 3 HD, oleaje MIKE 21 SW y ecológico EcoLab. El año 2009 y con el antecedente de la crisis del virus ISA que se arrastraba del año 2007, Intesal pone fin al programa de monitoreo y pronostico ambientales, quedando el desarrollo de este sistema truncado.

c) Sistema integrado de monitoreo y pronostico en la IV Región.

Entre Septiembre 2008 y Marzo 2012, se desarrolló el proyecto "Sistema de Monitoreo y Pronóstico de las Condiciones Oceanográficas para la Gestión Productiva y Pública del Océano Costero: Fase I (SIPO), financiado por INNOVA CORFO y ejecutado por la Universidad Católica del Norte, el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas y la Universidad de Concepción, junto con el Instituto de Fomento Pesquero como entidad asociada, además de la colaboración del Servicio Meteorológico de la Armada de Chile, empresas acuícolas y sindicatos de pescadores artesanales locales. El proyecto logró desarrollar un sistema de observación y modelación costera para la IV Región, cuyos productos (monitoreo a tiempo real, monitoreo oceanográfico por cruceros, pronósticos meteorológicos, oceanográficos y biofísicos) se distribuyen públicamente en la página web del mismo. Finalizada esta etapa, el siguiente paso que busca este proyecto es lograr que el sistema generado y las herramientas desarrolladas, sirvan efectivamente como insumo en el asesoramiento científico para la gestión costera y sus recursos, y la consolidación y expansión de sistema a otras áreas geográficas promoviendo la asociatividad y redes de trabajo colaborativo.

5.4.2 Evaluación plataforma oceanográfica operacional en Golfo Almirante Montt

Información oceanográfica en Golfo Almirante Montt: Bajo el programa CIMAR FIORDOS se han realizado 2 cruceros que han incluido esta zona, CIMAR 2 (1996) y 15 (2009). La mayor parte de la información generada en oceanografía física y química, obedece a mediciones de temperatura, salinidad, oxígeno y nutrientes. Para el crucero N° 15 se incluyeron mediciones de corrientes en los pasos Kirke y Santa María para estudiar la dinámica en estas constricciones. En cualquiera de los casos, no se han generado mediciones de una temporalidad mayor.

Durante los años 2012 y 2013 el Instituto de Fomento Pesquero realizó estudios en esta zona, incluyendo información de correntometría por periodos de 30 días y características físicas de la columna de agua en al menos 10 estaciones al interior del golfo.

La información disponible en revistas científicas relacionada a circulación o características físicas de la columna es escasa. Existe un informe preliminar del Programa Cimar Fiordos 15, elaborado por Cáceres & Valle-Levinson (2009) sobre los mecanismos de intercambio y

circulación en canales de acceso a seno Ultima Esperanza, específicamente en los canales Kirke y Santa María.

La mayor parte de la información indicada representa monitoreo esporádico, temporal y espacialmente, que si bien es cierto, es necesario para la comprensión de este sistema, es insuficiente para el manejo de emergencias y la toma de decisiones.

5.4.3 Propuesta de una plataforma oceanográfica operacional en Golfo Almirante Montt

De acuerdo a lo anterior y tomando en cuenta las condiciones ambientales del golfo Almirante Montt, cuenca semicerrada con una limitada ventilación con el océano, y con una ascendente producción acuícola, es que se hace necesario contar con un sistema de monitoreo y pronostico oceanográfico en dicho sector. Para lo cual, se hace necesario incorporar variables críticas en tiempo real a través de la instalación de boyas oceanográficas e incorporar modelos de circulación calibrados y validados.

Se propone un marco conceptual para el desarrollo de la oceanografía operacional en la zona suraustral de Chile de acuerdo a lo que se observa en la **Figura 160**. En este diagrama es posible observar la dinámica del sistema. Cabe señalar que este marco conceptual implica un desarrollo a largo plazo, lo cual aún tiene limitaciones importantes para su implementación.

- a) Observaciones: El Monitoreo continuo de variables océano-atmosféricas permite mantener un sistema de alerta frente a cambios en las condiciones hidrográficas. Este sistema de observaciones puede realizarse a través de boyas oceanográficas o estaciones de otro tipo (ej. Estaciones meteorológicas costeras). También se puede incluir aquí a toda la información proveniente de satélites.
 - Para la definición de que variables conformaran el monitoreo, se recoge las conclusiones del proyecto INNOVA CORFO 11BPC-10191 "Sistema de información oceanográfica para la sostenibilidad de la acuicultura en la región de Aysén", en cuyo caso, se establecieron las variables: Salinidad, Temperatura y Oxígeno Disuelto como aquellas más relevantes para diagnosticar condiciones ambientales en la columna de agua. Propiedades como la salinidad permiten evaluar la influencia de aportes de agua dulce y cambio en la densidad y por ende cambios en la estratificación vertical que es relevante, a su vez, para la mezcla. La salinidad, y la temperatura son trazadores importantes para determinar el ingreso de agua oceánica. Junto a éstas variables, el oxígeno permite diagnosticar el grado de ventilación y mezcla de la columna de agua. Además, el oxígeno es indicador de la capacidad de procesar cargas orgánicas. Considerando que los organismos y en general los ecosistemas son sensibles a los cambios ambientales; estas variables en conjunto, podrán ser útiles para detectar cambios hidrográficos que puedan generar estrés en animales cultivados, que favorezcan minimicen emergencias epidemiológicas y en forma global podrán contribuir a mejorar nuestra capacidad

predictiva sobre los efectos del calentamiento global en el ecosistema de fiordos y canales del sur de Chile (Daneri, 2013). A estas variables se deben agregar datos de corrientes, nivel del mar y atmosféricos, principalmente de viento, ya que en este sistema, esta variable cumple un rol fundamental en su dinámica.

Para la definición de lugares apropiados para instalación de estos sistemas de monitoreo, se establece un criterio básico basado en características oceanográficas. Para esto, se utilizó información generada por IFOP en proyecto "Caracterización y modelación de patrones de circulación marina en la XII Región de Magallanes" en donde se caracteriza hidrográficamente las cuencas de este sistema. En estas se determinó que existe una estrecha relación entre la conformación de la batimetría, las características de la hidrodinámicas e hidrográficas. Antecedentes que sumados a los complejos patrones de forzantes locales, como viento y aporte de agua dulce, se conformarían zonas diferentes: una zona con evidente influencia oceánica y otra zona de características estuarinas, entre ambas zonas condiciones de transición. De esta manera en el sistema de golfo Almirante Montt, se identificaron 3 zonas. La cuenca oeste, formada desde el canal Sarmiento hasta el paso Morla-Vicuña caracterizada por presentar una columna de aqua estratificada. influenciada por agua oceánica modificada (ASAAM) y una fuerte influencia marea. Dentro del golfo Montt se observaron 2 cuencas. La cuenca central conformada por la entrada del canal Kirke hasta canal Señoret de agua más homogénea y menor energía mareal y la cuenca este, constituida por el seno Ultima Esperanza. Los resultados indicarían que entre estas dos cuencas existiría una circulación estuarina positiva, donde el aqua saldría del golfo Almirante Montt a través de una capa superficial de aqua estuarina (<28psu), cuyo origen estaría en la cabeza del estero Ultima Esperanza. Se circulación de plantea que la la cuenca este v central estarían influenciadas principalmente por patrones locales de viento, batimetría y descarga de agua dulce (aporte pluvial y glaciar). Se presentaron diferencias temporales (invierno/verano), por aportes diferenciados en el caudal proveniente del rio Serrano (mayor caudal verano) lo cual se vio reflejado en diferencias de la salinidad, menor salinidad en verano, asociado a mayor ingreso de agua dulce (Pinilla, 2013). Por tanto, de manera preliminar de hace necesario cubrir al menos las 2 cuencas descritas dentro de golfo Almirante Montt: seno de Ultima Esperanza y cuenca central del golfo Almirante Montt y un punto en la zona exterior del sistema, es decir, la cuenca oeste, cercano al canal Morla Vicuña.

Estos sistemas de monitoreo deben contar con algún tipo de comunicación remota, esto puede ser a través de comunicación satelital, VHF, GSM, Inmarsat e Iridium (sistema satelital que permite la transmisión de datos en tiempo real).

b) **Sistema de control, procesamiento y asimilación de datos**: Este sistema recepciona los datos provenientes de las observaciones y genera un control de calidad de manera tal

⁸⁰

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

de filtrar todos aquellos datos que no superen cierto rango de calidad, quedando disponibles para su directa visualización, o bien, para ser utilizados en post procesamiento, validación o asimilación de datos. El sistema de asimilación de datos, busca generar puntos de entrada de datos reales dentro de la modelación numérica de manera tal de generar una corrección de los datos simulados, es decir, la asimilación de datos consiste en reprocesar datos de satélite o estaciones en campo en los modelos numéricos, para mejorar los cálculos hechos previamente y de este modo emitir un pronóstico más acertado. Si bien es cierto, el sistema de asimilación, se ubicó dentro de un mismo sistema que elaborará post procesamiento con datos reales.

c) Modelos numéricos:

- Modelo atmosférico: Este módulo proporciona las forzantes superficiales en los modelo de aguas ya sean estos, hidrodinámicos o biogeoquímicos. El modelo atmosférico regional funciona de manera operacional para proporcionar distintas variables a plazo de cierta cantidad de días. Para la implementación de este sistema se debe contar con información de observaciones (validación y asimilación de datos) así como también de modelos globales atmosféricos (GFS, ECMWF, etc.) que permitan generan condiciones de contorno e iniciales en el modelo regional. Las variables que son posibles distinguir aquí son: Viento, presión atmosférica, radiación solar, temperatura de aire, humedad relativa, etc. En el caso de la zona Sur Austral, la Dirección Meteorológica de Chile, cuenta con un modelo operacional (WRF) funcionando en esta zona, por tanto, lo más lógico sería acoplar este modelo al sistema de pronósticos, ya sea como información directa, como también para forzar los modelos hidrodinámicos y de flujos de agua dulce.
- Modelo hidrodinámico: Este módulo realiza el cálculo de la dinámica del océano basado en información de campo (validación, asimilación de datos) así como también de modelo globales (MERCATOR, HYCOM, etc.) para generación de condiciones de borde e iniciales. Las forzantes atmosféricas son provistas por el módulo de modelación atmosférica, mientras que los flujos de agua dulce son determinados por el sub-modelo de agua dulce. Las variables que pueden calculadas son: corrientes, temperatura, salinidad, nivel del mar, etc.
- Sub-modelo agua dulce: Este módulo cumple la función de realizar los cálculos numéricos (requiere modelo atmosférico) o bien proporcionar climatologías de los puntos de entrada de agua dulce al sistema marino, ya sea por variaciones de los caudales de los ríos, o bien por derretimiento de glaciares, insumo importante como fuente de ingreso de agua dulce dentro del sistema de fiordos y glaciares.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Modelo globales: Estos modelos que pueden ser tanto atmosféricos como oceánicos cumplen la función de generar condiciones iniciales y de contorno para la inicialización de los modelos regionales. La mayor parte de los datos de estos modelos se encuentran liberados para su uso público. Además usan como fuente de su propia inicialización los datos reales recopilados como parte del sistema global de asimilación de datos basados en observaciones de tierra y océano en todo el mundo.
- Modelo biogeoquímico: Este módulo tiene como función obtener simulaciones de calidad de agua, entendiendo esto como la dinámica de oxígeno disuelto, clorofila y nutriente entre otros. Este modelo es acoplado al modelo hidrodinámico de donde obtiene condiciones básicas de corrientes, salinidad y temperatura. Este sistema también debe incluir el uso de datos de observaciones tanto para validación como para asimilación de datos. Si bien es cierto, que dentro del presente proyecto no incluye el desarrollo de este tipo de modelos, se debe tener en cuenta su desarrollo futuro para el manejo de las zonas costeras.
- d) Plataforma usuarios y aplicaciones: Este sistema está encargado de proporcionar la información en forma de datos o visualizaciones del estado atmosférico-oceánico, proveniente tanto de observaciones en tiempo real o climatologías, modelos atmosféricos, hidrodinámicos, biogeoquímicos y aplicaciones para usuarios determinados en la zona sur-austral de Chile. Las aplicaciones de un sistema de este tipo son diversas entre las más significativas en el plano de la hidrodinámica en el sur de Chile se pueden encontrar las siguientes:
 - I. Acuicultura: Una de las aplicaciones de mayor necesidad que se requieren para la gestión de la acuicultura se refiere al pronóstico de dispersión de patógenos asociados a brotes, como por ejemplo de virus ISA. Si bien es cierto, hoy en día, el Instituto de Fomento Pesquero es capaz de generar pronósticos de dispersión de patógenos en caso de ocurrencia de brotes, estos no responden con la celeridad requerida pues, se debe implementar día a día las simulaciones para generar un pronóstico y no logra acoplar todas las condiciones que representan el estado de mar de ese momento, principalmente asociado a un sistema de generación de pronósticos atmosféricos confiable que permita su uso en tiempos acotados.
 - II. **Navegación y operación portuaria**: Seguridad en la navegación, ya sea para la estimación de condiciones aptas para la navegación (viento y oleaje principalmente), como también condiciones de nivel del mar y corrientes de marea asociadas al pasos estrechos y/o constricciones, muy comunes en la costa del sur de Chile.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- III. Derrame de contaminantes: Es necesario contar con una herramienta capaz de realizar un seguimiento de probables plumas de contaminación, por ejemplo, vertido de hidrocarburos que puedan impactar ambiental y productivamente otras actividades.
- e) **Costos**: El costo de la implementación del monitoreo integrado se puede separar en tres componentes:

1.- Costo del monitoreo integrado de largo plazo en tiempo real: Consta de la adquisición de 3 boyas oceanográficas, con sus sensores, capacidad de almacenamiento, transmisión y costo de mantención anual

 Costo de cada boya: 	USD 150.000
 Mantención anual de cada boya 	USD 15.000
• Transmisión de datos vía (satelital) /año :	USD 2.000

2.- Plataforma informática: Este componente a su vez puede ser dividido en el sistema de control, procesamiento y asimilación de datos en tiempo real y la plataforma de usuarios y aplicaciones.

 1 servidor Web: 	USD 10.000
 1 servidor FTP 	USD 10.000
 2 servidores de base de datos 	USD 20.000
 Hosting /año 	USD 5.000
 Desarrollo aplicaciones 	USD 20.000
 Administración /año 	USD 4.000

3.- Sistema de modelamiento oceanográfico:

•	Computador de alto computo 24 núcl	eos:	USD 15.000
•	Recursos humanos /año	:	USD 55.000



	Costos Inversión (USD)	Costos Anuales (USD)
3 boyas oceanográficas	150.000	
Mantención boyas		15.000
Transmisión de datos		2.000
1 Servidor Web	10.000	
1 servidor FTP	10.000	
2 servidores de base de datos	20.000	
Hosting /año		5.000
Desarrollo aplicaciones	20.000	
Administración /año		4.000
Computador de alto computo 24 núcleos:	15.000	
Recursos humanos /año		55.000
TOTAL	225.000	81.000

5.5 Objetivo 2.2.5

Validación modelo atmosférico WRF X-XI región e implementación en XII, densificando la disponibilidad de mediciones de mayor calidad que las actuales a fin de establecer una mejor utilización de esta herramienta como fuente de información atmosférica para las áreas indicadas.

Los resultados de este objetivo se encuentran en ANEXO XII

5.6 Objetivo 2.2.6

Implementar modelos de alta resolución en los siguientes sectores: Estrecho de Magallanes a Tierra del fuego (Canal Cockburn) incluyendo los sectores aledaños a Isla Clarence. Sector centro norte de la XI región, Archipiélago de los Chonos - Canal Moraleda. Extender la zona de alta resolución de Golfo Almirante Montt a fin de cubrir aquellas zonas bajo prospección determinadas en el grupo de objetivos específicos (1).

Del modelo regional de Magallanes el dominio de alta resolución corresponde a la zona delimitada entre el Estrecho de Magallanes a Tierra del Fuego, específicamente Canal Cockburn incluyendo sectores de Isla Clarence (Figura 2).

Para el dominio regional de Chiloé-Aysén la alta resolución se centra desde el archipiélago de Chonos hasta el canal Moraleda, por el norte se incluye desde el canal King hasta el canal Ninualac por el sur, siendo la más alta resolución centrada en este canal (Figura 1).

5.6.1 Modelo de alta resolución archipiélago de Chonos

El modelo de alta resolución del archipiélago de Chonos comprende simultáneamente los objetivos 2.2.2 de análisis retrospectivo de los resultados y 2.2.6 de aumento de alta resolución por cómo está conceptualizado. Los resultados de nivel del mar y correntometría euleriana con ADCP fondeados pudiendo ser expuestos en el presente objetivo 2.2.6 de aumento de alta resolución son sin embargo expuestos en el objetivo 2.2.2 de análisis retrospectivo porque esos dos tipos de resultados son los que se emplearon en la anterior modelación de la zona (proyecto "Macrozonas") y sirven como comparativa en el reanálisis.

Por definición la alta resolución horizontal del enmallado se entiende por una disminución en el tamaño de los elementos finitos triangulares que conforman la malla flexible según el método de Delaunay, respecto del tamaño que poseen esos mismos elementos en el modelo regional. La alta resolución es reservada para todos aquellos lugares en que la topografía forme canales muy angostos, de tal manera, que se cumple que cada canal tenga un mínimo de 5 nodos. Según esta especificación el tamaño de los elementos triangulares oscilará en estas zonas entre los 450 metros para los canales más anchos hasta menos de 100 metros para los canales más estrechos que se tienen en consideración.

En el objetivo 2.2.6 de alta resolución se presentan los resultados y validaciones de correntometría con ADCP remolcado y derivadores (correntometría lagrangiana), así como los resultados de dispersión de los modelos estacionales de transporte y dispersión de partículas.

⁸⁵

Correntometría con ADCP remolcado Modelo Estacional Verano-Otoño

En la campaña "Chonos – Otoño 2014" se efectuaron 7 transectos de ADCP remolcado de los que se han empleado 3 de ellos para efectuar validaciones del modelo estacional verano-otoño. La **Tabla 51** junto con la **Figura 106** dan información acerca de localización y periodo de medición de dichos transectos.

A estas mediciones de correntometría se les aplicó un filtro Lanczos de paso bajo de 121 pesos y un poder de 40 horas para separar la señal de la onda de marea diurna y semidiurna de aquella señal residual debida a forzantes como el viento.

En la evaluación de correntometría de ADCP remolcado se utiliza la representación gráfica de los valores estadísticos debido al gran volumen de datos que de otra manera dificultaría la visualización e interpretación de los mismos.

CANAL KING

La **Figura 161** muestra el flujo residual registrado por el equipo de ADCP remolcado el 20/05/14 en un transecto Norte-Sur en canal King. Las velocidades negativas indican flujos residuales de la componente U de Este a Oeste, que se dan sobre principalmente en superficie en el margen Sur. Se aprecia una pequeña capa en la parte más profunda del centro del canal donde también existe un flujo hacia el Este, lo que origina una estructura de 3 capas. Las velocidades positivas por su parte indican flujos desde el océano hacia los canales interiores y fiordos. Los flujos residuales hacia zonas interiores ocupan la zona media y profunda a lo largo de todo el transecto y llegan a la superficie en el margen Norte. La **Figura 162** muestra el correspondiente flujo residual del modelo Regional Chiloé-Aysén 018. En ella se observa como el modelo replica la estructura de 3 capas, siendo la última de ellas y más cercana al fondo de un espesor mayor que la observación. Mientras la capa superficial es en su totalidad de salida hacia el océano, el margen Norte inclusive y en el margen Sur es más delgada que la observación.

La **Figura 163** es la representación gráfica del índice estadístico NRMSE de las matrices numéricas representadas por las **Figuras 161 y 162**. Los mayores errores se dan en la capa superficial por las diferencias antes descritas en cuanto al espesor de esta capa y el hecho de que el margen Norte el modelo describa un flujo residual Este-Oeste y el ADCP registrara lo contrario. En la gran mayoría del transecto los errores están por debajo del 10%.

CANAL MORALEDA

La **Figura 164** muestra el flujo residual registrado por el equipo de ADCP remolcado el 23/05/14 en un transecto Oeste-Este en el canal Moraleda. Las velocidades positivas indican flujos residuales de la componente V hacia el Norte y las negativas hacia el Sur. Se distingue una estructura formada por: una capa superficial de mayor intensidad en el centro del canal que transporta agua hacia el Norte al golfo del Corcovado; una capa intermedia por debajo de la superficial con transporte opuesto (hacia el interior del canal Moraleda) que se extiende de Oeste hasta mitad de la subcuenca oriental (separadas ambas subcuencas por la morrena central); una capa profunda en la subcuenca occidental de débiles flujos positivos hacia el Sur; y por último el extremo oriental del transecto es complejo y en él hay multitud de flujos inversos, todos cercanos a cero y con un transporte muy reducido. La **Figura 165** muestra el correspondiente flujo residual del modelo Regional Chiloé-Aysén 018. El modelo mantiene la estructura observada: en superficie el flujo residual es de salida hacia el Norte; en el margen Oeste se forma un flujo de entrada hacia el Sur, que en el modelo se extiende hacia el fondo; se forma un estrecha capa de flujo nuevamente hacia el Norte ya muy cercana al fondo y que presumiblemente equivale al débil flujo observado de la subcuenca occidental en profundidad; alrededor de la morrena central las velocidades son levemente positivas hacia el norte; el extremo de la subcuenca Este es en su totalidad, salvo la superficie, de entrada con intensidades en el entorno a 0.03 m/s.

La **Figura 166** es la representación gráfica del índice estadístico NRMSE de las matrices numéricas representadas por las **Figuras 164 y 165**. La gran similitud del perfil modelado respecto del observado hace que los valores de NRMSE sean en su mayoría menores a 5% salvo en el lado Este de la morrena central, que debido a la representación inversa del flujo hace que el error se eleve por encima del 30%.

CANAL BYNON

La **Figura 167** muestra el flujo residual registrado por el equipo de ADCP remolcado el 02/06/14 en un transecto Norte-Sur, donde las velocidades negativas indican un flujo residual de la componente U de Este a Oeste. Típica estructura estuarina de 2 capas, la superficial de salida desde las zonas de canales interiores hacia el océano en el Oeste y la capa cercana al fondo de flujo inverso compensatorio. Se puede observar que existe un gradiente horizontal de Norte a Sur en el flujo lo que pudiera deberse a un balance geostrófico. La **Figura 168** muestra el correspondiente flujo residual del modelo Regional Chiloé-Aysén 018 en la que se puede ver que el modelo replica la estructura de 2 capas. La capa superficial de salida hacia el Oeste es más delgada pero de similar orden de magnitud; de esta manera la capa subsuperficial de flujo compensatorio resulta de mayor espesor, pero en su gran mayoría de menor velocidad que en el transecto observado.

La **Figura 169** es la representación gráfica del índice estadístico NRMSE de las matrices numéricas representadas por las **Figuras 167 y 168**.Los mayores errores (20-25%) vienen dados de la diferencia en grosor de las 2 capas a ambos extremos ya que en el modelo la capa superficial de salida es más delgada (unos 50 metros aproximadamente) que en la observación. Allí donde se solapan en el modelo y la observación las respectivas capas, las diferencias NRMSE son menores al 10%.

⁸⁷

Correntometría con ADCP remolcado Modelo Estacional Invierno-Primavera

El modelo estacional de invierno-primavera ha sido evaluado frente a mediciones de la campaña "Chonos – Primavera 2011". Las mediciones con ADCP remolcado de esta campaña se presentan en la **Tabla 52**. Como se ve en las fechas de medición, éstas no coinciden con las fechas en que el modelo invierno-primavera se implementó (10-30 Octubre). Esto tiene su raíz en la escasez de recursos computacionales a la fecha que obligaría a doblar el tiempo de cómputo con el fin de abarcar el periodo en que se realizaron las mediciones con ADCP remolcado. En contraprestación se optó por aplicar un filtro Lanczos de paso bajo de 121 pesos y un poder de 40 horas para separar la señal de la onda de marea diurna y semidiurna de las bajas frecuencias sobre todo el periodo de simulación (10-30 Octubre). Con esto se obtiene un flujo residual promedio de tal periodo y no el propio de las fechas de medición, por lo que se presupone que haya errores asociados. Sin embargo, y ante la ausencia de eventos extremos, las estructuras de flujos más importantes debieran estar representadas en el modelo.

CANAL AYSÉN

El 24 de Septiembre del 2011 y por 24 horas se estuvo registrando la velocidad en un transecto SE-NW del fiordo Aysén. Debido a la orientación del transecto respecto del fiordo la componente U del flujo es la más relevante y la que se sometió a post-proceso. El resultado se muestra en la **Figura 170**. El registro llega hasta los 200 metros de profundidad y se observa claramente la formación de una estructura de 2 capas. La primera es un flujo promedio saliente del fiordo hacia el Oeste, más intenso en el sector Sur. Esta capa superficial llega hasta los 75 metros de profundidad. De aquí hacia el límite de registro el flujo residual es compensatorio de entrada.

El modelo reproduce esta misma estructura de 2 capas (**Figura 171**), con igual sentido cada una de ellas, si bien la profundidad de la capa superficial es mayor en el centro del canal, alcanzando los 125 metros.

CANAL DARWIN

El 5 de Octubre del año 2011 se realizó un transecto Norte-Sur en la boca Oeste del canal Darwin durante 24 horas. La **Figura 172** muestra el flujo residual de la componente U del flujo observado. A tenor de lo observado, el canal Darwin es una vía de salida de agua desde el sistema interior hacia el océano por el Oeste, especialmente en el margen Sur hasta una profundidad de 100 metros, mientras que por debajo hay una capa que fluye hacia el Este tal como si fuera un sistema estuarino clásico. En la parte más al Norte también existe un flujo de sentido contrario hacia el Este.

El modelo (**Figura 173**) con sus limitantes muestra una estructura esquemática similar con flujos residuales salientes hacia el Oeste por el margen Sur y entrantes hacia el sistema interior de fiordos por debajo de esta capa.

CANAL COSTA

La **Figura 174** muestra el flujo residual en la componente V de un transecto de ADCP remolcado por 24 horas el 26 de Septiembre del año 2011 en el canal Costa con orientación Oeste-Este. La estructura vertical a lo largo del transecto muestra 2 capas: una superficial de dirección Norte y espesor creciente hacia el Oeste (hasta los 75 metros aproximadamente) y por debajo de esta y hasta el límite de registro (225 metros de profundidad) otra capa de flujo residual de sentido opuesto hacia el Sur.

El modelo (**Figura 175**) recrea esta misma estructura y con los mismos órdenes de magnitud, aunque las mayores velocidades se concentran en el margen Este y no en el centro del canal como en la observación.

Correntometría lagrangiana Modelo Estacional Verano-Otoño

El empleo de derivadores tiene su utilidad, respecto de los modelos numéricos, en la validación de los modelos de transporte y dispersión de partículas.

Los modelos de dispersión de partículas se basan en los transportes de masas de agua y están estrechamente ligados al concepto y desarrollo de modelos de conectividad. En la metodología de medición mediante derivadores, las velas del derivador son suspendidos a la profundidad requerida (4 y 8 metros en nuestro caso) mediante un cabo unido a una boya, mientras que en las simulaciones se establece que las partículas sujetas a transporte por el campo hidrodinámico son de características similares a las del virus ISA por ser un objetivo principal el determinar el campo de propagación de un brote de virus ISA por su implicación en la actividad salmonícola. Además el modelo desacoplado de MIKE3 tiene limitantes en cuanto a definición de partícula que no permite recrear el mismo tipo de derivador empleado por el IFOP en sus mediciones. Por tanto, existen diferencias no cuantificadas en cuanto al transporte de estos 2 tipos de partículas (virus ISA y derivadores IFOP) por las propias diferencias inherentes a su masa, volumen, superficie y resistencia dinámica, tanto al agua como a forzantes atmosféricos en el caso de los derivadores IFOP que son suspendidos de boyas desde la superficie.

Los resultados consisten en mapas en detalle de la zona donde tiene lugar la dispersión donde figuran las trayectorias de los derivadores de las mediciones y las modelaciones. Estos mapas se acompañan de estadísticos; en este caso de correntometría lagrangiana se emplea la distancia total recorrida por las partículas/derivadores, la distancia neta (distancia en línea recta entre punto inicial y final) y velocidad media.

En la **Tabla 53** se detalla dónde, cuándo y por cuánto tiempo estuvieron los derivadores registrando su posición a la deriva en la campaña de "Chonos – Otoño 2014". Esta data se utilizó posteriormente para simular un modelo de dispersión de partículas desacoplado del modelo hidrodinámico regional de Chiloé-Aysén.

CANAL KING

A partir de las 04:30 hora local del 21/05/14 y por 19 horas se liberaron los derivadores suspendidos a 4 y 8 metros de profundidad en canal King.

La **Figura 176** muestra la trayectoria seguida por el derivador IFOP y por la partícula tipo virus ISA en el modelo desacoplado de dispersión de partículas ambos a una profundidad de 4 metros en el canal King por 19 horas. Tanto observación como modelo forman un bucle debido de ida y vuelta, siendo más largo el del modelo, pero terminando ambos dos tras 19 horas al Oeste de la posición inicial de deriva, siendo esta vez el derivador observado el que se alejó más del origen.

La **Tabla 54** contiene los índices estadísticos correspondientes a los derivadores de canal King a 4 metros de profundidad. El pronunciado bucle que forma el derivador modelado en su trayectoria es reflejo de unas mayores velocidades en el modelo, lo cual no es óbice para que la distancia neta que recorre sea menor que en la observación.

La **Figura 177** muestra la trayectoria seguida por el derivador IFOP y por la partícula tipo virus ISA en el modelo desacoplado de dispersión de partículas ambos a una profundidad de 8 metros en el canal King por 19 horas. Apenas hay diferencias entre las derivas observada y modelada respecto de sus homólogos situados a 4 metros de profundidad. De hecho el modelo describe una deriva idéntica y tan sólo en la observación se aprecia que el derivador recorre unos cuantos cientos de metros más antes de topar con la orilla.

La **Tabla 55** contiene los índices estadísticos correspondientes a los derivadores de canal King a 8 metros de profundidad. Se repite el caso del derivador a 4 metros con ligeras diferencias para el derivador observado en terreno.

CANAL CIRIACO

El 28/05/14 a partir de las 09:30 hora local se dispusieron a la deriva los equipos a 4 y 8 metros de profundidad en canal Ciriaco por 13 y 11 horas respectivamente, antes de que alcanzaran tierra, momento en que se retiran del agua y se concluye el registro de su posición.

La **Figura 178** muestra la trayectoria seguida por el derivador IFOP y por la partícula tipo virus ISA en el modelo desacoplado de dispersión de partículas ambos a una profundidad de 4 metros en el canal Ciriaco por 13 horas. Desde un principio ambas derivas discurren hacia el Sur-Este siguiendo el centro del canal; sin embargo el modelo realiza un bucle invirtiendo su trayectoria una vez que alcanza la confluencia del canal Ciriaco con el canal Ninualac, mientras que el derivador de terreno prosigue internándose en el propio canal Ninualac.

La **Tabla 56** contiene los índices estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Ciriaco a 4 metros de profundidad. A pesar de haber recorrido distancias similares y, por tanto, desplazarse a velocidades igualmente similares, las trayectorias una vez fuera del canal Ciriaco se bifurcan y hace que la distancia neta sea el doble en el caso de la medición. Aun así, ambos derivadores terminan al Sur de la posición de origen, por lo que el transporte neto es correcto.

La **Figura 179** muestra la trayectoria seguida por el derivador IFOP y por la partícula tipo virus ISA en el modelo desacoplado de dispersión de partículas ambos a una profundidad de 8 metros en el canal Ciriaco por 11 horas. Ambas derivas son prácticamente paralelas la una a la otra, casi superpuestas hasta que llegan al final del canal Ciriaco y una vez se invierten nuevamente hacia el interior del canal Ciriaco la observación describe un bucle más amplio que provoca que se separen. En cualquier caso ambos concluyen sus derivas más al Sur de donde fueron liberados.

La **Tabla 57** contiene los índices estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Ciriaco a 8 metros de profundidad. La buena réplica por parte del modelo hace que tanto distancias como velocidades estén muy cercanas entre sí.

CANAL NINUALAC

El 30/05/14 a las 13:00 se liberaron los equipos derivadores a 4 y 8 metros de profundidad en el canal Ninualac por 6 y 7 horas.

La **Figura 180** muestra la trayectoria seguida por el derivador IFOP y por la partícula tipo virus ISA en el modelo desacoplado de dispersión de partículas ambos a una profundidad de 4 metros en el canal Ninualac durante 6 horas. La excursión de ambos derivadores sigue una trayectoria de ida y vuelta, primero hacia el Este y posteriormente girando de vuelta hacia el Oeste, para tras 6 horas que dura la deriva terminar observación y modelo al Oeste del punto de origen (aproximadamente a la misma distancia). La trayectoria del derivador del modelo es mayor y más rectilínea que la observación que se desvía hacia el Sur, donde toca tierra.

La **Tabla 58** contiene los índices estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Ninualac a 4 metros de profundidad. A pesar de que el modelo recorre casi 3 km más que el derivador en terreno, la distancia neta y la longitud final son muy parejas.

La **Figura 181** muestra la trayectoria seguida por el derivador IFOP y por la partícula tipo virus ISA en el modelo desacoplado de dispersión de partículas ambos a una profundidad de 8 metros en el canal Ninualac por 7 horas. Como en el caso de anterior de canal King a 4 metros de profundidad ambos derivadores describen recorridos de ida hacia el Este y vuelta hacia el Oeste, más allá de su posición de partida. En este caso el modelo mantiene la trayectoria rectilínea, pero ahora se extiende un poco más de 1.5 kilómetros más hacia el Oeste (hacia el océano). Por su parte el derivador real observado registró unos guarismos muy similares respecto del suspendido a 4 metros, pero en este caso a 8 metros no se desvía tanto hacia el Sur y tras 7 horas termina su periplo cerca del centro del canal.

La **Tabla 59** contiene los índices estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Ninualac a 8 metros de profundidad.

CANAL BYNON

Los derivadores fueron liberados en el terreno el 01/06/14 a las 11:00 en el canal Bynon cerca de la confluencia de éste con el canal Memory y Goñi por 12 horas el de 4 metros y 13 horas el de 8 metros.

La **Figura 182** muestra la trayectoria seguida por el derivador IFOP y por la partícula tipo virus ISA en el modelo desacoplado de dispersión de partículas ambos a una profundidad de 4 metros en el canal Bynon por 12 horas. La excursión del derivador de terreno es de ida y vuelta, primero hacia el noreste y luego devolviéndose hacia el suroeste, para al final realizar un semi giro hacia el canal Goñi en el este. Mientras la hidrodinámica del modelo transporta a la partícula que representa al derivador directamente hacia el Oeste.

La **Tabla 60** contiene los índices estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Bynon a 4 metros de profundidad. A pesar de que la distancia total recorrida (y por tanto la velocidad media) es casi el doble en el caso de la medición, al final la distancia neta es prácticamente igual para ambos derivadores; además los 2 finalizan al suroeste de su punto de origen.

La **Figura 183** muestra la trayectoria seguida por el derivador IFOP y por la partícula tipo virus ISA en el modelo desacoplado de dispersión de partículas ambos a una profundidad de 8 metros en el canal Bynon por 13 horas. Las derivas son muy similares comparadas de sus respectivos homólogos de la **figura 182** a 4 metros, extendiéndose un poco más hacia el oeste la modelación (600 metros).

La **Tabla 61** contiene los índices estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Bynon a 8 metros de profundidad. La distancia total recorrida por cada derivador es ligeramente superior en este caso, pero como permanecieron en el agua por una hora más las velocidades son muy similares al caso de 4 metros. La distancia neta del derivador de terreno es prácticamente igual al caso anterior y la diferencia respecto del modelo aumenta cerca de 500 metros, que es la medida en que aumentó la distancia neta del derivador.

El modelo estacional de invierno-primavera no ha sido evaluado frente a mediciones de correntometría lagrangiana por no haber sido realizadas mediciones con derivadores en la correspondiente campaña "Chonos-Primavera 2011".

MODELO DE TRANSPORTE DE PARTÍCULAS

Siguiendo la metodología descrita y el esquema de escenarios de la **Figura 41** los modelos desacoplados de dispersión de partículas son un total de 8, divididos en 2 escenarios estacionales (verano-otoño, invierno-primavera), cada uno de ellos para un periodo de 72 horas dentro de una sicigia y una cuadratura a 2 profundidades (5 y 25 metros) desde cada agrupación de centros de cultivo dentro del área de alta resolución que se extiende entre el canal King al Norte y el canal Ninualac al Sur (**Figura 42**). Estos centros se encuentran en los canales King Sur-Oeste, King Norte-Este, Pérez Sur, Moraleda Oeste, Ninualac y unión canales Memory, Bynon y Goñi.

ESCENARIOS (ver Anexo IX):

- Verano-otoño, sicigia, 5 metros de profundidad: 24 horas (Figura IX-1), 48 horas (Figura IX-2) y 72 horas (Figura IX-3).
- Verano-otoño, sicigia, 25 metros de profundidad: 24 horas (Figura IX-4), 48 horas (Figura IX-5) y 72 horas (Figura IX-6).
- Verano-otoño, cuadratura, 5 metros de profundidad: 24 horas (Figura IX-7), 48 horas (Figura IX-8) y 72 horas (Figura IX-9).
- Verano-otoño, cuadratura, 25 metros de profundidad: 24 horas (Figura IX-10), 48 horas (Figura IX-11) y 72 horas (Figura IX-12).
- Invierno-primavera, sicigia, 5 metros de profundidad: 24 horas (Figura IX-13), 48 horas (Figura IX-14) y 72 horas (Figura IX-15).
- Invierno-primavera, sicigia, 25 metros de profundidad: 24 horas (Figura IX-16), 48 horas (Figura IX-17) y 72 horas (Figura IX-18).
- Invierno-primavera, cuadratura, 5 metros de profundidad: 24 horas (Figura IX-19), 48 horas (Figura IX-20) y 72 horas (Figura IX-21).
- Invierno-primavera, cuadratura, 25 metros de profundidad: 24 horas (Figura IX-22), 48 horas (Figura IX-23) y 72 horas (Figura IX-24).

5.6.2 Modelo hidrodinámico en golfo Almirante Montt

Cabe señalar que aquí se denomina Golfo Almirante Montt (GAM) a todo el sistema incluido en el dominio de modelación, incluyendo la parte externa de este golfo, como por ejemplo, el canal Morla Vicuña.

Nivel del mar

Las **Figuras 184 a 185** muestran las series de nivel del mar observado y modelado en distintos lugares del golfo Almirante Montt. Para el canal Morla Vicuña se aprecia un gran acuerdo entre lo observado y modelado en la series horarias, la fase parece bien descrita con una correlación que alcanza un valor de 0.97, mientras que para las amplitudes el error es de un 7.85%. La serie filtrada presenta una alta correlación alcanzando un valor de 0.96, mientras que el error aumenta con respecto a la serie horaria alcanzando un valor de 19.8 % (Tabla 62).

Para el caso de la zona interior, en seno Obstrucción, la serie horaria presenta una correlación de 0.89, mientras que su amplitud presenta un error de 37.2%. Para la serie filtrada, la correlación alcanza un valor de 0.84, y su error asociado es del 50.7%. **(Tabla 63).**

Correntometría:

ADCP canal Morla Vicuña: La **Figura 186** muestra que la corriente a los 5 m. para la componente más energética del sector (u_este-oeste) en la escala horaria. Esta presenta un comportamiento fuertemente determinado por la marea, con velocidades que pueden superar los 100 cm/s. El modelo en este caso replica el comportamiento de influencia mareal con una correlación de 0.75, mientras que el error asociado a las amplitudes alcanzan un 22.9% (Tabla 64). En el caso de la serie residual, se observa que el modelo replica el patrón general, aunque sobrestimando el flujo de salida hacia el oeste, la correlación alcanza un valor de 0.31 y el error asociado a la amplitud un 52.6 % (Tabla 65).

Para el caso de la amplitud de corriente entre los 10 y 20 m, se observa un mayor acuerdo que a los 5 metros, alcanzando errores en torno al 16% y una correlación sobre 0.72. A los 40 m. Si bien, aumenta la correlación (0.86), las amplitudes dadas por el modelo tienden a subestimar los valores observados alcanzando un error de ~17%. Para el caso de las series residuales bajo los 10m, las correlaciones fluctúan entre 0.33 a 0.5, mientras que el error en la amplitud está en torno al 30% (**Tabla 65**).

ADCPs seno Poca Esperanza y golfo Almirante Montt: En general, al interior del dominio denominado golfo Almirante Montt los resultados en los dos puntos de observación no presentan una actuación adecuada. (Figuras 187, 188, 189 y 190) (Tabla 66, 67, 68 y 69), los mejores valores de correlaciones se presentan de manera esporádica y sin un patrón definido, las series residuales indican que aún no se define de buena forma los forzantes como el viento y una adecuada representación del campo de masa.

Resultados de dispersión de partículas en distintos escenarios ambientales se presentan en **ANEXO XIII.**

5.6.3 Modelo hidrodinámico de alta resolución en canal Cockburn

El modelo corresponde a una simulación hidrodinámica entre el Estrecho de Magallanes desde Punta Arenas hasta la Isla Carlos III, en el borde occidental, y el Canal Cockburn. Las fechas simuladas fueron entre el 23 de agosto y el 26 de septiembre de 2013, conteniendo la "campaña Cockburn invierno 2013", y la segunda modelación fue entre el 1 y el 31 de enero de 2014, fechas contenidas dentro de la "campaña Cockburn verano 2014". Esto se realiza con el objeto de validar a nivel estacional el modelo. Sin embargo en la campaña de invierno, hubo problemas con los mareógrafos, y el ADCP anclado del Seno Lyell, lo que deja estos datos fuera de validación. Por su parte, debido a que los resultados de la modelación de la campaña "Cockburn invierno", son entregados en una adenda, las figuras correspondientes a este modelo irán en el ANEXO X.

I) <u>CAMPAÑA INVIERNO</u>

Corrientes eulerianas

Se utilizó los datos de la campaña Cockburn Invierno 2013, para la validación del modelo, la cual contempló equipos ADCP anclados en el Seno Dyneley, Seno Pedro, Seno Bluff y Seno Chasco. Ambas series, observadas y modeladas, fueron filtradas con un filtro pasa bajo Coseno Lanczos de un poder medio de 40 horas, con el objeto de remover fluctuaciones de alta frecuencia, en especial las señales mareales e inerciales, y poder observar los flujos residuales. Las series modeladas y las observadas fueron trabajadas como series horarias, se trabajó con 4 profundidades (4, 10, 20 y 40m), las cuales son representativas de la estructura vertical de la corriente. Las figuras presentan los periodos comunes que hay entre lo medido y lo modelado. Para el análisis espectral se estimó el auto espectro de Welch, (1967), es cual es una modificación del método de Bartlett (1948), donde se reduce la varianza a través del cálculo de segmentos solapados de la serie. Los espectros presentados poseen 10 grados de libertad cada uno y se presenta el rango del 95 % de confianza.

Seno Chasco

En seno Chasco se usó la componente U (oeste-este), siendo esta la componente principal de la corriente debido a la ubicación del ADCP. Las series de tiempo de la componente U de la corriente, modeladas y observadas, se presentan en la **Figura X-1**, teniendo un periodo común de 31 días.

Se observa un cierto grado de ajuste entre las series observadas y las modeladas entre los 4 y 10 metros, donde el flujo residual de la corriente tiende a ser positivo (entra al fiordo), aunque el modelo tiende a ser más homogéneo temporalmente. A 20 metros el residual observado es débil aunque mayormente positivo (entra hacia el fiordo), mientras que el modelo por su parte también se presenta débil, pero a mediados de la seria es levemente negativo (sale del fiordo). A 40 metros el modelo se desajusta más siendo mayormente negativo (sale del fiordo), mientras el flujo observado tiende a ser débilmente positivo. En la **Tabla 70** se presentan los valores de correlación y de error cuadrático medio normalizado (RMSE) para las series presentadas.

El análisis espectral de las series observadas y modelas en las profundidades estudiadas en Seno Chasco, se presenta en la **Figura X-2**. Las series observadas presentaron máximos relativos a 12, 6 y 4 horas en todas las profundidades, sin embargo la distribución de energía fue variable en la columna, siendo la serie de 40 metros la más energética. El máximo a 24 horas, no fue significativo en las capas someras. Por su parte las series modelas presentaron una distribución más

homogénea de la energía a través de a columna, mostrando máximos a 24, 12, 8,6 y 4 horas. Estos máximos, si bien coincidentes con los observados, tienden a representar una corriente más barotrópica que lo observado.

Seno Dyneley

Para el análisis de la corriente en el Seno Dyneley, se usó la componente U (oeste-este), debido a la ubicación del equipo ADCP, fondeado entre 2 islas a la salida del canal, contendiendo al eje de máxima varianza en este sentido. Notar que este Canal está unido con el Canal Pedro por una pequeña angostura de no más de 10 metros, generando una barrera natural entre los dos y separando sus cuencas, haciendo que los canales tenga dinámicas en cierto grado independiente. Las series de tiempo del modelo y las observadas se presentan en la **Figura X-3**, con un periodo común de 32 días.

El flujo residual de la corriente observada entre 4 y 10 metros se presenta en general positivo (entra al fiordo), aunque a 20 metros, es débil y fluctuante. Este rasgo también se observó en la serie modelada, con residuales positivos, aunque en el modelo la intensidad de la componente fue mayor. En 20 y 40 metros, el residual de la corriente observada se vuelve más variable, volviéndose negativo durante pequeños periodos, mientras que el residual de la de la corriente modelada se mantiene positivo e invariable. En la **Tabla 70** se presentan los valores de correlación y de error cuadrático medio normalizado (RMSE) para las series presentadas.

El análisis espectral de las series observadas y modelas en las profundidades estudiadas en Seno Dyneley, estudiadas se presenta en la **Figura X-4**. En las series observadas se muestra una distribución de la energía relativamente homogénea en profundidad, resaltando el máximo absoluto a 12 horas, seguidas de máximos a 8, 6 y 4 horas. Por su parte el espectro de energía de las series modeladas presenta una distribución totalmente homogénea en profundidades, resaltando el máximo absoluto a 12 horas, mientras que también aparecen máximos a 24, 6 y 4 horas, sin embargo estos son menos energéticos que los observados.

Canal Pedro

El Canal Pedro está unido con el Seno Dyneley por una pequeña angostura, la cual actúa como una frontera entre ambos, delimitando las cuencas de cada fiordo, su orientación es sur-norte, por lo que se utiliza la componente V (norte-sur) de la corriente para el análisis. Las series modeladas y observadas para el Canal Pedro se presentan en la **Figura X-5**, presentado un periodo común de 31 días.

En canal Pedro se presentó el mayor desajuste entre las series observadas y las series modeladas, siendo a su vez las menores correlaciones y los mayores errores. A 4 metros, el residual de la corriente observada es mayormente positivos (sale del fiordo), aun cuando presenta eventos de inversión, volviéndose negativo, y ajustándose brevemente con el residual modelado, sin embargo,

este último se mantiene negativo (entra al fiordo) durante toda la serie. En 10 metros, el residual de la corriente observada es más variable, siendo levemente en promedio positivo (sale del fiordo), aunque presenta periodos donde es negativo. En estos periodos tiene a asimilarse a la serie modelada, la cual es mayormente negativa (entra al fiordo). En 20 metros el residual de la corriente observada es levemente positivo, no presentando una tendencia mayormente definida, mientras que la serie del residual modelado se mantienen mayormente negativo, este es de mayor intensidad que el observado. Por su parte, la serie de la corriente residual a 40 metros presenta mayor variabilidad, siendo negativa en mayores periodos que las series más superficiales. En estos eventos de inversión, la serie observada se tiende a ajustar con la serie modelada, la cual es mayormente negativa (entra al fiordo). En la **Tabla 70** se presentan los valores de correlación y de error cuadrático medio normalizado (RMSE) para las series presentadas.

El análisis espectral de las series observadas y modelas en las profundidades estudiadas en Canal Pedro, se presenta en la **Figura X-6**. Los espectros de las series observadas no presentan máximos definidos, a excepción de la serie de 40 metros, la cual posee un máximo más o menos definido a 12 horas y otros de alta frecuencia, al igual que la serie a 20metros, la cual presenta máximos en altas frecuencias y a 24 horas. En cambio, y a diferencia de las series de datos observados, las series modeladas se presentaron homogéneas, siendo la corriente a 40 metros la más energética, donde resalta un máximo a 12 horas a 6 y 4 horas, mientras que el resto de las series tuvo una conducta similar entre sí.

Seno Bluff

El Seno Bluff se encuentra en el borde sur del Canal Cockburn, junto al Seno Brujo, con una orientación sur-norte, por lo que se usó la componente V de la corriente para el análisis, las series observadas y modeladas se muestran en la **Figura X-7.** Ambas series presentan un periodo común de 10 días, esto debido a que la serie de datos observados fue más corta producto de un problema con el ADCP. En general entre 4 y 10 metros el residual de la corriente observada es mayormente negativo (entra al fiordo), rasgo observado en la serie modelada, la cual también es negativa, manteniendo las intensidades similares. Entre 20 y 40 metros, los residuales de la corriente observada se mantienen con valores negativos (entra hacia el fiordo), siendo coincidente con las series de la corriente modelada, sin embargo estas últimas se presentan más homogéneas, en contraste con la variabilidad observada en las series observadas, aun así, las magnitudes son similares. En la **tabla 70** se presentan los valores de correlación y de error cuadrático medio normalizado (RMSE) para las series presentadas.

El análisis espectral de las series observadas y modelas en las profundidades estudiadas en Seno Bluff, se presenta en la **Figura X-8**. Si bien las series de los datos observados fueron solo de 15 días, se pudo calcular el espectro de energía, revelando un máximo en todas las series a 12 horas, mientras que a 40 metros, la serie presenta un máximo a 6 horas –no siendo visible en el resto de las series-. Lo espectros de las series modeladas, a diferencia de los espectros de la corriente observada, fueron calculados a partir de series de 40 días, presentan máximos bien definidos a 12, 6

y 4 horas en todas las profundidades, representan una distribución homogénea de la energía a través de la columna de agua.

Secciones transversales

Secciones de ADCP remolcado realizada en la campaña Cockburn Invierno 2013, fueron usadas para la verificación de las estructuras espaciales de las corrientes residuales del modelo en la boca de los fiordos Lyell, Pedro, Dyneley, Brujo, Bluff y en Canal Magdalena. Los resultados del modelo presentados son promedios de la corriente, los cuales son aproximaciones de la corriente residual calculados en la misma fecha que el observado, los cuales corresponde a periodos de 24 horas. La falta de datos batimétricos en la mayoría de los fiordos, provocó interpolaciones con baja coherencia con lo observado en los transectos de ADCP remolcado, por este motivo que se generó manualmente la batimetría de algunos fiordos de acuerdo a lo observado, asumiendo que los rasgos observados eran homogéneos a lo largo del canal, a excepción de las morrenas, las cuales se focalizaron solo en la boca. Las figuras son referidas mirando los fiordos desde el sur hacia el norte.

Seno Lyell

La **Figura X-9** presenta la sección transversal de la corriente componente V observada (arriba) y modelada (abajo) en el Seno Lyell. Las sondas batimétricas del Seno Lyell fueron insuficientes para una correcta interpolación, por lo que se creó una batimetría que fuera similar a la observada. El transecto muestra la presencia de al menos 3 capas más o menos bien definidas, Una capa superficial que sale del fiordo, seguida de una capa subsuperficial (~ 50 – 100 m) que entra hacia el fiordo, y más abajo una tercera capa más difusa, donde por un lado entra y por otro sale el agua del fiordo. Por su parte el transecto de la corriente modelada presenta un flujo residual que tiende a ser de 2 capas, con un flujo que entra hacia el fiordo en superficial de salda del fiordo en los primeros 25 metros.

Canal Pedro

La **Figura X-10** muestra el transecto de la corriente residual, componente V, observada (arriba) y modelada (abajo) en Canal Pedro. El transecto observado exhibe a grandes rasgos un residual de dos capas, con una capa superficial que entra hacia el fiordo y una capa profunda (200 - 250m) donde el residual es hacia la boca del fiordo, exhibiendo características de un fiordo inverso. El modelo por su parte replica el flujo superficial de entrada, mientras que hacia el fondo, el flujo es hacia la boca. Sin embargo, en superficie el modelo exhibe un flujo de salida del fiordo Hacia la costa oriental, desarrollando una estructura de 3 capas.
Seno Brujo

En la **Figura X-11** se presenta el transecto del residual de la corriente observada en el Seno Brujo, componente V(Arriba), y (abajo) el transecto modelado del flujo residual, componente V, del Seno Brujo con una batimetría construida a partir de una batimetría plana, que sigue las isolínea del Canal Cockburn en ese punto. Para las simulaciones del periodo de invierno, se utilizo esta batimetría idealizada del fiordo, al no contar con datos de batimetría del fiordo, se realizaron pruebas con perfiles obtenidos del ADCP remolcados, sin embargo estos perfiles batimétría plana, con la máxima profundidad registrada en el transecto. El flujo residual de la corriente observada se presenta débil exhibiendo una estructura de 2 capas, con una capa superficial hasta los 60 metros donde el flujo entra hacia el fiordo, mientras la capa más profunda presenta un residual hacia afuera del fiordo, presentado una estructura de fiordo inverso. Por su parte el transecto del la corriente residual modelada, la cual presenta una batimetría plana, exhibe una estructura de capas, con una capa somera que entra hacia el fiordo hasta los 30 metros, seguida de una capa profunda que sale del fiordo, desarrollando la una estructura similar a la corriente observada.

Seno Dyneley

La **Figura X-12** presenta la sección transversal de la corriente residual, componente V, observada (arriba) y modelada (abajo) en el Seno Dyneley. El transecto del residual observado mostró en general una estructura de 2 capas en el borde occidental del fiordo, con una capa superficial entrando hacia el fiordo y una capa profunda que sale de este, mientras que hacia el borde oriental, este presento 3 capas, con una capa superficial saliendo del fiordo, seguida de una pequeña capa intermedia entre 80 y 130 metros que entra hacia el fiordo, y una capa profunda con un residual hacia afuera del fiordo que está presente en todo el transecto. Sin embargo, el residual de la corriente modelada en la boca del Seno Dyneley presenta una fuerte estratificación lateral del flujo, siendo de 2 capas en el borde occidental, con un flujo hacia afuera del fiordo hasta los 160 m, seguido de una capa profunda que entra hacia el fiordo, mientras que en la otra mitad, el flujo es solo de entrada al fiordo en toda la columna, sugiriendo la presencia de un remolino en la boca del Seno Dyneley.

Seno Bluff

En la **Figura X-13** se presenta el transecto del residual de la corriente observada en el Seno Bluff, componente V (Arriba), y (abajo) el transecto modelado del flujo residual, componente V. El flujo residual de la corriente observado en la boca del Seno Bluff se presento bastante mezclado, con una estratificación lateral del flujo, entrando y saliendo del fiordo sugiriendo la presencia de remolinos que impedirían el desarrollo de la circulación estuarina, influyendo posiblemente la batimetría entre otro factores, denotando lo importante que es en el desarrollo de estructuras verticales de al corriente. El flujo residual modelado por su parte presenta una estructura de 2 capas, desarrollando una circulación estuarina inversa, donde el flujo entra por superficie al fiordo y sale por una capa

profunda (entre 20-100m aproximadamente). La falta de una definición de la batimetría en este caso podría ser la responsable del desajuste entre lo observado y lo modelado,

Canal Magdalena

La **Figura X-14** presenta la sección transversal de la corriente residual, componente V, observada (arriba) y modelada (abajo) en el Canal Magdalena, el cual une el Canal Cockburn con el Estrecho de Magallanes. El residual de la corriente observada presenta una estructura de 2 capas bien definida, con una capa superficial que fluye hacia el pacifico que llega hasta los 100 metros, seguida de una capa profunda que fluye hacia el estrecho de Magallanes, mostrando una circulación estuarina de gran escala. Por su parte el transecto de la corriente modelada presenta una estructura de 2 capas, con una capa superficial que fluye hacia el Océano Pacifico. Sin embargo esta capa es menor a la corriente observada, llegando solo a 40 metros, mientras que en la capa profunda, en general fluye hacia el Estrecho de Magallanes, con la presencia de flujos hacia el Océano Pacifico.

Escenarios de dispersión de partículas

Se implemetaron modelos de dispersión de partículas (particule tracking) en: a) Estero Estaples, b) Seno Lyell, c) Seno Chasco y d) Seno Brujo. Estos puntos de dispersión fueron elegidos debido a la presencia de zonas de cultivo de salmónidos en ellos y/o a la solicitud de actividades acuícolas en ellos. Las dispersiones fueron simuladas en periodos de de 3 días, realizándose a 5 y 25 metros, en cuadratura y en sicigia en ambas campañas (invierno/verano). Las figuras fueron tomadas a 24, 48 y 72 horas iniciada la dispersión de partículas.

Estero Estaples

La **figuras XI-1 y XI-2** presentan la dispersión de partículas en la cabeza del estero Estaples a 5 y 25 metros en cuadratura. En general , ambas simulaciones presentan una dispersión similar, debido a una columna de agua mas homogénea, manteniendo la pluma de dispersión cerca de la cabeza en las primeras 24 horas, acercándose al estrecho de Magallanes a las 72 horas, incluso saliendo del fiordo a 25 metros.

En las **figuras XI-3 y XI-4** se muestran las dispersiones de partículas a 5 y 25 metros respectivamente, en sicigia. A las 24 horas en ambas profundidades las partículas permanecen cerca de la fuente de dispersión, sin embargo a las 48 horas las partículas salen hacia el Canal Cockburn, propagándose hacia el océano Pacifico, llegando en 72 horas a la boca del seno Dyneley.

Seno Lyell

Las **figuras XI-5 y XI-6** muestran la dispersión de partículas en el Seno Lyell a 5y 25 metros respectivamente en cuadratura. En ambas profundidades se observa que las partículas permanecen

cerca de la fuente de dispersión, transcurridas las 72 horas, las partículas no salen del fiordo, tanto a 5 como a 25 metros.

La dispersión de partículas en Seno Lyell a 5 y 25 metros en sicigia se muestra en las **figuras XI-7 y XI-8** respectivamente. De manera similar a lo observado en la dispersión en cuadratura, en sicigia las partículas permanecen dentro del fiordo transcurridas las 72 horas desde iniciada la propagación, tanto en 5 como 25 metros.

Seno Chasco

La dispersión de partículas en Seno chasco a 5 y 25m en cuadratura se muestra en las **figuras XI-9 y XI-10** respectivamente. En ambas profundidades, las partículas tienden a ir hacia la cabeza del fiordo, ya que el punto de dispersión se encuentra a la mitad de este, transcurridas 72 horas, la pluma se mantienen hacia la cabeza del fiordo.

En sicigia, las dispersiones se muestran en las **figuras XI-11 y XI-12** respectivamente. En este caso, las partículas a 5 y 25 metros tienen conductas similares, propagándose a lo largo del canal durante las primeras 24 horas, alcanzando la boca en 48 horas, y saliendo hacia el océano Pacifico en 72 horas.

Seno Brujo

La dispersión de partículas en cuadratura para Seno brujo se muestra en la **figura XI-13 y XI-14** metros a 5 y 25 metros respectivamente. En ambas profundidades las dispersiones son similares, manteniéndose cerca de la fuente de propagación en 24 horas, avanzando lentamente hacia la boca, llegando a ella a las 72 horas.

Las **figuras XI-15 y XI-16** muestran la dispersión de partículas en Seno Brujo a 5 y 25 metros respectivamente. Las dispersiones a 5 y 25metros son similares en sicigia también, permaneciendo las partículas cerca de la cabeza del fiordo (cerca de la fuente de dispersión), en las primeras 24 horas, para ir propagándose hacia la boca en 48 horas. A las 72 horas, en 5 y 25 metros, las partículas logran salir hacia el Estrecho de Magallanes, llegando al Océano Pacifico.

II) <u>Campaña Verano</u>

Señal de Mareas simulada

En general la señal de marea estuvo bien reproducida por el modelo, desarrollando el régimen semidiurno con desigualdad diurna característico de la zona. Sin embargo la calidad de la simulación fue decreciente desde el océano hacia los canales, viéndose perturbada por efectos topográficos y batimétricos, los cuales el modelo tiende a subestimar debido a la baja resolución de la línea de

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

costa en ciertos canales y la falta de sondas batimétricas, las cuales limitan el desarrollo de modelos de elevación de mayor calidad.

Se usó los mareógrafos instalados en Seno Chasco, Bahía Escondida y la Isla Carlos III, fondeados en la Campaña Oceanográfica Cockburn-verano 2014, para obtener valores de correlación y RMS normalizado, el cual es el error cuadrático medio dividido por la máxima amplitud de los datos observados, entregando el error como un porcentaje de dicha amplitud (ver **Tabla 71**).

En Seno Chasco la correlación entre los valores observados y el modelo fue de 94.07%, con un RMS normalizado de % 4.35, presentando un alto ajuste debido a su cercanía con el océano y la poca interrupción que presenta la onda en su propagación hacia el canal (ver **Figura 191**).

En Bahía Escondida se obtuvo una correlación de 89.87% entre el valor observado y el modelado, con un RMS normalizado de 21.07%. Esta menor correlación y mayor error, se debe la propagación de la onda de marea a través de las angosturas en el estrecho de Magallanes, cuya perturbación resulta dramática, atenuando su amplitud de ~10m a ~3m. (ver **Figura 191**).

Finalmente, en la Isla Carlos III, se obtuvo una correlación de 87.88% y un RMS normalizado de 4.35% entre los valores observados y el modelo. Diferencias en la señal diurna disminuyen la correlación, no obstante el error es pequeño (ver **Figura 191**).

El análisis espectral de estas 3 estaciones muestra que la mayor energía está contenida en las frecuencias semidiurna y diurnas. A su vez es notable la contribución energética que aportan las componentes someras al espectro, en especial las de 8, 6, 4 y 3 horas. Este es un rasgo característico de las zonas de canales, donde los rasgos topográficos y batimétricos, distorsionan la señal de marea, entregando energía a las altas frecuencias (**Figura 192**).

Corrientes eulerianas

Se utilizó los datos de la campaña Cockburn verano 2014, para la validación del modelo, la cual contempló equipos ADCP anclados en el Seno Dyneley, Seno Pedro, Seno Lyell y Seno Chasco. Ambas series, observadas y modeladas, fueron filtradas con un filtro pasa bajo Coseno Lanczos de un poder medio de 40 horas, con el objeto de remover fluctuaciones de alta frecuencia, en especial las señales mareales e inerciales, y poder observar los flujos residuales. Las series modeladas y las observadas fueron trabajadas como series horarias, se trabajó con 4 profundidades (4, 10, 20 y 40m), las cuales son representativas de la estructura vertical de la corriente. Las figuras presentan los periodos comunes que hay entre lo medido y lo modelado. Para el análisis espectral se estimó el auto espectro de Welch, (1967), es cual es una modificación del método de Bartlett (1948), donde se reduce la varianza a través del cálculo de segmentos solapados de la serie. Los espectros presentados poseen 10 grados de libertad cada uno y se presenta el rango del 95 % de confianza.

Las corrientes modeladas comúnmente presentaron bajas correlaciones e incluso valores negativos, mientras que el error varió considerablemente en algunos casos entre las series horarias y las filtradas (ver **Tabla 71**), la estructura vertical del flujo residual pudo ser representada en la mayoría de los casos, siendo este el objetivo principal de esta primera etapa de modelación en Canal Cockburn. Las figuras presentan la dirección del viento en conversión oceanográfica, es decir, indican hacia dónde va el viento.

Seno Chasco

En seno Chasco se usó la componente U (oeste-este), siendo esta la componente principal de la corriente debido a la ubicación del ADCP. Las series de tiempo de la componente U modeladas y observadas se presentan en la **Figura 193**, teniendo un periodo común de 15 días. En ella podemos notar que el modelo a 4 y 10m es capaz de reproducir la estructura temporal de la corriente debida en gran parte al viento (línea negra punteada). Aunque la correlación de las series filtradas modeladas con lo observado a 4 y 10 metros fue de 43.8% y 47.38 % respectivamente, las series horario presentaron correlaciones menores (3.75 y 20.10%).Esto sugiere que el modelo pudo replicar efectos de baja frecuencia, los cuales son los forzantes del flujo residual, mientras que en altas frecuencias se desacoplan. El error en la magnitud de las series horario respecto a lo observado fue de 23.18% y 29.94% a 4 y 10m respectivamente, mientras que en las series filtradas fue de 26.36 y 20.24%, manteniéndose similar (ver **Tabla 71**).

En profundidades mayores, (20 y 40m) el residual tiende a ser un flujo hacia adentro del fiordo, en estos casos el modelo también replica dicho rasgo, sin embargo las fluctuaciones temporales se observan desacopladas, con correlaciones de 18.41 y 13.18% en las series horarias. No obstante, las series filtradas mejoran la correlación considerablemente, siendo de 46.07% y 50.33% a 20 y 40 metros respectivamente. El error normalizado de las series horario fue de 26.26% y 28.78% a 20 y 40m respectivamente en las series horarias con respecto a lo observado, mientras las series filtradas a estas profundidades presentaron un error de 26.23 y de 92.24% a 20 y 40metros (ver **Tabla 71**).

El análisis espectral de las series observadas y modeladas presenta su máximo de energía a las 12 y 24horas, producto de la marea semidiurna y diurna respectivamente (ver **Figura 194**). El espectro de la corriente observada presenta máximos relativos en altas frecuencias, siendo el mayor cercano a las 4 horas, presente en todas las profundidades muestreadas. Por su parte el modelo presenta una distribución más homogénea en la columna de agua, presentando todas las profundidades una distribución de energía similar. Aun así, máximos en altas frecuencias también son visibles, especialmente entre las 3 y 4 horas, donde la energía se distribuye a través de la columna de agua de manera uniforme. Este evento, de carácter barotrópico, podría estar asociado al máximo observado en los datos de ADCP, los cuales corresponden al aporte de la componente someras de marea.

Seno Dyneley

Para el análisis de la corriente en el Seno Dyneley, se usó la componente U (oeste-este), debido a la ubicación del equipo ADCP, fondeado entre 2 islas a la salida del canal, contendiendo al eje de máxima varianza en este sentido. Notar que este Canal está unido con el Canal Pedro por una pequeña angostura de no más de 10 metros, generando una barrera natural entre los dos y separando sus cuencas, haciendo que los canales tenga dinámicas en cierto grado independiente. Las series de tiempo del modelo y las observadas se presentan en la **Figura 195**, con un periodo común de 8 días.

El modelo en general respondió bien en las capas someras de 4 y 10m, reproduciendo armónicamente la variabilidad temporal de los residuales, a pesar de que cerca del final de simulación, la señal modelada tiende a desacoplarse de la observada, aunque la dirección del residual sigue siendo la misma que la observada. El desajuste presentado disminuye las correlaciones, siendo éstas en los datos horarios de 36.71% y 41.48% a 4 y 10m respectivamente, mientras que las series filtradas fue de 40.53% y 10.30%, mejorando en superficie, pero disminuyendo a los 10 m, probablemente debido al efecto del viento, el cual el modelo no fue capaz de cuantificar adecuadamente. Sin embargo las magnitudes en las series horario (filtradas) se presentaron mejor ajustadas, con errores de 9.24% (6.94%) y 8.86% (8.82%) para 4 y 10 m respectivamente, disminuyendo levemente en las series filtradas. Si bien, hay un efecto en el viento, el patrón de la corriente está claramente influenciado por la marea y posiblemente por la descarga de agua dulce cerca de la constricción que lo separa del Canal Pedro. Esta característica, no fue bien representada por el modelo, tendiendo a subestimar la amplitud de la señal.

En las capas profundas se presentó un menor ajuste entre lo observado y modelado, presentando residuales inversos a los 20 m, aunque a los 40 m los residuales presentan la misma dirección. Las correlaciones entre las series horario (filtradas) fueron de 48.83% (7.16%) y 56.25% (42.41%) a 20 y 40 m respectivamente, mientras que a 50m ésta llegó a los 60.06% (35.47%), siendo el mejor ajuste observado en la columna de agua. Las diferencias entre las series horario y las filtradas refleja que el modelo si bien replica bien las fluctuaciones mareales, los residuales no son bien explicados.

Los espectros de energía de las series observadas y modeladas se presentan en la **Figura 196**. El espectro de la señal observada evidencia que la marea semidiurna es con gran diferencia la que aporta la mayor cantidad de energía al sistema en toda la columna de agua, cuyo máximo también se puede observar en el espectro de la serie modelada, donde también la marea diurna aparece como un máximo relativo. En las señales de alta frecuencia, los datos observados presentan máximos relativos a las 4 y 6 horas, cuyos máximos también pueden observarse en la señal simulada. El espectro simulado en general presenta máximos relativos en las bandas de las componentes someras.

Canal Pedro

El Canal Pedro está unido con el Seno Dyneley por una pequeña angostura, la cual actúa como una frontera entre ambos, delimitando las cuencas de cada fiordo, su orientación es sur-norte, por lo que se utiliza la componente V de la corriente para el análisis. Las series modeladas y observadas para el Canal Pedro se presentan en la **Figura 197**, presentado un periodo común de 18 días. En general en todas las profundidades hubo un bajo ajuste entre lo modelado y lo observado, siendo mayor en capas profundas.

En capas someras las correlaciones entre lo observado y modelado en las series horarios (filtradas) fue de 20.62% (35.5%) y 6.67% (24.32%,) y el error de 19.46% (34.39%) y 19.21% (49.41%) a 4 y 10 m respectivamente (ver **Tabla 71**), aumentando en los residuales, debido a la capacidad del modelo de explicar mejor las bajas frecuencias. Mientras en la señal observada el residual tiende a ser débil y poco fluctuante, el modelo presenta mayor variabilidad. Notar que la dirección del Canal y su entorno geográfico debieran forzar una conducta local del viento, el cual se debiera encajonar en el canal, empero el patrón del viento predominante es hacia el este en el periodo de estudio. El uso de modelos atmosféricos de gran escala, no percibe estos rasgos, haciendo que el esfuerzo del viento sobre el canal responda a un patrón de gran escala (oeste-este), mientras el canal tiene una dirección norte-sur. Aun así los flujos residuales superficiales del Canal Pedro podrían estar forzados en gran parte por el aporte de agua dulce producto de los aportes fluviales presentes a lo largo de canal.

En las capas medias y profundas las correlaciones fueron bajas e incluso negativas bajo los 40 metros, debido a que los residuales modelados presentan direcciones opuestas a los observados. Las correlaciones de las series horario (filtradas) fueron de3.54% (7.77%) y-14.43% (-35.72%) a 20 y 40 metros con un error de 27.62% (53.32%) y 25.71% (69.98%) a 20 y 40 metros respectivamente (**Tabla 71**).

Los espectros de energía de las series modelas y observadas se presentan en la **Figura 198**. De manera similar al Seno Dyneley, con el cual está conectado a través de un pequeño canal, la componente semidiurna de la marea presenta la mayor cantidad de energía en el sistema, seguida de la componente diurna. El espectro de la serie modelada también presenta máximos en las componentes semidiurna y diurna, con todo, la distribución de la energía a través de la columna es más homogénea que la observada, tendiendo a despreciar los efectos baroclínicos de la corriente, oscilando de manera alineada. Esta conducta podría deberse en parte a la subestimación del aporte de agua dulce que entra al Canal Pedro. En altas frecuencias el espectro observado presenta un máximo espectral en la banda de 6 horas, y otro máximo relativo a las 8 horas. Por su parte el espectro del modelo presenta varios máximos relativos en alta frecuencia, siendo el de 6 horas el mayor, al igual que el observado.

Seno Lyell

El Seno Lyell se encuentra frente al estrecho de Magallanes, al sur del Canal Pedro, con una orientación sur-norte, por lo que se usó la componente V de la corriente para el análisis, las series observadas y modeladas se muestran en la **Figura 199**. En general los resultados del modelo en el Seno Lyell presentan un bajo ajuste, y bajas correlaciones. Las capas más someras exhiben una alta variabilidad, que no está presente en lo observado, disminuyendo la correlación. Sin embargo los residuales del Seno Lyell son relativamente bajos, por lo que su alta variabilidad responde a fluctuaciones de alta frecuencia que el modelo no es capaz de reproducir. Las correlaciones a los 4 y 10 m en las series horario (filtradas) fueron de 15.83% (7.2%) y 21.82% (14.31%) respectivamente, mientras que el error fue de 18.95% (32.84%) y 14.74% (19.73%) a 4 y 10 m (ver **Tabla 71**), dando cuenta que los residuales estuvieron peor ajustados que las series horario. Al igual que en Canal Pedro, la orientación del Seno Lyell, y su entorno geográfico, rodeado de grandes elevaciones, permite el desarrollo de patrones locales del viento que el viento no es capaz de reproducir, disminuyendo el efecto del esfuerzo del viento en superficie, y la calidad de los flujos residuales en superficie.

En capas medias y profundas el ajuste fue dispar, mientras a los 20 m la correlación fue de 19.95% (30.33%) con lo observado, con un error del 8.62%(16.41%), a los 40 m la correlación fue 20.45 (33.30%), con un error del 16.24% (33.64%) (Ver **Tabla 71**). Mientras que a los 20 metros el modelo pudo aproximar la dirección del flujo residual presentando mejores correlación, a los 40 metros el modelo presentó un residual hacia la cabeza del fiordo, cuando lo observado sugiere una pequeña oscilación entre flujos entrantes y salientes.

Los espectros de energía para las series observadas y modeladas se presentan en la **Figura 200**. En esta figura podemos notar que a diferencia de lo ocurrido en el Canal Pedro, la distribución de energía a través de la columna de agua es bastante más heterogénea, desarrollando una conducta más baroclínica, cuyos máximos están a las 12 y 24 horas, máximos también presentes en el espectro observado. El espectro de la corriente observada, da cuenta de la presencia de máximos relativos en superficie a altas frecuencias (6 y 8 horas), mientras que en espectro modelado, se presenta un máximo en todas las profundidades entre los 4 y 5 días, y un máximo superficial cercano a las 8 horas.

Secciones transversales

Secciones de ADCP remolcado realizadas en la campaña Cockburn verano 2014, fueron usadas para la verificación de las estructuras espaciales de las corrientes residuales del modelo en la boca de los fiordos Lyell, Pedro, Dyneley, Brujo, Bluff y en Canal Magdalena. Los resultados del modelo presentados son promedios de la corriente, los cuales son aproximaciones de la corriente residual. La falta de datos batimétricos en la mayoría de los fiordos, provocó interpolaciones con baja coherencia con lo observado en los transectos de ADCP remolcado, por este motivo que se generó manualmente la batimetría de algunos fiordos de acuerdo a lo observado, asumiendo que los rasgos

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

observados eran homogéneos a lo largo del canal, a excepción de las morrenas, las cuales se focalizaron solo en la boca. En ciertos casos (e.g Seno Bluff), la presencia de batimetrías construidas provoco inestabilidades en el modelo, así que fueron removidas. Las figuras son referidas mirando los fiordos desde el sur hacia el norte.

Seno Lyell

La **Figura 201** presenta la sección transversal de la corriente componente V observada (arriba) y modelada (abajo) en el Seno Lyell. Las sondas batimétricas del Seno Lyell fueron insuficientes para una correcta interpolación, por lo que se creó una batimetría que fuera similar a la observada. El transecto muestra la presencia de al menos 3 capas más o menos bien definidas, Una capa superficial que entra hacia el fiordo, seguida de una capa subsuperficial (~ 50 – 100 m) que sale del fiordo, y más abajo una tercera capa más difusa, donde por un lado entra y por otro sale el agua del fiordo. El modelo presenta una circulación en general hacia la cabeza del fiordo en la superficie, y en capas sub superficiales presentó un residual hacia la boca. No obstante el tipo de cizalle de la corriente residual tiende a ser lateral, estratificando horizontalmente el fiordo. El modelo tiende a mezclar gran parte de la columna, probablemente debido a la presencia de una picnoclina débil.

Canal Pedro

La **Figura 202** muestra el transecto de la corriente residual, componente V, observada (arriba) y modelada (abajo) en Canal Pedro. El transecto observado exhibe a grandes rasgos un residual de dos capas, con una capa superficial que sale del fiordo a la boca y una capa sub superficial e intermedia (100 - 300m) donde el residual es hacia la cabeza del fiordo. El modelo por su parte replica el flujo superficial de salida, mientras que hacia el fondo, el flujo es hacia la cabeza, sin embargo el modelo tiende a concentrar el flujo de salida por un lado del fiordo, desarrollando un régimen de mezcla total, mientras que en la parte más somera, el flujo se mantiene estratificado, conservado las dos capas, con una de salida superficial de salida de agua, y bajo ella, una capa de entrada de agua.

Seno Brujo

En la **Figura 203** se presenta el transecto del residual de la corriente observada en el Seno Brujo, componente V(Arriba), y (abajo) el transecto modelado del flujo residual, componente V, del Seno Brujo con una batimetría construida a partir de los datos del ADCP remolcado, y una batimetría plana, que sigue las isolínea del Canal Cockburn en ese punto. En el caso del Seno Brujo, se realizaron 2 dominios diferentes, uno con una batimetría replicada a partir de los datos batimétricos que entrega el ADCP, el cual entregó buenos resultados, siendo capaz de replicar una estructura de 2 capas, con residuales débiles, de una capa superficial hacia la boca del fiordo, y una capa profunda con un residual hacia la cabeza del fiordo. Pero esta simulación al correr aproximadamente 10 días empezó a mostrar inestabilidades en esa zona, y en las adyacentes al Seno Brujo, que hicieron que la modelación se interrumpiera por "blow-up", término que se usa cuando las iteraciones

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

de la ecuación de movimiento en un punto tienden a infinito. La recurrencia de este error, llevó a modificar la entrada del Seno Brujo, eliminando la morrena, y suavizando el fondo, de esta forma el modelo fue estable, no obstante la estructura espacial del residual del modelo fue modificada, al no tener la influencia de la batimetría. El modelo con la batimetría plana, presentó una pequeña capa superficial (< 5m) en un área, donde el flujo es de salida, mientras que gran parte de las capas superficiales y subsuperficiales fueron de entrada al fiordo. Notar que tanto en el observado como en el modelado, el flujo de entrada es mayormente por el lado derecho.

Seno Dyneley

La Figura 204 presenta la sección transversal de la corriente residual, componente V, observada (arriba) y modelada (abajo) en el Seno Dyneley. El transecto del residual observado mostró una pequeña capa superficial bien definida de salida hacia la boca. No obstante baio esta capa, las capas subsuperficiales e intermedias presentaron dos estructuras que difieren espacialmente, siendo hacia la cabeza del fiordo por la izquierda, y saliendo a la boca por la derecha. La capa profunda fue en general hacia la boca. Por su parte el modelo desarrolló una estructura espacial casi opuesta a lo observado en capas intermedias. En superficie se generó una capa hacia la boca, lo cual coincide con lo observado. Esta capa se presenta a lo largo de todo el transecto y no superó los 20 metros de profundidad. Bajo los 20 metros el modelo desarrolló un patrón de flujo residual, donde el flujo es hacia la cabeza por el lado derecho y sale hacia la boca por la izquierda, siendo opuesto a lo observado. Si bien el Seno Dyneley no exhibió un morrena, (al menos en la zona del transecto del ADCP), y el fondo se observó plano y sin accidentes batimétricos, la configuración del fondo hacia el fiordo, y la presencia de un grupo de islas cerca de la boca, que si bien fueron incluidas en el dominio pero no de forma detallada, podrían influir en la presencia de un remolino de mediana escala en la boca del fiordo, que determina por donde entra y sale el agua, sin embargo no fue posible definir porque el modelo lo desarrolla de forma opuesta.

Seno Bluff

La **Figura 205** presenta la sección transversal de la corriente residual, componente V, observada (arriba) y modelada (abajo) en el Seno Bluff. El transecto observado, presentó residuales débiles, aunque una bien definida capa superficial, dentro de los primeros 20 metros, donde el flujo es hacia la boca, bajo esta capa, el flujo se torna más disperso, presentando distintas estructuras espaciales, siendo mayormente hacia la cabeza del fiordo. El modelo mostró una capa superficial, con un residual hacia la boca del fiordo, de manera similar a lo observado. Esta capa, de ~10 metros de profundidad se extiende a lo largo de todo el transecto. Bajo esta capa, los residuales fueron débiles, y al igual que el observado, no se observa una estructura definida, fluctuando entre flujos hacia la boca y hacia la cabeza. A pesar de esto, el modelo mostró mayormente un flujo hacia la boca, en contraste con lo observado.

Canal Magdalena

La **Figura 206** presenta la sección transversal de la corriente residual, componente U, observada (arriba) y modelada (abajo) en el Canal Magdalena, el cual une el Canal Cockburn con el Estrecho de Magallanes. Los resultados de los residuales observados revelan una corriente muy mezclada, con una estratificación lateral, siendo un flujo residual hacia el Estrecho de Magallanes en los bordes del canal, mientras que en el centro el residual es hacia el Océano Pacifico. Esta estructura se mantiene en toda la columna. Por su parte el modelo mostró un flujo residual casi total hacia el Estrecho de Magallanes, a excepción del centro del canal, donde es hacia el Océano Pacifico. Sin embargo este residual hacia el Pacifico no se extiende hasta el fondo, focalizándose solamente hasta los 80 metros de profundidad, siendo hacia el Estrecho de Magallanes bajo esta capa.

Dispersión de partículas

Se implementaron modelos de dispersión de partículas (particule tracking) en los fiordos Dyneley, Pedro, Brujo, Chasco y Lyell. Estos resultados fueron contrastados con los resultados de lance de derivadores en dichos fiordos durante la campaña Canal Cockburn, verano 2014. El modelo de dispersión de partículas fue realizado a 4 metros de profundidad (al igual que los derivadores), coincidiendo la fecha de inicio en cada caso y su duración, generalmente entre 36 y 48 horas. En las **Figuras 207, y 208** se muestran los resultados de las simulación, en azul lo observado y en rojo el modelado.

En seno Chasco el derivador tuvo un transporte neto hacia la cabeza del fiordo, después de avanzar hacia la cabeza. Esta trayectoria fue similar a la modelada, donde el transporte neto también fue hacia la cabeza del fiordo, aunque este no llegó tan cerca de la cabeza como el derivador. En Seno Brujo, el derivador tuvo un transporte neto bastante acotado, quedando entrampado en un radio no mayor a un kilómetro desde su inicio, mientras que el modelo presenta un desplazamiento mayor, avanzando hacia la cabeza del fiordo y saliendo por el canal adyacente al Seno Brujo hacia el Canal Cockburn. En el seno Dyneley el derivador presentó un trasporte neto hacia el canal Cockburn, con dirección hacia el este, sin embargo el modelo presentó un desplazamiento hacia la cabeza del fiordo, para luego retornar dirección hacia el Canal Cockburn, por el lado izquierdo (ver Figura 207).

En canal Pedro el desplazamiento neto del derivador fue bastante focalizado, manteniéndose cerca de la boca del fiordo, sin salir al Estrecho de Magallanes. Esta trayectoria fue similar a la simulada, la cual se mantuvo cerca de la boca del fiordo sin salir al Estrecho, aunque el modelo mantuvo la partícula hacia el lado derecho del fiordo, mientras el derivador se mantuvo por el lado izquierdo. En el Seno Lyell la partícula observada se desplazó hacia la boca del fiordo, pero no salió de este, cambiando su trayectoria en la boca con dirección hacia la cabeza, produciendo un transporte neto pequeño. Por su parte la partícula simulada se mantuvo dentro del fiordo, con un transporte neto pequeño, al igual que el observado, no obstante, esta vez la partícula se aproximó hacia la cabeza del fiordo, manteniéndose en esa zona durante la simulación (ver Figura 208).

Escenarios de dispersión de partículas

Se implementaron modelos de dispersión de partículas (particule tracking) en: a) Estero Estaples, b) Seno Lyell, c) Seno Chasco y d) Seno Brujo. Estos puntos de dispersión fueron elegidos debido a la presencia de zonas de cultivo de salmónidos en ellos y/o a la solicitud de actividades acuícolas en ellos. Las dispersiones fueron simuladas en periodos de de 3 días, realizándose a 5 y 25 metros, en cuadratura y en sicigia en ambas campañas (invierno/verano). Las figuras fueron tomadas a 24, 48 y 72 horas iniciada la dispersión de partículas.

Estero Estaples

La **figuras XI-17 y XI-18** presentan la dispersión de partículas en la cabeza del estero Estaples a 5 y 25 metros en cuadratura. Ambas simulaciones presentan una dispersión similar, a 24 horas las partículas se mantienen cerca de la fuente de dispersión, tanto en 5 como en 25 metros, mientras que en 48 horas, estas se dispersan hacia la boca, alcanzando el estrecho de Magallanes. Ya en 72 horas, las partículas alcanzan el estrecho de Magallanes, avanzando hacia la península de Brunswick, hacia el norte, en 5 y 25 metros.

Por su parte, las dispersiones en sicigia se muestran en las **figuras XI-19 y XI-20** a 5 y 25 metros respectivamente. Nuevamente ambos experimentos resultan en resultados similares. Las partículas se mantienen dentro del fiordo en 24 horas, sin embargo a 48 horas, estas logran dispersarse hacia la cabeza del fiordo, propagándose hacia el norte a través del estrecho de Magallanes en 72 horas.

Seno Lyell

La dispersión de partículas a 5 y 25 metros en cuadratura en Seno Lyell se presentan en las **figuras XI-21 y XI-22** respectivamente. En ambas profundidades las partículas tienen un comportamiento similar. En 24 y 48 horas, estas se mantienen cerca de la fuente de dispersión en la cabeza del fiordo, mientras que en 72 horas, estas logran salir del fiordo y desplazarse hacia el estrecho de Magallanes, tomando dirección hacia el oriente.

A su vez, las dispersiones en sicigia para el Seno Lyell se presentan en las **figuras XI-23 y XI-24** a 5 y 25 metros respectivamente. De manera similar a la cuadratura, en sicigia ambas profundidades presentaron dispersiones equivalentes, manteniéndose en la cabeza del fiordo en 24 horas, dispersándose hacia la boca en 48 horas, mientras que en 72 horas, logra salir hacia el estrecho de Magallanes y dispersarse hacia el oriente, en dirección a la Península de Brunswick.

Seno Chasco

La dispersión de partículas a 5 y 25 metros en cuadratura en Seno Chasco se presentan en las **figuras XI-25 y XI-26** respectivamente. En general tanto en 5 como en 25 metros, las partículas se

mantuvieron dentro del fiordo, propagándose hacia la cabeza, cubriendo una gran superficie del fiordo transcurridas 72 horas desde el inicio de la dispersión.

Las dispersiones de partículas en Seno Chasco en sicigia para 5 y 25 metros se muestran en la **figuras XI-27 y XI-28**. De igual forma que el experimento anterior, las partículas en ambas profundidades tienden a asumir la misma conducta, desplegándose hacia la cabeza del fiordo durante las primeras 24 horas, manteniendo esta tendencia hasta las 72 horas de iniciada la dispersión, cubriendo casi la totalidad del interior del fiordo.

Seno Brujo

La **figuras XI-29 y XI-30** presentan la dispersión de partículas en la cabeza del Seno Bujo a 5 y 25 metros en cuadratura. La dispersión fue similar en ambas profundidades, manteniendo la pluma cerca de la fuente de dispersión en las primeras 24 horas. En 48 hroas, la pluma tiende a avanzar hacia la boca, mientras que en 72 horas, esta se dispersa hacia elCanal Cockburn en dirección oriente.

Las dispersiones de partículas en Seno Brujo en sicigia para 5 y 25 metros se muestran en la **figuras XI-31 y XI-32.** En ambas profundidades, la dispersión se comporto de manera similar, manteniendo la pluma dentro del fiordo en I primeras 48horas. Sin embargo en 72 horas, las particuals alcanzan el Canal Cockburn, y son desplazadas levemente hacia el poniente.

Corrientes promedio

Se estimó el campo de corrientes promedios en cada nivel vertical del dominio, como aproximación al campo de corrientes residuales. En la **Figura 209** se muestran 3 secciones del dominio, A, B y C, donde se presentan a través de vectores los flujos promedios a 0, 50, 100 metros de profundidad, y al fondo del dominio (primer nivel vertical sigma).

Sección A (Canal Cockburn, Senos Dyneley, Chasco, Brujo y Bluff)

En La **Figura 210** se presentan los campos de velocidad promedio a 0, 50, 100 m y en el fondo de la Sección A. En general se aprecia que en el Canal Cockburn, la corriente promedio es hacia el Estrecho de Magallanes en todos los niveles. En la entrada al Seno Dyneley se aprecia la formación de un remolino en todos los niveles. En Seno Chasco, Brujo y Bluff se puede observar la inversión de la corriente en niveles más profundos, a través de giros anticiclónicos.

Sección B (Estrecho de Magallanes, Canal Pedro, Seno Lyell, Estero Staples)

La **Figura 211** se muestra los campos de velocidad promedio a 0, 50, 100 m y en el fondo de la Sección B. El estrecho de Magallanes presenta un patrón cuasi homogéneo hacia el este en superficie. No obstante en profundidad, se desarrollan varios remolinos tanto ciclónicos como

anticiclónicos cerca de la boca de los fiordos Lyell, Pedro y Staples, desarrollando flujos que van hacia el Oeste.

Sección C (Canal Cockburn, Canal Magdalena)

En general, el campo de corrientes promedio presentado en la **Figura 212**, correspondiente a la Sección C, muestra un flujo hacia el Estrecho de Magallanes en todos los niveles verticales presentados, no obstante, la presencia frentes de corrientes que salen del Seno Keats dan paso a flujos hacia el Océano Pacifico en el Canal Magdalena entre los 20 y 50 metros de profundidad.

Campo de Masa

La distribución del campo de temperatura, salinidad y densidad promedio del modelo a 5, 25, 75 y 175 metros se presentan en las **Figuras 213, 214 y 215** respectivamente.

El campo de temperatura promedio del dominio muestra una capa de agua superficial más fría en todo el dominio, que oscila entre los 6 a 7 grados, exhibiéndose en general una termoclina invertida, siendo más fría en las zonas cercanas a la Isla Tierra del Fuego. Bajo la superficie, la temperatura aumenta, presentándose una cuña de agua más cálida en capas profundas por la Isla Carlos III. El corte vertical de temperatura en el Canal Cockburn mostrado en la **Figura 216**, muestra que la zona del Estrecho de Magallanes es levemente más cálida en superficie que la entrada del Océano Pacifico.

El campo de salinidad del dominio en superficie oscila entre 15 y 30. Los valores más bajos se concentran principalmente en las zonas cercanas al Parque Alberto de Agostini, donde hay una gran presencia de glaciares y altas cumbres cubiertas de nieve. Mientras que hacia los bordes del dominio la salinidad aumenta, siendo levemente menor en la salida del Pacifico que en la del Atlántico. Bajo la capa superficial, la salinidad en general aumenta con la profundidad, llegando a valores de 31 a los 175 m cerca de los bordes. El transecto de salinidad a través del Canal Cockburn presentado en la **Figura 217**, muestra un gradiente de salinidad superficial entre el Estrecho de Magallanes (30.2) y el Océano Pacifico (31.5), mientras que bajo esta capa superficial, la salinidad se mantiene entre 31.05 y 31.09. Estos valores son concordantes con los observados en la campaña CIMAR 3, etapa2.

Por su parte el campo de densidad se presentó de manera similar al campo de salinidad, presentando mínimos superficiales en la zona del Parque Alberto de Angostini, mientras que el Canal Cockburn se mantiene más homogéneo. El transecto de densidad a lo largo del Canal Cockburn exhibe un gradiente horizontal de densidad superficial entre el Estrecho de Magallanes y el Océano Pacifico de manera similar al transecto de salinidad, donde los mínimos superficiales se encontraron hacia el Estrecho de Magallanes (ver **Figura 218**).

Mediciones Archipiélago de Chonos campaña de primavera 2013

a) ADCP Remolcado

<u>Canal Moraleda Norte (Figura 219a</u>): El flujo residual de la componente V en la parte norte del canal Moraleda (Figura 219) presentó una capa superficial con un espesor de hasta 50 metros en el lado este del transecto (lado B), en dirección norte, influenciado por la batimetría del sector y por la mayor descarga de agua dulce asociada a este costado. La intensidad de la corriente en esta capa no supero los 12cm/s. Bajo esta capa y hasta los 150m destacó una corriente en sentido sur con magnitudes máximas cercanas a los 20cm/s. Por debajo de los 150 metros la intensidad del flujo disminuyó llegando a valores cercanos a 2cm/s mostrando un sentido principalmente hacia el norte. Flujo residuales del canal moraleda en su parte norte, evidenciaron un patrón concordante con los campos hidrográficos (Figuras 220, 221, 222), de esta manera el flujo superficial, registró agua de menor salinidad <32psu, Temperatura >10° y aguas más oxigenada >7mg/L. el flujo en dirección sur registro agua de características oceánicas 33-33,5 psu, más fría <9°C y menos oxigenada <6 mg/L.

<u>Canal Moraleda Sur (Figura 223a):</u> las mediciones de corrientes efectuadas en canal Moraleda sur solo contaron con 9 horas de medición producto del mal tiempo durante el periodo de estudio por ende el análisis armónico efectuado a estos datos solo alcanzo a extraer la componente cuartidiurna M4 (periodo 6.21hr) (Figura 223b). En general la configuración del flujo en este transecto se presentó en 2 capas. La capa superficial que se extendió hasta los 50m de profundidad exhibió un sentido norte mientras que la segunda capa, ubicada por debajo de los 50m, un sentido sur. Las intensidades máximas observadas estuvieron cercanas a los 20cm/s.

Los campos hidrográficos (**Figura 224**) presentaron un patrón similar a Moraleda norte con un flujo norte superficial de características estuarina ≈31psu, bien oxigenas >7,5mg/L y temperatura mayor a 10°C. Bajo los 50m el flujo en sentido sur registro agua de con salinidad >32psu, menor temperatura <9,5°C y oxígeno disuelto <6,6mg/L. Sin embargo, hacia el lado este, producto de la conformación batimétrica y topográfica, se exhibió un flujo de menor intensidad con dirección norte, agua de salinidad ≈30psu y temperatura >10°C.

<u>Canales King y Simpson (Figura 225a)</u>: El flujo residual en la salida este del canal King (Figura 225b) exhibió una configuración de 3 capas. La capa superficial que se extendió hasta los ~ 40m presentó una corriente de salida (hacia el oeste) con intensidades cercanas a los 15cm/s. entre los 40 y los 70 metros se observaron flujos de entrada (dirección este) con bajas magnitudes de hasta 5cm/s. bajo los 70m predominaron los flujos de salida (al oeste) con intensidades cercanas a 10cm/s. El flujo residual en la parte sur del canal Simpson (Figura 225c) mostró una configuración en capas. La primera capa superficial fue en sentido sur con una mayor profundización cercana al costado C (hasta 30m de profundidad), las intensidades en este sector fueron de 10cm/s. Por debajo de la primera capa y hasta los 100m aparece una corriente en sentido norte e intensidades de 5cm/s. Bajo la segunda capa aparecen flujos en sentido sur mientras que cerca del costado B aparecen flujos en dirección norte asociado al fondo.

Los campos hidrográficos que mejor representaron el flujo de 3 capas en canal King, fue el de salinidad (**Figura 226**), donde se observó una tenue estratificación, de esta manera el flujo de salida registró salinidad <31,75 psu, mientras que el flujo de entrada estuvo entre 31,75-32 psu. El flujo profundo de salida localizado bajo los 70 presentó salinidad >32°C. Este patrón también fue observado en el canal Simpson, sin embargo la capa superficial que presentó el flujo de entrada, registró una salinidad ≈31,25. El flujo de salida (dirección sur) presentó una salinidad >31,5psu.

Canal King (Figura 227a)

El flujo residual de canal King (**Figura 227b**) presento una configuración en capas. La capa superficial que se extendió hasta los 50m aproximadamente mostró un sentido oeste (flujo de salida) e intensidades cercanas a 20cm/s. Entre los 50 y 100m aparecieron flujos con dirección este y magnitudes de 6cm/s. bajo los 100m y asociado al fondo dominan los flujos en dirección oeste con algunos máximos de 20cm/s.

Los campos hidrográficos (**Figuras 228 y 229**) mostraron en la capa superficial (flujo de salida) entre 1 y 30m temperaturas superiores a 10,3°C, y salinidades de ≈31 psu. La capa intermedia ubicada entre 50m y 80m (flujo de entrada) registró temperaturas en torno a 10°C y salinidades entre 31,5-32psu. Bajo los 80m (flujo de salida) la temperatura fue menor a 10°C y salinidad <32psu.

Canales Memory-Bynon-Goñi (Figura 230a)

El flujo residual de la componente V en canal Memory (**Figura 230b**) presentó una capa superficial hasta los 40m de profundidad (mayor profundización en el lado **B** del transecto) de dirección sur y magnitudes de 10cm/s. Bajo esta capa predominó un flujo en dirección norte con magnitudes cercanas a 8cm/s, sin embargo cerca del vértice B del transecto se observaron flujos con sentido sur asociados al fondo. El flujo residual en el transecto que pasa por los canales Bynon y Goñi (**Figura 230c**) mostró una mayor cantidad de flujos de entrada en el canal Bynon, mientras que Goñi presentó más flujos de salida, dicha configuración en el flujo podría ser ocasionada por la topografía costera.

El campo hidrográfico que mejor representó los flujos del transecto fue la salinidad (**Figura 231**). El flujo de entrada en canal Simpson y Bynon, se caracterizó por mostrar salinidad <31,5 psu. Mientras que los flujos de salida mostraron salinidad >32psu.

Canales Goñi y Ciriaco (Figura 232a)

El flujo residual en canal Goñi (**Figura 232b**) exhibió una configuración del flujo en capas. La capa superficial de salida (al oeste) se extendió hasta los 20m con magnitudes cercanas a 5cm/s. la segunda capa de entrada (hacia el este) se ubicó entre los 20m y los 80m cerca del vértice A y de 160m cerca del vértice B con magnitudes de 20cm/s. por debajo de esta capa y cerca del fondo se observó una capa en sentido oeste con intensidades de hasta 20cm/s. En el canal Ciriaco (**Figura 232c**) dominaron los flujos hacia el sur, en la mayor parte del transecto con intensidades de hasta 12cm/s, solo aparecen flujos hacia el norte asociados al fondo (~20cm/s) y cerca de los costados

(~5cm/s). En general la circulación en este sector parece ser dominada por la corriente que entra a través del canal Goñi y baja por el canal Ciriaco.

Los campos de salinidad (**Figura 233**) mostraron una tenue estratificación en el canal Goñi, presentado por la baja salinidad ratificando el flujo superficial, mientras que la mayor salinidad y homogeneidad en canal Ciriaco estaría indicando que el agua ingresaría por canal Goñi hacia el este, bajando hacia el sur en canal Ciriaco.

Canal Ninualac (Figura 234a)

En el flujo residual U de canal Ninualac (**Figura 234b**) se observaron 2 patrones a lo largo del transecto, presentando entre el vértice A y el primer kilómetro un dominio de los flujos de salida. En tanto entre el primer y el tercer kilometro (vértice B) se alcanzó a percibir una delgada capa superficial (~15m) con flujos de salida (hacia el oeste) e intensidades de 4cm/s. Bajo esta capa aparecen flujos de entrada de baja intensidad (4cm/s) hasta los 100m de profundidad. Por debajo de la segunda capa dominaron los flujos de salida con intensidades que llegaron a los 10cm/s.

Los flujos de salida en la parte norte estuvieron caracterizados por presentar salinidad >32psu, agua más fría <10°C. Mientras que la parte sur se presenta estratificada, donde se observó el flujo de entrada con salinidad <32psu, más cálido >10,25°C (**Figura 235 y 236**).

b) Correntometría Euleriana (ADCP Anclado)

Debido a la extensa cantidad de graficas generadas a partir del análisis de ADCP anclado, estas serán incluidas dentro del **Anexo II**, y se denominaran dentro de este texto como figura II-1, figura II-2, etc. indicando la numeración correlativa después del guion. Del mismo modo se presentaran las tablas, todo esto con el fin de llegar a una mayor comprensión y continuidad de los resultados.

<u>Canal Ninualac</u>: La **Figura II-1** muestra la serie de corrientes horarias descompuesta en las componentes ortogonales este (u) y norte (v) para las capas entre 10 y 40 metros de profundidad. En ella se observó un dominio de la marea dentro de todas las capas. Los histogramas de dirección y magnitud de la corriente (**Figura II-2 a FiguraII-5**) junto con las tablas de incidencia (**Tabla II-1 a II-4**) mostraron un predominio de la corriente en ir hacia el suroeste y el sur y en una menor proporción hacia el noreste, destacando en este caso la capa de 10m al presentar una mayor frecuencia en esta dirección. Las magnitudes más frecuentes dentro de las capas de 20-30 y40m estuvieron entre 11 y 20 cm/s, mientras que la capa de 10m fue entre 0.1-10cm/s. Los máximos alcanzados llegaron a los 90cm/s en la mayoría de las capas, solo en la capa de 10m los máximos fueron un tanto menores (~70cm/s).

Las elipses de máxima varianza dentro de todas las capas (Figura II-6) mostraron que la dirección predominante sobre la cual oscila la corriente es la noreste-suroeste, siendo coincidentes con el eje del canal.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

El flujo residual (**Figura II-7**) exhibió en la capa de 10m una corriente en dirección sur con algunos eventos hacia el norte, mientras que en las capas entre 20 y 40 metros existió un dominio en la dirección sur. Los máximos observados fueron cercanos a 20cm/s.

El análisis armónico realizado a la corriente reveló una influencia mareal de 62% a los 10m; 83% a los 20; 85% a los 30m y 86% a 40m.

<u>Canal Goñi</u>: La **Figura II-8** muestra la serie de corrientes horarias descompuesta en las componentes ortogonales U y V, en ella se observó la influencia de la marea por sobre la corriente destacando la disminución de la amplitud en los días cercanos al 25 de noviembre, producto de las mareas de cuadratura. Los histogramas de magnitud y dirección de la corriente (**Figura II-9 a II-15**) junto con las tablas de incidencia (**Tabla II-5 a II-11**) reflejaron en la capa de 10m una corriente más frecuente en dirección sureste (63%) con intensidades más reiteradas en el rango entre 0 y 40cm/s. La capa de 20m fue más frecuente en sentido sur (27%) y noroeste (24%) con intensidades más reiteradas en el rango de 21-40cm/s. la capa de 30m presentó una dirección más frecuente en sentido sur (27%) y noroeste (17.8%) y noreste(17.3%) con intensidades más reiteradas en el rango de 40m presentó un mayor porcentaje en las direcciones suroeste (17.8%) y noreste(17.3%) con intensidades más reiteradas en el rango de 0-20cm/s. la capa de 50m presentó un mayor porcentaje en las direcciones suroeste (17.8%) y noreste(24%) y este (19%) con intensidades más reiteradas en el rango entre 0 y 20cm/s. La capa de 60m presentó una corriente más frecuente en las direcciones sureste(24%) y este (19%) con intensidades más reiteradas en el rango entre 0 y 20cm/s. La capa de 70m reveló una dirección noreste más frecuente (16%) e intensidades en el rango entre 0-20cm/s.

Las elipses de máxima varianza (**Figura II-16**) presentaron una orientación relativamente similar en las capas de 10,20 y 30m con una alineación noroeste-sureste. La capa de 40 exhibió una orientación noreste-suroeste. Las capas de 50 y 60m se orientaron nuevamente hacia el noroeste-sureste. Por último La capa de 70m exhibió una orientación este-oeste.

El flujo residual (**Figura II-17**) exhibió en las capas de 10, 20 y 30m una dirección dominante hacia el sureste. Las capas de 40 y 50m mostraron corrientes que variaron entre sureste-noroeste y noreste con una configuración similar entre las capas. La capa de 60m vario entre norte y sureste a lo largo de la serie. La capa de 70 m presentó corrientes en sentido noreste, sureste. Las intensidades disminuyeron a medida que aumento la profundidad, con intensidades máximas fueron cercanas a 25cm/s. El análisis armónico realizado a la corriente reveló una influencia mareal de 70.8% a 10m; 70.9% a 20m; 30.4% a 30m; 59% a 40m; 49% a 50; 66% a 60m y de 43% a 70m.

<u>Canal King</u>: La **Figura II-18** muestra la serie de corrientes horarias descompuesta en las componente ortogonales U y V en canal King donde se observó la influencia de la marea sobre las distintas capas. Los histogramas de magnitud y dirección de la corriente (**Figuras II-19 a II-24**) junto con las tablas de incidencia (**Tablas II-12 a II-17**) destacaron una dirección preferente hacia el oeste y en segundo lugar al este, donde los máximos observados bordearon los 40cm/s. las elipses de máxima varianza (**Figura II-25**) destacaron una dirección preferente este-oeste correspondiente a la

alineación del canal King. El flujo residual (**Figura II-26**) mostro en las capas de 5,10 y 20m una preferencia en sentido sur. A partir de la capa de 30m se observó un cambio en la dirección de la corriente en sentido norte.

El análisis armónico realizado a la corriente determino una influencia mareal de 70% a 5m; 74% a 10m; 78% a 20m; 80% a 30m y 40m; 78% a 50m.

<u>Canal Ciriaco</u>: La **Figura II-27** muestra la serie de corrientes horarias descompuesta en las componente ortogonales U y V en ella se observó la influencia de la marea sobre la corriente. Los histogramas de magnitud y dirección de la corriente (**Figura II-28 a II-32**) junto con las tablas de incidencia (**Tabla II-18 a II-22**) expusieron una corriente con una dirección más frecuentes hacia el este (20%) y oeste (17%) en la capa de 10m. En dirección oeste (22%) y sureste (20%) en la capa de 20m. En dirección oeste (26%) y sureste (22%) en la capa de 30m. En dirección oeste (24%), noroeste (23%) y sureste (22%) en la capa de 40m y hacia el noroeste (25%), sureste (21%) y oeste (20%) en los 50m. Las intensidades más reiteradas se observaron en el rango entre 11-20cm/s.

Las elipses de máxima varianza (**Figura II-33**) exhibieron una dirección casi este-oeste en la capa de 10m, mientras que en las capas de 20m, 30m, 40m y 50m mostraron un sentido principalmente noroeste-sureste.

El flujo residual (**Figura II-34**) presentó en la capa de 10m un sentido principalmente suroeste hasta aproximadamente el 25 de noviembre, para después rotar al noreste. La capa de 20m mostró predominio en sentido sur. La capas de 30 y 40m y 50m mostraron un sentido principalmente hacia el sur y oeste para luego rotar en sentido norte-noroeste entre el 5 de diciembre y el 10 de diciembre y finalmente girar hacia el sur-suroeste.

El análisis armónico realizado a la corriente reveló una influencia mareal de 47% en 10m; 64% en 20m; 79% en 30m; 78% en 40m y 77% en 50m.

c) Hidrografía

La salinidad presentó una variación entre un mínimo de 27,7psu focalizado en la estación 1 en superficie (1m) máximo 32,9 psu en la estación 17 a 98m de profundidad, la salinidad promedio fue de 32,06psu ± 0,33. La distribución vertical de la salinidad (**Figura 237**), mostró un patrón de distribución con tendencia a la homogeneidad, denotada en la sección del canal Ninualac, las secciones del canal King y Bynon, aunque mostraron una aumento paulatino de la salinidad con la profundidad, no se observa una columna de agua estratificada. Es importante señalar que no se observó presencia de haloclina (aumento de 0,005 psu/m). La distribución horizontal de la salinidad (**Figura 238**), registró un gradiente longitudinal, en sentido este-oeste, aunque no se observó la formación de frentes halinos. En el estrato de 125m la salinidad se estabiliza con valores ≈ 32psu.

La temperatura, osciló entre un valor mínimo de 9,45°C observado en la estación 17 127m, la máxima temperatura fue de 12,2°C en superficie (1m). La temperatura promedio fue de 9,98°C± 0,22. La distribución vertical de la temperatura (**Figura 239**), presentó un descenso discreto con la profundidad de manera más notoria en canal King y canal Ninualac presentando una estratificación, mientras que en canal Bynon, la temperatura se presenta con mayor homogeneidad en torno 10,1°C. En ninguna de las secciones de los canales se observó la presencia de termoclina, debido al débil gradiente térmico <0,002°C/m. En la distribución horizontal de temperatura (**Figura 240**) no fue observado un patrón de distribución definido, destacando solo en el estrato superficial (5m) agua de mayor temperatura en canal King y hacia al norte (>10,5°C). Bajo los 25m la temperatura se estabiliza con temperaturas inferiores a 10°C.

Durante el crucero otoño Chonos, la concentración de oxígeno disuelto vario entre un mínimo de 5,135 (mg/L) E17 127m, mientras que la máxima se registró en la estación 33 a 16m con 9,8 (mg/L). Con un promedio 9,98 (mg/L) \pm 0,22. La distribución vertical de oxigeno (**Figura 241**), denotó una columna de agua estratificada donde se observó la presencia de una oxiclina, la concentración de oxigeno disminuye sostenidamente con la profundidad (-0,01mg/L/m), destacando los elevados valores en canal King (>8mg/L) en toda la columna de agua. La sección de canal Bynon y Ninualac, también presentan estratificación aunque de menor intensidad y con menores valores. La distribucional horizontal de oxígeno (**Figura 242**), reveló valores elevados en el estrato superficial (5m >9mg/L), mientras que valores inferiores a 8 mg/L se observaron en canal Bynon, Goñi Ciriaco y parte de Ninualac. En el estrato de 25m se observa un gradiente en sentido este-Oeste, con menores valores desde el canal Pérez Sur hacia el oeste. Debajo de los 50m comienza a evidenciarse una disminución de la concentración, con una gradiente norte-sur, donde se aprecia las baja concentración (<6,5mg/L) registrada en canal Ninualac, siendo notorio este gradiente en el estrato de 125m.

Archipiélago de Chonos campaña de otoño 2014

a) ADCP Remolcado

<u>Canal Bynon (figura 243a)</u> el flujo residual (componente U) en canal Bynon (Figura 243b) evidenció la presencia de 2 capas, la primera capa superficial de salida, en sentido oeste, con intensidades máximas de 20 cm/s. La segunda capa, ubicada casi bajo los 40m, con flujos de entrada e intensidades de 10 cm/s.

Los campos de salinidad y densidad (**Figura 244 y 245**) indicaron que le flujo de salida estuvo caracterizado por una salinidad inferior a 32 psuy una densidad inferior a 24,7 sigma-t, mientras que el flujo de entrada mostró una salinidad mayor a 32,2 psuy una densidad >24,7 σ -t. Patrón que fue replicado en las tres transecta realizadas (track 0, 12 y 24 horas).

¹¹⁸

<u>Canal Memory (Figura 246a)</u> El flujo residual en canal Memory (Figura 246b), se describe mejor con la componente U (este-oeste), donde se observó una corriente residual superficial de salida en sentido noroeste e intensidades de hasta 20cm/s y una capa de agua profunda de entrada sentido sureste e intensidades de 10cm/s.

Los campos de salinidad y densidad (**Figura 247** y **248**) evidenciaron que el flujo de salida mostró salinidades menores de 32,4 psu y densidad menor 24,9 σ -t, el flujo más profundo en sentido contrario (bajo 100m) presentó una salinidad mayor a 32,4 psu y densidad mayor de 24,9 psu. Patrón que fue replicado en las tres transecta realizadas (track 0, 12 y 24 horas).

<u>Canal Goñi en confluencia con canal Ciriaco (Figura 249a)</u> El flujo residual (componente U) en canal Goñi (Figura 249b) presentó una capa entre la superficie y los ~100m en sentido este, e intensidades de hasta 10cm/s. Sin embargo, en hacia el vértice B del canal, entre 1-50 metros se aprecia un flujo en sentido oeste, con intensidades máximas de 10 cm/s. Bajo los 100m aparece una corriente en sentido oeste con intensidades de hasta 30cm/s. El flujo residual (componente V) en canal Ciriaco (Figura 249c) presento una capa entre la superficie y los 100m en dirección sur de baja intensidad (<10cm/s) y una capa ligada al fondo en sentido norte con intensidades de hasta 30cm/s.

Los campos de salinidad y densidad (**Figura 250** y **251**) no lograron mostrar un patrón claramente definido en torno a los flujos residuales. No obstante, el flujo superficial en sentido oeste del canal Ciriaco y sentido sur en canal Goñi (flujo de entrada) presenta salinidad <32.2 psu y densidad <24,8 σ -t, lo que se fue observado en la transecta de 12 horas (track12H).Discretamente el flujo lateral superficial en canal Ciriaco en sentido contrario (oeste), se relaciona con salinidades menores a 31,9 psu en la transecta inicial (track 0h). Es importante señalar que por mal tiempo las mediciones tuvieron una duración de 15h.

<u>Canal Ninualac (Figura 252a)</u> el flujo residual (componente U) en canal Ninualac (Figura 252b) presentó una mayor cantidad de flujos de salida, pero destacando la región cercana al vértice A por mostrar flujos de entrada con intensidades de hasta 20cm/s. En tanto se observó una disminución en la intensidad de la corriente a medida que se aleja de este vértice.

Los campos de salinidad y densidad (**Figura 253** y **254**) no mostraron un patrón definido en el flujo de salida ambos parámetros se muestran homogéneos. Es importante señalar que por mal tiempo las mediciones tuvieron una duración de 13h

<u>Canal Pérez Sur (Figura 255a)</u> el flujo residual (componente V) en Pérez Sur (Figura 255b) exhibió diferencias a los largo del transecto. Entre el vértice A y los 1.5km presento flujos hacia el sur hasta los ~90m con intensidades de hasta 5cm/s y flujos hacia el norte, bajo los 90m, con intensidades de hasta 15cm/s. desde los 1.5km hasta el vértice B se observó una delgada capa superficial, casi imperceptible, hacia el sur, una capa subsuperficial con flujos hacia el norte y una profundidad de hasta los 40m y una tercera capa ligada al fondo con flujos hacia el sur.

Los campos hidrográficos (**Figura 256, 257, 258**) mostraron relación en los diferentes flujos, el primer flujo con dirección sur se caracterizó por salinidades entre 31,6-32,2 psu, densidad entre 24,2-24,6 σ -t y una temperatura entre 10,2-10,4 °C. el flujo más profundo con dirección norte exhibió salinidad >32,4 psu densidad >24,8 σ -t y temperatura >10,5°C. Finalmente el flujo superficial desplazado hacia el vértice B se caracterizó por una salinidad<31,6, densidad <24,2 σ -t y temperatura <10,1°C.

<u>Canal King (Figura 259a)</u> el flujo residual (componente U) en canal King (Figura 259b) exhibió flujos de salida entre la superficie y los ~100m con intensidades de hasta 20cm/s en la parte más superficial. Bajo esta primera capa y hasta los 150m se observaron flujos de entrada con intensidades que no superaron los 5cm/s. cerca del fondo se alcanzó a percibir una tercera capa de salida de baja intensidad.

Los campos de hidrográficos (Figura 260, 261 y 262) exhibieron que el flujo de salida sobre los 100m caracterizado por menor salinidad <32,45 psu, densidad inferior de 24,9 σ -t y temperatura menor a 10,45°C, mientras que la capa de entrada exhibió salinidad mayor 32,5 psu, densidad > 24,95 y temperatura >10,5°c.

<u>Canal Moraleda (Figura 263a)</u> El flujo residual (componente V) en canal Moraleda (Figura 263b) exhibió una configuración del flujo de 2 y 3 capas a lo largo del transecto (10km de largo). Una primera capa superficial con flujos hacia el norte, una profundidad que vario desde 15m en el lado Oeste y de 60m en el lado Este, e intensidades de hasta 30cm/s observadas en el lado Este, en la zona más superficial. Una segunda capa sub-superficial se presentó con flujo hacia el sur e intensidades de hasta 20cm/s. solo se observó una tercera capa desde el vértice A y los 6km del transecto.

Los campos de salinidad y densidad (**Figura 264** y **265**) evidenciaron que le flujo de salida (dirección norte) presentó agua menos salina inferior a 32 psu y menos densa menor a 24 σ -t, mientras que el flujo de entrada (sur) registró una salinidad entre 32-33 psu. Destaca el flujo de la tercera capa con salinidad ≈34 psu.

b) Correntometría Euleriana (ADCP Anclado)

Canal Ninualac La **Figura II-35** muestra la serie de corrientes horarias descompuesta en las componentes ortogonales este (U) y norte (V) para las capas entre 5 y 40m de profundidad. En ella se observó la importante influencia mareal del sector, con magnitudes que disminuyeron a medida que aumento la profundidad. Los histogramas de dirección y magnitud de la corriente (FiguralI-36 a II-40) junto con las tablas de incidencia (**Tablas II-23 a II-27**) mostraron un predominio de la corriente en ir hacia el sur y suroeste con intensidades máximas cercanas a los 100cm/s (capa de 10m). Mientras que las magnitudes más frecuentes estuvieron entre 0.1 y 20cm/s. Las elipses de máxima varianza (Figura II- 41) mostraron un predominio del flujo en la dirección noreste suroeste, coincidiendo con el eje del canal y evidenciando una disminución de la intensidad en las capas más profundas. El flujo residual (Figura II-42) presentó un predominio en la dirección suroeste en todas las capas con valores que llegaron hasta 20cm/s en las celdas superiores (5 y 10m).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

El análisis armónico revelo una influencia mareal de 71% en las capas de 5 y 10m; de 78% a 20m, 76% a 30m y 43% a 40m.

Canal Goñi La Figura II-43 muestra la serie de corrientes horarias U y V en canal Goñi para las capas entre 5 y 50m. En ella se observó una mayor variabilidad en la componente U (este-oeste). Destacando una significativa influencia de la marea, la que se vio reflejada en una disminución de la amplitud de la corriente en época de cuadraturas (7 y 21 de mayo). Los histogramas de magnitud y dirección (Figura II-44 a II-49) junto con las tablas de incidencia (Tablas II-28 a II-33) mostraron una preferencia en sentido oeste en los primeros 20m y en la capa de 50m, en tanto las capas intermedias (30 y 40m) fueron preferentemente hacia el Este. Las intensidades máximas registradas fueron cercanas a los 100cm/s. Mientras que las intensidades más frecuentes fueron entre 21-30cm/s en las celdas superiores (5-10m) y de 11 y 20cm/s en las capas inferiores. Las elipses de máxima varianza (Figura II-50) presentaron un sentido preferente entre noroeste a suroeste, con una disminución en la amplitud a medida que aumento la profundidad.

El análisis armónico revelo una influencia mareal que vario desde 86% a los 5m hasta 91% a los 50m.

Canal King En la **Figura II-52** se presenta la serie de corrientes horarias U y V, para las capas entre 5 y 50m. Se observó una influencia de la marea dentro de todas las capas con intensidades que no superaron los 50cm/s. Los histogramas de dirección y magnitud (**Figura II-53 a II-58**) y las tablas de incidencia (**Tabla II-34 a II-39**) mostraron una corriente más frecuente en sentido Oeste y Noroeste, y donde las máximas intensidades fueron cercanas a los 40cm/s. mientras que las intensidades más frecuentes estuvieron en el rango entre 11-20cm/s hasta la celda de 30m para luego disminuir a 0.1-10cm/s.

Las elipses de máxima varianza (**Figura II-59**) mostraron una corriente que oscila principalmente en sentido Este-Oeste.

El flujo residual (**Figura II-60**) presento una circulación que se dirige principalmente al noroeste y norte con intensidades cercanas a 10cm/s.

El análisis armónico reveló una influencia mareal de 64% a 5m; 66% a 10m; 65% a 20m; 63% a 30m; 56% a 40m y 51% a 50m.

<u>Canal Bynon</u> La Figura II-61 presenta la serie de corrientes horarias descompuesta en las componentes ortogonales U (este) y V (norte) en canal Bynon, donde se observó una corriente influenciada por la marea, con una mayor variabilidad en la componente U. Los histogramas de magnitud y dirección (Figura II-62a II-67) junto con las tablas de incidencia (Tablas II-40 a II-45) evidenciaron una corriente más frecuente en sentido Oeste hasta la capa de 30m, y en sentido Este en las capas inferiores. Las intensidades máximas observadas fueron cercanas a 60cm/s, mientras que las más frecuentes estuvieron entre 11 y 20cm/s. las elipses de máxima varianza (Figura II-68) mostraron una dirección preferente este-oeste dentro de todas las capas.

El flujo residual (**Figura II-69**) presento una dirección que vario de oeste a noroeste con intensidades típicas de 10cm/s.

El análisis armónico presento una influencia mareal de 66% a 5m; 72% a 10m; 79% a 20m; 75% a 30m; 85% a 40m y 50m.

Canal Pérez Sur La **Figura II-70** presenta la serie de corrientes horarias descompuesta en las componentes ortogonales U y V en canal Pérez Sur, donde se observó la influencia de la marea sobre la circulación con una mayor variabilidad en la componente V. los histogramas de magnitud y dirección (**Figura II-71 a II-76**) junto con las tablas de incidencia (**Tablas II-46 a II-51**) mostraron una preferencia en la dirección Norte-Noroeste hasta las capas de 30m; en sentido norte y sureste en la capa de 40m y Sureste en la capa de 50m. Los valores máximos observados fueron cercanos a 50cm/s en las capas superiores (hasta los 20m), mientras que las capas inferiores presentaron máximos entre 25 y 33cm/s. Las intensidades más frecuentes estuvieron entre 11 y 20cm/s hasta los 10m, y de 0.1 a 10cm/s en las capas inferiores.

Las elipses de máxima varianza (**Figura II-77**) mostraron una dirección preferente noroeste-sureste dentro de todas las capas.

El flujo residual (Figura II-78) presento un sentido principalmente norte dentro de todas las capas, con algunos eventos en dirección sur, destacando la disminución de la intensidad a mayor profundidad.

En análisis armónico presento una influencia mareal de 66% a 5m; 68% a 10m; 64% a 20m; 51% a 30m; 68% a 40m y 62% a 50m.

c) Hidrografía

La salinidad tuvo una fluctuación entre 29,05 – 32,9 psu. La salinidad media fue 32,2±0,5 psu. Lo menores valores fueron localizados en superficie (1-5m). La distribución vertical de la salinidad no evidencio una haloclina, sino más bien un aumento paulatino con la profundidad, evidenciado en un gradiente medio 0,005 psu/m, siendo mayor en las secciones observadas del canal Bynon y Ninualac (0,005 y 0,004 psu/m respectivamente) donde se evidencia una capa superficial (1-10m) con menores salinidades (<31psu), que se hace más marcado hacia las estaciones este (**figura 266**). La distribución horizontal revela una gradiente en dirección noroeste, En los primeros 50 metros las estaciones próximas al canal Pérez Sur presentaron menor salinidad en comparación a las estaciones oceánicas, y las estación localizadas próximas al canal King que tiende a mostrar los mayores valores en los diferentes estratos observados. Sin embargo, bajo los 125m la salinidad presenta una gradiente en sentido este-oeste (**Figura 267**).

La temperatura presentó rangos de variación entre 8,73 - 10,68 °C, con una temperatura media de $10,2 \pm 0,2$. La distribución vertical de la temperatura (**Figura 268**) tendió a ser homogénea a través de la columna de agua. No fue observada una marcada termoclina. El gradiente térmico medio en los primeros 50m fue de 0,002 °C/m. los menores valores se registraron en algunas de las estaciones, próximas a la zona más oceánicas en la capa superficial (1-5m). La distribución horizontal de la temperatura reveló que las estaciones próximas al canal King y al norte de este fueron ligeramente más cálidas (>10,25°C) que las localizadas al sur del canal Bynon (<10,25°C)

patrón observado en los diferentes estratos analizados, lo que revela un gradiente térmico en dirección norte (Figura 269).

El oxígeno disuelto presento una mínimo de 4,46 mg/L y un máximo de 9,59 mg/L, con una concentración media de 6,8 mg/L \pm 0,6, la distribución vertical de oxígeno disuelto disminuye de forma paulatina con la profundidad, gradiente medio de -0,008 mg/L/m Las secciones verticales muestran como el canal King exhibió una distribución más homogénea (0.008 mg/L/m) que las secciones de canal Bynon y Ninualac, destacando este último, el cual evidenció un gradiente vertical más marcado (**Figura 270b** 0,003mg/L/m). La distribución horizontal (**Figura 271**) reveló que sobre los 25m, la concentración de oxigeno tiende a ser homogénea con valores sobre 7 mg/L, en cambio bajo los 50m comienza a evidenciarse un gradiente en dirección norte, donde los menores valores se presentaron en las proximidades del canal Ninualac <6,5mg/L, mientras que hacia el canal King la concentración estuvo \approx 7mg/L. Es importante mencionar que en esta campaña se registró una columna de agua bien oxigenada.

La densidad expresada en unidades de sigma-t (σ_{-t}/m), fluctuó entre un mínimo de 22,17 y un máximo de 25,31. La densidad media fue 24,8 ±0,3, los patrones de densidad estuvieron estrechamente relacionados con la salinidad. La distribución vertical reveló ausencia de picnoclina (gradiente medio de 0,004 σ_{-t}/m). Sin embargo, se observó como la densidad aumentó de manera más pronunciada en los canales Bynon y Ninualac (0,004 y 0,003 σ_{-t}/m , respectivamente), mientras que el canal King se observa con una densidad más homogénea (**Figura 272**). La distribución horizontal reveló una gradiente latitudinal en sentido sur-norte, destacando menores valores en el sur, registrados en los diferentes estratos canal Ninualac y mayores valores hacia el norte canal King. Sin embargo es importante señalar que en el estrato de 125m la mayor densidad hacia las estaciones oceánicas, y menores valores hacia las estaciones del canal Prez Sur indicando una gradiente longitudinal (**Figura 273**).

Canal Cockburn Campaña invierno 2013

a) ADCP Remolcado

<u>Canal Pedro (Figura 274a)</u> el flujo residual en canal Pedro (Figura 274b) presentó una disposición del flujo en capas. La primera capa de entrada (hacia el sur) se extendió hasta los 100m de profundidad. La segunda capa de salida (hacia el norte) se extendió entre los 100 y los 250m. La intensidad de la corriente en ambos sentidos no supero los 10cm/s.

<u>Seno Lyell (Figura 275a)</u> el flujo residual V en Seno Lyell (Figura 275b) presentó una configuración en capas. La primera capa superficial de salida (hacia el paso Froward) se extendió hasta alrededor de los 40m de profundidad. La segunda capa de entrada (hacia el seno) se extendió entre los 40m y los 110m cerca del vértice A y la parte media del transecto (~1.8km), en tanto cerca del vértice B esta segunda capa se extiende hasta el fondo. Una tercera capa de salida se ubica por debajo de los

110 metros próxima al vértice A. En general la intensidad de la corriente residual en la columna de agua no superó los 5cm/s.

<u>Estero Staples (Figura 276a)</u> el flujo residual V en bahía Inman (Figura 276b) enseñó un predominio en los flujos de salida (hacia Froward) en la mayor parte del transecto con intensidades de hasta 10cm/s. Alrededor de los 100m y cercano al fondo se observaron flujos de entrada (hacia el sur) con corrientes de baja intensidad que no sobrepasaron los 5cm/s.

<u>Canal Magdalena (Figura 277a):</u> el flujo residual de la componente V en canal Magdalena (Figura 277b) evidenció una clara estructura en 2 capas. La primera capa entre la superficie y los 100m de profundidad con flujos de salida (hacia el sur) dominada por las aguas provenientes de la parte oriental del Estrecho de Magallanes. La segunda capa bajo los 100m con flujos de entrada (hacia el norte) y aguas proveniente del Pacifico. Las velocidades en ambas capas no superaron los 10cm/s.

<u>Seno Bluff (Figura 278a)</u> el flujo residual V en seno Bluff (Figura 278b) exhibió una cizalles lateral generada, probablemente, por la batimetría del sector, mostrando flujos de entrada al seno cerca del costado A y los 1.5km del transecto con intensidades cercanas a 10cm/s. la parte media del transecto conto con flujos de salida al canal Cockburn de baja magnitud (<5cm/s). Entre los 2.5 y 3km se observaron flujos de salida de baja intensidad (<3cm/s). Cerca del costado B nuevamente aparecen flujos de salida en dirección al canal Cockburn con intensidades de hasta 5cm/s.

<u>Seno Brujo</u> (Figura 279a) en el flujo residual V en seno Brujo (Figura 279b) se alcanzó a percibir una delgada capa superficial de salida, en dirección al canal Cockburn. Bajo esta capa superficial se observaron flujos de entrada al seno hasta los 40m de profundidad. Por debajo de la segunda capa aparecieron flujos de salida asociados al fondo. En general la intensidad de la corriente residual en el transecto fue de baja magnitud (<5cm/s).

<u>Seno Dyneley (Figura 280a)</u>: el flujo residual V en el seno Dyneley (Figura 280b) distinguió una capa superficial con una mayor profundización entre la parte media (1.5km) y el vértice A del transecto con flujos de salida (hacia el canal Cockburn) e intensidades de hasta 10cm/s (mayor en el lado A). La segunda capa de entrada al seno se observó entre los 50-120 metros, con un mayor grosor en el lado B e intensidades cercanas a 10cm/s. Por debajo de la segunda capa y hasta los 200m dominaron los flujos de salida de baja intensidad (<5cm/s).

b) Correntometría Euleriana (ADCP Anclado)

Debido a la extensa cantidad de graficas generadas a partir del análisis de ADCP anclado, estas serán incluidas dentro del **Anexo II**, con el fin de llegar a una mayor comprensión y continuidad de los resultados.

<u>Canal Pedro:</u> La Figura II-79 muestra la serie de corrientes horarias descompuesta en las componentes ortogonales este (u) y norte (v) para las capas entre 5 y 50 metros de profundidad. En ella se observó un dominio de las direcciones norte-noreste en las capas superficiales y sur en la capa más profunda. Los histogramas de magnitud y dirección de la corriente (Figuras II-80 a II-85) junto con las tablas de incidencia (Tablas II-52 a II-57) mostraron una corriente en dirección norte más frecuente, en las capas entre 5 y 30 metros, con un porcentaje de incidencia que estuvo entre 20 y 28%. En tanto la capa de 40m mostró una mayor proporción en dirección noreste (20%). La capa de 50 metros presentó una dirección preferentemente sur con un porcentaje de incidencia del 46%. Los valores máximos observados fluctuaron entre 13cm/s y 32cm/s.

Las elipses de máxima varianza dentro de todas las capas (**Figura II-86**) mostraron que la dirección predominante sobre la cual oscila la corriente es la noreste-suroeste, siendo coincidentes con el eje del canal.

El flujo residual en canal Pedro (**Figura II-87**) presentó en los primeros 20 metros un sentido principalmente norte-noreste, destacando algunos máximos en la capa de 10 y 20m, la última semana de agosto, con valores entre 15 y 24 cm/s. A partir de la capa de 30m el sentido de la corriente comenzó a mostrar un sentido suroeste. El análisis armónico de la corriente revelo una influencia mareal de 9.9% a los 5m; 10.2% a 10m; 13.2% a 20m; 13.4% a 30m; 12.3% a 40m y de 12.2% a 50m.

Seno Dyneley: La Figura II-88 muestra la serie de corrientes horarias descompuesta en las componentes ortogonales este (u) y norte (v) para las capas entre 10 y 50 metros en la salida del seno Dyneley (La capa de 5 metros no se graficó por presentar ciertos errores). En ella se observó que los valores más altos se registraron en la capa de 10 metros con máximos cercanos a 30cm/s. también se destacó la influencia de la marea sobre la corriente. Los histogramas de magnitud y dirección de la corriente (FigurasII-89 a II-93) junto con las tablas de incidencia (Tablas II- 58 a II-62) mostraron en las capas de 10 y 20 metros una dirección dominante hacia el este con un porcentaje de incidencia de 24 y 20% respectivamente, mientras que en las capas de 30, 40 y 50 metros se presentó un predominio en el sentido suroeste con un porcentaje de incidencia que vario de 20.1% a los 30m, 23.9% a los 40m y aumentando en la capa de 50m a 28.7%. Los máximos observados fluctuaron entre 20.1cm/s y 36.5cm/s.

Las elipses de máxima varianza dentro de todas las capas (**Figura II-94**) mostraron que la dirección predominante sobre la cual oscila la corriente es la noreste-suroeste. El flujo residual en seno Dyneley (**Figura II-95**) presento una dirección preferentemente este-noreste en las capas de 10 y 20m, mientras que las capas de 30,40 y 50 metros mostraron un sentido oeste-suroeste. El análisis armónico de la corriente revelo una alta influencia mareal de 38.9% a 10m; 46.1% a 20m; 57.6% a 30m; 61.4% a 40m y 60.5% a 50m.

<u>Seno Chasco:</u> La Figura II-96 muestra las series de corrientes horarias descompuesta en las componentes ortogonales para las capas entre 5 y 50m en la boca del seno Chasco. En ella se observó mayores magnitudes en las capas superficiales y un decrecimiento en profundidad. La dirección de la corriente predominante fue en sentido sureste en todas las capas.

Los histogramas de magnitud y dirección de la corriente (**Figura II-97 a II-103**) junto con las tablas de incidencia (**Tablas II-63 a II-69**) revelaron un predominio de la dirección sureste dentro de todas las capas con una frecuencia que fue en aumento desde 22.5% en la capa de 5m llegando hasta un 46% en la capa de 50m y disminuyendo en la capa de 60m a un 37%. Los valores máximos observados fluctuaron entre 16cm/s en la capa de 60 metros a 41cm/s en la capa de 5m.

Las elipses de máxima varianza dentro de todas las capas (**Figura II-104**) mostraron que la dirección predominante sobre la cual oscila la corriente es la sureste-noroeste, coincidiendo con el eje del seno Chasco.

El flujo residual en seno Chasco (**Figura II-105**) presento dentro de todas las capas un sentido preferente hacia el sureste, mostrando solo en las primeras capas de 5 y 10m un sentido noroeste. El análisis armónico revelo una influencia mareal de 23% a 5m; 20.7% a 10m; 19% a 20m; 19.4% a 30m; 28.1% a 40m; 29.5% a 50m y de 25.2% a 60m.

Seno Bluff: la **Figura II-106** presenta la serie de corrientes horarias descompuesta en las componentes ortogonales este (u) y norte (v). Es importante aclarar que la toma de datos en seno Bluff presento problemas y solo se obtuvo un registro de 10 días de medición. Los valores observados presentaron máximos que algunas veces sobrepasaron los 50cm/s siendo esto más notorio en las capas de 30 y 40m. Los histogramas de magnitud y dirección de la corriente (**Figura II-107 a II-112**) junto con las tablas de incidencia (**Tablas II-70 a II-75**) mostraron en la capa de 5m una dirección dominante hacia el noroeste con un porcentaje de incidencia de 19%. Las capas de 10 y 20 m presentaron un mayor porcentaje en la dirección oeste (18 y 19% respectivamente). Las capas de 30 y 40 metros mostraron mayormente un sentido sur con un porcentaje de incidencia entre 27 y 37%. Por último la capa de 50m mostró un sentido dominante hacia el sureste (32%). Los máximos observados estuvieron entre 69cm/s y 132cm/s. Las elipses de máxima varianza (**Figura II-113**) mostraron una oscilación preferente en la dirección norte-sur. El flujo residual (**Figura II-114**) mostró un sentido que vario de noroeste-oeste, en las primeras capas, a sur-sureste a mayor profundidad.

<u>Seno Lyell:</u> la Figura II-115 presenta la serie de corrientes horarias descompuesta en las componentes ortogonales este (u) y norte (v). Es importante aclarar que por problemas en la instalación del equipo este realizó registros solo a partir de la capa de 30m. Las series horarias mostraron una corriente de alta intensidad con máximos que sobrepasaron los 100cm/s en las capas entre 30 y 50 metros con una dirección noroeste. La capa de 60m presento una disminución en su intensidad y un cambio en la dirección al suroeste. Los histogramas de magnitud y dirección (Figuras II-116 a II-119) junto con las tablas de incidencia (Tabla II-76 a II-79) demostraron en flujo dominante en dirección noroeste en las capas entre 30 y 50 metros con un porcentaje de incidencia

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

de 46% a los 30 metros y de 43% a los 40 y 50m. En la capa de 60m se observó un dominio en la dirección suroeste con una frecuencia del 34%. Los valores máximos observados variaron entre 200cm/s en la capa de 30m y disminuyendo a 65cm/s en la capa de 60m. Las elipses de máxima varianza (**Figura II-120**) mostraron una oscilación de la corriente entre noroeste-sureste en las capas entre 30 y 50m, mientras que la capa de 60m reveló un sentido suroeste-noreste.

El flujo residual (**Figura II-121**) presentó una corriente dominante hacia el noroeste en las capas entre 30 y 50m, mientras que la capa de 60m mostro un dominio en dirección suroeste con algunos flujos hacia el noreste entre la primera y la última semana de septiembre.

El análisis armónico revelo una influencia mareal de 37% en la capa de 30m; 40.7% a los 40m; 29.9% a los 50m; 5.1% a los 60m.

c) Hidrografía

La salinidad durante las mediciones de invierno, fluctuó entre un mínimo de 30,17 psu y un valor máximo de 31,22. La mínima se registro es superficie en la estación 2 (entrada paso del Hambre), mientras que la máxima fue observada en la estación 11 bajo 200m (entrad oeste canal Cockburn). El valor medio de salinidad estuvo en 30,87 psu ±0,2.

La distribución vertical de la salinidad (**Figura 281**), no evidenció un haloclina (>0,003psu/m), siendo el caso del canal Magdalena y Cockburn columnas de agua con tendencia a la homogeneidad, solo la sección de paso Froward, muestra un aumento paulatino de salinidad, pero manteniendo los rangos estrechos de variación. La distribución horizontal de salinidad (**Figura 282**), demostró un aumento entre 25-75, en sentido longitudinal este-oeste, al igual que en sentido norte-sur, siendo la salinidad de paso Froward ligeramente menor que la de canal Cockburn. Bajo los 175m la salinidad tiende a estabilizarse, mostrando solo un ligero aumento en sentido norte sur. Es importante señalar que durante el presente estudio la salinidad no evidenció formación de frentes halinos.

La Temperatura presentó rangos con mínimo de 5,85°C localizado a los 31m en la estación 2 y máximo 7,19°C. La temperatura promedio fue $6,5°C \pm 0,33$.

La distribución vertical de la temperatura (**Figura 283**), se observó homogénea en las secciones de canal Magdalena y canal Cockburn, mientras que en la sección la sección de paso Froward, se registró un aumento discreto de la temperatura, caracterizado por presentar inversiones térmicas, localizada en la entra este. Sin embargo, en ninguna de las secciones se observó la presencia de termoclinas, el descenso de la temperatura en la columna de agua fue menor de 0,0021°C/m.

La distribución horizontal de la temperatura (**Figura 284**), mostró que desde la superficie y hasta los 75m, presenta gradientes horizontales en sentido sur-norte, mostrando la zona de canal Cockburn, una menor temperatura en comparación a paso Froward, también se observó un gradiente en dirección este-oeste, con un aumento progresivo de temperatura desde la entrada de paso del hambre hacia paso Froward.

La concentración de oxígeno disuelto varió entre un mínimo de 8,84 mg/L en la estación 19 bajo los 200m, mientras que el máximo valor fue de 10,66 mg/L, ubicado en la estación 12 a 44m, en concentración media estuvo en 9,8± 0,37.La distribución vertical de oxigeno (**Figura 285**) se caracterizó por presentar máximos sub-superficiales, para la sección de paso Froward y canal Magdalena, estos máximos se localizaron entre los 25-50m con concentraciones \approx 10 mg/L. en contraste en la sección de canal Cockburn los máximos se ubicaron entre 50-75. Desde la superficie y los 50 se observó una oxiclina de variada intensidad, con aumentos de oxigeno de 0,02 mg/L/m. La distribución horizontal de oxígeno disuelto (**Figura 286**) no se observó un patrón definido, con gradientes latitudinales y/o longitudinales, como lo observado en salinidad y temperatura. Sin embargo a grandes rangos alrededor los 175m la concentración tiende a estabilizarse ≈9,5 mg/L.

Canal Cockburn Campaña verano 2014

a) ADCP Remolcado

<u>Canal Pedro (Figura 287a)</u> el flujo residual de la componente V en canal Pedro (Figura 287b) presentó un dominio de un flujo de salida entre la superficie y los 100m. Bajo esta capa los flujos residuales son de entrada y salida. Las intensidades residuales observadas en este transecto no superaron los 5cm/s.

Los flujos residuales estuvieron asociados a campos de menor densidad ≈24 (sigma-t), durante todo el periodo de la transecta (**Figura 288**), pese a que no fue observada una marcada estratificación la frecuencia de Brunt-Vaisala evidenció valores elevados en la capa del flujo de salida. (**Figura 289**),

<u>Seno Lyell (Figura 290a)</u> en el flujo residual de la componente V en seno Lyell (Figura 290b) se observó una capa superficial de entrada con una profundidad aproximada de 50m. Entre los 50 y los 100m se observó claramente una capa con flujos de salida. En ambas capas los valores no sobrepasaron los 10cm/s. Bajo los 100m se observaron leves flujos de entrada y salida en forma lateral.

El flujo de entrada estuvo relacionado con agua de salinidad menor a 30,7 psu y con los mayores valores de frecuencia brunt-vaisala, en contraste los flujos de salida estuvieron relacionados con ciclos más estables 4-6 cycl/h. debajo de los 100m se observa como el flujo de entrada del vértice B se relaciona con valores <2clcy/h (**Figura 291 y 292**)

Estero Staples (Figura 293a) el flujo residual de la componente V en estero Staples, (**Figura 293b**) presentó entre el vértice A y los 2.5km del transecto un dominio de los flujos de salida con intensidades máximas cercanas a la superficie (~6cm/s), mientras que entre los 2.5km del transecto y el vértice B dominaron los flujos de entrada con intensidades cercanas a 2cm/s. tal diferencia en la configuración del flujo podría ser asociado a la topografía del sector.

Los campos de densidad y/o salinidad, no lograron evidenciar el patrón descrito por los flujos residuales, sin embargo la frecuencia de Brunt-Vaisala tendió a mostrar mayor estabilidad sobre los 30m, marcadamente en el vértice B asociado al flujo de entrada (**Figura 294**).

Canal Magdalena (Figura 295a) el flujo residual de la componente U en canal magdalena (**Figura 295b y 295c)** presentó una dirección predominante en sentido este (flujo de entrada), con algunos flujos hacia el oeste (flujo de salida) en la parte central, cabe mencionar que debido al mal tiempo este transecto solo contó con una medición de 13 horas, dentro de la cual solo se le logro extraer la componente semidiurna de la marea (M2). Los valores máximos observados fueron de 20cm/s en los flujos de entrada, mientras que los flujos de salida presentaron valores menores (~10cm/s).

Los campos de densidad y/o salinidad, no lograron evidenciar el patrón descrito por los flujos residuales, tampoco la frecuencia de Brunt-Vaisala tendió a mostrar una relación definida con los flujos residuales **Figura 296 y 297**, es importante mencionar que las mediciones de CTD solo fueron efectuada al inicio de la transecta (track 0).

<u>Seno Bluff (Figura 298a)</u> el flujo residual de la componente V en seno Bluff (Figura 298b) exhibió una capa superficial ubicada dentro de los primeros 20 metros, con flujos de salida y baja intensidades (<5cm/s). Bajo esta capa la dirección del flujo pareció ser mayormente de entrada, con algunos flujos de salida, de intensidades relativamente bajas.

El flujo de salida estuvo relacionado con campos de menor densidad, > 24 unidades de sigma-t., estos se hicieron más evidentes hacia el vértice A, esta menor densidad, también estuvo asociado a zonas de alta estabilidad (**Figura 299**). Llamó la atención los flujos del vértice B, donde se observa flujos de entrada y salida, relacionados con menor estabilidad, lo que estaría indicando mayor mezcla, lo que a su vez podría estar relacionado con una baja profundidad de la topografía (**Figura 300**)

<u>Seno Brujo (Figura 301a)</u> el flujo residual de la componente V en seno Brujo (Figura 301b) se distinguieron 2 capas. En la primera capan superficial, ubicada en los primeros 20m, se observaron flujos de salida, mientras que la segunda capa, ubicada bajo los 20 m, dominaron los flujos de entrada, lo cual se hace más notorio entre el vértice A y los 1200m. Las intensidades en ambos casos no superaron los 5cm/s.

El flujo de salida estuvo relacionado con campos de menor densidad, > 24 unidades de sigma-t., estos se hicieron más evidentes hacia el vértice A (**Figura 302**), esta menor densidad, también estuvo asociado a zonas de alta estabilidad. Llamó la atención los flujos del vértice B, donde se observa flujos de entrada y salida, relacionados con menor estabilidad, lo que estaría indicando mayor mezcla, lo que a su vez podría estar relacionado con una baja profundidad de la topografía (**Figura 303**)

<u>Seno Dyneley (Figura 304a)</u> el flujo residual de la componente V en seno Dyneley (Figura 304b) presento una primera capa superficial de salida de una profundidad de 20m e intensidades máximas de ~8cm/s, cabe mencionar que dicha capa solo fue más notoria entre el vértice A y los 2.5km, mientras que cercano al vértice B se presentaron flujos de entrada de baja intensidad (~2cm/s). Bajo la primera capa, (entre 20 y 140m de profundidad), aparecieron flujos de entrada entre el vértice A y los 2km del transecto, con intensidades que llegaron a los 8cm/s, mientras que entre los 2km y el

vértice B dominaron los flujos de salida siendo estos de baja intensidad (~2cm/s). Cercano al fondo se observaron leves flujos de entrada y salida (<=2cm/s).

Los campos de densidad no mostraron relación con los flujos residuales, la estabilidad tampoco evidenció un patrón definido relacionado con los flujos de entrada o salida de la componente (**Figura 305** y **306**).

b) Correntometría euleriana (ADCP Anclado)

Estero Staples La Figura II-122 muestra la serie de corrientes horaria descompuesta en las componentes ortogonales U y V en estero Staples. En ella se alcanzó a observar la influencia mareal sobre la corriente, mostrando intensidades inferiores a 50cm/s. Los histogramas de magnitud y dirección de la corriente (Figuras II-123 a II-128) junto con las tablas de incidencia (Tablas II-80 a II-85) enseñaron en las capas de 5m, 10m y 20m una preferencia a ir en dirección noroeste (18% de incidencia), oeste (16% de incidencia) y suroeste (19% de incidencia) respectivamente, mientras que la capa de 30m, tomó una dirección preferente hacia el este. En tanto las capas de 40 y 50m fueron preferentemente al sureste (19% y 20% correspondientemente).

Las elipses de máxima varianza (**Figura II-129**) mostraron flujos que oscilaron en la dirección norte sur, con cierto aporte de las componentes este-oeste.

El flujo residual (**Figura II-130**) presentó una capa de 5 metros con alta variabilidad. Las capas inferiores presentaron flujos principalmente en las direcciones oeste y suroeste.

El análisis armónico efectuado a la corriente reveló una influencia mareal de 33% en la capa de 5m; 37% en 10m; 34% en 20m; 38% en 30m; 30% a 40m y 23% a 50m.

<u>Seno Lyell</u> La **Figura II-131** muestra la serie de corrientes horaria descompuesta en las componentes ortogonales U y V en seno Lyell. En ella se alcanzó a observar la influencia mareal sobre la corriente. Los histogramas de magnitud y dirección de la corriente (**Figuras II-132 a II-136**) junto con las tablas de incidencia (**Tablas II-86 a II-90**) mostraron un predominio de la corriente en dirección sureste dentro de todas las capas, con porcentajes de frecuencia que variaron entre el 20% y el 26%.

Las elipses de máxima varianza (**Figura II-137**) mostraron que la corriente oscilo entre la dirección noroeste y sureste, coincidente con el eje del canal en la zona de instalación del ADCP.

El flujo residual (**Figura II-138**) presento una configuración similar de la corriente en la mayoría de las capas con direcciones noroeste-sureste con intensidades menores a 10cm/s.

El análisis armónico revelo una influencia mareal de 18% a 5m; 20% a 10m; 17% a 20m; 17% a 30m y 16% a 40m.

<u>Canal Pedro:</u> La Figura II-139 muestra la serie de corrientes horaria descompuesta en las componentes ortogonales U y V en canal Pedro. En ella se percibió parte de la influencia mareal junto con una dirección generalmente en sentido noreste-suroeste. Los histogramas de magnitud y dirección de la corriente (Figuras II-140 a II-145) junto con las tablas de incidencia (Tablas II-91 a II-96) mostraron en general un predominio de la corriente en ir hacia el noreste. La capa de 5 metros presentó un porcentaje de incidencia de 25% hacia el noreste y de 20% hacia el norte. La capa de 10m presentó un porcentaje de incidencia de un 24% al noreste y de 16% al sureste. La capa de 20m presentó un porcentaje de incidencia de un 28% al noreste y 19% al suroeste. La capa de 30m exhibió porcentajes de incidencia de un 33% hacia el noreste y de 20% al suroeste. La capa de 40m enseño porcentajes de incidencia de un 33% al noreste y 16% al norte. La capa de 50m mostró porcentajes de incidencia de un 29% al noreste y 18% al sur. Las intensidades más frecuentes dentro de la columna de agua fueron entre 0.1 y 10cm/s.

Las elipses de máxima varianza (Figura II-146) mostraron una orientación preferente norestesuroeste.

El flujo residual (Figura II-147) presentó, en general, una dirección predominante noreste con algunos eventos al sur en todas las capas.

El análisis armónico reveló una influencia mareal de 26% a 5m; 34% a 10m; 51% a 20m; 56% a 30m; 56% a 40m; 43% a 50m.

<u>Seno Dyneley:</u> La **Figura II-148** muestra la serie de corrientes horarias descompuesta en las componentes ortogonales U y V en seno Dyneley, en ella se percibió la influencia mareal en todas las capas. Los histogramas de magnitud y dirección de la corriente (**Figuras II-149 a II-154**) junto con las tablas de incidencia (**Tablas II-97 a II-102**) mostraron una dirección preferente hacia el este en las capas de 5 y 10m con un porcentaje de frecuencia de 36% y 22% respectivamente. Las capas de 20m, 30m y 40m mostraron una dirección preferente hacia el oeste con un porcentaje de frecuencia de 27%, 30% y 26% respectivamente. La capa de 50m presentó una dirección preferente hacia el noreste (30%).

Las elipses de máxima varianza (Figura II-155) mostraron una dirección entre este-oeste, así como también noreste-suroeste.

El flujo residual en seno Dyneley (**Figura II-156**) presentó en las capas de 5m, 10m y 20m una dirección este-norte y noreste. Las capa de 30m, 40m y 50m presentaron flujos con dirección oeste y suroeste más frecuente.

El análisis armónico de la corriente reveló una influencia mareal de 53% a 5m; 55% a 10m; 55% a 20m; 56% a 30m; 70% a 40m y 61% 50m.

<u>Seno Chasco</u>: La **Figura II-157** muestra la serie de corrientes horarias descompuesta en las componentes ortogonales U y V en seno Chasco en ella se observó levemente la influencia de la marea, así como también la disminución de la intensidad de la corriente a medida que aumentó la profundidad. Los histogramas de magnitud y dirección de la corriente (**Figuras II-158 a II-163**) junto con las tablas de incidencia (**Tablas II-103 a II-108**) presentaron en las capas de 5m, 10m y 20m un predominio en la dirección sur con porcentajes de incidencia que variaron entre de 31%, 49% y 46% respectivamente y seguidamente en la dirección suroeste con un porcentaje de incidencia de 29% en 5m y de 26% en las capas de10m y 20m. La capa de 30m mostró un dominio en las direcciones este y suroeste con porcentajes de incidencia de un 33% y 19% respectivamente. La capa de 40m mostró un dominio en las direcciones sureste, sur y este con porcentajes de incidencia de 34%, 27% y 25% respectivamente. La capa de 50m presentó un dominio en las direcciones suroeste y oeste con porcentajes de incidencia de 32% y 19% respectivamente.

Las elipses de máxima varianza (Figura II-164) mostraron una dirección preferente en sentido noreste-suroeste.

En el flujo residual (**Figura II-165**) se observó en las capas de 5m 10m y 20m un predominio del flujo hacia el suroeste. La capa de 30m presentó algunos flujos en sentido noreste pero en su mayoría fue al sur. Las capas de 40m y 50m mostraron un dominio en sentido sur, sureste y suroeste. El análisis armónico realizado a la corriente reveló una influencia mareal de 19% a 5m; 21% a 10m; 35% a 20m; 27% a 30m; 16% a 40m y 22% a 50m.

c) Hidrografía

La salinidad en verano fluctuó entre un mínimo de 29,54 estación 6 en superficie y 31,92 estación 10 204m) con una media de 30,9 (psu) $\pm 0,4$, la salinidad experimentó un aumento paulatino a través de toda la columna de agua, sin embargo, no fue observada una haloclina gradiente vertical 0,006 psu/m. La distribución vertical de la salinidad evidenció una clara influencia oceánica marcada por la isohalina de 31 psu localizada a 50m aproximadamente en canal Cockburn, mientras que en los transectos de paso Froward y canal Magdalena, la salinidad de 31 psu se localizó debajo de los 100m (**Figura 307**). La distribución horizontal de la salinidad es ligeramente mayor en canal Cockburn. Además en la distribución horizontal, destaca los mínimo valores de salinidad en la capa superficial (1-25m), asociados a la desembocadura del rio San Bartolomé (**Figura 308**).

La temperatura fluctuó entre un mínimo de 6,9 °C localizado en la estación 4 a 200m y un máximo de 8,54 °C una media de 7,8 °C +- 0,4 en ninguna de las estación y/o transectos fue observada una termoclina, lo cual estuvo corroborado por el tenue gradiente medio -0,0045 °C /m. la distribución vertical de la temperatura presentó 2 patrones diferentes en los transectos. El transecto de paso Froward registró una disminución progresiva de la temperatura en relación a la profundidad, (gradiente medio -0,006 °C/m), mientras que en canal Cockburn y Magdalena, la temperatura aumenta con la profundidad, gradiente medio 0.002°C/m. destacando el bolsón de agua con menor

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

temperatura observado en la entrada norte de canal Magdalena (**Figura 309**). La distribución horizontal de temperatura presentó en paso Froward un núcleo de temperatura más elevada, coincidente la desembocadura de rio San Bartolomé, debajo de 75m canal Cockburn y Magdalena exhibió temperaturas más levada que en de paso Froward (**Figura 310**).

El oxígeno disuelto presentó una concentración entre 7,74 mg/L en la estación 2 a 1m y 10,56 mg/L ubicada en la estación 5 a 7m. La concentración media fue de 9,32 mg/L ±0,4, entre los primeros 50m el oxígeno evidencio una marcada disminución, registrando un gradiente vertical medio de -0,005 mg/L/m. la distribución vertical de oxígeno disuelto registró en paso Froward los mayores concentraciones, destacando valores >10mg/L, en comparación a canal Magdalena y Cockburn, es importante señalar que la columna de agua registró aguas bien oxigenadas (**Figura 311**). La distribución vertical de oxígeno también evidencia que en la capa superficial (1-25) la concentraciones, son mayores en paso Froward, Sin embargo debajo de los 75m la concentración de oxigeno se observa homogénea, (**Figura 312**)

La densidad, expresada como unidades de sigma-t varió entre un mínimo de 22,92 en la estación 6 a 1m, el máximo fue de 24,8 en la estación 10 a 200m aproximadamente, la densidad media fue de 24,2 \pm 0,2, la densidad experimento un aumento con la profundidad, registrando un gradiente vertical 0,005 sigma-t/m. la distribución vertical y horizontal de la densidad replica el mismo patrón observado en la salinidad (**Figura 313 y 314**).

5.7 Objetivo 2.2.7

Compra e instalación, con fondos del proyecto, de 03 licencias de software Mike Customised para su uso en la Subsecretaria de Pesca y Acuicultura, incluyendo en dicha instalación la capacitación de personal de la Subsecretaría de Pesca. Dicha capacitación deberá estar dividida en una primera etapa dirigida al uso de los resultados de MIKE generada hasta la fecha, debiendo en una segunda fase en un plazo no superior a 3 meses, realizarse una segunda capacitación la cual deberá ser dictada por especialistas de DHI en el uso y aplicación de Mike Customised a problemas medioambientales y de acuicultura utilizando los resultados generados por los modelos desarrollados por IFOP en la X, XI y XII Regiones.

Conforme al protocolo establecido por el IFOP, que actuó en esta situación como mediador e interlocutor de proposiciones, sugerencias y dificultades por ambas partes y entre éstas (sean estas SubPesca y DHI por otro lado), cabe mencionar que entre el lunes 17 y viernes 28 de Marzo 2014 tuvo lugar la implementación y capacitación de MIKE Customised Dashboard Manager IMS en las oficinas de SubPesca en Valparaíso. En comunicaciones posteriores con el responsable de SubPesca, Juan Pablo Belmar, podemos concluir que la labor del IFOP fue satisfactoria en el cumplimiento de los objetivos acordados. Por su parte DHI cumplió con la instalación del software MIKE Customised bajo los requerimientos de SubPesca. En referencia a la ejecución de la capacitación, se estima que esta estuvo limitada por los conocimientos previos de este tipo de plataformas, las cuales no cuentan con manuales detallados para su ejecución. Asimismo, uno de

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



los temas que genero la principal dificultad fue la necesidad de conocimientos previos en el lenguaje de programación. Finalmente con las simulaciones hidrodinámicas entregadas por IFOP, Subpesca logró implementar un sistema que permita realizar simulaciones de dispersión de partículas desde una plataforma implementada para tal motivo y con licencia propia del software. Por lo que se considera a este objetivo como cumplido.
6. DISCUSIÓN

6.1 Modelo hidrodinámico del mar interior de Chiloé.

La evaluación del modelo hidrodinámico mostró en general en la zona de Chiloé resultados adecuados, las limitaciones vienen dadas por brechas que aún no es posible subsanar y que se detallan más adelante. A continuación se realiza un análisis de los resultados de manera de poder establecer los avances y limitaciones del modelo hidrodinámico en esta zona.

a) <u>Propagación onda de marea</u>: De acuerdo a las evaluaciones del modelo respecto de las observaciones, se aprecia que se encuentran bien cuantificadas las principales constituyentes armónicas, las correlaciones se encuentran en valores de 0.99, mientras que el error alcanza un 5%. Es el forzante mejor logrado dentro de la modelación, efectivamente se aprecia que el orden de importancia de las distintas constituyentes armónicas está en buen acuerdo, en cada uno de los sitios en donde el modelo fue evaluado (**Figuras VI-6, 7, 8, 9 y 10**) (**Tabla VI-1**) y en su respectivo orden, siendo la de mayor influencia la constituyente M2 seguida de la S2, N2, K1 y O1.

Un rasgo distintivo de la propagación de la onda de marea es su amplificación hacia el norte del mar interior de Chiloé, al respecto, un estudio realizado por Aiken en 2008, concluyó la existencia de resonancia en la propagación de la onda de marea hacia a lo largo de los golfos de Ancud y Corcovado, mostrando cómo la longitud de onda de marea resuena a lo largo de la zona norte del mar interior de Chiloé, aumentando su amplitud y también cambiando su fase. En este sentido, el modelo genera la amplificación de la amplitud de marea a medida que la onda viaja hacia el norte, tal como ha sido observado y descrito. (Figura VI-11).

b) <u>Forzante atmosférica</u>: En ambos lugares en donde se evaluó el modelo (boca Comau y Chacaogolfo Ancud) se observa una clara influencia del viento a nivel superficial (Figuras VI- 12 y 13), sin embargo, el forzante de viento utilizado en la modelación, no logra describir por completo el patrón de escala más local presente en el área de estudio, esto puede ser observado en la Figura VI-14, donde se observa la medición de una estación meteorológica ubicada en isla Tabón, muy cercano al sector de medición de ADCP de Chacao-golfo Ancud, el cual, indica que durante el periodo de medición el viento observado tuvo un predominio de dirección desde el NW, mientras que el modelo GFS otorga un predomino desde el Norte. Esta diferencia en la dirección estarían explicando en parte las desviaciones del flujo residual observado en la corriente superficial, esto es apreciado de la misma forma en el sector de canal Comau. El forzamiento atmosférico sigue siendo una limitante importante en torno a determinar con mayor exactitud las corrientes superficiales en esta zona, aun así, sigue siendo una mejor opción incluir forzantes atmosféricas desde modelos, incluso de escalas mayores, como lo es GFS (55 Km. resolución) subestimar la acción de viento dentro de la modelación hidrodinámica presentaría inadecuados patrones de transporte superficial en el mar interior de Chiloé. c) <u>Circulación estuarina y patrones de circulación promedio</u>: En base a estas distribuciones de las propiedades de las aguas, se han efectuado esquemas de la circulación en el mar interior de Chiloé, indicando la existencia de una circulación superior saliendo de los fiordos (0 -50 m), una intermedia con (50 -150 m) con aguas de origen subantártico que fluye al interior y una circulación profunda (> 150 m) de muy limitada extensión (Silva *et al.* 1998; Silva & Palma 2006). Tanto las observaciones realizadas en los últimos 10 años, en el fiordo de Reloncaví (Valle-Levinson *et al.* 2007; Castillo 2012), como en el mar interior de Chiloé (Cáceres *et al.* 2008; Letelier *et al.* 2011; Valle Levinson *et al.* 2014) dan cuenta de la aparición de distintas estructura verticales en la circulación residual y que estas pueden surgir a partir del forzamiento del viento, remoto y de las mareas, que pueden modificar la circulación de dos capas (Valle Levinson *et al.*, 2014).

Las evaluaciones realizadas en torno a los flujos residuales muestran en el caso de Chacao-golfo Ancud coherencia en cuanto la estructura de corrientes, condición similar encontrada por Cáceres en 2003 en canal Chacao, donde la influencia de las variaciones laterales de fondo produce recirculación alrededor del promontorio central. Así el flujo medio de llenante es dominado en todas en zonas poco profundas, y el reflujo domina en las zonas más profundas de la misma sección. De esta manera, la recirculación refleja divergencias fuertes y cizalles laterales que se traducen en una contribución relevante de términos no lineales (advección, fricción horizontal y vertical) para el balance de momento (Cáceres *et al.*, 2003). Los patrones de circulación promedio derivados del modelo, por tanto, estarían reflejando la formación de un giro ciclónico con un flujo entrando al golfo de Ancud por el lado norte y saliendo hacia el canal Chacao por el sur (**Figura VI-10**). En pruebas de sensibilidad asociada a la acción del viento y a cambios de condiciones iniciales de temperatura y salinidad se verificó que estas no influían en la estructura de flujos en esta sección, lo que corrobora que en este sector el balance dinámico estaría dominado por la acción de la marea y la topografía.

Modelaciones realizadas en otros lugares y épocas en el mar interior de Chiloé (ANEXO VI) dan cuenta de un buen ajuste en la escala mareal en el margen occidental en la Isla de Chiloé, en donde el dominio de la marea ejerce un importante dominio, pero que se ve modificado por la acción del viento en las capas más superficiales.

Tanto en el margen continental del mar de Chiloé (Palena) como el fiordo y seno de Reloncaví, el modelo no se ha evaluado en plenitud por ausencia de datos de correntometría en estas zonas, excepto en el fiordo de Reloncaví en donde se han realizado una mayor cantidad de estudios. Por tanto, el modelo en estos sectores aún no presenta una sustentación basado en evaluaciones consistentes.

6.2 Modelo hidrodinámico y observaciones en región de Aysén.

6.2.1 Campañas oceanográficas archipiélago de Chonos

Los resultados de correntometría euleriana (ADCP Anclado) en el archipiélago de Chonos durante las épocas de primavera y otoño exhibieron una significativa influencia de la marea dentro de todos los canales, como se vio reflejado en el análisis armónico, revelando una dominio de la marea por sobre el 50%, donde, en algunos casos, se observó una distorsión ocasionada por la batimetría del sector. También se vio una dirección de las corrientes coincidente con la configuración de la costa haciendo suponer, muchas veces, un comportamiento reversible de la corriente. Las intensidades encontradas mostraron valores por sobre los 0.5m/s.

El general la circulación en el sector del archipiélago de Chonos obtenida a través de ADCP remolcado en la campaña de primavera y otoño presentaron una configuración de la corriente relativamente similar en la mayoría de los casos representando flujos de 2 y tres capas.

En primavera los canales de orientación este-oeste presentaron una circulación estuarina de 3 capas. Tal fue el caso de los canales Ninualac, King y Goñi. Que mostraron principalmente una capa superficial de salida hacia el océano con una profundidad que varió entre 15m en el canal Ninualac y de hasta 50m en canal King, haciendo suponer una mayor descarga de agua dulce en este último canal. La presencia de una segunda capa en estos canales, atribuida al efecto de la corriente de marea (entrando al archipiélago de Chonos), mostró un espesor que vario entre 30m y 50m destacando en este caso el canal Goñi en confluencia con el canal Ciriaco al presentar el mayor espesor. La presencia de una tercera capa asociada al fondo también fue observada en dichos canales. En algunos casos esta tercera capa ha sido relacionada a un flujo compensatorio. (Cáceres *et al.*, 2002).

Canal Simpson en conexión con canal King (primavera) presentaron flujos que podrían estar vinculados entre sí. Visto de ese modo se podría describir lo siguiente. La capa superficial podría estar cruzando desde Simpson a King en dirección al oeste. Una capa intermedia que entra por King subiendo por el canal Simpson. En tanto la tercera capa de fondo podría venir desde Simpson y atravesar por King en dirección al oeste.

En la época de otoño canal Ninualac presento una configuración del flujo diferente, identificando una cizalles lateral, no tan evidente. Una de las razones de esta variación fue ocasionada por cambios en la posición del transecto y por poseer un periodo de medición menor (13hrs). En canal King, a pesar de mostrar un leve cambio en la posición del transecto en la época de otoño, se presenció una configuración similar a la de primavera, mostrando flujos de 3 capas asociado a un comportamiento estuarino típico.

Canal Memory en la época de primavera presento 2 capas. Una capa superficial en sentido sur y una mayor profundización a la izquierda de la dirección del flujo y una segunda capa en sentido

norte en la mayor parte del transecto. En la época de otoño canal Memory presento una circulación más evidente, en comparación con la época de primavera, exhibiendo flujos de salida superficiales y flujos de entrada en la capa profunda. Tal esquema de circulación también se observó en canal Bynon, haciendo suponer que parte del flujo superficial (primera capa) que saldría por Bynon traspasaría a través del Memory hacia el océano, mientras que parte del agua que entraría por Memory, en la capa profunda, ingresaría a través del canal Bynon.

Canal Goñi en confluencia con canal Ciriaco a pesar de presentar un leve cambio de posición entre primavera y otoño evidencio un patrón de circulación similar en ambos periodos. Identificando un flujo intermedio que entra por Goñi y cruza por Ciriaco hacia el sur y un flujo asociado al fondo que viene desde Ciriaco y atraviesa a Goñi. En tanto la capa superficial de Goñi identificada en ambos periodos no se observó en Ciriaco donde solo se identificaron 2 capas.

Para explicar con claridad lo que ocurre en los canales de orientación norte-sur, no bien definidos en la época de primavera, se realizó en otoño un transecto en el canal Pérez Sur. Este transecto presento en su parte más profunda flujos hacia el sur hasta los 100m y flujos hacia el norte en la capa asociada al fondo. Destaco esta configuración al ser similar a lo ocurrido en canal Ciriaco. En tanto en la parte más somera del transecto de Pérez Sur se observó una delgada capa superficial (imperceptible hacia el sur) una capa subsuperficial al norte y una capa asociada al fondo con flujos al sur. Esta última configuración podría asemejarse a lo que se observó en canal Simpson en la época de primavera.

El canal Moraleda en primavera y otoño reveló una capa superficial con una circulación en sentido norte y una capa profunda hacia el sur, destacando una mayor profundización de la capa superficial en el lado derecho de la dirección del flujo. Tal efecto podría ser producto de la mayor recepción de plumas de agua dulce derivadas del drenaje terrestre, como la descarga de agua dulce que provienen del fiordo Aysén, junto con otros fiordos.

Por otra parte es importante mencionar que la circulación dentro del canal Moraleda, además de producirse por la boca del Guafo, ocurre a través de canales transversales que conectan dicho canal con el océano Pacifico. Estudios desarrollados dentro de este canal han indicado una fuerte influencia mareal 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).

De los canales anteriormente descritos, solo se han realizado estudios de flujo residual dentro del canal Ninualac. Cáceres *et al.*, (2003a) estudiaron el comportamiento del flujo en 2 transectos y encontraron en el primero una distribución vertical de tres capas, donde la capa superficial de 30m de flujo de salida se ubicó sobre una segunda capa de flujo de entrada, que alcanzó hasta los 120m en el lado norte y hasta los 70 m en el lado sur. La tercera capa de flujo de salida sólo fue evidente en el lado sur entre los 70 y 120 m de profundidad, esta diferencia en la distribución transversal sugirió características de un balance dinámico geostrófico, ya que cada una de las capas exhibió

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

una mayor profundidad en el lado izquierdo de la dirección del flujo, lo que es particularmente evidente en la segunda y tercera capa. En el segundo transecto encontraron una dominancia en el flujo de salida con valores mayores concentrados en el lado norte atribuyendo esta diferencia a efectos advectivos de la línea de costa y batimétricos. Esta configuración del flujo en ambos transectos tiene cierta similitud con el transecto de Ninualac en primavera mostrando un efecto combinado, coincidiendo en su parte norte con una mayor cantidad de flujos de salida mientras que la parte sur presento 3 capas de flujo.

Se propone un esquema de circulación con agua que sale por superficie a través de los canales transversales (orientación relativa este-oeste) y entra por la capa subsuperficial. Para el canal Moraleda existe una circulación, observada en otoño y primavera bastante similar, con flujos superficiales en sentido norte asociados al aporte de aguas fluviales y una capa asociada al fondo entrando por la boca del Guafo asociada a aguas de origen oceánico.

La alta estratificación observada en canal Moraleda (en primavera), tanto en las mediciones de su entrada norte como las de entrada sur, estaría corroborando lo anteriormente planteado debido a que en la columna de agua pueden visualizarse agua de características oceánicas ASAA, en la capa profunda (flujo dirección sur), también la presencia de la masa de agua ASAAM junto a agua de características estuarinas, patrón que ha sido descrito y esquematizado por Sievers y Silva (2006).

Los resultados obtenidos a través de los campos de hidrografía, dentro del archipiélago de Chonos, estarían reforzando el planteamiento de los flujos en capas, indicando flujos superficiales de salida menos salinos (\approx 31,5psu), con mayor temperatura (>10°C) y más oxigenado (>8mg/L), a través de los canales transversales. A su vez se observó un flujo entre 30-50m con ingreso de agua de características oceánicas por los mismos canales, esta agua oceánica seria de mayor salinidad (32psu), menor temperatura (<10°C) y menor concentración de oxigeno (<7,5°C). Particularmente existiría un flujo superficial de entrada (dirección sur) en los canales Simpson y Memory con remanentes de agua estuarina (5m) y con características de <31 psu; \approx 8,5mg/L; >10,5°C. Este tipo de patrones no ha podido ser explicado de manera satisfactoria, sospechando que esto obedezca a condiciones locales como acción del viento, presión atmosférica o configuración costera.

En el archipiélago de Chonos, la estratificación vertical fue tenue y en algunos casos con una columna de agua de características homogéneas, denotada por la ausencia de termoclina y/o haloclina, tal como ha sido planteado por Salinas y Hormazábal (2004b), lo que se debería a la características de la masa de agua que ingresa al Moraleda y las características topográficas, por las constricciones y profundidades menores a 150m. Sumado a esto el modelo de circulación propuesto por Silva *et. al.*, (1998) señala que en los canales de conexión oceánica, el agua ingresaría a estos, bajo la capa superficial, debido a la diferencia de densidad, generando el sistema de circulación estuarino positivo (hecho que fue observado en los flujos residuales de los canales King, Ninualac). Esto en parte, también estaría explicando los estrechos rangos de variación y/o la ausencia de haloclina, debido que los canales no poseen una conexión profunda, por lo que no ingresaría agua

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

mayor a 33psu. Al respecto estudios realizados por Guzmán y Silva (2002), Castillo *et. al.*, (2006), han efectuado mediciones en zonas geográficas aledañas a las realizadas en el presente estudio, en los resultados de estos autores, se han registrados mediciones hidrográficas en la columna de agua, donde se ha observado estratificación débil, pero con ausencia de termoclina y haloclina, reafirmando los resultados encontrados en algunos canales del Archipiélago de Chonos.

De acuerdo a lo planteado por Silva *et al.* (1998) entre 42° y 45° latitud sur se localizan 3 masas de agua diferentes. Sin embargo, por la profundidad de muestreo, sumado a los valores de salinidad y temperatura registrados. Solo será considerada la masa de agua ASAA (agua superficial subantártica), particularmente ASAAM (agua superficial sub-antártica modificada). Esta agua al ingresar al sistema de canal y fiordos se mezcla con agua dulce (de origen glaciar, pluvial y nival), al modificar considerablemente su propiedades termo-halinas, produce el sistema estuarino característico de los fiordos y canales australes. Guzmán y Silva (2002), propusieron rangos de salinidad para ASAAM >31 y <33psu, los resultados de las mediciones en el crucero Chonos primavera serian coincidentes con estos valores. No obstante, lo valores de salinidad inferiores a 31, solo fueron registrados en la capa <5m, solo de algunos canales como Bynon y Ninualac, lo que estaría indicando una remante de agua estuarina AE, que estaría siendo trasportada desde el interior de los canales hacia lo zona oceánica.

6.2.2 Modelo regional de alta resolución archipiélago de Chonos

La modelación en el archipiélago de Chonos se basó en la búsqueda de resultados a partir de un modelo de alta resolución básico al cual se le fueron añadieron los diferentes forzantes externos y condiciones iníciales disponibles a la fecha en un intento por esclarecer cuál o cuáles son los motores del transporte y la hidrodinámica a los que mejor responde el modelo. En la discusión sólo se abordará el modelo regional de alta resolución del archipiélago de Chonos del escenario estacional de verano-otoño por ser éste el que se validó tras un proceso de parametrización y calibración de sus componentes, lo que permite un análisis del rol de cada uno de estos componentes (condiciones iniciales y de borde, forzantes, coeficientes,...) en la dinámica general del modelo, mientras que el modelo estacional de invierno-primavera se construyó directamente a partir de las mejoras de su homólogo predecesor. En general el modelo respondió mejor en cuanto a resultados numéricos para regímenes barotrópicos que baroclínicos, lo que se corresponde con un sistema de régimen principalmente mareal (Valle-Levinson *et al.*, 2014).

La onda de marea, que en las zonas interiores del archipiélago de Chonos es de régimen mixto semidiurno (Fierro, 2006), fue simulada correctamente en todas las estaciones donde se disponía de un registro mediante mareógrafo, con mayor o menor acierto pero siempre dentro de un rango de error considerado aceptable (NRMSE<10% y correlaciones>95%). En la validación del nivel medio del mar los modelos barotrópicos muestran su fortaleza al representar fielmente la onda mareal, de carácter barotrópico así mismo. Variaciones de presión y apilamiento de agua por viento no presentes en los forzantes y escasa información batimétrica que interfiera en la disipación de la onda de marea son responsables de los errores en cuanto a amplitud de la oscilación de la superficie libre

del mar. A grandes rasgos para todas las estaciones, en los modelos la elevación de la onda de marea estuvo ligeramente sobreestimada durante los ciclos de cuadratura y, a su vez, cerca de la sicigia la amplitud fue ligeramente subestimada. Los mejores resultados, en cuanto al error en amplitud (pues la fase entre una y otra estación no se alejan más allá del 2%), se dan en el canal Moraleda con un 3.29% a lo largo de la serie temporal. En las demás estaciones los errores en amplitud oscilan entre 6.04% (canal King) y 6.69% (isla Kent). El canal Moraleda es el de mayor anchura y con menos constricciones en su entrada que los otros donde se instalaron mareógrafos y esto hace que la onda de marea en su entrada de Norte a Sur (Fierro *et al.*, 2000) sea menos distorsionada por las condiciones de aguas someras y efectos no lineales de la fricción debido a cambios en la batimetría (Pugh, 2004). Estos mismos efectos no lineales generan armónicos de aguas someras (Le Provost, 1991; Parker, 1991), de mayor frecuencia que los principales constituyentes astronómicos de los cuales derivan a su vez (Lessa, 1996), que no son tan bien representados por el modelo y dan lugar a errores mayores allí donde la batimetría no está tan bien definida como debiera por su significancia en la generación de dichos efectos no lineales.

CANAL KING

En el canal King durante la campaña "Chonos – Otoño 2014" se realizaron mediciones con ADCP fondeado y remolcado que fueron validadas con diferentes modelos: la correntometría euleriana se ajustó mejor con el **modelo regional 005**, mientras que los transectos de flujo residual fue validado con el **modelo regional 018**. El primero es un modelo barotrópico. El segundo es un modelo baroclínico forzado con viento variable en el espacio procedente del modelo global de reanálisis NCEP/NCAR e incluye el ingreso al modelo de fuentes de agua dulce.

El canal King es descrito como un canal que sirve de vía a la propagación de la marea hacia el interior (Fierro, 2006).En la **Figura 111** se observa que los flujos residuales de la componente U medidos con ADCP son o bien ligeramente negativos o ligeramente positivos en una competencia entre el viento y el agua dulce. El **modelo 005** sin embargo al no contar con el influjo de boyantez de agua dulce no tiene un balance de masas que mantener y no fuerza al agua a salir en dirección al océano hacia el Oeste, y es por esto que el flujo residual de la componente U del modelo es en todo momento positivo (hacia el interior de los canales en el Este). Por tanto los flujos de agua dulce que fuerzan al agua a salir en superficie hacia el océano compiten con el viento, siendo el residual resultante muy débil y alternando el sentido hacia el Oeste o Este según el viento del momento (**figura 315**). En la **Figura 315** se muestran flujos residuales y la componente U del viento sometida al mismo filtro de 60 horas que las corrientes. Se observa que el viento durante casi todo el periodo es Oeste con intensidades cercanas a los 10 m/s el día 9 de junio. Mientras el modelo no cuenta con flujos de agua dulce y se forzado en las capas superficiales a fluir hacia el Este, la observación demuestra que la acción conjunta de ambos forzantes define el resultante.

El canal King se extiende de Este a Oeste lo que hace que la componente U de la velocidad sea la más energética y relevante al seguir la dirección de la topografía (Letelier *et al.*, 2011).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

Los flujos residuales de esta componente son en la totalidad del periodo de validación positivos hacia el Norte tanto en el modelo como en la observación y en todas las profundidades (**Figura 316**). Sin embargo, en el canal King apenas hay viento procedente del Sur como se ve la rosa de la **figura 27** (viento registrado por estación HOBO) ni en la **Figura 316**. Como se ve en la **Figura 317**, que muestra mediante flechas la dirección y magnitud de los flujos promedios de las componentes U+V en superficie, el ADCP fue instalado en la boca Sur del canal Chaffers con el canal King. Si bien en Chaffers el flujo promedio, que es cercano al residual en series de tiempo superiores a un ciclo mareal, es hacia el sureste (lo que encaja con el viento como motor forzante en este caso) en el lugar exacto de fondeo del equipo ADCP el promedio marca una componente V positiva. Esto parece ser debido a que en la ubicación del equipo la línea de costa da lugar a un flujo promedio que forma un eddie que rota en sentido horario, situándose el equipo en el lado que circula en promedio hacia el Norte.

El transecto con ADCP remolcado que se efectuó el 20/05/14 muestra una estructura de 3 capas (Figura 161) similar a las descritas en el fiordo de Reloncaví (Castillo et al., 2012) y en el fiordo Aysén (Valle-Levinson et al., 2002): en superficie en el centro y margen Sur el flujo residual es de salida hacia el océano; a medida que profundizamos la isolínea que marca el cambio de sentido de la corriente tiende a inclinarse hacia el Sur ganando profundidad de los -80 metros en el centro del canal a -120 metros en el margen Sur. En el margen Norte desde la superficie y hasta el margen Sur siguiendo la misma isolínea antes mencionada se dispone la capa de entrada de agua desde el océano al interior de canales y fiordos. La disposición y estructura espacial de estas 2 capas con las líneas de cero velocidad inclinadas hacia el Sur puede ser resultado de un balance geostrófico generado por el transporte de Ekman y el gradiente de presión baroclínico (Chant, 2010) soportado por el gradiente de presión y la aceleración de Coriolis (Dver, 1997). Por último en la parte más profunda del centro del canal hay una 3° capa de igual sentido a la superficial (hacia el Oeste) que es descrita como de flujo compensatorio y observada en estas mismas latitudes (boca fiordo Avsén) y controlada por el viento y el forzamiento mareal (Valle-Levinson et al., 2002) que al ejercer una fuerza de cizalla opuesta al flujo saliente en superficie atenúa este flujo y crea una 3° capa en profundidad de igual sentido como compensación a la atenuación del flujo superficial. Más recientes estudios teóricos relacionan la estructura vertical de los flujos residuales de la marea a la profundidad dinámica del sistema, que es el radio entre la profundidad de la columna de agua y la profundidad de fricción de un flujo oscilatorio (Valle-Levinson et al., 2014). Si la profundidad de fricción ocupa toda la columna entonces la estructura vertical estará dominada por un único flujo residual unidireccional. En fiordos y canales de Aysén, donde la profundidad es mayor a 100 metros) la profundidad friccional (~profundidad de Ekman) ocupa una pequeña parte de la columna de agua (<6 veces), lo que da lugar a una estructura vertical del flujo residual de 3 capas y gobernada por la marea. Sin embargo esta estructura es apreciable esporádicamente pues a menudo es enmascarada por efecto del viento, forzamiento remoto del océano y flujos de agua dulce.

Debido a la importancia de los campos de densidades en la formación de flujos por capas verticales, se utilizó un modelo baroclínico para simular la hidrodinámica que pudiera ser comparada frente a los transectos de ADCP remolcado. El **modelo 018** consigue, de esta manera, replicar las 3 capas y el sentido de los flujos residuales que se observaron en el terreno. En este modelo se incluye el ingreso de agua dulce que por balance de masas fuerza al agua a salir en superficie por este canal hacia el Oeste. Además el viento del modelo NCEP/NCAR que en esa fecha forzaba el modelo en canal King (**Figura 318**) era un viento de componente U positiva, viento del Este, que refuerza el transporte de agua en superficie hacia el Oeste. En la **Figura 319** se representa la distribución transversal de la densidad en este mismo transecto. Existiendo de la isobara de 1025.4 kg/m3 hacia la superficie un gradiente horizontal de densidad que genera a su vez un gradiente de presión que es balanceado por la aceleración de Coriolis en sentido opuesto (hacia el Norte), el flujo resultante debe ser en el hemisferio Sur hacia la izquierda de la aceleración debida a la rotación terrestre y, por tanto, hacia el Oeste en superficie (**Figura 162**).

Las trayectorias de los equipos derivadores (**Figuras 176 y 177**) no vienen sino a confirmar lo arriba expuesto acerca del flujo residual de agua superficial que sale de Este a Oeste por el canal King hacia el océano. Tanto las derivas observadas como las modeladas a 4 y 8 metros de profundidad terminan tras 19 horas (> 1 ciclo mareal) más al occidente de su posición de partida, siguiendo la dirección del flujo residual de los primeros metros superficiales como se vio en el transecto de ADCP remolcado.

CANAL NINUALAC

El canal Ninualac se extiende de Este a Oeste, ligeramente sinuoso ya en el extremo occidental. El equipo de medición de corriente euleriana mediante ADCP fondeado se instaló en un lugar en el cual el canal está orientado hacia el suroeste. A primera vista y comparando las Figuras 113 y 114 se aprecia que para la observación la componente U es una onda de comportamiento menos sinusoidal que la componente V, más armónica, por lo que los efectos debidos a los forzantes de alta frecuencia son transmitidos a esta componente U. Como en el canal King, el flujo de alta boyante debido a la entrada en el sistema del agua dulce de los ríos es responsable en primer orden del flujo residual superficial desde la zona interior de fiordos y canales hacia el océano por el Oeste; este transporte baroclínico es por último regulado en su intensidad por el viento, acentuándose dicho flujo en situaciones de viento Este (puelches), atenuándose con el viento Oeste e invirtiéndose con fuerte viento Oeste tal como observaron Valle-Levinson y Blanco (2004) en el canal Moraleda con vientos que ofrecen cizalla vertical opuesta al flujo superficial y con velocidades superiores a los 10 m/s. Esto lo podemos comprobar en la Figura 320. En la observación las capas más cercanas a la superficie (5 y 10 metros de profundidad) el flujo residual es positivo de entrada hacia el Este al principio de la simulación entre el 08/06/14 y finales del 09/06/14, lo cual se corresponde con el viento observado en estas fechas en isla Kent que es en promedio negativo también desde el Oeste hacia el Este. A partir del día 10 la tendencia del viento es de inversión hacia viento del Este y esto también se refleja en que los residuales de la corriente son cada vez más débiles hacia el

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

Este tanto con el paso de los días como en profundidad, siendo a partir de los 20 metros netamente hacia el Oeste. La componente V (**Figura 321**) parece más sensible al forzante eólico. Desde el principio el día 8 de Junio hasta mediados del 12, el residual de la corriente observado de la componente V sigue el mismo patrón (gráficamente inverso por diferencias de convenciones), más evidente en las capas más superficiales.

Los modelos barotrópicos que arrojaron mejores resultados estadísticos no cuentan con el ingreso de agua dulce al sistema y sin embargo muestran un flujo residual U constante hacia el Oeste durante todo el periodo entre el 08/06/14 y el 14/06/14 independientemente del viento, y un flujo residual inexistente o muy débil hacia el Sur en la componente V. De este escenario se deduce que en el modelo el canal Ninualac funciona como salida de agua desde zonas interiores como respuesta al ingreso de agua a través de otros canales para mantener el equilibrio de balance de masa. Por tanto, en el canal Ninualac está sobreestimado el transporte de agua saliente en superficie.

Atendiendo a las **Figuras 180 y 181** se corrobora la sobreestimación por parte del modelo del flujo residual U pues la excursión de la partícula derivadora en el modelo es mayor hacia el Oeste frente al derivador de 8 metros, en cambio a las 4 metros si bien el modelo recorre más distancia el transporte neto en la componente U es muy similar. Al igual que en la **Figura 114** se aprecia que el estrés del viento V en el modelo no es suficiente como para transportar agua hacia el Sur. Ambos derivadores mantienen trayectorias rectilíneas en el modelo, mientras que en terreno la deriva hacia el Sur es evidente, lo que hizo detener la medición pues a 4 metros el equipo llegó a alcanzar tierra en el margen Sur.

CANAL BYNON

Este canal discurre de noreste a suroeste, comunicando el canal Pérez Sur al noreste con la confluencia de canal Memory con Goñi al suroeste. Aquí se realizaron mediciones de ADCP remolcado y derivador que se han utilizado para validar el modelo.

La **Figura 167** correspondiente al flujo residual observado en terreno de la componente U en un transecto Norte-Sur muestra claramente la estructura de 2 capas típica de ambientes estuarinos con altos flujos boyantes en superficie. La capa superficial de flujo residual hacia el Oeste tiene un grosor creciente hacia el Sur, como así refleja la inclinación de las líneas de cero velocidad. Esto es reflejo del gradiente de presión que balanceado por la aceleración de Coriolis a lo ancho del canal fuerza al agua a salir en superficie hacia el Oeste y a entrar hacia el Este por el fondo, indicador de un balance dinámico geostrófico (Dyer, 1997).La capa superficial, de menor densidad por su menor salinidad, en su movimiento hacia el Oeste se ve forzada por la aceleración de Coriolis hacia el Sur (izquierda de su movimiento) lo que hace que su espesor sea mayor en este margen. Por su parte la capa que yace por debajo de ésta en su desplazamiento en dirección inversa hacia el Este se ve empujada de la misma manera por la aceleración de Coriolis, pero esta vez hacia el Norte. De esta manera se genera un gradiente transversal de presión debido a un gradiente de densidad (Figura 322) que mantiene un

balance dinámico geostrófico gracias a la aceleración de Coriolis. Cáceres *et al.* (2010) ya describieron una situación análoga en la boca del fiordo Aysén, atribuyendo a la salinidad el gradiente de presión transversal. En el canal Bynon también este gradiente puede ser debido a la salinidad (**Figura 323**). El **modelo regional 018** replica esta estructura de 2 capas (**Figura 168**), pero siendo la capa superficial sustancialmente más delgada que en la observación, pero de velocidad similar (0.2 m/s). Los mayores errores son debidos al menor grosor de la capa superficial que hace que donde debieran superponerse ambas capas las velocidades entre modelo y observación sean opuestas (**Figura 169**). Donde se solapan las correspondientes capas correctamente los errores NRMSE<10%.

En las **Figuras 182 y 183** podemos corroborar que en el canal Bynon la salida del flujo residual es hacia el suroeste por superficie tal como muestra el ADCP remolcado. Así el **modelo 018** responde acorde a lo observado y en respuesta a los forzantes de viento que entre el 01/07/14 y el 02/07/14 (fechas de medición de derivador y ADCP remolcado respectivamente) era viento de componente noroeste (**Figura 320**) y de esta manera un transporte neto superficial hacia el suroeste como muestran los derivadores.

CANAL PÉREZ SUR

Pérez Sur discurre de Norte-Noroeste a Sur-Sureste, entre el extremo oriental de canal King y el canal Moraleda a la altura del canal Puyuhuapi. En este canal se llevó a cabo la instalación de un ADCP anclado para estudio y registro de correntometría euleriana. Sin embargo, por problemas de medición tan sólo la capa de 40 metros fue registrada satisfactoriamente para fines de validación del modelo. La orientación de Pérez Sur presupone una mayor participación de la componente V-norte de la velocidad en la dinámica, tal como ocurre. Tanto U como V presentan buenos índices de validación en los flujos totales de corriente y especialmente en los flujos residuales con correlaciones por encima del 90%. En la componente U se observa que de principio a fin el flujo residual torna de ser hacia el Este a ser hacia el Oeste; este cambio de sentido se hace efectivo alrededor del 12/06/14 para el modelo, mientras que en la observación (en todo momento más cercana al 0) acontece con 2 días de antelación. Por su parte el flujo residual de la componente V comienza siendo hacia el Sur y cambia de sentido hacia el Norte a partir del 10/06/14 para la observación y 2 días después para el modelo.

Así pues U y V sufren de un desfase temporal en el cambio de sentido de sus flujos residuales. El 10/06/14 el flujo residual, tanto de U como de V, cambia de sentido en la observación, mientras que el modelo este cambio responde con 2 días de retraso. En conjunto se produce una inversión del flujo residual (**Figuras 324 y 325**) inicialmente hacia el Sureste pasando a ser hacia el Noroeste (siguiendo la orientación del canal), respondiendo el modelo 2 días más tarde de lo observado en terreno.

En la componente U la relación entre flujo de la corriente y el transporte asociado al estrés del viento parece evidente (**Figura 324**) pues a medida que el viento U torna del Oeste al Este en la misma medida lo hace la corriente de Este a Oeste. La componente V del flujo residual sin

embargo no parece responder tan directamente al forzante del viento pues mantiene una tendencia de constante cambio desde el Sur al Norte, lo cual es invariable del viento que en todo momento es en promedio del Norte. El motivo debe obedecer a que Pérez Sur es un canal de salida hacia el Norte de agua dulce de las zonas más al Este del canal Moraleda, lo que sumado a la morfología de la línea de costa hace que un transporte de agua hacia el Oeste termine desviándose hacia el Norte (siguiendo la orientación del canal) por el gradiente de presión que genera el apilamiento de agua por efecto del viento.

CANAL GOÑI

Goñi tiene una orientación inversa al canal Bynon, con el que termina juntándose, de sureste a noroeste. En este canal se realizó una medición de correntometría euleriana con ADCP fondeado resultando la componente U la más energética y la que logra una mejor validación (Tablas 33-36). En este canal los modelos baroclínicos que incluyen aportes de aqua dulce logran los mejores resultados de validación en las capas más superficiales a 5 y 10 metros de profundidad lo que pondera la importancia de los flujos de alta boyantes y las condiciones iníciales de densidad para establecer las estructuras de circulación por capas verticales. La Figura 117 muestra como en las primeras capas el transporte neto de la observación y el modelo, aunque con leves diferencias de magnitud (<0.2 m/s), siguen una misma tendencia de transición desde flujo residual hacia afuera de la zona de canales por el Oeste a un flujo hacia el interior por el Este, que se concreta a mediodía del 10/06/12 con un máximo de flujo residual positivo (Figura 117 capa 20 metros). Como en King y Ninualac, el viento regula el flujo residual de aqua del interior de los canales. En la Figura 326 el viento (reanálisis NCEP/NCAR) muestra que a medida que va perdiendo intensidad desde el día 9 de Junio hasta el 14 en promedio en la componente U, de la misma manera los flujos residuales de la corriente también comienzan a cambiar de sentido: aún antes de que el viento pase a ser de componente Este, las corrientes ya han pasado a salir hacia el Oeste. Esto parece indicar que en situaciones de viento Oeste poco intenso el flujo de las masas de agua dulce es capaz de superponerse al momentum inducido por el estrés del viento y hacer fluir hacia el Oeste las capas superficiales.

La componente V de la velocidad es menos energética que la U en el canal Goñi; V en todo momento es en promedio positiva del Norte lo que debiera forzar al agua a fluir hacia el Sur, tal como ocurre en las capas de 20 y 40 metros de profundidad. Sin embargo, los primeros días (8-11 Junio) en las capas más superficiales a 5 y 10 metros la corriente residual es opuesta al viento (**Figura 327**) lo que debe obedecer al hecho de que la componente U en ese periodo es hacia el Oeste lo que unido a la orientación del canal Sureste-Noroeste direcciona los flujos Oeste hacia el Norte.

El canal Moraleda es el canal de mayores dimensiones del sistema de Aysén y separa en su recorrido de Norte a Sur al Archipiélago de Chonos y sus canales principalmente gobernados por la acción mareal (Valle-Levinson *et al.*, 2014; Aiken, 2008) al Oeste de la parte continental de fiordos dominada por el gran aporte de aguas dulces y sus influjos de alta boyantes al Este (Salinas y Hormazábal, 2004b). De esta manera el canal Moraleda actúa como zona de

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

transición entre estos 2 sistemas y a su vez como vía de salida de agua de baja salinidad hacia el Norte por superficie (**Figuras 164 y 165**) en dirección al golfo del Corcovado (Silva *et al.* 1998) y propagación de la onda mareal hacia el Sur (Fierro *et al.*, 2000). La **Figura 318** que contiene el viento de reanálisis muestra que los días 23 y 24 de mayo (fecha en que se realizó la medición) la componente V del viento promedio era Norte con intensidades en aumento hasta 5 m/s. En estas circunstancias el estrés del viento no es lo suficientemente fuerte como para invertir o anular el flujo de salida del capa boyante, pero la reducción de este flujo en superficie propicia la creación de una tercera capa en profundidad del mismo sentido que la superficial que se forma como compensación a la disminución del caudal de transporte de la superficial (Valle-Levinson *et al.*, 2002).

Al igual que en los otros transectos se aprecia como el gradiente transversal de densidad que se genera en las capas superficiales (**Figura 328**) da lugar a un gradiente de presión que sostenido por la aceleración de Coriolis fuerza a la corriente a fluir hacia el Norte, a pesar del viento en contra.

El promontorio central que recorre el canal por el centro del mismo desde la punta Calquemán en el extremo Oeste de la isla Magdalena divide esta transecta en 2 sub-cuencas en la cual la oriental cercana al continente presenta una estructura turbulenta donde se alternan flujos opuestos cercanos a cero como ya fuera descrito por Valle-Levinson *et al.* (2002) que vieron que corrientes que superan una elevación batimétrica, una vez del otro lado muestran un flujo turbulento, lo que podría sugerir un transporte a media agua hacia el Este. Este mismo promontorio por efectos fricciónales concentra a ambos lados suyo las mayores amplitudes del flujo residual (Cáceres *et al.,* 2010) hacia el Sur en este caso, 0.2 m/s en la observación y 0.04 m/s en el modelo.

CANAL CIRIACO

El canal Ciriaco como Pérez Sur se extiende de Norte-Noroeste a Sur-Sureste, conectando los extremos orientales de los canales Goñi por el Norte y Ninualac por el Sur. El 28 de mayo la componente V del viento era marcadamente viento Norte hacia el Sur (**Figura 318**) en tendencia a disminuir su intensidad. Siendo las capas superficiales las que generan mayores flujos por estrés del viento los derivadores dispuestos a 4 y 8 metros de profundidad son altamente influenciados en su deriva por los flujos residuales asociados al forzante eólico. Los derivadores permanecieron en el agua alrededor de un ciclo mareal completo (13 y 11 horas cada uno) lo que da cuenta de la trayectoria de ida y vuelta con la excursión mareal que experimenta el derivador de 8 metros observado y modelado y el de 4 metros tan sólo en el modelo. Debido a la componente Norte del viento hacia el Sur la excursión de los derivadores fue mayor hacia el Sur en la ida que una vez que se devuelve hacia el Norte por efecto del flujo residual causado por el viento (**Figura 179**). En la **Figura 178** el derivador del modelo invierte su trayectoria inicial hacia el Sur para devolverse hacia el Norte como ocurre con los derivadores suspendidos a 8 metros de profundidad; sin embargo en la observación tal derivador prosigue hacia el Sur desviándose hacia el Oeste una vez ya en el canal Ninualac.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

Esto posiblemente se debe a una subestimación del estrés del viento por parte del modelo que no permite al derivador alcanzar el canal Ninualac donde los flujos promedio en la capa superficial son hacia el Suroeste-Oeste (**Figura 329**) en la confluencia de los 2 canales, al igual que la deriva observada del derivador de 4 metros en terreno (**Figura 178**).

MODELO DE TRANSPORTE DE PARTÍCULAS

Las dispersiones de escenarios iguales prácticamente no difieren entre los casos de liberación de partículas a 5 y 25 metros de profundidad. Sí que se observan diferencias entre dispersiones en distintos periodos del ciclo mareal de 28 días (cuadratura vs sicigia) y entre estacionalidades (verano-otoño vs invierno-primavera). Por lo general en sicigias la cobertura o extensión de las dispersiones desde cada uno de los centros de cultivo o focos iniciales de dispersión fue mayor que en cuadraturas para ambos modelos estacionales. La excepción fueron los centros King Noreste y Moraleda que durante la cuadratura de verano-otoño (Figura IX-9) se dispersaron hacia el Norte más que en el correspondiente periodo de sicigia (Figura IX-3). Entre los escenarios estacionales y para el mismo escenario de sicigia (el más "extremo") la extensión de las dispersiones fue mayor durante el invierno-primavera. Por tanto, no sólo la excursión mareal es responsable de la dispersión de partículas en suspensión, sino que los forzantes atmosféricos y flujos de agua dulce en su variabilidad estacional controlarán en mayor o menor medida, según el escenario y el centro de dispersión en cuestión, la extensión y dirección de la dispersión. En algunos casos como el centro Moraleda escenario de sicigia en inviernoprimavera (Figura IX-15) y centro Pérez Sur escenario de cuadratura en verano-otoño (Figura IX-9), la dispersión estará casi completamente controlada por los flujos residuales de estos forzantes lo que provoca que la dispersión sea unidireccional (hacia el Norte) y no siguiendo la excursión mareal, la cual en promedio debiera ser cercana a nula al punto original de dispersión tras un ciclo mareal completo de 12 horas.

6.3 Modelo hidrodinámico y observaciones en región de Magallanes.

6.3.1 Campaña Oceanográfica Canal Cockburn

En general los resultados de ADCP remolcado en las campañas de verano e invierno en la región de Magallanes, mostraron lo siguiente. Canal magdalena presentó una configuración diferente del flujo en forma estacional, en invierno destaco un flujo de 2 capas, mientras que en verano presento flujos predominantes de entrada, sin embargo es importante considerar en este último caso el corto tiempo de medición producto del mal tiempo (ver **Tabla 4**).En seno Lyell se vio en la campaña de invierno una configuración del flujo en capas típico, con flujos de salida superficiales y de entrada subsuperficiales, pero en verano esta situación se invirtió, lo que pudo ser atribuido al viento o a no percibir la capa superficial (alcance del equipo). Tal patrón ha sido descrito anteriormente por Valle-Levinson *et al.* (2002) y se genera cuando el viento sopla hacia la cabeza del fiordo ocasionando un apilamiento de agua hacia el interior. Estero Staples mostró una configuración similar en ambos

periodos, con flujos de salida dominando en la mayor parte del transecto. En Canal Pedro se vio en la campaña invierno una configuración inversa con flujos de entrada superficiales y de salida subsuperficiales, en tanto en verano presento prioritariamente flujos de salida. Seno Bluff presentó configuraciones diferentes al ubicarse en distintos sitios del seno, donde en invierno fue afectada por la batimetría mientras que en verano mostró principalmente flujos de salida. Seno Brujo mostró en ambos periodos un flujo superficial de salida menos perceptible en invierno y más profunda en verano y flujos de entrada subsuperficiales. Seno Dyneley presentó una configuración del flujo en capas, casi similar en ambos periodos mostrando una mayor entrada de agua por el lado oeste del transecto pero destacando una mayor descarga de agua en la capa superficial en la época de invierno. Parte de los resultados obtenidos a través de ADCP remolcado Hace suponer que la variación estacional del flujo podría ser atribuida al efecto de viento.

En general los análisis de corrientes y mareas que se han realizado con anterioridad a esta investigación, en la zona cercana a islas Clarence y capitán Aracena, se han enfocado principalmente a estudios en los sectores del Estrecho de Magallanes como son el paso Froward, Primera y Segunda Angostura. Pero no se han realizado estudios dentro del canal Cockburn, lugar que se encuentra en contacto directo con las aguas provenientes desde el pacifico. Dentro de este contexto es importante aclarar que la corriente de marea en cada área del estrecho de Magallanes es resultado de la interacción entre la marea del sector atlántico que es principalmente semidiurna y la del sector pacifico que presenta características de marea mixta (Frangopulos *et al.*, 2007).

Salinas *et al.*, (1999) realizaron estudios de corrientes en el Estrecho de Magallanes en el sector de Primera y Segunda Angostura. En la Primera Angostura las corrientes presentaron una velocidad media de 400cm/s registrando una dirección alineada al eje del estrecho, donde su variabilidad fue causada por la propagación de la onda de marea. La propagación de la onda de marea lo largo del estrecho es afectada y modificada por una gran cantidad de factores como: batimetría, morfología de la costa, flujo de canales, descarga de ríos, estratificación, vientos y presión atmosférica (Frangopulos *et al.*, 2007). Esta propagación genera perturbaciones en la corriente y nivel del mar, influyendo sobre los patrones de circulación general en esta área. (Salinas *et al.*, 2004a)

La propagación de la onda de marea a través del estrecho entre la parte oriental (Atlántico) y la occidental presenta una atenuación, focalizada entre la Primera Angostura y Segunda Angostura. Estas constricciones laterales ejercen un mayor efecto sobre la onda de marea en la banda semidiurna, cambiando el régimen de marea de semidiurno a mixto y ocasionando una reducción en la amplitud entre la boca oriental y la Segunda Angostura de 6 metros y un retraso de su fase de aproximadamente 3 - 4 horas. (Cerda, 1993).

Valdenegro and Silva (2003), durante el crucero CIMAR 3-Fiordos, ratificaron la presencia de 3 microcuencas a lo largo del estrecho de Magallanes, analizando propiedades oceanográficas en la columna de agua. En base a estos resultados obtenidos los autores plantean un modelo esquemático para la circulación tipo estuarino positivo, en el cual una capa superficial fluye desde el estrecho hacia el océano Pacífico, con AE-salada de menor temperatura y salinidad (28 a 31 psu),

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

alta concentración de oxígeno disuelto y bajo contenido de nutrientes. Por otra parte, bajo los 75 m de profundidad, AE-salada (de 31 a 32 psu) y ASAAM y ASAA del Pacífico más cálidas (primavera), salinas y densas, con menor contenido de oxígeno disuelto y mayor contenido de nutrientes, ingresan a la microcuenca occidental del estrecho. Estas aguas tienen como barrera física hacia el este, un umbral de unos 100 m de profundidad a la altura de la isla Carlos III, que impide el paso del ASAAM y ASAA hacia la microcuenca central. Lo anterior provoca una diferenciación de los cuerpos de agua, que llenan ambas microcuencas. La columna de agua de la microcuenca occidental está constituida por AE en la capa superior (<75 m), ASAAM en la capa intermedia (75 a 150 m) y ASAA en la profunda (> 150 m), la central por AE-salada en toda la columna y la oriental por ASAAM del Atlántico. La intrusión de ASAAM desde el Atlántico, no parece tener mayor influencia en la microcuenca oriental, donde su flujo de ingreso y salida es modulado por las mareas de la zona.

Por su parte, Panella *et al.* (1991) observaron que las aguas del océano Atlántico entran al estrecho durante la llenante afectando la microcuenca central hasta la isla Carlos III, la cual parece actuar como una constricción en este sector. Posteriormente, durante la vaciante, AE fluye hacia la plataforma continental argentina, siendo transportada al norte por la corriente de las Malvinas. Producto de las bajas profundidades de la microcuenca oriental del estrecho de Magallanes, el ingreso y salida del AE está modulado por los ciclos de marea, que en la zona presentan una amplitud máxima de 2 m en cuadratura y de 9 a 10 m en sicigia (Jara *et al.*, 1994). Sin embargo, debido a los aportes fluviales y la pluviosidad del sector, esta zona oriental al igual que el área occidental, presenta una circulación estuarina positiva, lo cual implica que en el balance neto AE superficial salga desde el estrecho hacia el Atlántico.

Los resultados del presente estudio, solo concuerdan en parte por lo planteado anteriormente, principalmente en la conformación hidrográfica de paso Froward, que correspondería a la parte occidental del estrecho de Magallanes y situándose en la microcuenca central. De manera contraria las mediciones del canal Cockburn y Magdalena presentaron características, con mayor tendencia a la homogeneidad y sus aguas estuvieron constituidas principalmente por ASAAM, producto de una influencia oceánica, no observando una posible descarga de agua dulce, hecho que también fue observado en algunas de las mediciones de ADCP anclados ubicados al sur decanal Cockburn.

6.3.2 Modelo Regional Barotrópico de Magallanes

En este objetivo se ha logrado realizar un modelo barotrópico de la Región de Magallanes (MRM14), el cual ha sido una mejora del modelo barotrópico MRM12, realizado en el proyecto ASIPA 2012. Uno de los objetivos fue lograr que el modelo sea capaz de reproducir la propagación de la onda de marea hacia los canales principales, donde la topografía resulta determinante.

Los estudios sobre la propagación de la onda de marea en sistemas estuarino similares al de Magallanes dan cuenta como la respuesta de los mares costeros al forzante de la marea depende

de las propiedades de las mareas en alta mar, los detalles del fondo marino y costa y de la fricción (Sutherland & Garrett, 2004). La señal de marea en Magallanes es en general de un carácter semidiurno mixto, con la componente semidiurna como la constituyente armónica de marea más energética (Fierro *et al.*, 2003; Salinas *et al.*, 2004a). A su vez la marea seria el principal forzante de transporte en la zona del Estrecho de Magallanes después del viento (Sassi & Palma, 2006).

Por su parte la plataforma continental frente a las costas de Magallanes (e.g. Estrecho Nelson, Estrecho de Magallanes o Canal Cockburn), sufre un dramático salto pasando de 110m a 2000m en ~30km, lo que altera y deforma la señal de marea entrante, conduciendo efectos no lineales que producen armónicos de aguas someras (Fierro, 2006). Estos efectos fueron visibles en la distribución de energía. donde máximos espectrales del nivel del mar en frecuencias mayores a las 12 horas (especialmente 4 y 6 horas) dieron cuenta de la presencia de efectos de resonancia en el sistema. En los canales principales el modelo presentó alta correlación con los datos observados, lo que expresa un acople entre las fases modeladas y las observadas, mientras que el error también fue pequeño en general, dando cuenta de un buen ajuste con las amplitudes de marea en general. La correcta propagación de las fases permitió replicar efectos no lineales en los canales mayores, sin embargo en los cuerpos de agua interiores del dominio, específicamente en el Golfo Almirante Montt, y Seno Skyring, los resultados presentaron un alto error, donde si bien la marea estuvo en fase (alta correlación), las amplitudes fueron sobrestimadas por el modelo, revelando que no fue capaz de reproducir los efectos no lineales que introducen a la señal de marea constricciones como Canal Kirke, Santa María o Canal Gajardo. No obstante, en el Estrecho de Magallanes, en Canal Cockburn y Canal Messier, entre otros, fueron bien replicadas por el modelo, resultando en una correcta propagación a través de los canales mayores de la Región.

La falta de datos batimétricos en zonas críticas, como angosturas o constricciones podrían ser motivo de los desajustes de la marea en zonas interiores, sin embargo, la alta complejidad topográfica y batimétrica presente puede deformar la señal de marea, desarrollando efectos altamente no lineales que el modelo podría no ser capaz de replicar en su totalidad.

6.3.3 Modelo hidrodinámico en golfo almirante Montt

Las corrientes residuales realizados mediante ADCP anclado, revelaron una circulación restringida, denotada por una baja magnitud al interior del Golfo Almirante Montt, que estaría relacionada a la configuración de la costa en el sector, siendo una de sus características más sobresalientes el ser una cuenca semi-cerrada, esta situación genera que el movimiento del flujo dependa de la descarga de agua dulce, provenientes principalmente del rio Serrano ubicado en Seno Ultima Esperanza con una caudal promedio en marzo de 594 m³/s y el estrés del viento. Al interior del Golfo Almirante Montt, se exhibe una disminuida influencia mareal en comparación a lo registrado al oeste del canal Kirke, esto debido a causa de la disipación en la energía a través de los canales Kirke y Santamaría, única ruta de intercambio entre la cuenca con el mar interior (Cáceres & Valle-Levinson, 2009) y que puede ser corroborado por los resultados del análisis armónico dentro del canal Morla-Vicuña, estos disipan una alta energía mareal antes de atravesar los canales antes mencionados.

Los resultados de la implementación del modelo hidrodinámico mostraron que existen diferencias significativas entre el patrón existente antes y después de las constricciones del canal Kirke y Santa María. En la zona externa, modulado fuertemente por la acción de la marea y con un patrón residual típicamente estuarino de 2 capas, el modelo responde adecuadamente en la escala tanto horaria como la submareal. Sin embargo en la zona interior el modelo no logra replicar con claridad los patrones presenten en esta área.

Una de las limitaciones más importantes se refiere a la modelación de sectores de estrechez topográfica, es decir, canales angostos (<1Km) y relativamente profundos (>40m) como son el caso del Kirke y el Santa María. En estas zonas para mantener el criterio CFL de estabilidad y que guarda relación con el tiempo de computo requerido para resolver elementos de muy pequeño tamaño (<60m). Por lo tanto, lo más probable es que aún no se pueda resolver del todo la transición del régimen externo al interno y viceversa.

Otra limitación se refiere a la calidad de los datos batimetricos. Fue usada una escasa cantidad de datos, provenientes estos principalmenete de las cartas nauticas de SHOA, estos datos, debido a la función de cumplen, están enfocados a navegación en la parte central de los canales, dejando los sectores costeros sin densidad de datos suficientes para poder caracterizar las zonas mas someras en donde usualmente de instalan los centros de cultivo y ademas donde se realizan las mediciones de correntometría, sumado a esto existen amplios sectores en que no existe siquiera información de cartas nauticas, por tanto, el error que se ingresa en el modelo batimétrico puede llegar a ser bastante grande.

Otra forzante no resuelta en plenitud se refiere a la cuantificación del los flujos de agua dulce. Actualmente la unica información disponible y de utilidad es operada por la Dirección general de Aguas (DGA) con una estación en la desembocadura del rio Serrano, con solo esta información es dificil poder aproximar cual es el volumen total de agua dulce total que entra al sistema, tomando en cuenta que no existe cuantificación de cómo los sistemas glaciares a traves de deshielo o escorrentia superficial inciden dentro del sistema marino.

Los patrones de circulación, sobre todo en esta zona por las caracteristicas atmosféricas, son extraordinariamente dependiente de una buena forzante viento, en este sentido, aun no se ha logrado validar un modelo atmosferico ya sea de escala global o local que logre reproducir la variabilidad en estos sistemas complejos.

Los modelos de alta resolución requeridos para poder simular las caracteristicas de zonas tan complejas como la sur austral de Chile, necesitan de una alta capacidad de computo, por tanto, lo costoso que resultó la implementación de estos modelos de alta resolución fue en detrimento de la cantidad de simulaciones necesarias para poder realizar una mejor calibración

6.3.4 Modelo Alta Resolución Canal Cockburn

Se implementó un modelo hidrodinámico tridimensional (3D), de malla flexible, baroclínico, de alta resolución en la zona de Canal Cockburn - Estrecho de Magallanes, Región de Magallanes, por un periodo de un mes (enero 2014), forzado por la marea, el viento y el campo de masa. El modelo se enfocó en la circulación entre el Canal Cockburn, el canal Magdalena y el Estrecho de Magallanes, rodeando las islas Clarence y Capitán Aracena e incorporando algunos de los fiordos adyacentes.

En general son pocos los trabajos que han estudiado la hidrodinámica de la Región de Magallanes, y menos aún los modelos hidrodinámicos realizados en la zona. La gran extensión de la región, la complicada configuración topográfica, y la presencia de campos de hielo, construyen un escenario complejo, de difícil cuantificación y calibración. Valdenegro & Silva (2003) propusieron una serie de esquemas de circulación en las zonas adyacentes al Estrecho de Magallanes, utilizando la distribución del campo de masa ,oxígeno disuelto y algunos nutrientes como trazadores de circulación. En dichos modelos describen un sistema de circulación estuarino positivo de dos capas, es decir, con una capa superficial menos salina que fluye hacia el océano, y una capa bajo ella, más salina que fluye hacia los canales. Sin embargo estos esquemas fueron propuestos en base a datos obtenidos en primavera.

Por su parte, Sassi & Palma (2006), construyeron un modelo hidrodinámico en el estrecho de Magallanes, con distribución de niveles verticales sigma. En aquel trabajo, se realizaron 3 experimentos: forzar el modelo por la marea, por un viento constante de 15 km h⁻¹ en dirección este, y con condiciones iniciales de salinidad. A través de experimentos de sensibilidad con estos 3 parámetros, concluyen que el viento es el forzante principal de transporte, seguido por la marea y finalmente la salinidad, desarrollando un transporte hacia el Atlántico. El dominio de este modelo no incluye el Canal Cockburn, el cual recibe directamente aporte de agua dulce de los campos de hielo del Parque Alberto de Angostini.

Nivel de mar

Los resultados indican un buen ajuste de la marea en el dominio, desarrollando un régimen semidiurno a mixto con amplitudes que no superan los 2 metros. La constituyente armónica de marea que aportó más energía en todo el dominio fue la M2, siendo concordante con lo descrito por Salinas *et al.* (2004a).

La onda de marea al propagarse dentro de la zona estuarina disipa energía a través de la fricción de fondo, la presencia de constricciones y accidentes batimétricos, la cual debido a efectos altamente no lineales, desarrolla oscilaciones periódicas de alta frecuencia, llamados armónicos de aguas someras (Le Provost, 1991; Parker, 1991). Dichas componentes someras fueron replicadas por el modelo en los puntos evaluados, resaltando los periodos de 3,4, 6 y 8 horas, siendo variable su importancia dependiendo del lugar, lo cual indicaría que los efectos resonantes debido a la batimetría y disposición de la línea de costa estarían siendo bien parametrizados por el modelo, sin

embargo la falta de datos batimétricos, y la construcción de modelos de elevación digital en base a mapas de baja resolución conllevan a errores en la reproducción de componentes someras en los fiordos adyacentes al Canal Cockburn haciendo que la energía no se traspase correctamente a altas frecuencias, disminuyendo considerablemente en algunos casos la calidad de la señal mareal simulada. Es necesario poseer modelos de elevación digital de mayor calidad en las zonas de fiordos, con el fin de poder reproducir de manera confiable estas constituyentes.

Circulación

Aunque el Canal Cockburn recibe en la capa superficial el aporte de aguas de baja salinidad provenientes de los fiordos. Chasco, Dyneley y Brujo, entre otros, y mayormente aportes de aguas de deshielos provenientes del Parque Nacional Alberto Angostini, a través del seno Keats y el Paso Gabriel, el transecto de ADCP remolcado observado en el Canal Magdalena (campaña verano), sugiere un flujo mayormente hacia el Estrecho de Magallanes, con una fuerte estratificación lateral. donde se abre paso un contraflujo por el medio del canal que fluve hacia el Pacifico, donde si bien las salinidades son relativamente bajas (~30.9), estas no presentan una haloclina fuerte, lo que da lugar a una columna de agua más homogénea. Sin embargo, el mismo transecto realizado en la campaña de invierno presenta una estructura de 2 capas bien definida, con una capa superficial (0-100m) que fluye hacia el Océano Pacifico, seguida de una capa Profunda que fluye hacia el estrecho de Magallanes, desarrollando una estructura de circulación estuarina de gran escala, denotando el carácter estacional que tiene el sistema de Cockburn, donde el viento y los ingresos de aguas dulces provenientes de glaciares juegan un rol relevante en los mecanismos de estratificación y circulación. En este sentido el modelo también presentó una circulación promedio hacia el Estrecho de Magallanes, con un pequeño contraflujo hacia el Pacifico en el canal Magdalena. Esto no se condice con lo descrito por Valdenegro & Silva (2003), quienes postulan una circulación superficial hacia el Océano Pacifico, sin embargo, sus mediciones fueron realizadas en primavera (octubre), mientras que la campaña de Cockburn fue en verano (enero), donde la radiación solar, y el viento presentan gran variabilidad con respecto a primavera. Es por esto, que el viento adquiere mayor protagonismo No obstante la campaña de invierno presenta de manera bien definida una estructura de 2 capas en Canal Magdalena, con una capa superficial hacia el Pacifico y otra más profunda hacia el Estrecho de Magallanes, sugiriendo una alta variabilidad estacional en la zona

En los fiordos adyacentes al canal Cockburn y el Estrecho de Magallanes, la circulación modelada fue parcialmente similar a la observada. Mientras el modelo fue capaz de reproducir una circulación estuarina positiva de dos capas en Seno Brujo, Canal Pedro, y parcialmente en Seno Dyneley, en Seno Lyell se generó una estructura de 3 capas, con una capa superficial que entra hacia el fiordo, también observada en las mediciones, al cual estaría siendo forzada por el viento.

Mientras que en la simulación de invierno, los ajustes entre las corrientes observadas y modeladas fueron menores, aunque la presencia de estructuras de residuales de fiordos inversos observadas, pudieron ser replicadas en ciertos casos, falta por entender que mecanismos regulan la estacionalidad de las estructuras espaciales de los flujos residuales en la zona.

El modelo también presentó una tendencia a desarrollar estructuras de estratificación lateral cerca de la boca de los fiordos. Esto podría deberse, al desarrollo de una capa de mezcla sobrestimada, provocada en parte por una estratificación débil o una sobrestimación del esfuerzo del viento en la superficie del mar. El traspaso de momento del viento al agua fue parametrizado de manera que el coeficiente de arrastre del esfuerzo del viento sea mayor cuando la magnitud aumenta, usando valores de 0.0014 para vientos entre 3 y 7 m s⁻¹, y para vientos mayores a 7 m s⁻¹se usó un coeficiente de arrastre de 0.004. Estos valores mejoraron la respuesta de la corriente hacia el viento, sin embargo, el uso de vientos regionales, donde el campo de viento responde a procesos de escalas mayores, no permite desarrollar las singularidades que se crean en los fiordos, donde el viento se encajona en un canal, pudiendo cambiar drásticamente su dirección con respecto al patrón general. La falta de este tipo de precisiones en el modelo, puede llevar a minimizar o sobreestimar su real influencia en la circulación superficial. La variabilidad temporal de los fluios residuales estuvo sujeta en gran parte a oscilaciones de baja frecuencia del viento (mayores a 40 horas), aunque no estuvieron bien ajustadas en general, si hubo concordancia con la dirección del flujo residual en los Senos Dyneley Chasco y en menor medida Canal Lyell, sin embargo la serie en el Canal Pedro presento severas inconsistencias producto de la formación de remolinos dentro del fiordo tanto en la modelación de verano, como en la de invierno.

Aunque es evidente el enorme aporte de aguas dulce que producen los glaciares del Parque Nacional Alberto de Angostini a la zona de Canal Cockburn, su cuantificación no ha sido realizada, debiéndose estimar a través de pruebas de sensibilidad del modelo, buscando el desarrollo de las estructuras termohalinas presentes en la zona (conocidas por lances de CTD). La falta de conociendo en esta materia ha impedido una correcta parametrización de dichos flujos, en este modelo se usaron valores cercanos a los 1000 m³ s⁻¹, entre las zonas de Seno Angostini, Seno Martínez y Seno Almirantazgo, aun así, el modelo no desarrollo una estratificación fuerte, siendo inhabilitada por una fuerte mezcla, probablemente producto de un viento sobrestimado.

6.4 Oceanografía operacional en el sur de Chile.

Actualmente en la zona sur Austral de Chile, X a XII regiones, existen escasos sistemas monitoreo oceanográfico, es así como en la X región existe una boya ubicada cercano a Isla Chaulinec, en la zona central interior de la Isla de Chiloé, esta boya es manejada por el Instituto Tecnológico de la Miticultura (Intemit). Actualmente, este sistema de monitoreo ambiental autónomo (SIMA) registra cada 10 minutos las variables de temperatura, oxígeno disuelto, la velocidad y dirección de corrientes; además de sensores de clorofila, salinidad y nitrato que registran información a partir de abril del 2014. Además de este único punto en el mar interior de Chiloé, existe en canal Puyuhuapi en región de Aysén, el "Sistema de información oceanográfica para la sostenibilidad de la acuicultura en la Región de Aysén", que es un sistema de información oceanográfica de acceso público en tiempo real. Los resultados obtenidos durante el primer período de ejecución (octubre 2011-septiembre 2012), se relacionan principalmente con la instalación de sensores oceanográficos de

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

monitoreo y la recepción de datos. La información preliminar obtenida permite detectar condiciones ambientales en tiempo real (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto) desde la columna de agua. A la fecha, ya existen registros en dos estaciones de monitoreo ubicadas en el canal Puyuhuapi (estación Boya, 44° 35.260'S; 72° 43.529' W) y en el canal Jacaf (estación Jacaf-1, 44° 24.574'S; 72° 47.617' W) (http://puyuhuapi.udec.cl/).

En la región de Magallanes, ENAP Magallanes, implementó Sistema de Monitoreo en Tiempo Real (SMTR) para el monitoreo de condiciones atmosféricas y de mar. Este permite conocer y visualizar, en tiempo real, la situación medioambiental al momento del arribo de grandes navíos al muelle número dos que la empresa posee en sus instalaciones de Cabo Negro, en el Estrecho de Magallanes. El sistema consiste en la instalación de una boya que permiten medir corriente y oleaje a través de ADCP y que afectan a puntos estratégicos del muelle, las cuales de no estar dentro de las normas de seguridad establecidas, pueden llegar a impedir que los barcos sean cargados con alguno de los productos que la compañía distribuye en dicho muelle. La información se complementa con la generada por una estación meteorológica especialmente diseñada para soportar fuertes vientos y bajas temperaturas, logrando de esa forma entregar un panorama general de las condiciones atmosféricas y oceanográficas al operador de turno, quien es finalmente el encargado de determinar la factibilidad de que un barco atraque en el muelle para su posterior carga.

Como hemos revisado, la cantidad de datos oceanográficos disponibles en tiempo real en la zona sur austral son extremadamente acotados y debido a la amplia variabilidad ambiental de estas zonas se hace escasamente útil para realizar por ejemplo asimilación de datos, aun así, estos datos pueden resultar de mayor utilidad si son utilizados como puntos de validación del modelo regional, por lo tanto, el desarrollo de la asimilación de datos solo puede desarrollarse con fines de pruebas o bien, en el desarrollo de modelos locales de predicción, o sea, donde ese punto tenga una representatividad mayor dada la menor escala del área de interés.

Dada la limitante anteriormente planteada, el modulo relacionado al sistema de control y asimilación de datos, debiese en una primera etapa funcionar solamente como un sistema capaz de realizar un control de calidad, recopilación y distribución de datos, ya sea estos en tiempo real o datos históricos.

Se propone un sistema de monitoreo y pronósticos para el golfo Almirante Montt, región de Magallanes basada en observaciones oceanográficas (salinidad, temperatura, oxigeno, etc.) en tiempo real, acopladas a un modelo hidrodinámico y con un sistema de información geográfico capaz de alertar de posibles eventos que sean riesgosos para el ecosistema. Este sistema de alerta sería un importante aporte para detectar posibles efectos ambientales, dado que el sistema semicerrado del golfo Almirante Montt tiene una reducida ventilación con respecto al sistema externo de mayor influencia oceánica lo que lo hace más frágil del punto de vista ambiental.

6.5 Modelación hidrodinámica en fiordos con ROMS

Los experimentos realizados con el modelo hidrodinámico ROMS en la zona de canales entregaron resultados dispares en general. Mientras en Aysén, donde los canales se ven altamente influenciados por la marea, lo cual se traduce en flujos residuales débiles, ROMS no fue capaz de reproducir bien las oscilaciones submareales, en Magallanes, donde los flujos residuales se ven mayormente influenciados por el viento y forzante baroclínicos, este se mostró levemente mejor, sin embargo, los estadísticos indican un bajo ajuste en general para ambos modelos (Chiloé-Aysén/Magallanes).

Los motivos que explican estos resultados básicamente se pueden encontrar en la resolución del modelo y el tipo de malla rectangular (diferencias finitas) que utiliza, ya que esta no permite generar ajuste en el tamaño de sus elementos al contorno geográfico. Los dominios en este modelo si pueden aumentar de resolución mediante anidamientos, pero los costos computaciones de esta infinidad de anidamientos hizo imposible absorberlo computacionalmente durante el desarrollo de este proyecto. Sin lugar a dudas, otra dificultad es la cantidad de tiempo de calibración, los modelos hidrodinámicos en sistemas estuarinos y de alta complejidad topográfica como este, requieren tanto de fuentes de datos fiables como de periodos suficientes de desarrollo para calibraciones adecuadas, por tanto, es esperable que en un futuro estos resultados puedan ser mejorables.

6.6 Modelo Atmosférico WRF

La evaluación de las simulaciones con WRF se realizó utilizando tres estadísticos básicos: Coeficiente de Correlación, Raíz del Error Cuadrático Medio y Sesgo comparando cada simulación con las observaciones. También se realizó la misma comparación con los datos interpolados, desde el modelo global CFS y el análisis final de NCEP al punto geográfico de cada una de las estaciones.

Todas las simulaciones y los modelos globales muestran una alta correlación para la variable presión atmosférica en las 4 estaciones, aunque los errores cuadráticos medios y el sesgo muestran comportamientos diferentes en cada estación. La temperatura no muestra un comportamiento regular entre las diferentes estaciones ni entre los estadísticos evaluados, a pesar de ello al observar las series de tiempo del anexo 4, las simulaciones con WRF logran representar las variaciones de temperatura significativas. El viento también muestra un ajuste variable entre las diferentes estaciones y estadísticos, pero en general las simulaciones con WRF mostraron un mejor ajuste que los modelos globales.

Los problemas de ajuste se pueden explicar en gran medida por 3 factores:

 La compleja topografía de la zona, compuesta por islas de tamaños variables, canales y mares interiores, requiere de una resolución espacial muy alta para ser representada por el modelo WRF, en ocasiones podemos encontrar en un mismo punto de grilla (incluso a 1km de resolución) parte de un canal parte de una isla con bosque nativo y una baja

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

altitud y parte de otra isla con fuertes pendientes. Probablemente se requiera de una resolución cercana a los 200m para tener una topografía representativa en el modelo.

- Esta misma complejidad de la topografía hace que la representatividad de las estaciones meteorológicas se encuentre limitada a sólo unos cientos de metros, por lo que no es razonable esperar un ajuste muy preciso de un modelo con resolución del orden de kilómetros.
- El último factor importante es la diferencia de altura entre el sensor de viento de las estaciones, que se encuentra instalado a 2m sobre el suelo en comparación a los 10m sobre el suelo que es la altura a la que se obtienen los datos de superficie del modelo. En general, los vientos a 10m son más intentos que a 2m, debido al mayor roce con la superficie en los niveles más bajos, la misma razón influye en la dirección del viento (analizada desde el punto de vista de sus componentes).

De entre las configuraciones analizadas, la configuración cfsKF parece mostrar un buen ajuste en la mayor parte de las estaciones y para la mayor parte de las variables. Sin embargo, estas pruebas mostraron que es importante analizar distintas configuraciones para encontrar la que tenga el mejor ajuste. En este trabajo se consideró una configuración base a la que se le cambió sólo un parámetro a la vez, probar configuraciones con nuevos parámetros y/o una combinación de ellos podría lograr un mejor ajuste.

A pesar de las debilidades detectadas en las simulaciones con el modelo WRF, se puede afirmar que estas presentan un mejor ajuste a las observaciones que los modelos globales. Adicionalmente nos permiten obtener información con una mayor resolución temporal que los modelos globales.

Sería de gran ayuda contar con estaciones meteorológicas en la zona de estudio, instaladas en ubicaciones con gran representatividad espacial, para tener mayor claridad del ajuste del modelo frente a los factores de gran escala.

Al forzar los modelos hidrodinámicos con distintos modelos atmosféricos, a pesar de que los índices estadísticos de correntometría euleriana que arrojan las evaluaciones del modelo con los forzantes atmosféricos GFS y WRF no sean lo suficientemente buenos como para validar un modelo, estos resultados nos sirven para evaluar la mayor conveniencia de un modelo atmosférico sobre el otro en función de los resultados de evaluación de cada uno de ellos.

Las estaciones de ADCP anclado empleadas en la evaluación de correntometría euleriana están ambas enclavadas en el canal Moraleda, que es un canal de orientación Norte-Sur y cuya dinámica está controlada en parte por esta orientación. Uno de los ADCP está en la unión de este canal con la salida del canal Puyuhuapi, lo que hace que los flujos no sean marcadamente alineados con la orientación del canal y resultando más difícil en este sector replicar la hidrodinámica local, como se ve en los resultados actuales y de previas simulaciones (proyecto "Macrozonas" **Tablas 16 y 17**).

En general el modelo que contaba con el forzante WRF mejora los resultados respecto del homólogo con forzante GFS: componente U del ADCP del canal Moraleda en superficie y a 10 metros de

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

profundidad, componente V del mismo lugar en toda la columna de agua y componente U del ADCP de la boca Puyuhuapi. Sólo en la componente V de Puyuhuapi y U de Moraleda a 20 y 40 metros los estadísticos empeoran.

La falta de datos de ambos modelos atmosféricos en diferentes periodos ha limitado las posibilidades de evaluación en diferentes emplazamientos que pudieran aportar mayor claridad en la mejora de un modelo sobre otro. Por los resultados presentados en la actual evaluación no se puede concluir que la utilización del modelo WRF sea significativamente más adecuado que GFS, aunque la proporción de mejoras/pérdidas de calidad esté a favor del modelo WRF. Sin embargo, debe ser la evaluación de estos modelos atmosféricos frente a mediciones directas de velocidad y dirección del viento por estaciones meteorológicas la que dictamine la conveniencia de uno de estos modelos, más que la evaluación indirecta a través de correntometría euleriana que al no ser exclusivamente controlada por el forzante atmosférico del viento no dé cuenta independientemente de su acción dentro del sistema hidrodinámico.



7. CONCLUSIONES

Prospecciones oceanográficas, Islas Rennell

En el mes de abril de 2014 se realizó la campaña de medición de parámetros batimétricos sedimentológicos e hidrográficos (CTDO) de 20 áreas para prospecciones de zonas aptas para la acuicultura.

Durante la campaña de prospecciones la hidrografía registró una columna de agua estratificada en la mayoría de los sectores. La primera capa superficial (1-25), presentó características estuarinas: baja salinidad, mayor temperatura y elevadas concentraciones de oxígeno disuelto. Debajo de los 25m los parámetros se estabilizan registrando condiciones de características oceánicas y perfiles homogéneos con la profundidad. Es importante señalar que en todos los sectores se registró una columna de agua bien oxigenada, no fue registrado ningún perfil con condiciones de hipoxia.

Campañas oceanográficas

Los datos de correntometría obtenida a través de ADCP remolcado en el sector Archipiélago de Chonos identificaron una circulación estuarina en capas en el canal Moraleda y en los canales transversales que conectan al océano pacifico. Donde la influencia mareal reveló un dominio mayor al 50%. Sumado al análisis de flujos residuales, los campos hidrográficos complementaron la conformación de capas, en canal Moraleda este patrón estuvo claramente definido, donde se observaron 2 estratos definidos. Un estrato superficial con un transporte de agua hacia el norte (flujo de salida), de agua de características estuarinas, menor salinidad, mayor temperatura y elevada concentración de oxígeno disuelto. El estrato más profundo, localizado debajo de 100m, correspondiente al flujo de entrada (dirección sur) presento características oceánicas, aguas de mayor salinidad, menor temperatura y oxígeno disuelto.

Los canales trasversales de conexión oceánica en Chonos, presentaron patrones de circulación más complejos, con flujos de 3 capas donde el agua saldría por una capa superficial de variado espesor, el flujo saliente (dirección oeste) seria agua de características estuarinas, baja salinidad y elevada concentración oxígeno, mientras que el agua que ingresa (dirección este), de características oceánicas, pero debido a lo somero de los canales, el agua ingresante no presentó los elevados valores de salinidad, propios de ASAA. El tercer flujo, con dirección oeste correspondió a agua saliente, correspondiente posiblemente a un flujo compensatorio, como ha sido descrito en canales similares de la región de Aysén.

Los datos de Correntometría, obtenidos a través de ADCP anclado y remolcado en canal Cockburn, región de Magallanes, identificaron un patrón de circulación complejo, donde a pesar de identificar una circulación en capas, con una capa superficial de salida y una capa de entrada sub-superficial, la batimetría, configuración de la costa y los vientos parecen jugar un rol importante en la modulación de la corriente. Esta información también fue replicada parcialmente en los campos

hidrográficos, donde puede observarse agua estuarina en superficie, sin embargo la columna de agua tendió a mostrarse homogénea principalmente en canal Cockburn y Magdalena, canales que se caracterizan con propiedades mayoritariamente oceánica (aguas océano Pacifico).

Modelación hidrodinámica

Para la modelación y reanálisis del mar interior de Chiloé, se realizaron pruebas de sensibilidad a distintos parámetros dentro del modelo, tales como, técnica matemática de solución de ecuaciones, resistencia de fondo, viento, modelos de turbulencia y condiciones iniciales. En términos generales, el modelo calibrado en el mar interior de Chiloé, tiene la habilidad de simular de buena forma la propagación de la onda de marea hacia zonas interiores tanto en fase como en amplitud.

El modelo logra con buen acuerdo en la estructura de corrientes tanto horarias como residuales en la boca del fiordo Comau y en golfo de Ancud cercano a Chacao. Los mayores desacuerdos se encontraron en la capa superficial evidentemente influenciada por la acción del viento en ambos sectores y que el modelo atmosférico (GFS) utilizado para forzar la modelación hidrodinámica no estaría replicado de forma precisa.

En etapas de calibración se corroboró que las condiciones iniciales de temperatura y salinidad son extraordinariamente importantes en la inicialización de los modelos de forma de lograr una apropiada circulación estuarina, se utilizaron datos de una campaña intensiva del crucero CIMAR FIORDOS 2 para lograr una buena representación del campo de masa inicial dentro del dominio.

Las modelaciones realizadas en otros periodos y épocas en el margen occidental de la isla Chiloé muestran un buen acuerdo en la escala mareal, con un promedio de ajuste cercano al 80%.

A través de los diversos modelos aplicados en el dominio regional de Chiloé-Aysén se pudo constatar que en la zona de interés y validación de los modelos, comprendida entre los canales King al Norte y Ninualac al Sur donde se centró la alta resolución, la hidrodinámica general está controlada por la marea. Los modelos barotrópicos, (sin viento ni agua dulce) no sólo consiguen una notable simulación de la onda de marea, sino también una aceptable caracterización de las corrientes mareales cuyas amplitudes proceden en su mayor parte a los efectos gravitatorios de la onda mareal (Salinas y Hormazábal, 2004b). Estos modelos consiguen replicar los flujos residuales debidos a las asimetrías propias del ciclo mareal, el efecto de la batimetría y de la morfología de la línea de costa, pero no los debidos al viento y aportes de agua dulce por parte de ríos y glaciares.

La gran extensión del dominio regional Chiloé-Aysén demanda de modelos atmosféricos de alta resolución (a una escala que singularice los canales principales) capaces de proveer los forzantes atmosféricos requeridos (U/V del viento, presión atmosférica, balance evaporación-precipitación), ya que mediciones discretas de estos parámetros son insuficientes para representar la variabilidad espacial de estos fenómenos, si no localmente si en toda la extensión del dominio. Este punto ha supuesto una merma en cuanto a la representación de la variabilidad espacial de estos forzantes

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

pues los modelos atmosféricos disponibles a la fecha de ejecución del modelo regional Chiloé-Aysén no disponían de una resolución horizontal mayor de 1.9° (200 kilómetros aproximadamente), lo que no da cuenta de la variabilidad local en cada uno de los canales. Así mismo la mencionada extensión del dominio exige de la utilización de modelos globales oceánicos y mediciones locales que permitan establecer unas adecuadas condiciones iniciales del campo de. De la misma manera la estimación de los aportes de flujos de alta boyantes es de gran complejidad dado el alto número de fuentes de descarga de las cuales no existe información; tan sólo la DGA cuenta con estación en el río Aysén.

El modelo barotrópico Regional de Magallanes (MRM14) que comprendió desde el Golfo de Penas hasta Tierra del Fuego, incluyendo todos los canales principales de la región, cuyos bordes se encontraron en los océanos Pacífico y Atlántico. Fue capaz de reproducir la propagación de la señal de marea a través de los canales mayores de la región, entregando un alto grado de ajuste en ellos, especialmente en Canal Cockburn, Estrecho de Magallanes, y Canal Messier, mientras que en los cuerpos de agua interiores, tales como el Golfo Almirante Montt o Seno Skyring, la calidad de la señal simulada disminuyó considerablemente, no siendo capaz de replicar los efectos no lineales que aportan las constricciones que conectan dichos cuerpos con el resto del sistema.

La implementación de un modelo hidrodinámico de alta resolución en Canal Cockburn, Región de Magallanes, expuso las dificultades que representa realizar simulaciones numéricas de alta resolución en la zona. La gran extensión geográfica, la complicada configuración topográfica, la falta de estudios, de sondas batimétricas y de datos, especialmente en la cuantificación de las entradas de agua dulce al sistema, resultan en severas limitantes para la caracterización hidrodinámica de la zona. Sin embargo el modelo hidrodinámico implementado pudo responder de manera parcial como es la circulación a gran y mediana escala en la zona del Canal Cockburn, siendo en términos general consistente con lo observado, aunque no necesariamente con lo publicado para la zona.

En general, el modelo demuestra la importancia del viento en la capa superficial del canal Cockburn, el cual rompe la estratificación e impulsa un flujo residual neto hacia el Estrecho de Magallanes (al menos en verano), siendo contrarrestado por un contraflujo hacia el océano Pacifico. En los fiordos estudiados, generalmente el modelo presentó concordancia con las estructuras espaciales de los residuales, y cierta coherencia con las magnitudes observadas, replicando estructuras de 2 o tres capas según fue el caso, sin embargo en la dispersión de partículas el modelo no obtuvo la precisión esperada. Por lo tanto no se debe evaluar este modelo por su precisión, ya que carece de ella, el enfoque estuvo puesto en buscar que el modelo sea capaz de resolver los rasgos generales presentes en la zona, lo cual el modelo cumplió de manera suficiente.

El modelo hidrodinámico implementado en golfo Almirante Montt tiene una muy buena representación en la zona exterior de este sistema (canal Morla Vicuña) replicando tanto en la escala horaria como residual los patrones generales existentes en esta zona, pero tiene a perder precisión en la zona interior del golfo, esta zona presentó un alta variabilidad asociado a la acción del viento que no pudo ser resuelta en los acotados experimentos que se pudo implementar. Las condiciones

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

iniciales del campo de masa no pudieron establecerse completamente a no contar con mediciones de amplia cubertura en la zona y durante una misma campaña. Sin embargo, los resultados son provechos en cuanto a que permiten una estrategia para abordar las problemáticas que no han sido resueltas.

Se construyó un marco conceptual para el desarrollo de la oceanografía operacional en la zona Sur-Austral de Chile. Este marco conceptual consiste en una serie de módulos que deben desarrollarse a largo plazo. Estos módulos incluyen: Sistema de monitoreo, sistema de control y asimilación de datos, modelo atmosférico, submodelo de agua dulce, modelo hidrodinámico y plataforma de visualización de datos. Se propone un sistema de monitoreo y pronóstico oceanográficos para el golfo Almirante Montt que incluya información en tiempo real desde boyas oceanográficas un sistema de información que incluya modelos oceanográficos para mejorar la toma de decisiones en el futuro.

Durante marzo de 2014 tuvo lugar la implementación y capacitación de MIKE Customised Dashboard Manager IMS en las oficinas de SubPesca en Valparaíso. Con las simulaciones hidrodinámicas entregadas por IFOP, Subpesca logró implementar un sistema que permita realizar simulaciones de dispersión de partículas desde una plataforma implementada para tal motivo y con licencia propia del software.



8. **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Aiken, C.M. 2008. Barotropic tides of the Chilean Inland Sea and their sensitivity to basin geometry. Journal of Geophysical Research, Vol.113, C08024, doi: 10.1029/2007JC004593.
- Budgell, W.P., 2005: Numerical simulation of ice-ocean variability in the Barents Sea region, Ocean Dynamics, DOI 10.1007/s10236-005-0008-3.
- Bravo, M. y J. J. Fierro.1996. Caracterización de mareas y corrientes en Canales Guafo y Moraleda. Libro de Resúmenes pág. 23-27. Taller sobre los resultados del Crucero Cimar-Fiordo 1. Valparaíso.
- Cáceres. M, A. Valle-Levinson, H. H. Sepúlveda y K. Holderied. 2002. Transverse variability of flow and density in a Chilean fjord. *Continental Shelf Research*, 22 1683-1698.
- Cáceres M, A. Valle-Levinson, M. Fierro Bello y Castillo M. 2003 (a). Variabilidad transversal del flujo submareal en fiordos del mar interior de chile. Documento Servicio Hidrográfico de la Armada de Chile (SHOA),, disponible en: <u>http://www.shoa.cl/n_cendhoc/productos/cimar-9/resumenes/pdf/caceres.pdf</u>.
- Cáceres M, A. Valle-Levinson y Atkinson L. 2003 (b). Observations of cross-channel structure of flow in an energetic tidal channel. J. Geophys. Res., 108: 4-10.
- Cáceres M, A. Valle-Levinson, Fierro J., Valenzuela C, y Castillo M. 2010. Variabilidad transversal del flujo y de la densidad en la boca del fiordo Aysén. Cienc. Tecnol. Mar, 33 (1): 5-15, 2010.
- Cameron, W. & D. Pritchard. 1963. Estuaries. En M.H. Hill (ed). The Sea. Vol 2. New York: 306-324.
- Castillo M, Bello. M, Reyes. H y Guerrero Y. 2006. Patrones de corrientes y distribución vertical de temperatura y salinidad en la entrada oceánica del canal Darwin en invierno y primavera de 2002. Tecnol. Mar. 29 (2) 05-21.
- Castillo M., Pizarro O., Cifuentes U., Ramírez N. y Djurfeldt L. 2012. Subtidal dynamics in a deep fjord of southern Chile. Continental Shelf Research 49: 73-89.
- Cerda, C. 1993. Estudio de la propagación de ondas de marea en el Estrecho de Magallanes. Tesis para el grado de Oceanógrafo. Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile; 101 pp.

- CEQUA. 2007. Análisis y Diagnóstico de las principales características oceanográficas del Área Marina Costera Protegida Francisco Coloane. Informe Final. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Comisión Nacional del Medio Ambiente. 136 Págs.
- Chant R.J. 2010. Estuarine secondary circulation. In: Valle-Levinson, A. (Ed.), Contemporary Issues in Estuarine Physics. Cambridge University Press, pp. 100-124.
- Chapnik B, Desroziers G, Rabier F, Talagrand O (2006) Diagnosis and tuning of observational error in quasi-operational data assimilation setting. Q J Roy MeteorolSoc 132:543–565
- Chassignet EP, Hurlburt HE, Metzger EJ, Smedstad OM, Cummings J, Halliwell GR, Bleck R, Baraille R, Wallcraft AJ, Lozano C, Tolman HL, Srinivasan A, Hankin S, Cornillon P, Weisberg R, Barth A, He R, Werner F, Wilkin J (2009) U.S. GODAE: Global ocean prediction with the HYbrid Coordinate Ocean Model (HYCOM). Oceanography 22(2):64–75
- Chassignet E.P. Isopycnic and Hybrid Ocean Modeling in the Context of GODAE en A. Schiller, G. B. Brassington (eds.), Operational Oceanography in the 21st Century, DOI 10.1007/978-94-007-0332-2_13, © Springer Science+Business Media B.V. 2011
- Di Lorenzo, E., 2003: Seasonal dynamics of the surface circulation in the southern California Current System, Deep-Sea Res., Part II, 50, 2371-2388.
- Dinniman, M. S., J. M. Klinck, and W. O. Smith Jr. (2003), Cross shelf exchange in a model of the Ross Sea circulation and biogeochemistry, Deep-Sea Res., Part II, 50, 3103-3120.
- Dombrowsky E, Bertino L, Brassington GB, Chassignet EP, Davidson F, Hurlburt HE, KamachiM, Lee T, Martin MJ, Mei S, Tonani M (2009) GODAE systems in operation. Oceanography 22:81–95.
- Dombrowsky E. Overview Global Operational Oceanography Systems en A. Schiller, G. B. Brassington (eds.), Operational Oceanography in the 21st Century, DOI 10.1007/978-94-007-0332-2_13, © Springer Science+Business Media B.V. 2011
- DHI, 2011. Mike 3, User guide and reference manual. Danish Hydraulic Institute, Denmark.
- DHI, 2014. Mike 3, User guide and reference manual. Danish Hydraulic Institute, Denmark.
- Dyer K. 1997. Estuaries, a physical introduction. Ed. John Wiley & Sons, 2nd edition, 195 pp.
- Fierro J., Bravo M. & Castillo M. 2000. Caracterización del régimen de mareas y corrientes a lo largo del canal Moraleda (43° 54' S 45° 17' S). Cienc. Tecnol. Mar, 23: 3-14.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Fierro J., Castillo M. y Valenzuela C. 2003. Propagación de la onda de marea en canales adyacentes a campos de hielo Sur. Ciencia Tecnología Marina, 26 (1): 5-14.
- Fierro J. 2006. Onda de marea en canales y fiordos australes. Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos. Silva N. & Palma S. Comité Oceanográfico Nacional – Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, pp. 63-66
- Foreman M. 1977. Manual for tidal heights analysis and prediction. Pacific Marine Science Report 77-10: 1-66. Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sydney
- Foreman M. 1978. Manual for tidal currents analysis and prediction. Pacific Marine Science Report 78-6: 1-57. Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sydney.
- Godin, G., 1972. The analysis of tides. University of Toronto Press, p. 65.
- González. M & Cáceres M. . 2009. Bifurcación de la pluma estuarina del fiordo Aysén en su trayectoria sobre el canal Moraleda, Cienc. Tecnol. Mar 32(1) 5.29.
- Griffies SM, Böning C, Bryan FO, Chassignet EP, Gerdes R, Hasumi H, Hirst A, Treguier A-M, Webb D (2000a) Developments in ocean climate modelling. Ocean Model 2:123–192.
- Guzmán D y Silva, N. 2002. Caracterización física y química y masas de agua en los canales australes de Chile entre Boca del Guafo y golfo Elefante (crucero CIMAR fiordo 4). Cienc. Tecnol. Mar. 25 (2) 45-76.
- Haidvogel, D. B., H. G. Arango, K. Hedstrom, A. Beckmann, P. Malanotte-Rizzoli, and A. F. Shchepetkin (2000), Model evaluation experiments in the North Atlantic Basin: Simulations in nonlinear terrain-following coordinates, Dyn. Atmos. Oceans, 32, 239-281.
- HDR, 2007. Henningson, Durham & Richardson Architecture and Engineering, P.C. in association with HDR Engineetin, INC. Broadwater Project: request for additional information on MIKE3 model calibration. One Blue Hill Plaza 12 floor. Pearl River, NY 10965-8509.
- Jara, U., R. Aldunate, H. Vergara, M. Cáceres, J. Fierro & P. Bilbao. 1994. Atlas Oceanográfico para la Educación. Publicación del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. 129 pp.
- Jay D.J., Jay D.A. & Musiak J. 1996. Salt transport from Acoustic Dopller Current Profiler (ADCP) and Conductivity-Temperature-Depth (CTD) data: A methodological study in buoyancy effects on coastal and estuarine dynamics. Coastal and Estuarine Studies volume 53, AGU Ed., pp. 195.212.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Joyce, T. 1989.On *in situ A* calibration of shipboard ADCPs. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology 6: 169-172.
- Kjerfve B., Stevenson L.H., Proehl J., Chrzanowski T.H. & Kitchens W. 1981. Estimation of material fluxes in an estuarine cross section: A critical analysis of spatial measurement density and errors. Limnology abd Oceanography, 26(2): 325-335.
- Klinck, J., J. O'Brien & H. Svendsen. 1981. A simple model of fjord and coastal circulation interaction. Journal of Physical Oceanography, 11, 1612-1626
- Le Provost C. 1991. Generation of overtides and compopund tides (Review). En: B.B. Parker (ed.). Tidal hydrodynamics. John Wiley & Sons, New York, pp. 269-295.
- Le Traon P. Satellites and Operational Oceanography en A. Schiller, G. B. Brassington (eds.), Operational Oceanography in the 21st Century, DOI 10.1007/978-94-007-0332-2_13, © Springer Science + Business Media B.V. 2011.
- Lessa G. 1996. Tidal dynamics and sediment transport in a shallow macrotidal estuary. En: Pattiaratchi (ed.). Mixing in estuaries and coastal seas. Coast. Estuar. Stud., 50, American Geophysical Union, pp. 338-360.
- Letelier J., Soto-Mardones L., Salinas S., Osuna P., López D., Sepúlveda H., Pinilla E. y Rodrigo C. 2011. Variabilidad del viento, oleaje y corrientes en la región norte de los fiordos Patagónicos de Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía. Vol. 46, N°3: 363-377.
- Lwiza, K. M. M., D. G. Bowers, and J. H. Simpson. 1991. Residual and tidal flow at a tidal mixing front in the North Sea, Cont. Shelf Res., 11, 1379 1395.
- Madec G, Imbard M (1996) A global ocean mesh to overcome the North Pole singularity. Clim Dyn 12:381–388.
- Maltrud ME, McClean JL (2005) An eddy resolving global 1/10_ ocean simulation. Ocean Model 8:31-54
- Marchesiello, P., J.C. McWilliams, and A. Shchepetkin, 2003: Equilibrium structure and dynamics of the California Current System, J. Phys. Oceanogr., 33, 753-783.
- Marín V. y Campuzano F. 2008. Un modelo hidrodinámico-barotrópico para los fiordos australes de Chile entre los 41° y los 46°. Cienc. Tecnol. Mar, 31(2): 125-136.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Metzger EJ, Smedstad OM, Thoppil P, Hurlburt HE, Wallcraft AJ, Franklin DS, Shriver JF, Smedstad LF (2008) Validation Test Report for Global Ocean Prediction System V3.0— 1/12°HYCOM/NCODA: Phase I, NRL Memo. Report, NRL/MR/7320—08-9148.
- Mercator Ocean, 2001. Parc Technologique du Canal, 8-10 rue Hermés Batiment C, 31520 RAmonville Saint-Agne (France). "(C) MERCATOR OCEAN. Product and interpretations obtained from Mercator Ocean products. MERCATOR OCEAN cannot be held responsible for the results nor for the use to which they are put. All rights reserved."
- Meruane C., de la Fuente A., Contreras M. y Niño Y. 2013. Large-scale mass transport in the austral fjords and channels of Chile. Proceedings of 2013 IAHR Congress. Tsinghua University Press, Beijing.
- Murphy, A.H., 1993: What is a good forecast? An essay on the nature of goodness in weather forecasting. *Wea. Forecasting*, 8, 281-293
- National Oceanic and Atmospheric Administration a través de Earth System Research Laboratory, 2014. Data entregada a través de su página web http://www.esrl.noaa.gov/psd/.
- Panella, S., A. Michellato, R. Perdicaro, G. Magazzu, F. Decembrini and P. Scarazzato. 1991. A preliminary contribution to understanding the hydrological characteristics of the strait of Magellan: austral spring 1989. Boll. Oceanol. Teor. Appl., 9(2-3): 107-126.
- Parker B. 1991. The relative importance of the various nonlinear mechanisms in a wide range of tidal interactions (Review). En: B.B. Parker (ed.). Tidal hydrodynamics. John Wiley & Sons, New York, pp. 237-268.
- Pawlowicz, R. 2002 (a). Observations and linear analysis of sill-generated internal tides and estuarine flow in Haro Strait. *Journal of Geophysical Research* 107: doi: 10.1029/2000JC000504. ISSN: 0148-0227.
- Pawlowicz, R., Beardsley B. and Lentz S. 2002 (b). Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE. Computers and Geosciences, 28, 929-937.
- Peliz, A., J. Dubert, D. B. Haidvogel, and B. Le Cann (2003), Generation and unstable evolution of a density-driven Eastern Poleward Current: The Iberian Poleward Current, J. Geophys. Res., 108(C8), 3268, doi: 10.1029/2002JC001443.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

Pugh D. 2004. Changing sea levels. Cambridge University Press, Cambridge, 265 pp.

- Ravichandran M. In-situ Ocean Observing System en A. Schiller, G. B. Brassington (eds.), Operational Oceanography in the 21st Century, DOI 10.1007/978-94-007-0332-2_13, © Springer Science+Business Media B.V. 2011.
- Salinas, S. y S. Hormazábal, 1996. Circulación en la constricción de Meninea, Canal de Moraleda 45°15' S. Resultados Crucero Cimar-Fiordo 1, Resumen Ampliado. Disponible en <u>http://www.shoa.cl/n_cendhoc/productos/cimar-1/fisica-del-agua-de-</u> <u>mar/circulacion/resumen-ampliado/salinas.htm</u>.
- Salinas, S., M. Contreras and J. J. Fierro. 1999. Propagación de la onda de marea en el estrecho de Magallanes. Resultados crucero CIMAR Fiordo 3. Resúmenes Ampliados. Comité Oceanográfico Nacional, Valparaíso, pp. 21-26.
- Salinas, S., M. Contreras & J. J. Fierro. 2004 (a). Propagación de la onda de marea en el estrecho de Magallanes. Cienc. Tecnol. Mar. 27(2): 5-20.
- Salinas, S. y S. Hormazábal, 2004 (b). Transport capacity of the Meninea contraction with respect to two-layer flow and the effect of tidal current. Cienc. Tecnol. Mar, 27(1): 5-15.
- Sassi M. y Palma E.D. 2006. Modelo hidrodinámico del estrecho de Magallanes. Congreso ENIEF 2006. Asociación Argentina de Mecánica Computacional, Santa Fé.
- Sea-Bird Electronics, Inc., 1993. Sea softctd data acquisition software. Technical Manual ver. 4029. pp. 99.
- Schiller, G. B. Brassington (eds.), Operational Oceanography in the 21st Century, DOI 10.1007/978-94-007-0332-2_13, © Springer Science+Business Media B.V. 2011.
- Shchepetkin, A. F., and J. C. McWilliams (2005), The Regional Ocean Modeling System: A splitexplicit, free-surface, topography following coordinates ocean model, Ocean Modelling, 9, 347-404.
- Shriver JF, Hurlburt HE, Smedstad OM, Wallcraft AJ, Rhodes RC (2007) 1/32°real-time global ocean prediction and value-added over 1/16 resolution. J Mar Sys 65:3–26.
- Silva N., Sievers H. y Prado R. 1995. Oceanographic features and a proposition of circulation for some southern Chile inlets between 41° 20' and 46° 40'. Revista de Biología Marina, 30: 207-254.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

- Silva N., Calvete C. y Sievers H. 1998. Masas de agua y circulación general para algunos canales australes entre Puerto Montt y laguna San Rafael (crucero Cimar-Fiordo 1). Cienc. Tecnol. Mar, 20, 23-106.
- Silva N. 2006. Características físicas y químicas de los sedimentos superficiales de canales y fiordos australes. Silva N., and S. Palma (Eds). 2006. Comité Oceanográfico Nacional Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 59-62.
- Silva N., and S. Palma. 2006. Avances en el conocimiento oceanográfico de las aguas interiores chilenas, Puerto Montt a cabo de Hornos. Silva N., and S. Palma (Eds). 2006. Comité Oceanográfico Nacional Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, pp. 59-62.
- Song, Y. and D. B. Haidvogel, 1994: A semi-implicit ocean circulation model using a generalized topography-following coordinate system. J. Comp. Phys., 115(1), 228-244.
- Stanski, H.R., L.J. Wilson, and W.R. Burrows, 1989: Survey of common verification methods in meteorology. World Weather Watch Tech. Rept. No.8, WMO/TD No.358, WMO, Geneva, 114 pp.
- Sutherland G., Garret C. and Foreman M.G.G. 2005. Tidal resonance in Juan de Fuca Strait and the Strait of Georgia. Journal of Physical Oceanography, 35, 1279-1286.
- Svendsen, H. & R. Thompson. 1978. Wind driven circulation in a fjord. Journal of Physical Oceanography, 8, 703-712.
- Tee, K. T. 1977. Tide-Induced Residual Current-Verification of a Numerical Model. Journal of Physical Oceanography, 7: 396-402.
- The Global Ocean Data Assimilation Experiment (GODAE), 1997. International Symposium, Biarritz.
- Valdenegro, A and N. Silva. 2003. Caracterización oceanográfica, física y química de la zona de canales y fiordos australes de Chile entre el estrecho de Magallanes y Cabo de Hornos (Cimar 3 Fiordos). Cienc. Tecnol. Mar 26 (2): 19-60.
- Valle-Levinson, A. & L.P. Atkinson. 1999. Spatial gradients in the flow over an estuarine cannel. Estuaries, 22(2A), 179-193.
- Valle-Levinson. A, M. Cáceres, H. Sepúlveda & K. Holderied. 2002. Patrones de flujo en los canales asociados a la boca del seno Aysén. Cienc. Tecnol. Mar 25 (2): 5-16.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.
Valle-Levinson. A y Blanco J.L. 2004. Observations of wind influence on Exchange flows in a strait of the Chilean Inland Sea. Journal of Marine Research, 62, 721-741.

Valle-Levinson A. 2010. Contemporary Issues in Estuarine Physics. Cambridge University Press.

- Warner, J.C, C.R. Sherwood, H.G. Arango, and R.P. Signell, 2005a: Performance of four Turbulence Closure Methods Implemented using a Generic Length Scale Method. Ocean Modelling, 8, 81-113.
- Wilkin, J.L., H.G. Arango, D.B. Haidvogel, C.S. Lichtenwalner, S.M. Durski, and K.S. Hedstrom, 2005: A regional Ocean Modeling System for the Long-term Ecosystem Observatory. J. Geophys. Res., 110, C06S91, doi: 10.1029/2003JC002218.
- Wolff, W.J. 1980. Biotic aspects of the chemistry of estuaries. En: Chemistry and Biochemistry of Estuaries. Ed. E. Olausson and I. Cato. John Wiley & Sons Ltd. New York 252pp.
- Zaron E.D. Introduction to Ocean Data Assimilation en A. Schiller, G. B. Brassington(eds.), Operational Oceanography in the 21st Century, DOI 10.1007/978-94-007-0332-2_13, © Springer Science+Business Media B.V. 2011.

FIGURAS



Figura 1. Dominio de MIKE3 del modelo regional Chiloé-Aysén mostrando malla flexible de elementos triangulares junto a la batimetría interpolada.



Figura 2. Dominio regional y discretización del modelo de MIKE 3 que abarca desde el Seno de la Península de Taitao hasta el extremo Sur de Magallanes.



Figura 3. Área geográfica donde fueron realizadas prospecciones.



Figura 4. Esquema de puntos de dragado realizados en cada una de las 17 áreas a prospectar.



Figura 5. Esquema de los 9 puntos donde se realizaron lances de CTD-O en las prospecciones. El rectángulo representa el área de 300 por 500 metros (15 hectáreas).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 6. Mareógrafos HOBO water level logger.



Figura 7. a) Sitio donde fue instalado el mareógrafo. b) cota de marea creada. c) nivelación del mareógrafo respecto a la cota.



Figura 8. Modelo de elevación digital (DEM) extraído de la batimetría SHOA X Región.



Figura 9. Archivo de capas mostrando cuencas hídricas individuales que desembocan a cota cero.











Figura 12. Mapa estaciones CIMAR 10.



Figura 13. Condición inicial de salindad superficial y a 25 metros.



Figura 14. Condción inicial de Temperatura superficial y a 25 metros.



Figura 15. Nivel del mar en las condiciones de borde del modelo.





Figura 17. Datos de vientos el modelo GFS.



Figura 18. Mediciones de correntometría realizadas en campañas de 2010.





Figura 19. Plano vertical de un modelo de MIKE3 mostrando la distribución de las capas sigma en función de la profundidad.



Figura 20. Condiciones iniciales de temperatura en superficie procedentes del modelo global Mercator sobre dominio regional Chiloé-Aysén.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 21. Condiciones iniciales de salinidad en superficie procedentes del modelo global Mercator sobre dominio regional Chiloé-Aysén.





Figura 22. Serie de tiempo de la condición de borde de nivel del mar en los 3 bordes del modelo regional Chiloé-Aysén.









Figura 24. Condición de borde de salinidad de MIKE3 a partir del modelo global Mercator.



Figura 25. Posición de las estaciones meteorológicas HOBO instaladas en la campaña Chonos – otoño 2014.



Figura 26. Rosa de vientos correspondiente al registro de la estación meteorológica HOBO instalada en isla Kent (boca canal Ninualac).



Figura 27. Rosa de vientos correspondiente al registro de la estación meteorológica HOBO instalada en las cercanías de canal King (isla Izaza).





Figura 28. Componente U de la velocidad del viento a 10 metros sobre la superficie del modelo global de reanálisis NCEP/NCAR.



Figura 29. Componente V de la velocidad del viento a 10 metros sobre la superficie del modelo global de reanálisis NCEP/NCAR.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 30. Presión atmosférica sobre la superficie del modelo global de reanálisis NCEP/NCAR.



Figura 31. Datos de vientos el modelo WRF Mayo 2011, resolución 3 km².





Figura 32. Campo del nivel del mar transcurridos 5 pasos de tiempo, dando nota de la estabilización del modelo.



Figura 33. Dominio de modelo ROMS para la X y XI Región.





Figura 34. Zonas en donde fueron instaladas las estaciones meteorológicas.





Figura 35. Instalación estación meteorológica en localidad de Metri.



Figura 36. Instalación estación meteorológica en localidad de Puqueldón.





Figura 37. Instalación estación meteorológica en localidad de Raúl Marín Balmaceda.





Figura 38. Instalación estación meteorológica en localidad de Puerto Aguirre.



Figura 39. Zoom de la malla flexible de elementos triangulares del modelo regional Chiloé-Aysén mostrando la alta resolución en los canales del archipiélago de Chonos.





Figura 40. Archivo dfsu que define la resistencia de fondo mediante la rugosidad.



Figura 41

Escenarios de los modelos de dispersión de partículas.





Figura 42 Posición centros de cultivo empleados en el modelo de dispersión de partículas en el archipiélago de Chonos. King Sur-Oeste (
), King Norte-Este (
), Pérez Sur (
), Moraleda Oeste (
), Ninualac (
) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (
).





Figura 43. Dominio de alta resolución de golfo Almirante Montt que incluye las profundidades del sector.




Figura 44. Resolución del dominio de alta resolución en sector de canal Unión. En colores la profundidad.



Figura 45. Resolución del dominio de alta resolución en sector de canal Morla Vicuña y los canales Kirke y Santa María. En colores la profundidad.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 46. Resolución del dominio de alta resolución en Golfo almirante Montt y senos adyacentes. En colores la profundidad.



Figura 47. Condición inicial de salinidad superficial en dominio golfo Almirante Montt.



Figura 48. Condición inicial de salinidad sección desde canales Unión-Kirke-Ultima esperanza en dominio golfo Almirante Montt.



Figura 49. Caudal río Serrano



Figura 50. Mediciones de ADCP y mareógrafos en golfo Almirante Montt





Figura 51. (Arriba) Dominio de alta resolución en canal Cockburn, y (abajo) modelo de elevación digital utilizado en el modelo.



Figura 52. Estaciones dela campaña CIMAR 3 FIORDOS, Etapa 2, usadas para la construcciones de las condiciones iniciales de temperatura y salinidad del modelo de Alta resolución de Cockburn.



Figura 53. Condiciones iniciales de salinidad del modelo de alta resolución de Cockburn en superficie.







Figura 55. Posiciones de los mareógrafos utilizados para validar en nivel del mar en el modelo de alta resolución de Canal Cockburn.



Figura 56. Condición de borde de salinidad (izquierda), y temperatura (derecha), utilizada en el borde océano Pacifico del modelo de Alta Resolución de Canal Cockburn.



Figura 57. Condición de borde de salinidad (izquierda), y temperatura (derecha), utilizada en el borde Isla Carlos III del modelo de Alta Resolución de Canal Cockburn.



Figura 58. Condición de borde de salinidad (izquierda), y temperatura (derecha), utilizada en el borde Punta Arenas del modelo de Alta Resolución de Canal Cockburn.



Figura 59. Campo de viento promedio utilizado en el modelo para todo el dominio (arriba) y en la zona de Canal Cockburn (abajo), extraído de Reanálisis NCEP, NOAA.







Figura 60. Mapa que señala Área de estudio donde se realizaron las mediciones de campo, a) Archipiélago Chonos y b) canal Cockburn.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 61. Track de las distintas secciones para medir las corrientes transversales en las campañas de primavera y otoño del Archipiélago de Chonos, en color azul indica el cambio de posición en la época de otoño.



Figura 62. Track de las distintas secciones para medir las corrientes transversales en la campaña de Cockburn.





Figura 63. Ubicación geográfica de ADCP anclado (color amarillo), mareógrafos (color rojo) y estaciones meteorológicas (color blanco). En la XI Región. Archipiélago de Chonos. (a)Campaña de primavera y (b) campaña de otoño.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 64. Ubicación geográfica de las estaciones de ADCP anclado (color amarillo), mareógrafos (color rojo) y estaciones meteorológicas (color blanco). En la XII Región. En las campañas de invierno y verano en Canal Cockburn.



Figura 65. Ubicación geográfica de las boyas derivadores en la XI Región. Archipiélago de Chonos.





Figura 66. Ubicación geográfica de las boyas derivadores en la XII Región. Canal Cockburn.



Figura 67. Estaciones de CTD-O realizadas en las mediciones del Archipiélago de los Chonos. a) campaña de primavera. b) campaña de otoño de 2013.







Figura 68. Estaciones de CTD-O realizadas en mediciones del canal Cockburn en la campaña de invierno y verano.



Figura 69. Mapa con estaciones de muestreo Crucero CIMAR 15 Fiordos.





Figura 70. Sección vertical de Temperatura y salinidad del canal Smyth, perteneciente a datos de CIMAR 15.



Figura 71. Distribución horizontal de salinidad: a) 5metros b) 25metros c) 75 metros y d) 200 metros. Las interpolaciones fueron construidas a partir de la base de datos del crucero CIMAR 15.

⁵⁷

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 72. Distribución horizontal de temperatura: a) 5 metros b) 25 metros c) 75 metros y d) 200 metros. Las interpolaciones fueron construidas a partir de la base de datos del crucero CIMAR 15.



Figura 73. Estaciones de CTD-O realizadas en Rennell.



Figura 74. Secciones verticales representativas de la distribución de salinidad, en los canales Smyth y Viel.





Figura 75. Distribución horizontal con valores de salinidad realizados en las proximidades de isla Rennell a) 5 metros b) 25 metros c) 50 metros y d) 100 metros.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 76. Secciones verticales representativas en la distribución de temperatura, en los canales Smyth y Viel.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA

Figura 77. Distribución horizontal con valores de temperatura realizados en las proximidades de isla Rennell. a) 5 metros b) 25 metros c) 50 metros y d) 100 metros.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 78. Secciones verticales representativas en la distribución de oxígeno disuelto, en los canales Smyth y Viel.



Figura 79. Distribución horizontal de valores de oxígeno disuelto realizados en las proximidades de isla Rennell. a) 5 metros b) 25 metros c) 50 metros y d) 100 metros.

65

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 80. Modelo digital de elevación para alrededores de islas Rennell.





Figura 81. Ampliación del DEM para los sitios 1, 2 y 3 de prospección.



Figura 82. Ampliación del DEM para los sitios 4, 5 y 6 de prospección.





Figura 83. Ampliación del DEM para los sitios 7, 8, 9. 10 y 11 de prospección.



Figura 84. Ampliación del DEM para los sitios 12, 13, 14 y 15 de prospección.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.




Figura 85. Ampliación del DEM para los sitios 16, 17, 18, 19 y 20 de prospección.



Figura 86. Series de tiempo a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra), modelada en corrida001 (línea azul) y corrida002 (línea verde).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 87. Series de tiempo a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra), modelada en corrida001 (línea azul), corrida002 (línea verde) y corrida008 (línea café).



Figura 88. Series de tiempo a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra), modelada en corrida001 (línea azul), corrida002 (línea verde), corrida008 (línea café) y corrida 004 (línea magenta).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 89. Series de tiempo a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra), modelada en corrida001 (línea azul), corrida002 (línea verde), corrida008 (línea café), corrida 004 (línea magenta) y corrida 005 (línea naranja).



Figura 90. Series de tiempo a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra) y modelada en corrida009 (línea roja).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 91. Series residuales a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra) y modelada en corrida002 (línea verde), corrida008 (línea café), corrida 004 (línea magenta), corrida 005 (línea naranja) y corrida009 (línea roja).



Figura 92. Series de tiempo a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra), modelada en corrida001 (línea azul), corrida002 (línea verde), corrida008 (línea café), corrida 004 (línea magenta) y corrida 005 (línea naranja).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 93. Series de tiempo a 10 m. de la componente v_norte-sur, observada (línea negra), modelada en corrida001 (línea azul), corrida002 (línea verde), corrida008 (línea café), corrida 004 (línea magenta) y corrida 005 (línea naranja).



Figura 94. Series de tiempo a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra) y modelada en corrida005 (línea naranja).





Figura 95. Series de tiempo a 10 m. de la componente v_norte-sur, observada (línea negra) y modelada en corrida005 (línea naranja).



Figura 96. Series residuales a 10 m. de la componente u_este-oeste, observada (línea negra) y modelada en modelada en corrida002 (línea verde), corrida008 (línea café), corrida 004 (línea magenta), corrida 005 (línea naranja) y corrida009 (línea roja).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 97. Series horarias (izquierda) y residuales (derecha) componente u_este-oeste, observada (negro) y modelada (rojo) en Chacao-golfo Ancud.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 98. Series horarias (izquierda) y residuales (derecha) componente v_norte-sur, observada (negro) y modelada (rojo) en Chacao-golfo Ancud.

⁷⁶

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 99. Series horarias (izquierda) y residuales (derecha) componente u_este-oeste, observada (negro) y modelada (rojo) boca fiordo Comau.

⁷⁷

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Velocidad Residual Componente U

Figura 100. Flujo residual en Chacao - golfo Ancud obtenido a través de medición de ADCP remolcado (arriba) y a través de modelación hidrodinámica con MIKE 3 (abajo).



Velocidad Residual Componente U

Figura 101. Flujo residual (m/s) en Boca fiordo Comau obtenido a través de medición de ADCP remolcado (arriba) y a través de modelación hidrodinámica con MIKE 3 (abajo).



Figura 102. Flujo residual (m/s) en Boca fiordo Comau obtenido a través de medición de ADCP remolcado (arriba) y a través de modelación hidrodinámica con MIKE 3 (abajo).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Velocidad Residual Componente U



Figura 103. Flujo residual (m/s) en Boca fiordo Reñihué obtenido a través de medición de ADCP remolcado (arriba) y a través de modelación hidrodinámica con MIKE 3 (abajo).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Velocidad Residual Componente U

Figura 104. Flujo residual (m/s) en Boca estero Palvitad obtenido a través de medición de ADCP remolcado (arriba) y a través de modelación hidrodinámica con MIKE 3 (abajo).



Velocidad Residual Componente V

Figura 105. Flujo residual (m/s) en golfo Corcovado obtenido a través de medición de ADCP remolcado (arriba) y a través de modelación hidrodinámica con MIKE 3 (abajo).



Figura 106. Ubicación de los equipos instalados en la campaña Chonos – otoño 2014 utilizados para validar el modelo regional Chiloé-Aysén





Figura 107. Comparación de las series de tiempo del nivel del mar del modelo 015 y las registradas por el mareógrafo en isla Kent.



Figura 108. Comparación de las series de tiempo del nivel del mar del modelo 015 y las registradas por el mareógrafo en canal King.



Figura 109. Comparación de las series de tiempo del nivel del mar del modelo 001 y las registradas por el mareógrafo en canal Moraleda.



Figura 110. Comparación de las series de tiempo del nivel del mar del modelo 011 y las registradas por el mareógrafo en canal Moraleda.



Figura 111. Comparación de las series de tiempo de la componente U de la velocidad de la corriente mareal (y sus residuales asociados) del modelo regional Chiloé-Aysén y las registradas por el ADCP en el canal King.

ANIVERSARIO



Figura 112. Comparación de las series de tiempo de la componente V de la velocidad de la corriente mareal (y sus residuales asociados) del modelo regional Chiloé-Aysén y las registradas por el ADCP en el canal King.



Figura 113. Comparación de las series de tiempo de la componente U de la velocidad de la corriente mareal (y sus residuales asociados) del modelo regional Chiloé-Aysén y las registradas por el ADCP en el canal Ninualac.



Figura 114. Comparación de las series de tiempo de la componente V de la velocidad de la corriente mareal (y sus residuales asociados) del modelo regional Chiloé-Aysén y las registradas por el ADCP en el canal Ninualac.





Figura 115. Comparación de las series de tiempo de la componente U de la velocidad de la corriente mareal (y sus residuales asociados) del modelo regional Chiloé-Aysén y las registradas por el ADCP en el canal Pérez Sur.



Figura 116. Comparación de las series de tiempo de la componente V de la velocidad de la corriente mareal (y sus residuales asociados) del modelo regional Chiloé-Aysén y las registradas por el ADCP en el canal Pérez Sur.

⁹³





Figura 117. Comparación de las series de tiempo de la componente U de la velocidad de la corriente mareal (y sus residuales asociados) del modelo regional Chiloé-Aysén y las registradas por el ADCP en el canal Goñi.





Figura 118. Comparación de las series de tiempo de la componente V de la velocidad de la corriente mareal (y sus residuales asociados) del modelo regional Chiloé-Aysén y las registradas por el ADCP en el canal Goñi.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 119 Ubicación mediciones empleadas en la evaluación del modelo Chiloé-Aysén de inviernoprimavera.





Figura 120 Comparación de series de tiempo del nivel del mar en el canal Chacabuco.





Figura 121 Comparación de series de tiempo del nivel del mar en la isla Colorada.





Figura 122 Comparación de series de tiempo del nivel del mar en el islote Quetros.





Figura 123 Comparación de series de tiempo del nivel del mar en Melinka.





Figura 124 Comparación de series de tiempo del nivel del mar en el fiordo Comau.





Figura 125 Comparación de series de tiempo del nivel del mar en el canal Chacao.



Figura 126 Comparación de series de tiempo de correntometría euleriana en el canal Chacabuco a 5, 10, 20 y 40 metros de profundidad de la componente U de la velocidad. Flujo residual en trazo discontinuo y escala en eje izquierdo.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 127 Comparación de series de tiempo de correntometría euleriana en el canal Chacabuco a 5, 10, 20 y 40 metros de profundidad de la componente V de la velocidad. Flujo residual en trazo discontinuo y escala en eje izquierdo.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.


Figura 128 Comparación de series de tiempo de correntometría euleriana en el canal Darwin a 5, 10, 20 y 30 metros de profundidad de la componente U de la velocidad. Flujo residual en trazo discontinuo y escala en eje izquierdo.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 129 Comparación de series de tiempo de correntometría euleriana en el canal Darwin a 5, 10, 20 y 30 metros de profundidad de la componente V de la velocidad. Flujo residual en trazo discontinuo y escala en eje izquierdo.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 130 Comparación de series de tiempo de correntometría euleriana en el paso Casma a 5, 10, 20 y 40 metros de profundidad de la componente U de la velocidad. Flujo residual en trazo discontinuo y escala en eje izquierdo.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 131 Comparación de series de tiempo de correntometría euleriana en el paso Casma a 5, 10, 20 y 40 metros de profundidad de la componente V de la velocidad. Flujo residual en trazo discontinuo y escala en eje izquierdo.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 132 Evaluación del nivel del mar en el estero Gato utilizando el modelo GFS.





Figura 133 Evaluación del nivel del mar en el estero Gato utilizando el modelo WRF.





Figura 134 Evaluación del nivel del mar en Melinka utilizando el modelo GFS.





Figura 135 Evaluación del nivel del mar en Melinka utilizando el modelo WRF.





Figura 136 Evaluación del nivel del mar en isla Mercedes utilizando el modelo GFS.





Figura 137 Evaluación del nivel del mar en isla Mercedes utilizando el modelo WRF.



Figura 138 Evaluación de la componente U de la velocidad en el canal Moraleda entre los modelos GFS vs WRF.



Figura 139 Evaluación de la componente V de la velocidad en el canal Moraleda entre los modelos GFS vs WRF.



Figura 140 Evaluación de la componente U de la velocidad en el canal Puyuhuapi entre los modelos GFS vs WRF.



Figura 141 Evaluación de la componente V de la velocidad en el canal Puyuhuapi entre los modelos GFS vs WRF.



Figura 142. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14), el Modelo Regional de Magallanes 2012 (MRM12), y los valores observados en el Morla-Vicuña. Las correlaciones, RMSE y desviación medio (BIAS) que se presentan corresponden a la comparación del MRM14 vs lo observado.



Figura 143. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14), el Modelo Regional de Magallanes 2012 (MRM12), y los valores observados en Caleta Meteoro. Las correlaciones, RMSE y desviación medio (BIAS) que se presentan corresponden a la comparación del MRM14 vs lo observado.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 144. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14), el Modelo Regional de Magallanes 2012 (MRM12), y los valores observados en Puerto Edén. Las correlaciones, RMSE y desviación medio (BIAS) que se presentan corresponden a la comparación del MRM14 vs lo observado.



Figura 145. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14) y los valores observados en Punta Arenas.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 146. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14) y los valores observados en Puerto Deseado (Argentina).



Figura 147. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14) y los valores observados en Seno Chasco.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 148. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14) y los valores observados en Bahía Escondida.



Figura 149. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14) y los valores observados en Bahía Beaufort.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 150. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14) y los valores observados en la Isla Carlos III.



Figura 151. Resultados del nivel del mar del Modelo Regional de Magallanes de 2014 (MRM14) y los valores observados en el Estero Staples.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 152. Espectros de energía del nivel del mar en datos modelados (izquierda), calculados en Paso Froward, Morla Vicuña y en el océano pacifico, y de datos observados (derecha) en Bahía Escondida y Morla Vicuña, el punto del océano Pacifico corresponde a un modelo global de mareas.



Figura 153. Series de tiempo de la componente U horaria (derecha), y residual de la corriente observada (negra) y modelada en ROMS (roja) en Canal Chacao a 5, 10, 20 y 40 metros.

¹²⁵

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

NIVERSARIO



Figura 154. Series de tiempo de la componente V horaria (derecha), y residual de la corriente observada (negra) y modelada en ROMS (roja) en Canal Chacao a 5, 10, 20 y 40 metros.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 155. Espectros de energía de la componente U de las series observadas (izquierda) y modelada (derecha), de la corriente en Canal Chacao.



Figura 156. Series de tiempo de la componente V horaria (derecha), y residual de la corriente observada (negra) y modelada en ROMS (roja) en Fiordo Comau a 5, 10, 20 y 40 metros.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 157. Espectros de energía de la componente U de las series observadas (izquierda) y modelada (derecha), de la corriente en Fiordo Comau.



Figura 158. Marco conceptual para un sistema de información sobre el clima. Fuente: Trenberth (2008), Boletín de la OMM 57 (1).



Figura 159. Sistema oceanográfico operacional en el golfo de Finlandia

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



ANIVERSARIO

1964 INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA

2014

Figura 160. Modelo conceptual del sistema de predicción marina

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 161. Transecto con ADCP remolcado en el canal King mostrando la componente U de la velocidad residual.



Figura 162. Velocidad residual de la componente U en un transecto del canal King extraído del modelo regional Chiloé-Aysén 018.



Figura 163. NRMSE entre la medición y el modelo de la velocidad residual de la componente U en un transecto del canal King.



Figura 164. Transecto con ADCP remolcado en el canal Moraleda mostrando la componente V de la velocidad residual.



Figura 165. Velocidad residual de la componente V en un transecto del canal Moraleda extraído del modelo regional Chiloé-Aysén 018.



Figura 166. NRMSE entre la medición y el modelo de la velocidad residual de la componente V en un transecto del canal Moraleda.



Figura 167. Transecto con ADCP remolcado en el canal Bynon mostrando la componente U de la velocidad residual.



Figura 168. Velocidad residual de la componente U en un transecto del canal Bynon extraído del modelo regional Chiloé-Aysén 018.



Figura 169. NRMSE entre la medición y el modelo de la velocidad residual de la componente U en un transecto del canal Bynon.


Figura 170. Transecto con ADCP remolcado en el canal Aysén mostrando la componente U de la velocidad residual.





Figura 171. Velocidad residual de la componente U en un transecto del canal Aysén extraído del modelo regional invierno-primavera Chiloé-Aysén.





Figura 172. Transecto con ADCP remolcado en el canal Darwin mostrando la componente U de la velocidad residual.





Figura 173. Velocidad residual de la componente U en un transecto del canal Darwin extraído del modelo regional invierno-primavera Chiloé-Aysén.



Figura 174. Transecto con ADCP remolcado en el canal Costa mostrando la componente V de la velocidad residual.





Figura 175. Velocidad residual de la componente V en un transecto del canal Costa extraído del modelo regional invierno-primavera Chiloé-Aysén.









Figura 177. Comparativa de correntometría lagrangiana a 8 metros de profundidad en el canal King entre la observación con boyas derivadoras (azul) y el modelo regional Chiloé-Aysén 018 (rojo).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 178. Comparativa de correntometría lagrangiana a 4 metros de profundidad en el canal Ciriaco entre la observación con boyas derivadoras (azul) y el modelo regional Chiloé-Aysén 018 (rojo).



Figura 179. Comparativa de correntometría lagrangiana a 8 metros de profundidad en el canal Ciriaco entre la observación con boyas derivadoras (azul) y el modelo regional Chiloé-Aysén 018 (rojo).





Figura 180. Comparativa de correntometría lagrangiana a 4 metros de profundidad en el canal Ninualac entre la observación con boyas derivadoras (azul) y el modelo regional Chiloé-Aysén 018 (rojo).



Figura 181. Comparativa de correntometría lagrangiana a 8 metros de profundidad en el canal Ninualac entre la observación con boyas derivadoras (azul) y el modelo regional Chiloé-Aysén 018 (rojo).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 182. Comparativa de correntometría lagrangiana a 4 metros de profundidad en el canal Bynon entre la observación con boyas derivadoras (azul) y el modelo regional Chiloé-Aysén 018 (rojo).



Figura 183. Comparativa de correntometría lagrangiana a 8 metros de profundidad en el canal Bynon entre la observación con boyas derivadoras (azul) y el modelo regional Chiloé-Aysén 018 (rojo).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 184. Serie de nivel del mar en canal Morla Vicuña observado (negro) y modelado (rojo) en escala horaria (arriba) y residual (abajo).



Figura 185. Serie de nivel del mar en seno Obstrucción observado (negro) y modelado (rojo) en escala horaria (arriba) y residual (abajo).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 186. Series horarias (izquierda) y residuales (derecha) componente u_este-oeste, observada (negro) y modelada (rojo) en canal Morla Vicuña.

¹⁵²

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

NUVERGARIO



Figura 187. Series horarias (izquierda) y residuales (derecha) componente u_este-oeste, observada (negro) y modelada (rojo en seno Poca Esperanza.

NUVERGARIO



Figura 188. Series horarias (izquierda) y residuales (derecha) componente v_norte-sur, observada (negro) y modelada (rojo) en seno Poca Esperanza





Figura 189. Series horarias (izquierda) y residuales (derecha) componente u_este-oeste, observada (negro) y modelada (rojo) en Golfo Almirante Montt.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura 190. Series horarias (izquierda) y residuales (derecha) componente v_norte-sur, observada (negro) y modelada (rojo) en Golfo Almirante Montt.

156

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 191. Series del nivel del mar observadas y del modelo de alta resolución de Canal Cockburn, en Bahía Escondida, Seno Chasco e Isla Carlos III.





Figura 192. Espectros de energía del nivel del mar en los puntos de control del modelo de alta resolución de Canal Cockburn.



Figura 193. Series de tiempo de la componente U de la corriente en Seno Chasco a 4, 10, 20 y 40 metros de profundidad, para los datos observados, modelados y de viento, en los modelos Alta resolución Canal Cockburn.



SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 194. Espectros de energía de la componente U de la corriente en Seno Chasco, para datos del modelo de alta resolución de Canal Cockburn (izquierda) y observados (derecha).



Figura 195. Series de tiempo de la componente U de la corriente en Seno Dyneley a 4, 10, 20 y 40 metros de profundidad, para los datos observados, modelados y de viento, en los modelos Alta resolución Canal Cockburn.



Figura 196. Espectros de energía de la componente U de la corriente en Seno Dyneley, para datos del modelo de alta resolución de Canal Cockburn (izquierda) y observados (derecha).



Figura 197. Series de tiempo de la componente V de la corriente en Canal Pedro a 4, 10, 20 y 40 metros de profundidad, para los datos observados, modelados y de viento, en los modelos Alta resolución Canal Cockburn.



Figura 198. Espectros de energía de la componente V de la corriente en Canal Pedro, para datos del modelo de alta resolución de Canal Cockburn (izquierda) y observados (derecha).





Figura 199. Series de tiempo de la componente V de la corriente en Seno Lyell a 4, 10, 20 y 40 metros de profundidad, para los datos observados, modelados y de viento, en los modelos Alta resolución Canal Cockburn.



Figura 200. Espectros de energía de la componente V de la corriente en Seno Lyell, para datos del modelo de alta resolución de Canal Cockburn (izquierda) y observados (derecha).





Figura 201. Transecto transversal de la componente V de la corriente en la boca del Seno Lyell, dentro del modelo de alta resolución de Canal Cockburn.



Figura 202. Transecto transversal de la componente V de la corriente en la boca del Canal Pedro, dentro del modelo de alta resolución de Canal Cockburn.



Figura 203. Transecto transversal de la componente V de la corriente en la boca del Seno brujo con batimetría replicada según transecto (arriba), y con batimetría idealizada (abajo) dentro del modelo de alta resolución de Canal Cockburn.



Figura 204. Transecto transversal de la componente V de la corriente en la boca del Seno Dyneley, dentro del modelo de alta resolución de Canal Cockburn.



Figura 205. Transecto transversal de la componente V de la corriente en la boca del Seno Bluff, dentro del modelo de alta resolución de Canal Cockburn.





Figura 206. Transecto transversal de la componente U de la corriente en Canal Magdalena, dentro del modelo de alta resolución de Canal Cockburn.





Figura 207. Trayectorias de derivadores y dispersión de partículas del modelo alta resolución de Cockburn, en Canal pedro y Seno Lyell.



Figura 208. Trayectorias de derivadores y dispersión de partículas del modelo alta resolución de Cockburn, Seno Chasco, Seno Brujo y Seno Dyneley.

173



Figura 209. Secciones del dominio del modelo de alta resolución de Cockburn.





Figura 210. Campo de flujo promedio en la sección A del dominio a 0(a), 50(b), 100(c) metros y al fondo (d).



Figura 211. Campo de flujo promedio en la sección B del dominio a 0(a), 50(b), 100(c) metros y al fondo (d).

175





Figura 212. Campo de flujo promedio en la sección C del dominio a 0(a), 50(b), 100(c) metros y al fondo (d).



Figura 213. Campo de temperatura promedio en la sección C del dominio a 0(a), 50(b), 100(c) metros y al fondo (d).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.


Figura 214. Campo de salinidad promedio en la sección C del dominio a 0(a), 50(b), 100(c) metros y al fondo (d).



Figura 215. Campo de densidad promedio en la sección C del dominio a 0(a), 50(b), 100(c) metros y al fondo (d).



Figura 216. Transecto longitudinal de temperatura promedio del modelo de alta resolución a través de Canal Cockburn.









Figura 218. Transecto longitudinal de densidad promedio del modelo de alta resolución a través de Canal Cockburn.





Figura 219. a) transecto efectuado en canal Moraleda norte a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Moraleda durante la campaña de Chonos en primavera 2013.





Figura 220. Distribución vertical de salinidad realizada en canal Moraleda norte durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).





Figura 221. Distribución vertical de temperatura realizada en canal Moraleda norte durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 222. Distribución vertical de oxígeno disuelto realizada en canal Moraleda norte durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).





Figura 223. a) Transecto efectuado en canal Moraleda sur a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Moraleda durante la campaña de Chonos en primavera 2013.





Figura 224. Distribución vertical de hidrografía realizada en canal Moraleda sur durante los transectos de ADCP remolcado. a) Salinidad, b) temperatura, c) oxígeno disuelto.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 225. a) Transecto efectuado en los canales Simpson y King a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal King. (c) flujo residual (componente V) en canal Simpson durante la campaña de Chonos en primavera 2013.





Figura 226. Distribución vertical de salinidad realizada en los canales Simpson y King durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



b)



Figura 227. a) transecto efectuado en canal King a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal Moraleda durante la campaña de Chonos en primavera 2013.





Figura 228. Distribución vertical de salinidad realizada canal King durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 229. Distribución vertical de temperatura realizada en l canal King durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.







¹⁹¹ SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 231. Distribución vertical de salinidad realizada en los canales Memory, Bynon y Goñi durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h); c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 232. a) Transecto efectuado en los canales Goñi y Ciriaco a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal Goñi. (c) flujo residual (componente V) en canal Ciriaco durante la campaña de Chonos en primavera 2013.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura 233. Distribución vertical de salinidad realizada en los canales Goñi y Ciriaco durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 234. a) transecto efectuado en canal Ninualac a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal Ninualac durante la campaña de Chonos en primavera 2013.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura 235. Distribución vertical de salinidad realizada en el canal Ninualac durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).





Figura 236. Distribución vertical de temperatura realizada en el canal Ninualac durante los transectos de ADCP remolcado. a) Transecto inicio mediciones (0h), b) transecto de mediciones transcurridas 12 horas (12h), c) transecto transcurridas 24 horas desde el inicio de las mediciones (24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 237. Distribución vertical de salinidad en las secciones construidas en canal King, Bynon y Ninualac, durante la campaña Chonos primavera.



Figura 238. Distribución Horizontal de salinidad para estratos de 5, 25, 50 y 125 metros, durante la campaña Chonos primavera.





Figura 239. Distribución vertical de temperatura en las secciones construidas en canal King, Bynon y Ninualac, durante la campaña Chonos primavera.

²⁰⁰



Figura 240. Distribución Horizontal de temperatura para estratos de 5, 25, 50 y 125 metros, durante la campaña Chonos primavera.





Figura 241. Distribución vertical de oxígeno disuelto en las secciones construidas en canal King, Bynon y Ninualac, durante la campaña Chonos primavera.



Figura 242. Distribución Horizontal de oxígeno disuelto para estratos de 5, 25, 50 y 125 metros, durante la campaña Chonos primavera.







Figura 243. a) transecto efectuado en canal Bynon a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal Bynon durante la campaña de Chonos en Otoño 2014.



Figura 244. Distribución vertical de la salinidad, realizada en canal Bynon durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).



Figura 245. Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal Bynon durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.







Figura 246. a) transecto efectuado en canal Memory a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual



Figura 247. Distribución vertical de la salinidad, realizada en canal Memory durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).

208

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 248. Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal Memory durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

Canal Bynon I. Jorge $C_{anal} G_{O\tilde{n}j}$ I. James I. James I. Jorge T_1 B T_2 T_2 T_2 T_2 T_3 T_1 T_2 T_2 T_3 T_1 T_2 T_3 T_1 T_2 T_3 T_1 T_2 T_3 T_3 T_1 T_2 T_3 T_1 T_3 T_3 T_3

a)



Figura 249. a) transecto efectuado en canales Goñi-Ciriaco a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal Goñi. (c) flujo residual (componente V) canal Ciriaco. Durante la campaña de Chonos en Otoño 2014.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 250. Distribución vertical de la salinidad, realizada en canal Ciriaco durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h).



Figura 251. Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal Ciriaco durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h).


I. James A Minualac Canal Minualac Canal Minualac I. Melchor



Figura 252. a) transecto efectuado en canal Ninualac a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal Ninualac durante la campaña de Chonos en Otoño 2014.



Figura 253. Distribución vertical de la salinidad, realizada en canal Ninualac durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h).



Figura 254. Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal Ninualac durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h).

a) Ι. Cuptana Benjamín R canal perez Canal Bynon Ι. Jesús b) Velocidad Residual Componente V R 0.1 -50 0.05 Profundidad (m) -100 (m/s) 0 -150 -0.05 -200 -0.1 -250 500 1000 1500 2000 2500 Distancia (m)

Figura 255. a) transecto efectuado en canal Pérez Sur a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Perez Sur durante la campaña de Chonos en Otoño 2014.



Figura 256. Distribución vertical de la salinidad, realizada en canal Perez Sur durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).



Figura 257. Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal Perez Sur durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).



Figura 258. Distribución vertical de la temperatura, realizada en canal Perez Sur durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).





Figura 259. a) transecto efectuado en canal King a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal King durante la campaña de Chonos en Otoño 2014.



Figura 260. Distribución vertical de la salinidad, realizada en canal King durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).





Figura 261. Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal King durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).



Figura 262. Distribución vertical de la temperatura, realizada en canal King durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).

a) CanalJacal Garrao Δ Canal Moraleda Puyuhue b) Velocidad Residual Componente V B 0.1 -50 0.08 -100 0.06 -150 0.04 Profundidad (m) -200 0.02 (m/s) -250 0 -300 -0.02 -350 -0.04 -400 -0.06 -450 -0.08 -500 -0.1 1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000 8000 9000 10000 Distancia (m)

Figura 263. a) transecto efectuado en canal Moraleda a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Moraleda durante la campaña de Chonos en Otoño 2014.





Figura 264. Distribución vertical de la salinidad, realizada en canal Moraleda durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).



Figura 265. Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal Moraleda durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura 266. Distribución vertical de salinidad en las secciones construidas en canal King, Bynon y Ninualac, durante la campaña Chonos otoño.



Figura 267. Distribución Horizontal de salinidad para estratos de 5, 25, 50 y 125 metros, durante la campaña Chonos otoño.





Figura 268. Distribución vertical de temperatura en las secciones construidas en canal King, Bynon y Ninualac, durante la campaña Chonos otoño.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 269. Distribución Horizontal de temperatura para estratos de 5, 25, 50 y 125 metros, durante la campaña Chonos otoño.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 270. Distribución vertical de oxígeno disuelto en las secciones construidas en canal King, Bynon y Ninualac, durante la campaña Chonos otoño.



Figura 271. Distribución Horizontal de salinidad para estratos de 5, 25, 50 y 125 metros, durante la campaña Chonos otoño.





Figura 272. Distribución vertical de densidad en las secciones construidas en canal King, Bynon y Ninualac, durante la campaña Chonos otoño.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

VERSARIO



Figura 273. Distribución Horizontal de densidad para estratos de 5, 25, 50 y 125 metros, durante la campaña Chonos otoño.



a)



Figura 274. (a) Transecto efectuado en Pedro a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Pedro durante la campaña de Cockburn en invierno 2013.









Figura 275. (a) Transecto efectuado en Seno Lyell a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Seno Lyell durante la campaña de Cockburn en invierno 2013.

a) Paso Froward Seno Magdalena I. Peak B Bahía Inman b) Velocidad Residual Componente V В 0.1 -50 0.05 -100 Profundidad (m) -150 (m/s) 0 -200 -250 -0.05 -300 -350 -0.1 2500 500 1000 1500 2000 3000 3500 Distancia (m)

Figura 276. (a) Transecto efectuado en estero Staples a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal bahía Inman durante la campaña de Cockburn en invierno 2013.



Figura 277. (a) Transecto efectuado en canal Magdalena a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Magdalena durante la campaña de Cockburn en invierno 2013.



Figura 278. (a) Transecto efectuado en seno Bluff a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en seno Bluff durante la campaña de Cockburn en invierno 2013.



Canal Cockburn B Ceno Bullio Benna, Banna Benna, Banna Benna, Ben

a)



Figura 279. (a) Transecto efectuado en seno Brujo a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en seno Brujo durante la campaña de Cockburn en invierno 2013.



Figura 280. (a) Transecto efectuado en Seno Dyneley a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en Seno Dyneley durante la campaña de Cockburn en invierno 2013.



Figura 281. Distribución vertical de salinidad en las secciones construidas en paso Forward, canal Magdalena y canal Cockburn, durante la campaña Cockburn invierno.



Figura 282. Distribución Horizontal de salinidad para estratos de 5, 25, 75 y 175 metros, durante la campaña Cockburn invierno.





Figura 283. Distribución vertical de temperatura en las secciones construidas en paso Froward, canal Magdalena y canal Cockburn, durante la campaña Cockburn invierno.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 284. Distribución Horizontal de temperatura para estratos de 5, 25, 75 y 175 metros, durante la campaña Cockburn invierno.



Figura 285. Distribución vertical de oxígeno disuelto en las secciones construidas en paso Froward, canal Magdalena y canal Cockburn, durante la campaña Cockburn invierno.



Figura 286. Distribución Horizontal de oxígeno disuelto para estratos de 5, 25, 75 y 175 metros, durante la campaña Cockburn invierno.

a)

b)



Figura 287. a) Transecto efectuado en canal Pedro a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en canal Pedro, durante la campaña de Cockburn en verano 2014.




Figura 288. Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal Pedro durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 289. Distribución vertical de la frecuencia de Brunt-Vaisala, realizada en canal Pedro durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 290. a) Transecto efectuado en canal Seno Lyell a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en seno Lyell, durante la campaña de Cockburn en verano 2014.





Figura 291. Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en seno Lyell durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 292. Distribución vertical de la frecuencia de Brunt-Vaisala, realizada en seno Lyell durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 293. a) Transecto efectuado en estero Staples a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en estero Staples, durante la campaña de Cockburn en verano 2014.



Figura 294. Distribución vertical de la frecuencia de Brunt-Vaisala, realizada en estero Staples durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 295. a) Transecto efectuado en canal Magdalena a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente U) en canal Magdalena a escala de +-10cm/s y (c) flujo residual (componente U) a escala de +-20cm/s, durante la campaña de Cockburn en verano 2014.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 296. Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en canal Magdalena durante ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h).



Figura 297. Distribución vertical de la frecuencia de Brunt-Vaisala , realizada en canal Magdalena ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 298. a) Transecto efectuado en canal Seno Bluff a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en seno Bluff, durante la campaña de Cockburn en verano 2014.





Figura 299. Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en seno Bluff durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 300. Distribución vertical de la frecuencia de Brunt-Vaisala , realizada en seno Bluff durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.





Figura 301. a) Transecto efectuado en Seno Brujo a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en seno Brujo, durante la campaña de Cockburn en verano 2014.





Figura 302. Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en seno Brujo durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).



Figura 303. Distribución vertical de la frecuencia de Brunt-Vaisala, realizada en seno Brujo durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 304. a) Transecto efectuado en canal Seno Dyneley a través de ADCP remolcado. (b) flujo residual (componente V) en seno Dyneley, durante la campaña de Cockburn en verano 2014.





Figura 305. Distribución vertical de la densidad, expresada en unidades de sigma, realizada en seno Dyneley durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 306. Distribución vertical de la frecuencia de Brunt-Vaisala, realizada en seno Dyneley durante los transectos de ADCP remolcado. Transecto inicio mediciones (track 0h), transecto de mediciones transcurridas 12 horas (track 12h), transecto final (track 24h).





Figura 307. Distribución vertical de salinidad en las secciones construidas en paso Froward, canal Magdalena y canal Cockburn, durante la campaña Cockburn verano.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 308. Distribución Horizontal de salinidad para estratos de 5, 25, 75 y 120 metros, durante la campaña Cockburn verano.





Figura 309. Distribución vertical de temperatura en las secciones construidas en paso Froward, canal Magdalena y canal Cockburn, durante la campaña Cockburn verano.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 310. Distribución Horizontal de temperatura para estratos de 5, 25, 75 y 120 metros, durante la campaña Cockburn verano.



Figura 311. Distribución vertical de oxigeno disuelto en las secciones construidas en paso Froward, canal Magdalena y canal Cockburn, durante la campaña Cockburn verano.



Figura 312. Distribución Horizontal de oxigeno disuelto para estratos de 5, 25, 75 y 120 metros, durante la campaña Cockburn verano.





Figura 313. Distribución vertical de la densidad en las secciones construidas en paso Froward, canal Magdalena y canal Cockburn, durante la campaña Cockburn verano.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 314. Distribución Horizontal de la densidad para estratos de 5, 25, 75 y 120 metros, durante la campaña Cockburn verano.



Figura 315. Flujos residuales de la componente U de la velocidad de la corriente y del viento en el canal King.



Figura 316. Flujos residuales de la componente V de la velocidad de la corriente y del viento en el canal King.





Figura 317. Vectores promedios de la velocidad de la corriente mareal en el canal King y magnitud en la componente V.





SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Figura 319. Transecto Norte-Sur en canal King mostrando distribución transversal de densidad.



Figura 320. Flujos residuales de la componente U de la velocidad de la corriente y del viento en el canal Ninualac.



Figura 321. Flujos residuales de la componente V de la velocidad de la corriente y del viento en el canal Ninualac.





Figura 322. Transecto Norte-Sur en canal Bynon mostrando distribución transversal de densidad.





Figura 323. Transecto Norte-Sur en canal Bynon mostrando distribución transversal de salinidad.



Figura 324. Flujos residuales de la componente U de la velocidad de la corriente y del viento en el canal Pérez v Sur.





Figura 325. Flujos residuales de la componente V de la velocidad de la corriente y del viento en el canal Pérez Sur.



Figura 326. Flujos residuales de la componente U de la velocidad de la corriente y del viento en el canal Goñi.


Figura 327. Flujos residuales de la componente V de la velocidad de la corriente y del viento en el canal Goñi.





Figura 328. Transecto Norte-Sur en canal Moraleda mostrando distribución transversal de densidad.



²⁸⁶ SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.

TABLAS



Aéreas								
(vértices)	Latitud ° 1	Longitud ° 1	Latitud ° 2	Longitud ° 2	Latitud ° 3	Longitud ° 3	Latitud ° 4	Longitud ° 4
1	-51.70844	-74.46682	-51.71038	-74.46030	-51.71087	-74.46871	-51.71281	-74.46218
2	-51.73500	-74.37972	-51.73728	-74.38205	-51.73741	-74.37361	-51.73969	-74.37594
3	-51.75295	-74.31629	-51.75500	-74.31908	-51.75584	-74.31074	-51.75790	-74.31353
4	-51.91434	-74.00284	-51.91654	-74.00538	-51.91695	-73.99693	-51.91915	-73.99947
5	-51.95335	-73.91288	-51.95512	-73.91617	-51.95674	-73.90811	-51.95851	-73.91140
6	-52.05749	-73.76197	-52.05926	-73.76527	-52.06089	-73.75718	-52.06266	-73.76048
7	-51.92898	-74.27624	-51.93104	-74.27904	-51.93187	-74.27066	-51.93394	-74.27347
8	-51.94844	-74.23396	-51.95051	-74.23676	-51.95133	-74.22838	-51.95340	-74.23120
9	-51.96286	-74.18194	-51.96492	-74.17549	-51.96525	-74.18395	-51.96732	-74.17750
10	-52.01950	-74.12132	-52.02158	-74.12412	-52.02238	-74.11573	-52.02446	-74.11853
11	-52.04535	-74.05437	-52.04742	-74.05717	-52.04823	-74.04876	-52.05030	-74.05156
12	-52.09062	-74.08313	-52.09291	-74.08542	-52.09296	-74.07690	-52.09527	-74.07919
13	-52.10553	-73.99994	-52.10729	-74.00326	-52.10893	-73.99517	-52.11069	-73.99848
14	-52.25199	-73.77013	-52.25376	-73.77345	-52.25538	-73.76531	-52.25715	-73.76864
15	-52.27107	-73.72994	-52.27284	-73.73326	-52.27446	-73.72512	-52.27623	-73.72844
16	-52.217166	-73.575226	-52.214794	-73.573136	-52.21930	-73.568790	-52.216927	-73.566699
17	-52.214454	-73.64108	-52.213391	-73.637043	-52.209262	-73.639936	-52.210333	-73.643972
18	-52.183232	-73.648541	-52.179102	-73.651431	-52.180173	-73.655464	-52.184303	-73.652560
19	-52.123998	-73.671545	-52.124428	-73.664286	-52.127121	-73.664702	-52.126682	-73.671976
20	-52.078366	-73.726967	-52.077013	-73.723182	-52.080902	-73.719525	-52.082256	-73.723310

Tabla 1.Vértices de cada área de prospección.

Tabla 2.

Tabla resumen de la instalación de cada estación, con su respectiva posición geográfica.

ESTACIÓN	FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD
Metri	22-08-2013	13:30	-41,59474 °	-72,70452 °
Puqueldón	23-08-2013	10:30	-42,59927 °	-73,65849 °
Raúl Marín Balmaceda	30-08-2013	12:00	-43,77393 °	-72,95559 °
Puerto Aguirre	03-09-2013	10:00	-45,16459 °	-73,52145 °



 Tabla 3.

 Sector donde se realizaron los transectos con ADCP remolcado en la XI Región periodo primavera (a) y otoño (b).

a)

ADCP R	emolcado campa	aña primave	ra Archipiélago de	Chonos			vértices	6		
		tiempo								
sector	fecha	(hr)	repeticiones	tamaño celda	longitud	latitud	longitud	Latitud	longitud	latitud
Moraleda norte	26-10-2013	24	13	8	A : -73.5584	-44.3579	B :-73.4045		-44.332	
Moraleda sur	04-11-2013	9	10	8	A : -73.6476	-45.0454	B : -73.5473		-45.0399	
Ninualac	08-11-2013	24	53	8	A: -74.2769	-45.0395	B: -74.2808		-45.0699	
King-I. Izaza	30-10-2013	24	67	8	A: -74.2562	-44.5726	B: -74.2547		-44.5958	
King-Simpson	28-10-2013	24	39	4		A :-73.8986,-44	.5640, B :-73.9003 -44	4.5454, C :-73.87	90 -44.5307	
Ciriaco-Goñi Memory-Bynon-	05-11-2013	24	20	4		A :-73.9759,-44	.8574, B :-73.9546 -4	4.8923, C :-73.90	31 -44.8883	
Goñi	12-11-2013	24	12	8		A:-74.2911,-44.83	35, B :-74.2202	2 -44.8116, C :-74	.1617 -44.8580	

				b)					
ADCP Ren	nolcado campa	ña otoño Archi	ipiélago de Chor	IOS			vérti	ces		
sector	fecha	tiempo (hr)	repeticiones	tamaño celda	longitud	latitud	longitud	latitud	longitud	latitud
Canal Bynon	02-06-2014	24	57	4	A:- 74.1500,	-44.7785	B: -74.1541	-44.8012		
Canal Memory	03-06-2014	24	59	4	A: -74.3500	-44.7932	B: -74.3299	-44.7798		
canal Goñi-Ciriaco	27-05-2014	15	11	4	A: -73.9808	-44.8581	B: -73.9536	-44.8915	C: -73.9136	-44.8766
Canal Ninualac	29-05-2014	13	25	4	A: -74.2196	-45.0285	B: -74.1967	-45.0511		
Canal Pérez Sur	25-05-2014	24	47	4	A: -73.8492	-44.6843	B: -73.8114	-44.6745		
Canal King	20-05-2014	24	40	4	A: -74.1834	-44.5585	B: -74.1834	-44.5907		
Canal Moraleda Norte	23-05-2014	24	12	4	A: -73.5319	-44.3831	B: -73.3487	-44.3708		



Tabla 4. Sector donde se realizaron los transectos con ADCP remolcado en la XII Región en invierno (a) y verano (b). a)

ADCP r	ADCP remolcado campaña invierno canal Cockburn						vértices			
sector	fecha	tiempo (hr)	repeticiones	tamaño celda	longitud	latitud	longitud	latitud		
canal Magdalena	26-08-2013	24	29	8	A :-70.9820	-54.3219	B :-70.9210	-54.3494		
Seno Dyneley	16-08-2013	24	40	4	A :-71.6764	-54.2235	B :-71.7294	-54.2342		
Seno brujo	21-08-2013	24	81	4	A :-71.6637	-54.4244	B : -71.6891	-54.431		
Canal Pedro	13-08-2013	24	61	2	A:- 71.6840	-53.9711	B :-71.6495	-53.9771		
Estero Staples	28-08-2013	24	38	4	A :-71.1738	-54.0731	B : -71.1223	-54.0875		
Seno Bluff	24-08-2013	24	35	2	A :-71.5013	-54.3991	B :-71.4667	-54.3693		
Seno Lyell	31-08-2013	24	48	4	A :-71.4340	-53.9832	B :-71.3921	-53.9829		

b)

ADCP r	ADCP remolcado campaña verano canal Cockburn						vér	tices		
Sector	fecha	Tiempo (hr.)	Repeticiones	Tamaño celda		longitud	latitud		longitud	latitud
Canal Magdalena	27-01-2014	13	17	4	Α	-70.9801	-54.3215	В	-70.9186	-54.3497
Seno Lyell	10-01-2014	24	59	4	Α	-71.4325	-53.9803	В	-71.3927	-53.9835
Canal Pedro	13-01-2014	12	57	4	Α	-71.6868	-53.9716	В	-71.6537	-53.9805
Seno Brujo	19-01-2014	24	67	4	Α	-71.6925	-54.4314	В	-71.6638	-54.4245
Seno Bluff	25-01-2014	24	45	4	Α	-71.4339	-54.4353	В	-71.3959	-54.4187
Seno Dyneley	22-01-2014	24	41	4	Α	-71.7285	-54.2368	В	-71.6775	-54.2236
Estero Staples	28-01-2014	24	39	4	Α	-71.1746	-54.0731	В	-71.1222	-54.0873

Tabla 5.

Posición geográfica de equipos instalados en campaña de invierno (a) y verano (b) en canal Cockburn.

b)

a)

Lugar	Latitud S	Longitud W	fecha inicio
Mareógrafos			
Isla Carlos III	-53.67406	-72.28519	13-08-2013
Seno Chasco	-54.44069	-71.93155	19-08-2013
Puerto Hope	-54.12574	-70.99924	28-08-2013
Bahía del indio	-53.80531	-71.0386	03-09-2013
E. Meteorológicas			
Isla Enderby	-54.37151	-71.94559	19-08-2013
Isla Peak	-54.0445	-71.12358	28-08-2013
ADCP Anclado			
Canal Pedro	-53.95115	-71.65343	15-08-2013
Seno Dyneley	-54.26913	-71.62631	17-08-2013
Seno Chasco	-54.44226	-71.86736	18-08-2013
Seno Bluff	-54.38964	-71.48798	25-08-2013
Seno Lyell	-54.03454	-71.38196	02-09-2013

Lugar	Latitud S	Longitud W	fecha inicio	
Mareógrafos				
Bahía Escondida	-53.81703°	-71.06360°	10-01-2014	
Isla Wren	-53.77201°	-72.08240°	16-01-2014	
Seno Chasco	-54.41838°	-71.85830°	16-01-2014	
Estero Staples	-54.08080°	-71.10953°	29-01-2014	
E. Meteorológicas				
Seno Chasco	-54.417°	-71.85757°	19-01-2014	
Estero Staples	-54.07927°	-71.11216°	29-01-2014	
ADCP Anclado	_	_	_	
Canal Pedro	-53.9485°	-71.65333°	13-01-2014	
Seno Dyneley	-54.26848°	-71.62772°	24-01-2014	
Seno Chasco	-54.44152°	-71.86693°	16-01-2014	
Estero Staples	-54.08443°	-71.13682°	29-01-2014	
Seno Lyell	-54.03429°	-71.38129°	11-01-2014	

Tabla 6.Posición geográfica de equipos instalados en campaña de primavera (a) y otoño (b)
en archipiélago de Chonos.

a)

b)

Lugar	Latitud S	Longitud W	fecha inicio		Lugar Latitud S Longitud W Fecha i			Fecha inicio
	Mareógrafos					Mareó	grafos	
Isla Job	44.40735	73.6315	28-10-2013		Canal King	44.55671	74.17909	20-05-2014
Isla Izaza	44.57028	74.25857	31-10-2013		C. Moraleda	44.40787	73.63625	24-05-2014
Isla Teresa	44.9599	73.805	05-11-2013		Isla Kent	45.08034	74.26964	30-05-2014
Isla Kent	45.07203	74.28577	08-11-2013		Isla Teresa	44.9603	73.80513	31-05-2014
	E. Meteor	ológicas			E. Meteorológicas			
Isla Izaza	44.5674	74.2544	31-10-2013		Canal King	44.55558	74.17835	20-05-2014
Isla Kent	45.07233	74.29327	08-11-2013		Isla Kent	45.09069	74.28941	30-05-2014
	ADCP A	nclado				ADCP /	Anclado	
canal King	44.58833	74.22032	30-10-2013		Canal King	44.55991	74.0884	04-06-2014
canal Ninualac	45.03538	74.2021	09-11-2013		Canal Ninualac	45.03334	74.20163	29-05-2014
canal Goñi	44.83922	74.19652	14-11-2013		Canal Goñi	44.87104	74.03757	27-05-2014
canal Pérez Sur	44.7463	73.79343	02-11-2013		C. Pérez Sur	44.74305	73.79499	27-05-2014
canal Ciriaco	44.86315	73.92712	06-11-2013		Canal Bynon	44.84767	74.2872	03-06-2014

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013 INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Tabla 7.Parámetros utilizados en las corridas 001 y 002.

	Corrida 001	Corrida 002
Periodo simulación	14-19 diciembre 2010	16-27 diciembre 2010
Capas verticales	25	25
Paso de tiempo (segundos)	60 s	60 s
Modulo Hidrodinámica		
Técnica de solución	Bajo orden	Alto orden
Viscosidad turbulenta horizontal	Smagorinsky C=0.28	Smagorinsky C=0.28
Viscosidad turbulenta vertical	Modelo LOG LAW	Modelo LOG LAW
Resistencia de fondo (metros)	0.3	0.3
Viento	GFS - Variando en espacio y el tiempo	GFS - Variando en espacio y el tiempo
Modulo Temperatura- Salinidad		
Técnica de solución	Bajo orden	Alto orden
Condición inicial T-S	Cimar fiordos 10 -interpolados	Cimar fiordos 10 -interpolados



Tabla 8.Parámetros utilizados en las corridas 008 y 004.

	Corrida 008	Corrida 004
Periodo simulación	20-30 diciembre 2010	20-30 diciembre 2010
Capas verticales	25	25
Paso de tiempo (segundos)	60 s	60 s
Modulo Hidrodinámica		
Técnica de solución	Alto orden	Alto orden
Viscosidad turbulenta	Smagorinsky C=0.28	Smagorinsky C=0.28
horizontal		
Viscosidad turbulenta	K-Epsilon	K-Epsilon
vertical		
Resistencia de fondo	0.3	0.05
(metros)		
Viento	GFS - Variando en espacio y el	GFS - Variando en espacio y el
	tiempo	tiempo
Modulo Temperatura-		
Salinidad		
Técnica de solución	Alto orden	Alto orden
Condición inicial T-S	Cimar fiordos 10 -interpolados	Cimar fiordos 10 -interpolados



Tabla 9
Parámetros utilizados en las corridas 005 y 009.

	Corrida 005	Corrida 009
Periodo simulación	20-30 diciembre 2010	20-30 diciembre 2010
Capas verticales	25	25
Paso de tiempo (segundos)	60 s	60 s
Modulo Hidrodinámica		
Técnica de solución	Alto orden	Alto orden
Viscosidad turbulenta horizontal	Smagorinsky C=0.28	Smagorinsky C=0.28
Viscosidad turbulenta vertical	K-Epsilon	K-Epsilon
Resistencia de fondo (metros)	0.05	0.3
Viento	SIN viento	GFS - Variando en espacio y el tiempo
Modulo Temperatura- Salinidad		
Técnica de solución	Alto orden	Alto orden
Condición inicial T-S	Cimar fiordos 10 -interpolados	Cimar fiordos 10 -modificado capas superficial



uación estadís	stica Modelo MIKE	vs ADCP en Ch	acao-Golfo A
	RMSE [ms ⁻¹]	NRMSE %	r
U5m	0.30	17.33	0.60
V5m	0.26	17.63	0.53
U10m	0.15	16.25	0.60
V10m	0.14	12.79	0.87
U20m	0.12	15.14	0.77
V20m	0.11	11.48	0.88
U30m	0.10	13.88	0.83
V30m	0.10	10.37	0.88
U40m	0.11	16.87	0.80
V40m	0.10	12.15	0.82

 Tabla 10.

 Evaluación estadística Modelo MIKE vs ADCP en Chacao-Golfo Ancua

Tabla 11.

Evaluación estadística Modelo MIKE vs ADCP residual en Chacao-Golfo Ancud

	RMSE [ms ⁻¹]	NRMSE %	r
U5m	0.22	25.48	0.27
V5m	0.21	28.62	0.71
U10m	0.06	22.43	0.35
V10m	0.09	37.92	0.39
U20m	0.06	31.75	0.64
V20m	0.08	32.66	0.18
U30m	0.06	29.03	0.75
V30m	0.07	31.71	0.12
U40m	0.07	28.48	0.66
V40m	0.06	19.47	0.02



Tabla 12.

Evaluación estadística Modelo MIKE vs ADCP en Boca Comau

	RMSE [ms ⁻¹]	NRMSE %	r
U5m	0.12	17.12	0.28
U10m	0.09	13.24	0.24
U20m	0.08	15.53	0.21

Tabla 13. Evaluación estadística Modelo MIKE vs ADCP residual en Boca Comau

	RMSE [ms⁻¹]	NRMSE %	r
U5m	0.10	25.45	0.45
U10m	0.07	17.79	0.40
U20m	0.06	18.19	0.27

Tabla 14.

Posición y tiempo de registro de los equipos empleados en la validación de los modelos hidrodinámicos en la XI región, proyecto "Macrozonas".

MAREÓGRAFOS	FECHA INICIO	FECHA RETIRO	LATITUD	LONGITUD
Gato	25/4/2011	3/6/2011	-44.198574°	-73.237645°
Melinka	19/4/2011	6/6/2011	-43.898523°	-73.748186°
Mercedes	28/4/2011	5/6/2011	-44.488233°	-73.898967°
CORRENTOMETRÍA EULERIANA	FECHA INICIO	FECHA RETIRO	LATITUD	LONGITUD
ADCP Moraleda	27/04/2011	03/06/2011	-44.154716°	-73.350526°
ADCP Puyuhuapi	30/04/2011	04/06/2011	-44.928670°	-73.418330°
Correntómetro Gusanos	21/04/2011	05/06/2011	-44.142167°	-73.769833°
Correntómetro Mercedes	28/04/2011	05/06/2011	-44.488233°	-73.898967°

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013 INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Tabla 15.

Estadísticos de validación del nivel del mar, proyecto "Macrozonas"

Mareógrafos	NRMSE	% CC
Gato	7.2541	98.87
Melinka	7.0366	98.64
Mercedes	6.2425	98.86

Tabla 16.

Estadísticos de validación de correntometría en el canal Moraleda, proyecto "Macrozonas"

ADCP Moraleda	NRMSE	% CC	NRMSE	% CC
Profundidad (m)		U	١	V
10	22.6588	-08.73	27.6260	50.39
20	18.3485	07.03	28.2395	65.06
30	19.9779	-03.44	29.0022	79.48
40	26.4690	24.45	35.4161	80.60

Tabla 17.

Estadísticos de validación de correntometría en la boca del canal Puyuhuapi, proyecto "Macrozonas"

ADCP Puyuhuapi Profundidad(m)	NRMSE	% CC	NRMSE	% CC
		U	١	/
10	25.4772	23.18	22.7802	-49.97
20	41.9799	04.29	24.0789	-50.75
30	46.7206	01.01	25.6219	-45.45
40	54.0090	05.41	25.6981	-40.24



Tabla 18. Estadísticos de validación de correntometría en la isla Gusanos, proyecto "Macrozonas"

Correntómetro	NRMSE	% CC	NRMSE	% CC
Gusanos		U	١	/
Profundidad (m)				
15	37.4544	04.67	56.2120	37.69

Tabla 19.

Estadísticos de validación de correntometría en la isla Mercedes, proyecto "Macrozonas"

Correntómetro	NRMSE	% CC	NRMSE	% CC
Mercedes		U	١	/
Profundidad (m)				
15	28.2628	70.72	11.7641	48.15



Tabla 20.

Posición y tiempo de registro de los equipos empleados en la validación de los resultados de los modelos hidrodinámicos de Chiloé-Aysén de verano-otoño.

MAREÓGRAFOS	FECHA INICIO	FECHA RETIRO	LATITUD	LONGITUD
Kent	30/05/14	03/07/14	-45,08034°	-74,26964°
King	20/05/14	04/07/14	-44,55671°	-74,17909°
Moraleda	24/05/14	01/07/14	-44,40787°	-73,63625°
Teresa	31/05/14	02/07/14	-44,96030°	-73,80513°
ADCP ANCLADO	FECHA INICIO	FECHA RETIRO	LATITUD	LONGITUD
King	04/06/14	04/07/14	-44,55991°	-74,08840°
Ninualac	27/05/14	02/07/14	-45,03334°	-74,20163°
Perez Sur	31/05/14	03/07/14	-44,74305°	-73,79499°
Goñi	27/05/14	02/07/14	-44,87104°	-74,03757°



Modelo regional Chiloé-Aysén	NRMSE	CC
001	8.0544	96.14
003	7.6583	96.34
005	7.5748	96.41
006	7.6746	96.31
008	7.5774	96.41
010	6.7365	97.71
011	6.8554	97.07
012	11.7241	92.43
013	19.2542	87.96
015	6.6999	97.19

 Tabla 21.

 Estadísticos de validación del nivel del mar en isla Kent



Modelo regional Chiloé-Aysén	NRMSE	CC
001	7.5830	96.84
003	7.2735	96.97
005	7.1457	97.07
006	7.2738	96.97
008	7.1816	97.03
010	7.0582	97.55
011	6.1542	98.10
012	13.2936	93.50
013	22.8582	88.39
015	6.0412	98.17

Tabla 22. Estadísticos de validación del nivel del mar en canal King



Modelo regional Chiloé-Aysén	NRMSE	CC
001	3.2982	98.98
003	3.4167	98.95
005	3.3860	98.97
006	3.4036	98.96
008	3.4424	98.94
010	7.6442	96.80
011	3.7501	98.98
012	12.0399	93.61
013	19.0444	88.86
015	3.8072	98.95

Tabla 23. Estadísticos de validación del nivel del mar en canal Moraleda.



Modelo regional Chiloé-Aysén	NRMSE	CC
001	6.9770	97.34
003	6.7446	97.39
005	6.6434	97.46
006	6.7410	97.39
008	6.7445	97.38
010	7.5120	97.07
011	6.5964	97.94
012	12.5152	93.05
013	20.4105	88.09
015	6.6057	97.93

Tabla 24. Estadísticos de validación del nivel del mar en isla Teresa



Modelo	Componente U	Componente U	Componente V	Componente V
regional Chiloé-Aysén	NRMSE	СС	NRMSE	СС
001	15.1683	87.17	17.1195	79.36
003	14.0368	88.67	17.0669	80.64
005	13.9475	88.76	17.0443	80.77
006	13.9211	88.75	17.0656	80.66
008	14.6237	88.69	17.3756	80.68
010	48.3812	63.43	29.7957	71.92
011	17.1576	86.77	17.7546	79.70
012	28.3322	78.62	28.2122	66.35
013	21.9470	82.65	28.9911	68.45
015	20.8873	86.04	20.8584	76.96

Tabla 25. Estadísticos de correntometría en canal King a 5 metros de profundidad



Modelo	Componente U	Componente U	Componente V	Componente V
regional Chiloé-Aysén	NRMSE	CC	NRMSE	СС
001	17.6570	85.77	15.2815	79.86
003	16.3509	87.39	14.9190	81.63
005	16.2293	87.57	14.8685	81.81
006	16.2291	87.48	14.9148	81.64
008	17.2695	87.37	15.3533	81.56
010	40.8966	65.12	25.8902	79.22
011	20.9974	81.38	21.7471	65.29
012	20.4486	64.18	17.0204	62.48
013	15.3630	82.23	23.8940	59.52
015	21.8764	86.04	15.7942	81.76

 Tabla 26.

 Estadísticos de validación de correntometría en canal King a 10 metros de profundidad.



Modelo	Componente U	Componente U	Componente V	Componente V
regional Chiloé-Aysén	NRMSE	сс	NRMSE	сс
001	21.1569	76.35	13.4801	81.63
003	19.6260	78.02	12.9429	83.44
005	19.5188	78.22	12.9645	83.39
006	19.5251	78.13	12.9524	83.41
008	21.0801	78.55	13.0858	83.26
010	47.6252	71.33	31.5694	66.92
011	23.0274	73.26	24.1872	49.01
012	19.211	57.05	21.1366	48.3
013	25.2197	67.01	26.1155	45.56
015	24.0003	76.64	13.4799	82.18

Tabla 27. Estadísticos de validación de correntometría en canal King a 20 metros de profundidad.



Modelo	Componente U	Componente U	Componente V	Componente V
regional Chiloé-Aysén	NRMSE	CC	NRMSE	СС
001	32.4695	67.04	12.1381	86.26
003	30.8318	66.02	12.0097	86.07
005	30.8249	65.85	11.9817	86.11
006	30.7760	65.99	11.9859	86.11
008	32.1119	65.27	12.3495	86.16
010	62.6533	63.30	39.2476	59.96
011	33.5155	64.07	12.5588	84.79
012	47.9643	46.09	29.0368	57.60
013	42.1947	51.27	29.0363	53.73
015	34.0387	63.55	12.8285	84.80

Tabla 28. Estadísticos de validación de correntometría en canal King a 40 metros de profundidad.



Modelo	Componente U	Componente U	Componente V	Componente V
regional Chiloé-Aysén	NRMSE	CC	NRMSE	CC
003	24.1622	59.64	22.2384	82.84
005	24.2020	59.65	22.1339	83.08
006	24.1476	59.69	22.2115	82.88
008	23.8570	60.47	22.6666	82.43
010	28.7211	44.62	52.9843	66.72
011	23.7278	57.36	22.9192	82.67
012	30.6889	27.14	33.4652	62.60
013	36.7586	15.28	29.0244	55.29
015	22.4859	58.93	24.2134	80.60

.

Tabla 29. Estadísticos de correntometría en canal Ninualac a 5 metros de profundidad



Modelo	Componente U	Componente U	Componente V	Componente V
regional Chiloé-Aysén	NRMSE	CC	NRMSE	CC
003	22.5752	64.49	16.1048	90.96
005	22.6156	64.49	16.0510	91.07
006	22.5691	64.48	16.0877	90.99
008	21.8155	65.06	16.6355	91.01
010	23.5560	57.65	30.6204	76.25
011	22.2130	62.28	16.5421	91.15
012	29.5632	33.57	23.2835	77.40
013	35.9332	18.96	20.3058	71.10
015	20.8024	62.95	17.3189	90.84

Tabla 30 Estadísticos de validación de correntometría en canal Ninualac a 10 metros de profundidad



Modelo	Componente U	Componente U	Componente V	Componente V
regionai Chiloé-Aysén	NRMSE	CC	NRMSE	CC
000	50.00.40	04.04	40.0000	00.00
003	53.8949	21.24	16.2936	89.99
005	54.0029	21.09	16.2182	90.12
006	53.8794	21.25	16.2751	90
008	51.6220	24.07	16.5848	90.25
010	73.3758	-29.47	41.3125	79.19
011	53.0655	19.86	17.1928	89.19
012	82.3240	-28.70	31.5987	66.21
013	90.9240	-27.68	27.7009	64.11
015	49.9841	23.44	17.9284	89.46

Tabla 31. Estadísticos de validación de correntometría en canal Ninualac a 20 metros de profundidad.



Modelo	Componente U	Componente U	Componente V	Componente V
regional Chiloé-Aysén	NRMSE	CC	NRMSE	СС
003	28.2677	74.01	13.6242	88.23
005	28.1836	74.04	13.6304	88.24
006	28.2158	74.06	13.6274	88.27
008	31.7343	72.78	13.8701	87.92
010	164.0338	61.17	31.9019	89.11
011	34.6628	70.89	15.1992	88.05
012	45.8239	69.17	22.8649	74.82
013	54.8393	51.66	26.9161	67.44
015	35.5303	69.71	13.9486	88.31

.

Tabla 32. Estadísticos de validación de correntometría en canal Pérez Sur a 40 metros de profundidad



Modelo	Componente U	Componente U	Componente V	Componente V
regional Chiloé-Aysén	NRMSE	СС	NRMSE	СС
001	20.5164	74.87	42.0960	52.12
003	20.2229	72.72	36.4696	53.10
005	20.1589	72.91	36.5009	52.98
006	20.1827	72.81	36.5073	53.02
008	19.3566	72.93	35.2807	55.01
010	18.6289	91.51	59.5778	41.74
011	18.4248	76.75	37.6406	54.03
012	40.3991	82.78	59.5109	45.83
013	43.8165	80.71	64.6642	46.73
015	19.8853	74.26	43.2832	52.73

 Tabla 33.

 Estadísticos de correntometría en canal Goñi a 5 metros de profundidad.



Modelo	Componente U	Componente U	Componente V	Componente V
regional Chiloé-Aysén	NRMSE	CC	NRMSE	CC
001	21.6279	79.50	42.4475	64.94
003	20.5165	77.36	37.6635	67.38
005	20.4447	77.56	37.6859	67.31
006	20.4779	77.43	37.6963	67.34
008	19.1448	77.30	36.0564	69.01
010	20.1540	93.95	48.0114	57
011	18.7639	80.86	38.8293	69.05
012	38.5340	87.05	63.3053	54.03
013	41.1371	84.75	68.4171	51.64
015	19.3375	78.80	43.0527	68.38

Tabla 34. Estadísticos de validación de correntometría en canal Goñi a 10 metros de profundidad.



Tabla 35. Estadísticos de validación de correntometría en canal Goñi a 20 metros de profundidad.

Modelo	Componente U	Componente U	Componente V	Componente V
regional Chiloé-Aysén	NRMSE	CC	NRMSE	CC
001	21.7412	89.31	40.3229	56.50
003	19.8210	87.15	30.4766	62.04
005	19.7364	87.34	30.4628	62.05
006	19.7656	87.21	30.4617	62.06
008	19.2748	86.04	30.0067	61.79
010	32.7545	89.84	45.1031	56.38
011	17.5213	88.73	29.9679	64.22
012	34.5040	89.74	46.5849	52.25
013	34.4770	86.29	47.6121	49.93
015	17.1287	87.15	30.2155	64.17



Tabla 36.
Estadísticos de validación de correntometría en canal Goñi a 40 metros de profundidad.

Modelo	Componente U	Componente U	Componente V	Componente V
regional Chiloé-Aysén	NRMSE	CC	NRMSE	CC
001	27.9661	88.50	52.2745	27.29
003	21.8831	86.49	39.0587	20.71
005	21.7981	86.66	39.0192	20.88
006	21.8197	86.57	39.0089	20.75
008	23.3519	84.26	39.7880	18.23
010	35.2569	85.25	56.6486	36.70
011	20.8587	86.63	37.2242	21.26
012	22.0552	90.67	46.4523	43.75
013	20.9250	88.72	46.5005	47.02
015	22.4198	84.49	38.4278	18.49



Posición y tiempo de registro de los equipos empleados en la validación de los resultados de los modelos hidrodinámicos de Chiloé-Aysén de invierno-primavera.

MAREÓGRAFOS	FECHA	FECHA	LATITUD	LONGITUD
	INICIO	RETIRO		
Canal Chacabuco	01/10/2011	06/11/2011	- 45.711°	- 73.912°
Isla Colorada	26/09/2011	05/11/2011	-45.343°	-73.351°
Islote Quetros	05/10/2011	06/11/2011	-45.459°	-73.765°
Melinka	Mareógrafo SHOA tiempo real		-43.896°	-73.748°
Fiordo Comau	Serie pronóstico		-42.138°	-72.575°
Canal Chacao	Serie pronóstico		-41.868°	-73.410°
ADCP ANCLADO	FECHA	FECHA	LATITUD	LONGITUD
	INICIO	RETIRO		
Canal Chacabuco	02/10/11	06/11/2011	-45.713	-73.858
Canal Darwin	06/10/2011	06/11/2011	-45.396	-73.719
Paso Casma	26/06/2011	05/11/2011	-45.427	-73.540

Tabla 38

Estadísticos de validación de la anomalía del nivel del mar del modelo hidrodinámico de Chiloé-Aysén de invierno-primavera.

Nivel Medio del Mar	NRMSE	CC
Canal Chacabuco	7.34	94.93
Isla Colorada	5.84	97.11
Islote Quetros	6.26	96.37
Melinka	5.25	98.23
Fiordo Comau	8.23	97.31
Estrecho Chacao	5.72	97.33



Estadísticos de validación de correntometría euleriana en el canal Chacabuco del modelo hidrodinámico de Chiloé-Aysén de invierno-primavera.

Entre paréntesis los estadísticos de la serie de tiempo del flujo residual.

Correntometría U	NRMSE	CC
Canal Chacabuco 5m	10.81 (36.10)	90.54 (66.68)
Canal Chacabuco 10m	10.46 (40.57)	92.77 (70.58)
Canal Chacabuco 20m	11.97 (30.75)	92.34 (45.63)
Canal Chacabuco 40m	20.51 (42.08)	81.89 (-35.52)
Correntometría V	NRMSE	CC
Canal Chacabuco 5m	22.86 (37.86)	60.36 (57.74)
Canal Chacabuco 10m	23.55 (40.76)	61.02 (50.62)
Canal Chacabuco 20m	19.01 (54.50)	72.76 (25)
Canal Chacabuco 40m	13.09 (28.14)	81.45 (-18.33)

Tabla 40

Estadísticos de validación de correntometría euleriana en el canal Darwin del modelo hidrodinámico de Chiloé-Aysén de invierno-primavera.

Entre paréntesis los estadísticos de la serie de tiempo del flujo residual.

Correntometría U	NRMSE	CC
Canal Darwin 5m	34.91 (91.32)	25.95 (-5.57)
Canal Darwin 10m	32.41 (186.05)	12.38 (-18.59)
Canal Darwin 20m	33.18 (111.11)	2.52 (15.58)
Canal Darwin 30m	27.39 (123.32)	-5.54 (-18.32)
Correntometría V	NRMSE	CC
Canal Darwin 5m	22.88 (53.43)	45.35 (64.87)
Canal Darwin 10m	21.03 (54.76)	45.74 (50.13)
Canal Darwin 20m	20.28 (65.45)	53.12 (34.81)
Canal Darwin 30m	18.40 (64.64)	56.62 (65.29)



Estadísticos de validación de correntometría euleriana en el paso Casma del modelo hidrodinámico de Chiloé-Aysén de invierno-primavera.

Entre paréntesis los estadísticos de la serie de tiempo del flujo residual.

Correntometría U	NRMSE	CC
Paso Casma 5m	22.73 (133.94)	36.30 (-16.66)
Paso Casma 10m	24.00 (197.03)	41.33 (-31.43)
Paso Casma 20m	33.98 (181.69)	15.60 (22.58)
Paso Casma 40m	26.44 (107.39)	15.48 (-3.37)
Correntometría V	NRMSE	CC
Paso Casma 5m	16.24 (89.44)	38.26 (-42.14)
Paso Casma 10m	16.93 (81.77)	39.82 (-60.26)
Paso Casma 20m	16.27 (59.67)	22.54 (17.60)
Paso Casma 40m	23.04 (66.89)	18.64 (-21.96)

Tabla 42

Estadísticos de evaluación del nivel del mar entre los modelos atmosféricos GFS vs WRF.

Nivel Medio del Mar	NRMSE	CC
estero Gato GFS	5.37	97.61
estero Gato WRF	5.05	98.01
Melinka GFS	5.39	97.63
Melinka WRF	5.24	97.9
isla Mercedes GFS	6.40	96.62
isla Mercedes WRF	5.94	97.31



Estadísticos de evaluación de la componente U de la velocidad en el canal Moraleda entre los modelos atmosféricos GFS vs WRF.

Correntometría U canal Moraleda	NRMSE	CC
U canal Moraleda Superficie GFS	15.99	37.25
U canal Moraleda Superficie WRF	17.91	44.55
U canal Moraleda 10m GFS	17.81	-9.82
U canal Moraleda 10m WRF	23.28	1.20
U canal Moraleda 20m GFS	21.37	43.16
U canal Moraleda 20m WRF	20.31	-0.5
U canal Moraleda 40m GFS	19.55	-1.48
U canal Moraleda 40m WRF	19.56	-5.59

Tabla 44

Estadísticos de evaluación de la componente V de la velocidad en el canal Moraleda entre los modelos atmosféricos GFS vs WRF

Correntometría V canal Moraleda	NRMSE	CC
V canal Moraleda Superficie GFS	36.04	10.33
V canal Moraleda Superficie WRF	26.50	45.70
V canal Moraleda 10m GFS	26.92	14.23
V canal Moraleda 10m WRF	21.98	32.97
V canal Moraleda 20m GFS	33.59	47.41
V canal Moraleda 20m WRF	29.33	49.68
V canal Moraleda 40m GFS	17.26	62.27
V canal Moraleda 40m WRF	16.42	67.45


Tabla 45

Estadísticos de evaluación de la componente U de la velocidad en el canal Puyuhuapi entre los modelos atmosféricos GFS vs WRF

Correntometría U canal Puyuhuapi	NRMSE	CC
U canal Puyuhuapi Superficie GFS	14.73	2.14
U canal Puyuhuapi Superficie WRF	14.61	8.21
U canal Puyuhuapi 10m GFS	18.17	17.07
U canal Puyuhuapi 10m WRF	17.43	28.05
U canal Puyuhuapi 20m GFS	16.90	15.87
U canal Puyuhuapi 20m WRF	17.21	20.41
U canal Puyuhuapi 40m GFS	18.56	2.31
U canal Puyuhuapi 40m WRF	19.04	4.58

Tabla 46

Estadísticos de evaluación de la componente V de la velocidad en el canal Puyuhuapi entre los modelos atmosféricos GFS vs WRF

Correntometría V canal Puyuhuapi	NRMSE	CC
V canal Puyuhuapi Superficie GFS	20.26	7.84
V canal Puyuhuapi Superficie WRF	21.71	-18.47
V canal Puyuhuapi 10m GFS	12.23	10.53
V canal Puyuhuapi 10m WRF	14.28	-23.61
V canal Puyuhuapi 20m GFS	13.83	-2.55
V canal Puyuhuapi 20m WRF	13.54	-13.82
V canal Puyuhuapi 40m GFS	13.61	27.42
V canal Puyuhuapi 40m WRF	13.14	-2.10

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013 INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Tabla 47.

Posición de los Mareógrafos usados en la validación del MRM12 y MRM14.

	Posición			
Mareógrafo	latitud	longitud		
Morla Vicuña	-52,10	-73,18		
Caleta Meteoro	-52,96	-74,06		
Puerto Edén	-49,13	-74,42		
Punta Arenas	-53,12	-70,86		
Puerto Deseado	-47,75	-65,91		
Seno Chasco	-54,41	-71,85		
Bahía Beaufort	-52,78	-73,62		
Isla Carlos III	-53,77	-72,08		
Estero Staples	-54,08	-71,10		
Bahía Escondida	-53,81	-71,06		

Tabla 48.

Valores de correlación (% R²), Desviación Media (BIAS) y Error cuadrático medio (RMSE) entre el Modelo Regional de Magallanes 2014 (MRM14) y valores observados de mareógrafos instalados en la Región. Se presentan los valores obtenidos en 3 de estas estaciones para el modelo Regional de Magallanes 2012 (MRM12).

MRM14 (MRM12)						
Lugar	% Correlación R ²	RMSE (m)	BIAS (m)			
Morla Vicuña	90,22 (85,11)	0,20 (0,22)	0,018 (0,028)			
Caleta Meteoro	97,59 (96,83)	0,09 (0,08)	0,022 (-8,9E-5)			
Puerto Edén	96,72 (88,70)	0,12 (0,18)	-0,009 (0,14)			
Punta Arenas	80,35	0,32	0,002			
Puerto Deseado	98,52	0,26	0,042			
Seno Chasco	94,13	0,13	-0,018			
Bahía Escondida	90,77	0,22	0,026			
Bahía Beaufort	96,57	0,11	0,016			
Isla Carlos III	90,18	0,22	-0,037			
Estero Staples	88,95	0,24	0,017			



Tabla 49

Valores De correlación y RMS normalizado entre las series observadas y modeladas en ROMS, de la componte U y V de la corriente en Canal Chacao y Fiordo Comau.

	ADCP /ROMS								
	COMAU componente U, Datos horario/Datos filtrados								
	5M	10M	20M	30M	40M				
% R	20.55/49.22	22.80/44.29	25.93/42.74	18.97/39.06	8.72/17.59				
RMS	17.36/18.02	17.50/18.46	16.17/16.32	19.42/16.69	19.16/22.41				
	COMA	J componente \	/, Datos horario	/datos filtrado	S				
	5M	10M	20M	30M	40M				
% R	7.11/22.70	5.92/18.34	4.56/12.63	2.94/11.52	1.07/9.69				
RMS	31.18/53.74	29.08/50.41	29.04/52.78	31.79/56.15	32.70/61.47				
	CHACA	O componente l	J, Datos horario	o/datos filtrado	S				
	5M	10M	20M	30M	40M				
% R	43.76/26.14	45.31/23.61	50.38/33.54	56.65/47.13	59.49/51.18				
RMS	21.81/20.22	39.72/84.69	38.02/84.81	36.06/61.87	38.06/48.08				
	CHACA	O componente V	/, Datos horario	/datos filtrado	S				
	5M	10M	20M	30M	40M				
% R	21.96/-5.01	52.14/4.09	63.24/13.12	65.64/0.88	65.96/-0.96				
RMS	61.64/60.59	70.27/137.36	67.65/112.01	55.52/90.05	54.14/44.54				



Tabla 50.

Estadísticos de Evaluación de Series U/V Filtradas del modelo ROMS.

MODELO ROMS						
	(=) =1	CORRIENTES				
% corr	elacion (R) Obsei	rvado vs modela	do Series Filtrad	as (U/V)		
5m 10m 20m 40m						
Chacabuco	-17.24/17.71	-19.22/22.59	10.8/27.96			
Darwin	-13.36/-3.93	46.54/10.54	-29.38/-2.58	49.86/4.53		
Casma	-7.46/-4.6	-2.15/15.73	1.4/31.66			
Beaufort	27.57/28.53	34.27/19.70	14.01/14.46	0.01/6.05		
Xaltegua	-24.00/25.84	-51.20/36.02	46.53/11.47	40.07/10.54		
RMS r	normalizado (m)	Observado vs mo	odelado Series F	iltradas		
	5m	10m	20m	40m		
Chacabuco	45.97/136.4	43.3/80.41	60.7/109.00			
Darwin	56.53/38.97	46.45/41.00	50/37.64	50/34.17		
Casma	55/56.6	96.5/95.5	95.5/98.1			
Beaufort	55.85/80.1	62.93/80.4	56.68/88.7	54.32/90.5		
Xaltegua	83.58/50.10	103.5/39.32	80.45/36.89	73.33.4234		

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013 INFORME FINAL - PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES.



Tabla 51.

Posición y tiempo de registro de transectos de ADCP remolcado campaña "Chonos - Otoño 2014".

ADCP REMOLCADO	FECHA INICIO	DURACIÓN	Punto 1		Punto 2	
		(horas)	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Canal King	20/05/14	24	-44.55979	-74.18388	-44.58902	-74.17990
Canal Moraleda	23/05/14	24	-44.38253	-73.53122	-44.37125	-73.35065
Canal Bynon	02/06/14	24	-44.79898	-74.15690	-44.77965	-74.15074

Tabla 52.

Posición y tiempo de registro de transectos de ADCP remolcado campaña "Chonos – Primavera 2011".

ADCP REMOLCADO	FECHA	DURACIÓN	Punto 1		Punto 2	
	INICIO	(horas)	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Canal Aysén	24/09/11	24	-45.31537	-73.14411	-45.29278	-73.1277
Canal Darwin	05/10/14	24	-45.45020	-73.78245	-45.42218	73.78211
Canal Costa	26/09/11	24	-45.53091	-73.54875	-45.53721	-73.51158

Tabla 53.

Posición y tiempo de liberación de derivadores en campaña "Chonos - Otoño 2014".

DERIVADORES	FECHA / HORA	Derivador 4 m		Duración Derivador 8 m		Duración	
		Latitud	Longitud	(horas)	Latitud	Longitud	(horas)
Canal King	21/05/14 - 04:30	-44.5737	-74.1842	19	-44.5737	-74.1842	19
Canal Ciriaco	28/05/14 - 09:30	-44.8993	-73.9163	13	-44.8992	-73.9167	11
Canal Ninualac	30/05/14 - 13:00	-45.0157	-74.1113	6	-45.0158	-74.1113	7
Canal Bynon	01/06/14 - 11:00	-44.7948	-74.1797	12	-44.7952	-74.1792	13



Tabla 54.

Índice estadísticos correspondientes a los derivadores de canal King a 4 metros de profundidad.

DERIVADORES	Distancia Total Recorrida (km)	Distancia Neta (km)	Tiempo (horas)	Velocidad Media (cm/s)
Medición	10.66	5.419	19	15.585
Modelo	16.902	2.235	19	24.711

Tabla 55.

Índice estadísticos correspondientes a los derivadores de canal King a 8 metros de profundidad.

DERIVADORES	Distancia Total Recorrida (km)	Distancia Neta (km)	Tiempo (horas)	Velocidad Media (cm/s)
Medición	11.71	6.255	19	17.120
Modelo	16.902	2.235	19	24.711

Tabla 56.

Índice estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Ciriaco a 4 metros de profundidad.

DERIVADORES	Distancia Total Recorrida (km)	Distancia Neta (km)	Tiempo (horas)	Velocidad Media (cm/s)
Medición	13.235	10.58	13	28.280
Modelo	11.136	4.782	13	23.795



Tabla 57.

Índice estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Ciriaco a 8 metros de profundidad.

DERIVADORES	Distancia Total Recorrida (km)	Distancia Neta (km)	Tiempo (horas)	Velocidad Media (cm/s)
Medición	13.831	4.776	11	34.927
Modelo	11.244	4.543	11	28.394

Tabla 58.

Índice estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Ninualac a 4 metros de profundidad.

DERIVADORES	Distancia Total Recorrida (km)	Distancia Neta (km)	Tiempo (horas)	Velocidad Media (cm/s)
Medición	5.068	2.511	6	23.463
Modelo	7.944	2.254	6	36.778

Tabla 59.

Índice estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Ninualac a 8 metros de profundidad.

DERIVADORES	Distancia Total Recorrida (km)	Distancia Neta (km)	Tiempo (horas)	Velocidad Media (cm/s)
Medición	4.987	2.507	7	19.790
Modelo	9.66	4.194	7	38.333

Tabla 60.

Índice estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Bynon a 4 metros de profundidad.

DERIVADORES	Distancia Total Recorrida (km)	Distancia Neta (km)	Tiempo (horas)	Velocidad Media (cm/s)
Medición	13.483	6.39	12	31.211
Modelo	7.234	6.893	12	16.745



Tabla 61.

Índice estadísticos correspondientes a los derivadores de canal Bynon a 8 metros de profundidad.

DERIVADORES	Distancia Total	Distancia Neta	Tiempo	Velocidad Media
	Recorrida (km)	(km)	(horas)	(cm/s)
Medición	14.314	6.421	13	30.585
Modelo	7.867	7.578	13	16.810

Tabla 62 Evaluación estadística Modelo MIKE vs Mareógrafo canal Morla-Vicuña				
	RMSE [m]	NRMSE %	r	
NM	0.12	7.85	0.97	
NM (filtro 40 horas)	0.10	19.78	0.96	

Tabla 63 Evaluación estadística Modelo MIKE vs Mareógrafo seno Obstrucción				
	RMSE [m]	NRMSE %	r	
NM	0.23	37.24	0.89	
NM (filtro 40 horas)	0.22	50.75	0.84	

Tabla 64 Evaluación estadística Modelo MIKE vs ADCP canal Morla-Vicuña				
	RMSE [ms⁻¹]	NRMSE %	r	
U5m	0.44	22.92	0.75	
U10m	0.33	16.79	0.72	
U20m	0.30	16.09	0.78	
U40m	0.35	16.19	0.86	



Estadística M	odelo MIKE vs ADC	P residual canal	Morla-Vicuña
	RMSE [ms ⁻¹]	NRMSE %	r
U5m	0.30	52.65	0.31
U10m	0.15	27.58	0.40
U20m	0.14	33.35	0.50
U40m	0.17	25.65	0.33

valuación estadi	ística Modelo MIKE	E vs ADCP seno	Poca Esperanz
	RMSE [ms ⁻¹]	NRMSE %	r
U5m	0.16	29.41	0.10
V5m	0.10	20.87	0.13
U10m	0.17	29.16	-0.06
V10m	0.11	20.82	-0.16
U20m	0.14	21.68	0.05
V20m	0.09	17.85	0.07
U40m	0.08	18.42	0.22
V40m	0.08	21.22	0.19

Tabla 66 Е а



Evalue	Tabla 67. Evaluación estadíctica Medela MIKE va ADCP residual sono Pasa Esperanza				
Lvalue			NRMSE %		
	U5m	0.12	39.54	0.01	
	V5m	0.06	27.52	0.36	
	U10m	0.15	37.68	-0.21	
	V10m	0.08	28.39	-0.09	
	U20m	0.12	31.45	0.06	
	V20m	0.07	27.00	-0.11	
	U40m	0.06	25.30	0.37	

	Tabla 68.	
Evaluación estadística	Modelo MIKE vs ADCP	golfo Almirante Montt

	RMSE [ms⁻¹]	NRMSE %	r
U5m	0.09	15.83	0.30
V5m	0.08	16.54	0.16
U10m	0.12	18.89	-0.20
V10m	0.09	17.44	-0.01
U20m	0.15	15.59	-0.22
V20m	0.12	14.50	0.01



valua	ación estadística	Modelo MIKE vs	ADCP residual of	golfo Almirante	Mon
		RMSE [ms ⁻¹]	NRMSE %	r	
	U5m	0.08	26.60	0.42	
	V5m	0.06	29.87	0.07	
	U10m	0.10	32.45	-0.63	
	V10m	0.06	27.84	-0.26	
	U20m	0.11	33.72	-0.50	
	V20m	0.08	31.15	-0.04	

Tabla 69 E ntt.

Tabla 70. Evaluación estadística de correntometría euleriana del modelo Cockburn Invierno.

MODELO ALTA RESOLUCION CANAL COCKBURN					
CORRIENTES					
% correlacion	(R) Observado	vs modelado S	Series Filtrada	s	
	4m	10m	20m	40m	
Seno Chasco	27,41	-32,40	-39,37	-43,96	
Seno Dyneley	-31,50	-29,02	-34,69	37,23	
Canal Pedro	49,99	34,52	-20,91	33,50	
Seno Bluff	35,16	42,27	22,46	35,35	
RMS normalizad	RMS normalizado (m) Observado vs modelado Series Filtradas				
	4m	10m	20m	40m	
Seno Chasco	23,75	31,75	46,2	43,48	
Seno Dyneley	24,55	30,92	29,87	28,83	
Canal Pedro	34,41	20,02	20,88	18,39	
Seno Bluff	10,84	15,64	27,39	13,57	



Tabla 71.

Estadísticas de corrientes y nivel del mar entre valores observados y del modelo de Alta Resolución de Cockburn.

MODELO ALTA RESOLUCION CANAL COCKBURN						
	CORRIENTES					
% correlación (R) Observado vs modelado Series horarias (Series Filtradas)						
	4m	10m	20m	40m	50m	
Seno Chasco comp U	3.75 (43.8)	20.10 (47.38)	18.41 (46.07)	13.18 (50.33)	22.83 (43.44)	
Seno Dyneley Comp U	36.71 (40.53)	41.48 (10.30)	48.83 (7.16)	56.25 (42.41)	60.06 (35.47)	
Canal Pedro Comp V	20.62 (35.5)	6.67 (24.32)	3.54 (7.77)	-14.43 (-35.72)	-16.83 (-23.88)	
Seno Lyell Comp V	15.83 (7.2)	21.82 (14.31)	19.95 (30.55)	20.45 (33.30)	1.6 (-30.04)	
RMS normalizado (%) Observado vs modelado. Series horarias/Series Filtradas						
	4m	10m	20m	40m	50m	
Seno Chasco comp U	4m 23.18 (26.36)	10m 29.94 (20.24)	20m 26.26 (26.23)	40m 28.78 (92.24)	50m 42.87 (91.28)	
Seno Chasco comp U Seno Dyneley Comp U	4m 23.18 (26.36) 9.24 (6.94)	10m 29.94 (20.24) 8.86 (8.82)	20m 26.26 (26.23) 8.48 (16.26)	40m 28.78 (92.24) 8.21 (15.36)	50m 42.87 (91.28) 8.05 (11.06)	
Seno Chasco comp U Seno Dyneley Comp U Canal Pedro Comp V	4m 23.18 (26.36) 9.24 (6.94) 19.46 (34.39)	10m 29.94 (20.24) 8.86 (8.82) 19.21 (49.41)	20m 26.26 (26.23) 8.48 (16.26) 27.62 (53.32)	40m 28.78 (92.24) 8.21 (15.36) 25.71 (69.98)	50m 42.87 (91.28) 8.05 (11.06) 33.31 (91.95)	
Seno Chasco comp U Seno Dyneley Comp U Canal Pedro Comp V Seno Lyell Comp V	4m 23.18 (26.36) 9.24 (6.94) 19.46 (34.39) 18.95 (39.99)	10m 29.94 (20.24) 8.86 (8.82) 19.21 (49.41) 14.74 (19.73)	20m 26.26 (26.23) 8.48 (16.26) 27.62 (53.32) 8.62 (16.41)	40m 28.78 (92.24) 8.21 (15.36) 25.71 (69.98) 16.24 (33.64)	50m 42.87 (91.28) 8.05 (11.06) 33.31 (91.95) 16.40 (27.58)	
Seno Chasco comp U Seno Dyneley Comp U Canal Pedro Comp V Seno Lyell Comp V	4m 23.18 (26.36) 9.24 (6.94) 19.46 (34.39) 18.95 (39.99) Nive	10m 29.94 (20.24) 8.86 (8.82) 19.21 (49.41) 14.74 (19.73) el Del Mar	20m 26.26 (26.23) 8.48 (16.26) 27.62 (53.32) 8.62 (16.41)	40m 28.78 (92.24) 8.21 (15.36) 25.71 (69.98) 16.24 (33.64)	50m 42.87 (91.28) 8.05 (11.06) 33.31 (91.95) 16.40 (27.58)	
Seno Chasco comp U Seno Dyneley Comp U Canal Pedro Comp V Seno Lyell Comp V	4m 23.18 (26.36) 9.24 (6.94) 19.46 (34.39) 18.95 (39.99) Nive %	10m 29.94 (20.24) 8.86 (8.82) 19.21 (49.41) 14.74 (19.73) el Del Mar correlación (R) (modela	20m 26.26 (26.23) 8.48 (16.26) 27.62 (53.32) 8.62 (16.41) Observado vs do	40m 28.78 (92.24) 8.21 (15.36) 25.71 (69.98) 16.24 (33.64) RMS n	50m 42.87 (91.28) 8.05 (11.06) 33.31 (91.95) 16.40 (27.58) ormalizado	
Seno Chasco comp U Seno Dyneley Comp U Canal Pedro Comp V Seno Lyell Comp V Seno Chasco	4m 23.18 (26.36) 9.24 (6.94) 19.46 (34.39) 18.95 (39.99) Nive	10m 29.94 (20.24) 8.86 (8.82) 19.21 (49.41) 14.74 (19.73) el Del Mar correlación (R) (modela 94,07	20m 26.26 (26.23) 8.48 (16.26) 27.62 (53.32) 8.62 (16.41) Observado vs do	40m 28.78 (92.24) 8.21 (15.36) 25.71 (69.98) 16.24 (33.64) RMS n	50m 42.87 (91.28) 8.05 (11.06) 33.31 (91.95) 16.40 (27.58) ormalizado 4,35	
Seno Chasco comp U Seno Dyneley Comp U Canal Pedro Comp V Seno Lyell Comp V Seno Chasco Bahia Escondida	4m 23.18 (26.36) 9.24 (6.94) 19.46 (34.39) 18.95 (39.99) Nive %	10m 29.94 (20.24) 8.86 (8.82) 19.21 (49.41) 14.74 (19.73) el Del Mar correlación (R) (modela 94,07 89,87	20m 26.26 (26.23) 8.48 (16.26) 27.62 (53.32) 8.62 (16.41) Dbservado vs do	40m 28.78 (92.24) 8.21 (15.36) 25.71 (69.98) 16.24 (33.64) RMS n	50m 42.87 (91.28) 8.05 (11.06) 33.31 (91.95) 16.40 (27.58) ormalizado 4,35 21,07	

ANEXOS

ANEXO I

Levantamiento Batimétrico Caracterización Hidrográfica y Sedimentológica

Levantamiento batimétrico, caracterización hidrográfica y sedimentológica.

A continuación se hará una descripción general de la batimetría del sector aledaño a la isla Rennell. La información se dará a conocer por medio de cartas batimétricas y sedimentológicas, junto con análisis estadístico básico de la hidrografía de cada sector. Tal información se entregará en formato de tablas y perfiles verticales de salinidad, temperatura y oxígeno.

Con el propósito de dar a conocer con mayor facilidad los resultados entregados, se efectuó un análisis de los sectores subdividido por zonas en cuyo caso se han distinguido 6 zonas denominadas:

Es importante mencionar que en los sectores 5, 7 y 8 los sondajes no pudieron ser realizados, tal es el caso del sector 5, el cual presentó profundidades demasiado altas para la capacidad de registro del ecosondas. Sumado a esto los sectores 7 y 8 al ubicarse en un lugar extremadamente expuesto al oleaje, imposibilitó la realización del sondaje, ya que las mediciones deben efectuarse en condiciones oceánicas de calma, es decir poco oleaje y vientos moderados.

ZONA	SECTOR
Zona norte costa este de Rennell	(SECTOR 1-2-3)
Zona central costa este Rennell	(SECTOR 4-5-6)
Zona central costa oeste de Rennell	(SECTOR 7-8- 9-10-11-12-13)
Zona sur costa oeste de Renell, isla Baverstock	(SECTOR 14-15)
Zona sur Rennell	(SECTOR 16-17-18)
Zona sur costa este Rennell	(SECTOR 19-20)

Zona norte costa este de Rennell (SECTOR 1-2-3)

El sector 1 presento profundidades que estuvieron entre 120 y 300m. El sector 2 registró profundidades de 135 cercanas a la costa y máximos de hasta 330m en el canal Smyth. El sector 3 registro profundidades entre 80m cerca de la costa y de hasta 280m al alejarse de la costa.



Figura I-1. Sondaje sector 1.





Figura I-2. Sondaje sector 2.





Figura I-3. Sondaje sector 3



Tabla I-1.

Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 1				
	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)	Oxigeno disuelto (mg/L)	
Promedio	31,80	8,91	7,87	
Des. Estándar	2,53	0,24	0,44	
valor mínimo	16,58	8,5	7,03	
valor máximo	32,25	9,54	9,78	



Figura I-4. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 1

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**



Tabla I-2.

Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 2			
	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)	Oxigeno disuelto (mg/L)
Promedio	31,58	8,81	7,82
Des. Estándar	2,66	0,21	0,52
valor mínimo	22,44	8,44	7,34
valor máximo	33,22	9,40	10,60



Figura I-5. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 2.

6

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**



Tabla I-3.

Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 3			
	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)
Promedio	31,71	8,82	7,76
Des. Estándar	2,59	0,22	0,51
valor mínimo	18,26	8,12	7,22
valor máximo	33,23	9,29	10,45

0 Estaciones CTD-O 51.75°S 50 Profundidad [m] 51.755°S 20 25 100 27 51.76°S 150 Ocean Data View 51.765°S 200 74.31°W 25 30 Salinidad [psu] 74.33°W 74.32°W 74.3°W 20 35 0 0 50 50 Profundidad [m] Profundidad [m] 100 100 150 150 Ocean Data View Ocean Data View 200 200 10 8 10 ġ 11 12 6 12 8 Temperatura [°C] Oxigeno disuelto [mg/L]

Figura I-6. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 3

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-7. Carta sedimentológica sector 1.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-8. Carta sedimentológica sector 2.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-9. Carta sedimentológica sector 3.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**

Zona central costa este Rennell (SECTOR 4-6)

El sector 4 registró profundidades entre 150m y 350m con mínimos valores cerca de la costa. El sector 6 registro profundidades entre 70m y 300m evidenciando algunos bajos de 20m.



Figura I-10. Sondaje sector 4.





Figura I-11. Sondaje sector 6.





Tabla I-4.Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 4

Figura I-12. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 4.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**



Tabla I-5.

Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 5			
	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)	Oxigeno disuelto (mg/L)
Promedio	31,78	8,78	7,45
Des. Estándar	2,85	0,19	0,87
valor mínimo	17,29	8,63	6,83
valor máximo	33,24	9,62	11,89

51.91°S 0 Estaciones CTD-O 50 21 51.915°S Profundidad [m] 35* 100 32□ 29 51.92°S 150 36 Ocean Data Vie 200 ŝ 74.01°W 74°W 25 30 Salinidad [psu] 20 35 0 0 50 50 Profundidad [m] Profundidad [m] 100 100 150 150 Ocean Data Ocean Data 200 200 9 10 1 Temperatura [°C] 11 12 6 8 10 12 8 Oxigeno disuelto [mg/L]

Figura I-13. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 5

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**



Tabla I-6.

Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 6				
	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)	Oxigeno disuelto (mg/L)	
Promedio	31,64	8,79	7,34	
Des. Estándar	2,95	0,19	0,99	
valor mínimo	16,75	8,63	6,37	
valor máximo	33,24	9,68	11,23	

0 Estaciones CTD-O 52.055°S 50 50 Profundidad [m] 52.06°S 51 100 53 52.065°S 150 Ocean Data View 200 73.77°W 73.76°W 25 30 Salinidad [psu] 73.75°W 20 35 0 0 50 50 Profundidad [m] Profundidad [m] 100 100 150 150 View Ocean Data View Ocean Data 200 200 9 10 11 Temperatura [°C] 8 10 Oxigeno disuelto [mg/L] 8 ģ 6 12 12

Figura I-14. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 6

15

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. ANEXO I





Figura I-15. Carta sedimentológica sector 4.





Figura I-16. Carta sedimentológica sector 5.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-17. Carta sedimentológica sector 6.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**

Zona central costa oeste de Rennell (SECTOR 7-8-9-10-11-12-13)

El Sector9 registro profundidades mínimas cercanas a 50m, mientras que en la mayor parte del área se observaron valores entre 180 y 220m. En el sector10 se identificaron profundidades entre 30 y 100m. El sector11 identificó profundidades entre 100m y 280m. En el Sector12 se observaron valores cercanos a 40m cerca de la costa de la isla Barros Arana, en tanto en la parte media del canal adyacente se observaron valores que fluctuaron entre 140m y 200m. El sector13 presentó valores cercanos a 40m, mientras que en la parte media del sector fluctuaron entre 90 y 190m.



Figura I-18. Sondaje sector 9.





Figura I-19. Sondaje sector 10.




Figura I-20. Sondaje sector 11.





Figura I-21. Sondaje sector 12.





Figura I-22. Sondaje sector 13.



	Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio /					
		Salinidad (psu)	Temperatura (°C)	Oxigeno disuelto (mg/L)		
	Promedio	29,89	8,87	8,18		
	Des. Estándar	3,04	0,29	1,01		
	valor mínimo	22,06	8,53	7,11		
	valor máximo	33,15	9,36	10,96		

Tabla I-7.



Figura I-23. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 7

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**



Tabla I-8.

Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 8				
	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)	Oxigeno disuelto (mg/L)	
Promedio	31,59	8,68	7,65	
Des. Estándar	2,58	0,21	0,86	
valor mínimo	19,22	8,52	6,59	
valor máximo	33,23	9,33	10,61	



Figura I-24. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 8.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**



 Tabla I-9.

 Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 9

	-			
		Salinidad (psu)	Temperatura (°C)	Oxigeno disuelto (mg/L)
	Promedio	31,25	8,72	7,66
	Des. Estándar	2,90	0,23	0,93
	valor mínimo	15,83	8,54	6,91
	valor máximo	33,23	9,30	10,40



Figura I-25. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 9

26

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**



Tabla I-10.

Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 10			
	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)	Oxigeno disuelto (mg/L)
Promedio	30,05	8,88	7,88
Des. Estándar	3,12	0,26	1,06
valor mínimo	21,65	8,58	6,31
valor máximo	32,99	9,74	10,35



Figura I-26. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 10.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**



Tabla I-11.

	Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 11			
	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)	Oxigeno disuelto (mg/L)	
Promedio	31,26	8,76	7,21	
Des. Estándar	2,83	0,23	1,11	
valor mínimo	15,57	8,56	5,78	
valor máximo	33,13	9,31	10,64	



Figura I-27. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 11

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**

Tabla I-12.

Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 12				
Salinidad (psu) Temperatura (°C) Oxigeno disuelto				
Promedio	30,89	8,81	7,37	
Des. Estándar	3,08	0,24	1,23	
valor mínimo	21,61	8,61	6,25	
valor máximo	32,97	9,70	11,02	



Figura I-28. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 12.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**



Tabla I-13.

Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 13				
Salinidad (psu) Temperatura (°C) Oxigeno disuelto (
Promedio	31,03	8,80	7,26	
Des. Estándar	2,93	0,25	1,13	
valor mínimo	15,27	8,61	6,24	
valor máximo	32,96	9,32	10,48	



Figura I-29. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 13.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-30. Carta sedimentológica sector 7.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-31. Carta sedimentológica sector 8.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-32. Carta sedimentológica sector 9.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-33. Carta sedimentológica sector 10.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-34. Carta sedimentológica sector 11.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-35. Carta sedimentológica sector 12.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-36. Carta sedimentológica sector 13.

³⁷

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**

Zona sur costa oeste de Renell, isla Baverstock (SECTOR 14-15)

En el sector 14, ubicado en la isla Baverstock, se observaron mínimos de 100m y máximos de hasta 150 m de profundidad. El sector 15 identifico valores de profundidad mínimos de 20m y máximos de 130m.



Figura I-37. Sondaje sector 14.





Figura I-38. Sondaje sector 15.



Resulten estadístico de la hidrografia para el sitio 14			
	Oxigeno disuelto (mg/L)		
Promedio	30,68	8,79	7,10
Des. Estándar	3,41	0,17	1,36
valor mínimo	17,59	8,66	2,61
valor máximo	32,88	9,21	11,21

 Tabla I-14.

 Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 14



Figura I-39. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 14.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**



Tabla I-15.

Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 15				
Salinidad (psu) Temperatura (°C) Oxigeno disuelto (m				
Promedio	29,86	8,81	7,49	
Des. Estándar	3,81	0,17	1,41	
valor mínimo	17,31	8,42	6,05	
valor máximo	32,87	9,19	10,75	



Figura I-40. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 15.

41

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-41. Carta sedimentológica sector 14.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-42. Carta sedimentológica sector 15.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**

Zona sur Rennell (SECTOR 16-17-18)

El sector 16 ubicado en el canal Cutler presento profundidades entre 10 y 70m. El Sector 17 identifico mínimos de 70 cerca de costa y máximo de 190m. El sector 18 presento mínimos de 40 y máximos de 220m.app.



Figura I-43. Sondaje sector 16.





Figura I-44. Sondaje sector 17.





Figura I-45. Sondaje sector 18.



Resumen estadístico de la hidrografia para el sitio To			
	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)	Oxigeno disuelto (mg/L)
Promedio	28,03	8,89	8,41
Des. Estándar	4,72	0,15	1,57
valor mínimo	13,31	8,67	6,53
valor máximo	32,45	9,23	11,77

 Tabla I-16.

 Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 16



Figura I-46. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 16.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**



	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)	Oxigeno disuelto (mg/L)
Promedio	31,13	8,79	7,29
Des. Estándar	3,31	0,17	1,09
valor mínimo	14,09	8,63	6,42
valor máximo	33,23	9,26	11,81

 Tabla I-17.

 Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 17



Figura I-47. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 17.



Tabla I-18.

...

Resumen estadístico de la hidrografia para el sitio 18				
	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)	Oxigeno disuelto (mg/L)	
Promedio	31,26	8,81	7,32	
Des. Estándar	3,28	0,22	1,09	
valor mínimo	13,67	8,62	6,40	
valor máximo	33,23	11,37	11,28	



Figura I-48. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 18.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-49. Carta sedimentológica sector 16.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-50. Carta sedimentológica sector 17.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-51. Carta sedimentológica sector 18.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**

Zona sur costa este Rennell (SECTOR 19-20)

El sector 19 ubicado en península Zach identifico mínimos de 15m, en tanto en su parte media mostro valores que variaron desde 45m hasta70m, y destacando algunos máximos de 200m asociados a los extremos del área de prospección. El Sector 20 también ubicado en la península Zach registro mínimos cercanos a 20m y máximos que variaron entre 160m-180m, y algunos de hasta 260m.





Figura I-52. Sondaje sector 19.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-53. Sondaje sector 20.



Tabla I-19.

Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 19				
	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)	Oxigeno disuelto (mg/L)	
Promedio	30,10	8,88	7,73	
Des. Estándar	4,21	0,24	1,29	
valor mínimo	11,39	8,63	6,38	
valor máximo	33,23	9,71	11,62	



Figura I-54. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 19.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**



Tabla I-20.

Resumen estadístico de la hidrografía para el sitio 20				
	Salinidad (psu)	Temperatura (°C)	Oxigeno disuelto (mg/L)	
Promedio	31,22	8,81	7,39	
Des. Estándar	3,35	0,20	1,09	
valor mínimo	14,24	8,63	6,40	
valor máximo	33,25	9,85	12,06	



Figura I-55. Estaciones de CTD-O junto a sus respectivos perfiles hidrográficos para el sector 20.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**




Figura I-56. Carta sedimentológica sector 19.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**





Figura I-57. Carta sedimentológica sector 20.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**

Observaciones

Batimetría.

A partir de los registros de sondas se entiende que los sectores de menor profundidad, en una mayor área son los sectores10, 15, 16 y 19. Destacando el sector 16.

En la mayoría de las zonas se identificaron profundidades mayores a 100m, sobrepasando en algunos casos los 300m.tal fue el caso de los sectores 1, 2, 4 y 6.

Las menores profundidades se observaron cercanas al borde costero, mientras que las mayores se registraron a medida que se alejó de la costa.

En la mayoría de los casos se observó una topografía submarina abrupta.

Hidrografía.

La hidrografía registró una columna de agua estratificada en la mayoría de los sectores, La primera capa superficial (1-25), presentó características estuarinas: baja salinidad (<25 psu), temperatura > 9°C y elevadas concentraciones de oxígeno disuelto. Debajo de los 25m los parámetros se estabilizan registrando condiciones de características oceánicas y perfiles homogéneos con la profundidad. La salinidad registró valores >32 psu, la temperatura fue menor a 8,5°C y la concentración de oxígeno disuelto decae pero solo hasta mínimos de 6 mg/L.

Caracterización sedimentológica.

Sectores 1-5

Entre los sectores 1 a 3, la predominancia del tipo de sustrato fue completamente de arenas, mientras que el sector 4 presentó una distribución más heterogenia, donde se mezcla la arena, el fango y estaciones sin muestra, donde en la mayoría la draga obtuvo rocas de considerable tamaño durante la prospección. El sector 5 no tuvo muestras, en parte debido a las mayores profundidades presentes y también a la presencia de fondos rocosos, evidenciados en las muestras de draga.

Sectores 6-10

Entre los sectores 6 a 10, hubo una predominancia de fondos duros en general, donde la arena y la grava estuvieron presentes, mientras que estaciones sin muestra en parte presentaron rocas y gravilla en la draga, sedimento de tamaños superiores a los 3 cm de diámetro. No hubo presencia de fango en estos sectores.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO I**

Sectores 11-15

Entre los sectores 11 al 15, con excepción del sector 12, hubo una predominancia de fango en general, manteniendo una tendencia en todo el sector, mientras que el sector 12, la falta de muestras estuvo acompañada por la presencia de rocas en un par de estaciones, sugiriendo la presencia de fondo rocoso en dicho sector.

Sectores 16-20

Entre estos sectores hubo una predominancia de sustratos tipo arenas y fango en general, no se observó la presencia de grava, sin embargo hubo estaciones sin muestras, donde aparecieron rocas de diámetro mayor a 3 cm en la draga, sin embargo fue de manera aleatoria y no sugirió tendencia alguna.

Cada vez que la draga salió sin muestra o con rocas mayores, se realizaron 2 réplicas más, si estas replicas salían igual se consideraba la estación como sin muestra

ANEXO II

Estadística de Corrientes y Mareas





Figura II-1. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 10-20-30-40-50m en canal Ninualac, durante la campaña de primavera en Archipiélago de Chonos región de Aysén.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura II-2. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en canal Ninualac.





Figura II-3. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en canal Ninualac.





Frecuencia de Dirección

Figura II-4. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en canal Ninualac.





Figura II-5. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en canal Ninualac.



Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	w	NW	Suma
0.1-10.9	44	41	30	18	30	45	32	43	283
11-20.9	36	56	24	16	39	64	12	8	255
21-30.9	12	47	14	8	27	49	0	1	158
31-40.9	4	22	7	6	11	17	0	0	67
41-50.9	1	25	3	1	7	9	0	0	46
51-60.9	0	1	1	0	2	3	0	0	7
61-70.9	0	3	1	0	1	1	0	0	6
Totales	97	195	80	49	117	188	44	52	822
%Dirección	11.79	23.69	9.72	5.95	14.22	22.84	5.35	6.32	99.88
Máximos	47.8	69.2	65.4	47.6	62	60.2	18.2	25.8	69.2
Media	14.18	23.16	18.08	16.06	20.65	20.15	8.07	8.21	16.07
Desv .STD	8.55	13.88	13.22	12.11	12.68	11.58	3.72	4.73	3.94
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-42.1	63.9	2.4	14.3					
V(N-S)	-61.8	46.1	-1.1	16.8					

 Tabla II-1.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros. Canal Ninualac.



Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	sw	w	NW	Suma
0.1-10.9	26	26	18	22	16	38	9	27	182
11-20.9	39	47	8	16	35	62	4	10	221
21-30.9	17	27	8	6	30	64	0	0	152
31-40.9	8	27	2	7	37	48	0	0	129
41-50.9	4	22	0	1	31	21	0	0	79
51-60.9	1	17	2	1	23	8	0	0	52
61-70.9	0	8	0	3	13	3	0	0	27
71-80.9	0	0	0	0	6	3	0	0	9
81-90.9	0	0	0	0	5	0	0	0	5
Totales	95	174	38	56	196	247	13	37	856
%Dirección	11.07	20.28	4.43	6.53	22.84	28.79	1.52	4.31	99.77
Máximos	57.3	68.4	53.5	69.6	94.4	91.6	14.7	20.7	94.4
Media	18.33	28.89	16.14	19.88	37.12	26.22	7.98	9.54	20.51
Desv .STD	10.74	17.33	12.72	16.15	20.13	15.13	4.54	4.94	5.67
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-38.6	59.8	-0.2	16.4					
V(N-S)	-93.9	55.9	-8.7	26					

 Tabla II-2.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros. Canal Ninualac.

Intervalo	Ν	NE	29	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	32	31	23	18	25	32	11	16	188
11-20.9	46	35	21	16	25	55	9	5	212
21-30.9	15	50	5	12	31	65	1	3	182
31-40.9	8	26	2	8	24	45	1	0	114
41-50.9	2	25	1	0	33	10	0	0	71
51-60.9	1	18	2	2	28	4	0	0	55
61-70.9	0	4	0	2	15	2	0	0	23
71-80.9	0	0	0	0	5	1	0	0	6
81-90.9	0	0	0	0	5	0	0	0	5
Totales	104	189	54	58	191	214	22	24	856
%Dirección	12.12	22.03	6.29	6.76	22.26	24.94	2.56	2.8	99.77
Máximos	51.5	67.1	53.8	70.2	93.1	75.7	35	30.6	93.1
Media	16.72	28.57	15.1	21.02	37.81	24.55	12.57	9.43	20.72
Desv .STD	10.3	16.18	11.46	15.02	21.42	12.67	7.98	7.55	4.62
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-34.8	51.6	0.6	15.6					
V(N-S)	-91.2	53.6	-7.2	26.1					

 Tabla II-3.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros. Canal Ninualac.



Intervalo	N	NE	Е	SE	S	sw	w	NW	Suma
0.1-10.9	17	23	24	26	26	26	9	11	162
11-20.9	42	43	21	16	27	64	8	5	226
21-30.9	27	43	7	14	23	65	2	1	182
31-40.9	10	44	3	6	27	46	0	0	136
41-50.9	3	26	1	1	24	7	0	0	62
51-60.9	0	15	1	1	34	3	0	0	54
61-70.9	0	5	0	1	16	2	0	0	24
71-80.9	0	0	0	0	7	1	0	0	8
81-90.9	0	0	0	0	4	0	0	0	4
Totales	99	199	57	65	188	214	19	17	858
%Dirección	11.54	23.19	6.64	7.58	21.91	24.94	2.21	1.98	100
Máximos	46.4	67.8	54.8	61.5	90.1	76.5	23.9	23.7	90.1
Media	19.69	29.73	15.54	17.46	37.52	24.33	12.14	10.15	20.82
Desv .STD	9.56	15.29	10.83	13.09	21.93	12.05	5.8	5.66	5.29
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-34	54.7	1.5	15.2					
V(N-S)	-90.1	54.5	-6.1	26.6					

Tabla II-4. Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros. Canal Ninualac.





Figura II-6. Elipse de máxima varianza en la capa de 10-20-30-40 metros en canal Ninualac.





Figura II-7. Flujo residual en canal Ninualac, campaña de primavera en archipiélago de Chonos, región de Aysén.





Figura II-8. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 10-20-30-40-50-60-70m en canal Goñi, durante la campaña de primavera en Archipiélago de Chonos región de Aysén.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-9. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en canal Goñi.





Figura II-10. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en canal Goñi.





Figura II-11. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en canal Goñi.





Figura II-12. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en canal Goñi.





Figura II-13. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 50 metros en canal Goñi.





Figura II-14. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 60 metros en canal Goñi.





Figura II-15. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 70 metros en canal Goñi.

Intervalo	N	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-20.9	6	6	11	37	29	20	21	34	164
21-40.9	1	0	0	90	18	0	9	46	164
41-60.9	0	0	0	108	3	0	0	24	135
61-80.9	0	0	0	116	0	0	0	21	137
81-100.9	0	0	0	59	0	0	0	9	68
101-120.9	0	0	0	28	0	0	0	0	28
121-140.9	0	0	0	8	0	0	0	1	9
141-160.9	0	0	0	11	0	0	0	0	11
161-180.9	0	0	0	4	0	0	0	0	4
totales	7	6	11	461	50	20	30	135	720
%Dirección	0.97	0.83	1.52	63.85	6.93	2.77	4.16	18.7	99.72
Máximos	23.3	13.7	11.9	191.8	47.7	19.8	34.8	130.7	191.8
Media	10.33	7.48	7.38	63.11	20.55	10.02	16.35	41.44	22.08
Desv .STD	6.54	5.4	3.52	33.33	10.14	4.69	8.08	24.5	10.88
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-65.4	125.9	19.8	33.8					
V(N-S)	-145	113.2	-26.9	38.7					

 Tabla II-5.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros. Canal Goñi.

Tabla II-6.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros. Canal Goñi.

Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-20.9	24	17	13	35	35	24	16	27	191
21-40.9	29	2	7	61	91	26	20	53	289
41-60.9	14	0	0	25	41	3	6	53	142
61-80.9	2	0	0	4	15	0	0	32	53
81-100.9	0	0	0	5	8	0	0	8	21
101-120.9	0	0	0	6	5	0	0	2	13
Totales	69	19	20	136	195	53	42	175	709
%Dirección	9.73	2.68	2.82	19.18	27.5	7.48	5.92	24.68	100
Máximos	80.4	32.4	32.7	129.3	121.2	46.9	54.4	120.1	129.3
Media	29.84	14.18	17.6	36.72	39.28	23.15	25.82	45.18	28.97
Desv .STD	16	7.02	7.86	24.69	22.94	10.52	13.24	21.79	6.97
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-77.2	77.4	-3.6	21					
V(N-S)	-119.3	92	-5.4	36.2					

Tabla II-7. Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros. Canal Goñi.

r	r								
Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-20.9	8	8	17	53	12	2	5	16	121
21-40.9	1	5	14	155	17	4	1	18	215
41-60.9	0	0	19	202	23	3	2	2	251
61-80.9	1	0	11	61	14	1	0	1	89
81-100.9	0	1	7	8	4	2	0	0	22
101-120.9	0	0	2	1	0	1	0	0	4
Totales	10	14	70	480	70	13	8	37	702
%Dirección	1.42	1.99	9.97	68.38	9.97	1.85	1.14	5.27	100
Máximos	73.1	92.5	120.6	108	95.2	117.7	52.1	61.9	120.6
Media	17.64	23.67	46	43.27	45.89	48.93	21.61	24.79	33.98
Desv .STD	21.12	23.27	28.53	17.26	22.83	34.26	17.51	13.01	6.75
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-59.5	120.5	23.5	22.1					
V(N-S)	-101.5	68.6	-25.6	22]				

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**

Tabla II-8.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros. Canal Goñi.

Intervalo	N	NE	29	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-20.9	81	60	56	54	80	76	57	47	511
21-40.9	28	37	11	4	16	45	24	20	185
41-60.9	3	24	1	0	0	15	6	3	52
61-80.9	0	11	1	0	0	0	1	0	13
Totales	112	132	69	58	96	136	88	70	761
%Dirección	14.72	17.35	9.07	7.62	12.61	17.87	11.56	9.2	100
Máximos	51.4	77.2	73.7	26.1	33.4	58.2	75.4	49.1	77.2
Media	16.93	29.03	14.55	11.87	14.38	21.49	19.78	16.89	18.12
Desv .STD	10.28	19.18	11.34	6.05	7.3	14.37	14.02	10.9	4.18
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-71.4	71.2	-0.4	17.7					
V(N-S)	-41	50.3	1.9	15.9					

Tabla II-9. Frecuencia de incidencia de la corriente a 50 metros. Canal Goñi.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-20.9	58	36	52	112	49	31	40	72	450
21-40.9	21	7	14	75	2	1	9	60	189
41-60.9	1	1	1	24	0	0	0	28	55
61-80.9	0	0	1	8	0	0	0	13	22
81-100.9	0	0	0	5	0	0	0	4	9
Totales	80	44	68	224	51	32	49	177	725
%Dirección	11.03	6.07	9.38	30.9	7.03	4.41	6.76	24.41	100
Máximos	44.5	60.1	76.2	96.1	25.9	21.4	34.1	97.3	97.3
Media	16.57	14.46	15.93	25.71	10.6	9.19	11.78	30.51	16.84
Desv .STD	10.82	11.85	12.28	18.8	5.27	4.78	7.99	19.97	5.64
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-64	86.1	1.1	19.2					
V(N-S)	-73.8	73.3	0.8	20					

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Tabla II-10. Frecuencia de incidencia de la corriente a 60 metros. Canal Goñi.

Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-20.9	41	55	144	157	33	34	97	132	693
21-40.9	0	0	3	27	1	1	3	11	46
Totales	41	55	147	184	34	35	100	143	739
%Dirección	5.55	7.44	19.89	24.9	4.6	4.74	13.53	19.35	100
Máximos	17.9	18.8	27.7	35.6	22.4	21.1	23.4	36.3	36.3
Media	6.28	7.17	10.43	12.57	6.45	6.84	10.21	12.35	9.04
Desv .STD	3.94	3.48	5.07	7.59	4.82	4.42	5.52	6.56	1.36
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-26.8	30.1	1.5	10.1					
V(N-S)	-22.4	24.5	-0.1	6.7					

Tabla II-11. Frecuencia de incidencia de la corriente a 70 metros. Canal Goñi.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-20.9	61	71	55	84	84	76	65	75	571
21-40.9	10	33	9	8	2	6	5	10	83
41-60.9	1	4	2	1	0	0	0	0	8
Totales	72	108	66	93	86	82	70	85	662
%Dirección	10.88	16.31	9.97	14.05	12.99	12.39	10.57	12.84	100
Máximos	42.9	46.5	46.5	47.1	25.3	30.1	32.1	39.9	47.1
Media	13.61	17.8	14.05	13.27	11.1	11.62	11.23	13.25	13.24
Desv .STD	7.57	10.48	9.02	6.54	4.62	6.78	6.16	7.22	1.79
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-31.6	44.5	1.4	10.6					
V(N-S)	-29.4	41.4	1.1	11.2					





Figura II-16. Elipse de máxima varianza en la capa de 10-20-30-40-50-60-70 metros en canal Goñi.





Figura II-17. Flujo residual en canal Goñi, campaña de primavera en archipiélago de Chonos, región de Aysén.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Figura II-18. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 5-10-20-30-40-50m en canal King, durante la campaña de primavera en Archipiélago de Chonos región de Aysén.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-19. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 5 metros en canal King.





Figura II-20. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en canal King.





Figura II-21. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en canal King.





Figura II-22. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en canal King.




Figura II-23. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en canal King.





Figura II-24. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 50 metros en canal King.

Tabla II-12.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 5 metros. Canal King.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	24	52	98	68	61	86	80	24	493
11-20.9	7	15	92	47	15	69	169	13	427
21-30.9	0	3	32	13	0	19	68	2	137
31-40.9	0	1	9	2	0	0	7	7	26
Totales	31	71	231	130	76	174	324	46	1083
%Dirección	2.86	6.54	21.29	11.98	7	16.04	29.86	4.24	99.82
Máximos	20.4	32.9	41.9	36.9	18.4	30.3	36.3	41.3	41.9
Media	6.16	9.19	13.86	11.58	7.85	12.13	16.28	14.04	11.39
Desv .STD	6.47	5.96	8.12	7.29	3.51	6.32	7	10.81	2.06
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-35.7	41.9	-2.3	13.6					
V(N-S)	-26.1	28.4	-2.1	5.9					

Tabla II-13.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros. Canal King.

Intervalo	N	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	21	60	90	69	52	70	91	33	486
11-20.9	7	21	94	39	11	54	180	15	421
21-30.9	1	4	39	9	0	11	80	1	145
31-40.9	0	0	10	1	0	0	14	5	30
Totales	29	85	233	118	63	135	365	54	1082
%Dirección	2.67	7.83	21.57	10.88	5.81	12.44	33.64	4.98	99.82
Máximos	22.7	29.4	41.3	31.6	19.4	30.8	38.3	38.4	41.3
Media	6.56	9.18	14.36	10.73	7.64	11.69	16.46	11.82	11.05
Desv .STD	9.76	5.55	8.37	6.57	3.91	6.35	7.42	9.33	1.97
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-38.3	41.3	-2.6	14					
V(N-S)	-22.1	25.4	-1.4	5.7					

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**

Tabla II-14.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros. Canal King.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	36	64	89	72	33	75	94	42	505
11-20.9	4	25	80	37	10	40	187	22	405
21-30.9	1	6	49	6	0	7	81	7	157
31-40.9	0	0	5	0	0	0	11	0	16
Totales	41	95	223	115	43	122	373	71	1083
%Dirección	3.78	8.76	20.65	10.6	3.96	11.24	34.38	6.54	99.91
Máximos	29.7	26.9	41.5	22.7	15.7	27.1	39.3	30.3	41.5
Media	6.3	9.18	14.3	9.76	7.53	9.93	16.18	11.62	10.6
Desv .STD	5.21	5.4	8.03	5.71	4.21	5.92	7.47	6.93	1.27
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-39.1	41	-2.7	13.6					
V(N-S)	-17.4	27.9	-0.7	5.4					

Tabla II-15. Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros. Canal King.

Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	37	63	103	54	45	67	112	36	517
11-20.9	3	31	84	43	4	23	206	23	417
21-30.9	0	6	47	3	1	0	77	4	138
31-40.9	0	0	3	0	0	0	7	2	12
Totales	40	100	237	100	50	90	402	65	1084
%Dirección	3.69	9.22	21.84	9.22	4.61	8.29	37.05	5.99	99.91
Máximos	17.8	29	39.2	23.8	29.4	20.7	35.1	33.3	39.2
Media	5.95	9.54	13.5	10.28	7.59	8.34	15.29	10.42	10.11
Desv .STD	3.45	6.02	7.67	5.19	4.53	4.45	6.95	6.96	1.48
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-34.6	39	-2.3	13.2					
V(N-S)	-28.8	18.7	-0.3	5					

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**

	Fre	ecuencia	de inciden	cia de la corriei	nte a 4	0 metr	os. Can	al King	
Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	w	NW	Suma
0.1-10.9	36	61	92	75	40	64	127	50	545
11-20.9	5	38	101	35	1	19	187	25	411
21-30.9	0	3	46	2	0	0	63	3	117
31-40.9	0	2	2	0	0	0	6	1	11
Totales	41	104	241	112	41	83	383	79	1084
%Dirección	3.78	9.59	22.21	10.32	3.78	7.65	35.3	7.28	99.91
Máximos	16.7	39.4	35.4	23	14.6	20.4	36.6	31.3	39.4
Media	6.31	10.56	14.11	9.44	6.1	8.17	14.45	9.66	9.85
Desv .STD	3.63	6.63	7.1	4.95	2.92	4.35	6.78	5.43	1.54
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-36.6	35.2	-1.4	12.9					
V(N-S)	-16.8	19.7	0.2	4.9					

Tabla II-16.

. . . .

Tabla II-17.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 50 metros. Canal King.

Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	w	NW	Suma
0.1-10.9	42	55	92	67	41	58	112	55	522
11-20.9	11	45	114	34	2	21	184	37	448
21-30.9	1	9	42	1	0	1	47	3	104
31-40.9	0	0	3	0	1	0	5	0	9
Totales	54	109	251	102	44	80	348	95	1083
%Dirección	4.98	10.05	23.13	9.49	4.06	7.37	32.07	8.76	99.91
Máximos	25.4	30.8	34.4	59.4	34	22.5	37.8	26.2	59.4
Media	7.96	11.64	13.76	9.97	6.47	8.77	14.29	10.14	10.37
Desv .STD	4.81	6.1	6.98	6.9	5.22	4.67	6.52	5.23	0.93
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-37.7	51.8	-0.9	12.7					
V(N-S)	-32.3	25	0.6	5.4					





Figura II-25. Elipse de máxima varianza en la capa de 5-10-20-30-40-50 metros en canal King.



Figura II-26. Flujo residual en canal King, campaña de primavera en archipiélago de Chonos, región de Aysén.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Figura II-27. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 10-20-30-40-50m en canal Ciriaco, durante la campaña de primavera en Archipiélago de Chonos región de Aysén.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-28. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en canal Ciriaco.





Figura II-29. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en canal Ciriaco.





Figura II-30. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en canal Ciriaco.





Figura II-31. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en canal Ciriaco.





Figura II-32. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 50 metros en canal Ciriaco

Tabla II-18.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros. Canal Ciriaco.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	40	46	42	31	30	31	34	31	285
11-20.9	30	40	67	26	24	30	50	44	311
21-30.9	8	13	59	30	14	33	31	27	215
31-40.9	1	2	15	11	5	20	18	7	79
41-50.9	0	0	5	2	0	2	19	1	29
51-60.9	0	0	1	0	0	2	8	0	11
Totales	79	101	189	100	73	118	160	110	930
%Dirección	8.49	10.86	20.32	10.75	7.85	12.69	17.2	11.83	100
Máximos	34.17	40.41	54.5	45.05	38.07	54.38	58.14	47.56	58.14
Media	11.88	13.31	19.48	18.3	15.32	20.29	23.69	17.1	17.42
Desv .STD	6.57	7.4	9.91	10.52	9.05	11.81	14.24	8.89	2.44
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					930
U(E-O)	-55.5	53.5	-1	18					
V(N-S)	-41.4	34.2	-1	11.3					

 Tabla II-19.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros. Canal Ciriaco.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	w	NW	Suma
0.1-10.9	9	11	22	31	44	44	43	27	231
11-20.9	11	11	17	76	61	76	77	28	357
21-30.9	16	3	8	54	31	29	63	29	233
31-40.9	1	0	0	22	19	12	24	10	88
41-50.9	1	1	0	3	6	2	5	1	19
51-60.9	0	0	0	1	0	0	0	1	2
Totales	38	26	47	187	161	163	212	96	930
%Dirección	4.09	2.8	5.05	20.11	17.31	17.53	22.8	10.32	100
Máximos	46.03	45.22	29.4	51.86	47.24	43.58	45.43	58.05	58.05
Media	18.36	13.92	13.43	19.85	18.48	16.91	19.98	18.39	17.41
Desv .STD	8.94	9.35	6.67	9.69	10.24	8.86	9.67	11.28	1.33
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					930
U(E-O)	-47.1	37.2	-4.6	14.2					
V(N-S)	-45.8	46	-5.9	13.4					

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Fre	ecuencia	a de incid	lencia de la	a corriente a 30	metro	s. Car	al Ciri	aco.	
Intervalo	N	NE	29	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	15	13	18	37	26	35	20	23	187
11-20.9	10	6	16	73	43	42	124	47	361
21-30.9	12	1	5	50	23	8	76	68	243
31-40.9	6	0	1	29	9	1	20	33	99
41-50.9	1	0	0	12	1	0	4	8	26
51-60.9	0	0	0	8	0	0	0	6	14
Totales	44	20	40	209	102	86	244	185	930
%Dirección	4.73	2.15	4.3	22.47	10.97	9.25	26.24	19.89	100
Máximos	41.9	21.82	31.24	61.33	46.97	37.49	45.87	58.08	61.33
Media	18.38	10.19	12.32	22.36	17.24	13.21	20.05	24.52	17.29
Desv .STD	11.14	4.9	7.16	12.51	9.26	5.8	7.91	11.37	2.77
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					930
U(E-O)	-50.3	38.3	-5.7	15.8					
V(N-S)	-50.2	42	-2.1	14.9					

Tabla II-20.

Tabla II-21.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros. Canal Ciriaco.

Intervalo	N	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	18	16	26	37	30	52	78	53	310
11-20.9	8	9	36	63	26	16	97	56	311
21-30.9	15	2	3	66	3	2	36	66	193
31-40.9	7	0	0	31	4	0	12	35	89
41-50.9	0	0	0	8	1	0	1	7	17
51-60.9	1	0	0	3	0	0	0	4	8
Totales	50	27	65	208	64	70	224	221	929
%Dirección	5.38	2.9	6.99	22.37	6.88	7.53	24.09	23.76	99.89
Máximos	87.94	25.2	25.4	55.45	40.97	23.79	42.14	59.61	87.94
Media	19.2	10.74	11.89	21.58	12.69	8.45	15.52	21.2	15.16
Desv .STD	15.65	5.91	5.94	10.89	8.82	4.84	8.4	11.98	3.65
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-41.6	42.3	-3.5	14.3					
V(N-S)	-43.1	82.8	0.1	14.2					



Fr	ecuencia	a de incic	lencia de la	a corriente a 50	metro	s. Car	al Ciri	aco.	
Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	39	22	56	55	42	41	73	71	399
11-20.9	13	6	27	59	13	9	58	72	257
21-30.9	14	0	6	58	5	1	37	54	175
31-40.9	4	0	0	23	3	0	16	32	78
41-50.9	0	0	0	6	0	0	3	7	16
51-60.9	2	0	0	0	0	0	0	2	4
Totales	72	28	89	201	63	51	187	238	929
%Dirección	7.74	3.01	9.57	21.61	6.77	5.48	20.11	25.59	99.89
Máximos	61.88	18.96	30.8	50.37	39.76	22.94	47.48	59.2	61.88
Media	14.37	8.11	10.11	19.21	10.81	7.58	15.85	18.72	13.09
Desv .STD	12.56	4.71	6.33	10.66	8.53	4.46	10.27	11.76	3.16
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-45.9	35.1	-3	13.8					
V(N-S)	-40.9	61.8	0.9	12.7					





Figura II-33. Elipse de máxima varianza en la capa de 10-20-30-40-50 metros en canal Ciriaco.

46





Figura II-34. Flujo residual en canal Ciriaco, campaña de primavera en archipiélago de Chonos, región de Aysén.





Figura II-35. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 5-10-20-30-40m en canal Ninualac, durante la campaña de otoño en Archipiélago de Chonos región de Aysén.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-36. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 5 metros en canal Ninualac.





Figura II-37. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en canal Ninualac.





Figura II-38. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en canal Ninualac.





Figura II-39. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en canal Ninualac.





Figura II-40. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en canal Ninualac.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	20	25	14	23	31	13	17	18	161
11-20.9	41	39	22	17	47	35	17	21	239
21-30.9	32	32	11	11	57	35	6	12	196
31-40.9	12	11	2	0	49	34	2	3	113
41-50.9	3	3	0	2	28	15	0	0	51
51-60.9	2	0	0	0	17	8	0	0	27
61-70.9	1	0	0	0	9	2	0	0	12
71-80.9	0	0	0	0	3	0	0	0	3
Totales	111	110	49	53	241	142	42	54	802
%Direccion	13.82	13.7	6.1	6.6	30.01	17.68	5.23	6.72	99.88
Maximos	66	46.7	34.8	48.3	81.4	70.7	38.6	33.9	81.4
Media	21.69	19.11	16.36	14.66	30.35	28.52	14.84	15.25	20.1
Desv .STD	11.92	10.07	8.48	9.35	16.66	14.07	8.45	8.61	3.03
Componente	Minimo	Maximo	Promedio	Desv. Estandar					
U(E-O)	-50.7	34.6	-1.3	12.2					
V(N-S)	-80.5	65.1	-8	23.4					

 Tabla II-23.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 5 metros. Canal Ninualac.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	14	16	21	12	14	25	18	13	133
11-20.9	14	38	17	14	48	39	24	14	208
21-30.9	6	34	16	9	61	36	8	5	175
31-40.9	4	20	8	6	31	32	2	2	105
41-50.9	2	16	4	1	13	26	1	3	66
51-60.9	0	3	3	0	6	16	0	0	28
61-70.9	1	3	0	1	8	14	0	0	27
71-80.9	0	0	0	0	5	8	0	0	13
81-90.9	0	0	0	0	5	8	0	0	13
91-100.9	0	1	0	0	0	2	0	0	3
Totales	41	131	69	43	191	206	53	37	771
%Dirección	5.3	16.95	8.93	5.56	24.71	26.65	6.86	4.79	99.74
Máximos	63.2	91.3	52.9	62.4	103	104.5	44.4	46.7	104.5
Media	18.57	26.67	21.29	19.84	30.85	36.52	15.72	16.9	23.3
Desv .STD	12.85	15.49	13.26	11.41	18.79	23.03	8.52	12.54	4.56
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-68.9	60.1	-2.6	19.2					
V(N-S)	-96.8	68.8	-11.2	25.2					

 Tabla II-24.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros. Canal Ninualac.

Intervalo	N	NF	F	SF	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	24	30	21	26	40	27	22	13	203
11-20.9	26	69	22	38	70	25	25	21	296
21-30.9	9	31	7	9	46	44	12	2	160
31-40.9	0	6	1	0	16	44	3	2	72
41-50.9	0	0	0	1	5	39	1	0	46
51-60.9	0	0	0	0	4	10	1	0	15
61-70.9	0	0	0	0	2	9	0	0	11
Totales	59	136	51	74	183	198	64	38	803
%Dirección	7.34	16.92	6.34	9.2	22.76	24.75	7.96	4.73	100
Máximos	27.8	39.5	33.9	45.5	65.4	73	54.3	37	73
Media	13.2	17.04	13.29	13.85	20.22	31.82	16.49	13.85	17.47
Desv .STD	6.53	7.45	6.9	7.9	11.79	16.21	10.48	8.08	3.28
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-59.3	32.5	-3.3	14.6					
V(N-S)	-61.3	32.9	-8	17.5					

 Tabla II-25.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros. Canal Ninualac.



Intervalo	N	NE	29	SE	S	SW	w	NW	Suma
0.1-10.9	29	45	32	28	38	41	29	33	275
11-20.9	22	53	23	33	53	31	27	27	269
21-30.9	5	23	0	3	30	46	7	6	120
31-40.9	0	2	0	1	17	41	1	3	65
41-50.9	0	0	0	0	11	39	1	0	51
51-60.9	0	0	0	0	3	10	0	0	13
61-70.9	0	0	0	0	2	7	0	0	9
Totales	56	123	55	65	154	215	65	69	802
%Dirección	6.97	15.3	6.84	8.08	19.28	26.87	8.08	8.58	100
Máximos	26	38.2	20.3	35.6	72.1	72.8	48.4	34.8	72.8
Media	11.63	14.39	9.81	12.39	21.42	29.23	13.69	12.99	15.69
Desv .STD	5.97	7.41	4.91	6.11	14.18	16.7	8.58	7.41	4.23
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-55.3	30.2	-4.5	13.6					
V(N-S)	-68.9	25.6	-7.6	16.9]				

 Tabla II-26.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros. Canal Ninualac.

Tabla II-27.	
Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros. C	Canal Ninualac

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	21	25	43	68	67	94	100	42	460
11-20.9	5	9	21	28	29	79	73	10	254
21-30.9	0	0	1	4	5	20	15	2	47
31-40.9	0	0	1	1	2	25	3	0	32
41-50.9	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Totales	26	34	66	101	103	219	191	55	795
%Dirección	3.27	4.28	8.3	12.7	12.96	27.55	24.03	6.92	100
Máximos	15.6	20.5	37.4	34.2	34.4	44.4	40.2	43.4	44.4
Media	6.91	8.22	9.48	9.86	9.82	15.16	11.5	8.66	9.95
Desv .STD	4.06	5.42	5.98	5.52	6.25	9.73	6.63	7.27	1.66
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-40.2	35.8	-4.4	9.9					
V(N-S)	-35.8	17.3	-4.2	7.5					





Figura II-41. Elipse de máxima varianza en la capa de 5-10-20-30-40 metros en canal Ninualac.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Figura II-42. Flujo residual en canal Ninualac, campaña de otoño en archipiélago de Chonos, región de Aysén.





Figura II-43. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 5-10-20-30-40-50m en canal Goñi, durante la campaña de otoño en Archipiélago de Chonos región de Aysén.





Figura II-44. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 5 metros en canal Goñi.





Figura II-45. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en canal Goñi.





Figura II-46. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en canal Goñi.





Figura II-47. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en canal Goñi.





Figura II-48. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en canal Goñi.





Figura II-49. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 50 metros en canal Goñi.
Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	12	19	9	5	9	10	9	11	84
11-20.9	10	13	27	10	4	12	48	31	155
21-30.9	4	13	32	7	3	22	61	28	170
31-40.9	0	4	36	16	0	22	52	9	139
41-50.9	0	0	37	11	0	15	49	0	112
51-60.9	0	0	37	16	0	10	43	0	106
61-70.9	0	0	8	8	0	7	33	0	56
71-80.9	0	0	1	0	0	3	16	0	20
81-90.9	0	0	0	0	0	4	12	0	16
91-100.9	0	0	0	0	0	1	5	0	6
101-110.9	0	0	0	0	0	0	3	0	3
Totales	26	49	187	73	16	106	331	79	867
%Dirección	2.99	5.64	21.52	8.4	1.84	12.2	38.09	9.09	99.77
Máximos	26.5	36.5	75.1	67.4	28.7	99.6	108.4	39.6	108.4
Media	6.08	16.59	37.65	39.24	12.33	37.84	42.54	19.77	26.51
Desv .STD	26.85	9.18	15.96	17.48	8.26	20.97	21.96	8.61	6.98
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-106.6	72.4	-9.6	37.6					
V(N-S)	-50.2	104.4	-4.7	13.3					

 Tabla II-28.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 5 metros. Canal Goñi

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	12	12	12	10	11	10	15	19	101
11-20.9	16	29	19	10	0	14	49	21	158
21-30.9	0	12	36	8	3	22	60	38	179
31-40.9	0	3	38	13	0	28	45	7	134
41-50.9	0	0	39	12	0	16	39	1	107
51-60.9	0	0	37	16	0	12	35	1	101
61-70.9	0	0	12	3	0	6	23	0	44
71-80.9	0	0	0	0	0	5	16	0	21
81-90.9	0	0	0	0	0	2	11	0	13
91-100.9	0	0	0	0	0	2	3	0	5
101-110.9	0	0	0	0	0	1	3	0	4
Totales	28	56	193	72	14	118	299	87	867
%Dirección	3.22	6.44	22.21	8.29	1.61	13.58	34.41	10.01	99.77
Máximos	20.9	38	65.6	67.4	30.8	105.9	107.6	52.2	107.6
Media	7.61	18.06	37.82	35.44	10.98	38.56	40.51	20.61	26.2
Desv .STD	18.69	7.77	15.67	18.23	8.75	21.52	22.04	10.29	5.72
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-107.1	75.4	-8	36.6					
V(N-S)	-47.1	31.9	-4.7	12.9					

 Tabla II-29

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros. Canal Goñi

	110000110								
Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	17	18	15	9	10	10	12	16	107
11-20.9	12	23	32	11	3	12	51	39	183
21-30.9	4	6	33	17	4	22	57	19	162
31-40.9	0	4	49	8	0	31	32	9	133
41-50.9	0	0	56	14	0	20	17	0	107
51-60.9	0	0	42	5	0	15	35	0	97
61-70.9	0	0	12	1	0	6	23	0	42
71-80.9	0	0	2	0	0	3	17	0	22
81-90.9	0	0	0	0	0	0	6	0	6
91-100.9	0	0	0	0	0	1	4	0	5
Totales	33	51	241	65	17	120	254	83	864
%Dirección	3.8	5.87	27.73	7.48	1.96	13.81	29.23	9.55	99.42
Máximos	27	39.4	75.7	70.6	30.9	92.3	106.6	37	106.6
Media	7.12	15.05	37.81	29.26	12.8	37.25	39.99	18.23	24.69
Desv .STD	23.3	9.09	16.02	15.93	10.6	17.4	23.33	8.39	5.88
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-105.7	101	-4.4	36.2					
V(N-S)	-45.9	29.9	-5.1	12.2					

 Tabla II-30.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros. Canal Goñi.

								1	
Intervalo	N	NE	29	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	13	11	14	10	7	4	18	10	87
11-20.9	12	15	35	22	10	22	41	36	193
21-30.9	1	5	54	19	5	35	48	10	177
31-40.9	0	2	53	19	0	35	38	1	148
41-50.9	0	0	71	7	0	23	30	0	131
51-60.9	0	0	34	2	0	9	28	0	73
61-70.9	0	0	16	1	0	3	18	0	38
71-80.9	0	0	1	1	0	1	5	0	8
81-90.9	0	0	0	0	0	1	8	0	9
91-100.9	0	0	0	0	0	1	1	0	2
Totales	26	33	278	81	22	134	235	57	866
%Dirección	2.99	3.8	31.99	9.32	2.53	15.42	27.04	6.56	99.65
Máximos	23.4	36.5	71.9	78.9	26.7	102.6	91.7	36.8	102.6
Media	7.43	15.42	36.65	26.52	14.25	34.08	37.1	16.26	23.46
Desv .STD	11.93	7.52	15.65	14.28	7.26	16.91	20.2	6.59	5.06
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-92.2	71.3	-1	34.5					
V(N-S)	-50.4	28.1	-5.6	11.1					

 Tabla II-31.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros. Canal Goñi.

	1100000110					00111.	1	1	
Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	14	12	8	17	8	9	17	11	96
11-20.9	1	6	35	35	17	29	41	25	189
21-30.9	0	4	54	26	4	39	32	8	167
31-40.9	0	1	65	20	0	23	26	0	135
41-50.9	0	0	68	7	0	16	43	0	134
51-60.9	0	0	35	1	0	8	45	1	90
61-70.9	0	0	7	0	0	4	28	0	39
71-80.9	0	0	0	1	0	1	10	0	12
81-90.9	0	0	0	0	0	0	3	0	3
Totales	15	23	272	107	29	129	245	45	865
%Dirección	1.73	2.65	31.3	12.31	3.34	14.84	28.19	5.18	99.54
Máximos	12.3	40.3	65.5	71.2	25.5	96.1	84.6	57	96.1
Media	1.17	12.94	36.53	23.36	14.21	31.04	40.64	15.47	21.92
Desv .STD	17.6	9.48	13.8	12.45	5.85	16.72	20.17	8.92	4.89
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-88.3	65.5	-1.7	35.1					
V(N-S)	-50.6	22.9	-5.5	10					

 Tabla II-32.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros. Canal Goñi.

			_						
Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	8	4	16	23	26	14	25	15	131
11-20.9	2	2	38	67	25	28	28	10	200
21-30.9	0	3	60	31	3	25	42	8	172
31-40.9	0	1	70	11	0	14	44	1	141
41-50.9	0	0	53	2	0	8	50	2	115
51-60.9	0	0	7	1	0	2	61	0	71
61-70.9	0	0	3	0	0	1	24	0	28
71-80.9	0	0	0	0	0	1	7	0	8
Totales	10	10	247	135	54	93	281	36	866
%Dirección	1.15	1.15	28.42	15.54	6.21	10.7	32.34	4.14	99.65
Máximos	15.1	40.2	63.4	54.8	24.9	78.3	81.8	50.6	81.8
Media	5.24	17.2	31.36	18.8	12.12	25.21	39.84	16.11	20.74
Desv .STD	9.3	12.9	12.67	9.53	5.89	13.94	18.61	11.48	3.77
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-81.8	62.8	-4.3	32.1					
V(N-S)	-35.4	21.8	-4.3	8.8					

 Tabla II-33.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 50 metros. Canal Goñi.





Figura II-50. Elipse de máxima varianza en la capa de 5-10-20-30-40-50m metros en canal Goñi.



Figura II-51. Flujo residual en canal Goñi, campaña de otoño en archipiélago de Chonos, región de Aysén.



Figura II-52. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 5-10-20-30-40-50m en canal King, durante la campaña de otoño en Archipiélago de Chonos región de Aysén.





Figura II-53. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 5 metros en canal King.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-54. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en canal King.





Figura II-55. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en canal King.





Figura II-56. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en canal King.





Figura II-57. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en canal King.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-58. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 50 metros en canal King.



Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	35	42	19	19	8	15	29	29	196
11-20.9	45	51	45	7	3	12	61	66	290
21-30.9	9	25	23	2	1	3	49	42	154
31-40.9	1	8	6	0	0	2	22	9	48
41-50.9	0	0	2	3	0	0	7	1	13
Totales	90	126	95	31	12	32	168	147	701
%Dirección	12.82	17.95	13.53	4.42	1.71	4.56	23.93	20.94	99.86
Máximos	37.3	40.5	43.1	47.9	22.9	38.3	49.1	45.5	49.1
Media	12.88	16.54	17.73	13.41	9.93	13.55	21.05	18.54	15.45
Desv .STD	6.45	8.52	8.6	12.09	5.38	9.26	10.28	8.5	2.09
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-48.4	42.1	-3.3	16.3					
V(N-S)	-32.9	35.9	5.7	9					

 Tabla II-34.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 5 metros. Canal King.

Tabla II-35.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros. Canal King.

Intoniala	N		F	СГ	c	CIN	14/		Cumo
Intervalo	IN	INE	E	SE	2	200	vv	INVV	Suma
0.1-10.9	41	42	34	17	12	13	34	35	228
11-20.9	37	51	41	15	4	14	54	54	270
21-30.9	4	23	11	4	1	7	49	45	144
31-40.9	0	8	10	2	0	1	29	7	57
41-50.9	0	0	0	1	0	1	0	1	3
Totales	82	124	96	39	17	36	166	142	702
%Dirección	11.68	17.66	13.68	5.56	2.42	5.13	23.65	20.23	100
Máximos	30.4	35.3	40.5	43.4	23.7	48.5	38.9	42.4	48.5
Media	11.48	15.88	15.27	13.86	8.46	15.53	19.97	18.3	14.84
Desv .STD	5.71	8.05	8.74	9.61	5.69	9.84	9.51	8.4	1.66
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-43.1	39.8	-3.6	15.5					
V(N-S)	-24.9	29.4	4.9	8.7]				

82

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	44	45	28	17	9	20	31	35	229
11-20.9	35	44	42	15	3	22	59	67	287
21-30.9	9	18	25	3	0	2	71	26	154
31-40.9	0	1	3	3	0	1	14	6	28
41-50.9	0	0	1	2	0	0	0	0	3
Totales	88	108	99	40	12	45	175	134	701
%Dirección	12.54	15.38	14.1	5.7	1.71	6.41	24.93	19.09	99.86
Máximos	28.5	36.8	43.9	43	16.1	37.4	40.3	38.2	43.9
Media	12.35	13.79	16.19	14.58	8.91	12.32	19.68	15.94	14.22
Desv .STD	5.63	7.24	8.13	9.96	4.14	6.72	8.51	7.75	1.79
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-40.3	43.9	-3.3	14.8					
V(N-S)	-24.2	26.6	4	8.2					

 Tabla II-36.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros. Canal King

Tabla II-37.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros. Canal King.

						<u> </u>			
Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	42	40	38	20	18	19	48	45	270
11-20.9	29	56	35	11	4	23	81	71	310
21-30.9	6	15	9	5	0	3	46	17	101
31-40.9	0	1	5	1	0	1	11	2	21
Totales	77	112	87	37	22	46	186	135	702
%Dirección	10.97	15.95	12.39	5.27	3.13	6.55	26.5	19.23	100
Máximos	30.9	31.1	40.7	36.5	20.5	34.1	39.3	36.6	40.7
Media	11.37	13.4	14.45	12.5	7.81	12.4	16.48	13.87	12.79
Desv .STD	5.94	6.38	8.76	8.13	5.22	6.89	8.11	6.48	1.23
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-38.2	40	-3.2	13.1					
V(N-S)	-21.2	29.3	3.4	7.6					

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**

⁸³



Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	38	42	37	15	17	24	66	63	302
11-20.9	39	46	40	7	6	21	70	63	292
21-30.9	5	13	17	2	2	3	34	13	89
31-40.9	1	2	9	1	0	1	5	0	19
Totales	83	103	103	25	25	49	175	139	702
%Dirección	11.82	14.67	14.67	3.56	3.56	6.98	24.93	19.8	100
Máximos	35.1	35	40.5	37.9	25.4	31.2	38	28.2	40.5
Media	12.14	13.38	15.42	11.96	9.74	11.38	14.8	12.38	12.65
Desv .STD	6.25	7.37	9.66	8.97	6.27	6.07	7.64	6.18	1.38
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-36	38.2	-2.1	12.8					
V(N-S)	-23.8	33.8	3.4	7.5					

 Tabla II-38.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros. Canal King.

Tabla II-39

Frecuencia de incidencia de la corriente a 50 metros. Canal King.

Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	50	37	36	38	23	34	51	64	333
11-20.9	34	38	55	15	2	12	75	48	279
21-30.9	3	16	24	4	0	3	17	6	73
31-40.9	0	1	12	1	0	1	1	0	15
Totales	87	92	127	58	25	50	144	118	700
%Dirección	12.39	13.11	18.09	8.26	3.56	7.12	20.51	16.81	99.86
Máximos	29.9	31.7	41.3	40.2	16.9	31.7	33.5	26.5	41.3
Media	10.85	13.75	16.59	10.82	7.52	9.48	13.41	11.18	11.7
Desv .STD	5.17	7.2	9.3	6.92	3.42	6.54	6.55	5.38	1.72
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-33.5	41.2	0.4	12.4					
V(N-S)	-18.1	29.7	2.6	7.1					





Figura II-59. Elipse de máxima varianza en la capa de 5-10-20-30-40-50 metros en canal King.



Figura II-60. Flujo residual en canal King, campaña de otoño en archipiélago de Chonos, región de Aysén.





Figura II-61. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 5-10-20-30-40-50m en canal Bynon (isla Rowlet), durante la campaña de otoño en Archipiélago de Chonos región de Aysén.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-62. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 5 metros en canal Bynon.





Figura II-63. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en canal Bynon.





Figura II-64. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en canal Bynon.





Figura II-65. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en canal Bynon.





Figura II-66. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en canal Bynon.





Figura II-67. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 50 metros en canal Bynon.



	Frecuencia de incidencia de la corriente a 5 metros. Canal Bynon.										
Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma		
0.1-10.9	10	22	30	26	22	35	26	20	191		
11-20.9	8	22	34	22	8	45	84	23	246		
21-30.9	3	11	12	3	2	6	127	23	187		
31-40.9	0	1	15	0	0	1	57	11	85		
41-50.9	0	1	7	0	0	1	3	2	14		
51-60.9	0	0	2	0	0	2	0	0	4		
Totales	21	57	100	51	32	90	297	79	727		
%Dirección	2.89	7.84	13.76	7.02	4.4	12.38	40.85	10.87	100		
Máximos	29.1	43.7	56.2	26.3	22.9	60.5	49.3	42.4	60.5		
Media	11.83	14.81	19.82	11.41	9.76	14.06	23.59	19.86	15.64		
Desv .STD	6.94	8.02	13.29	5.24	5.26	9.64	8.84	10.47	2.73		
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar							
U(E-O)	-53.3	55.7	-8.4	18.3							
V(N-S)	-31.8	29.5	0.5	8.3							

Tabla II-40.

Tabla II-41.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros. Canal Bynon.

	1				1	,		1	1
Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	19	31	43	32	29	25	31	18	228
11-20.9	12	14	34	14	14	31	85	27	231
21-30.9	2	17	22	2	0	7	102	31	183
31-40.9	0	0	18	1	0	3	30	15	67
41-50.9	0	1	8	0	0	0	3	1	13
51-60.9	0	0	3	0	0	2	0	0	5
Totales	33	63	128	49	43	68	251	92	727
%Dirección	4.54	8.67	17.61	6.74	5.91	9.35	34.53	12.65	100
Máximos	26.7	42.5	54.6	33.1	18.8	56	48.2	44.3	56
Media	10.75	14.06	19.69	9.84	9.47	15.12	21.6	20.98	15.19
Desv .STD	6.99	8.61	13.3	6.3	4.28	10.23	8.69	10.1	2.77
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-49.2	54.1	-5.7	18.1					
V(N-S)	-30.3	28.8	1.4	8.4					



Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros. Canal Bynon.										
Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma	
0.1-10.9	22	20	40	26	23	35	36	24	226	
11-20.9	20	21	39	9	7	23	101	34	254	
21-30.9	6	17	36	0	0	0	77	36	172	
31-40.9	1	4	28	1	0	2	13	14	63	
41-50.9	0	0	7	0	0	2	1	1	11	
51-60.9	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
Totales	49	63	150	36	30	62	228	109	727	
%Dirección	6.74	8.67	20.63	4.95	4.13	8.53	31.36	14.99	100	
Máximos	36.4	56.9	49.4	31.4	13.8	47	43.9	45.2	56.9	
Media	12.81	16.92	21.16	9.49	8.31	11.79	18.91	19.77	14.89	
Desv .STD	7.51	10.36	11.96	6.11	3.14	9.41	8.24	10.09	2.78	
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar						
U(E-O)	-43.8	47.9	-3.2	17.9						
V(N-S)	-22.9	39.1	3	8.1						

Tabla II-42.

Tabla II-43.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros. Canal Bynon.

Intervalo	N	NE	29	SE	S	SW	w	NW	Suma
0.1-10.9	14	9	10	10	13	26	14	13	109
11-20.9	29	33	25	20	18	30	67	51	273
21-30.9	5	17	39	6	0	5	96	56	224
31-40.9	1	9	37	0	0	1	36	22	106
41-50.9	0	0	8	0	0	1	3	2	14
51-60.9	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Totales	49	68	119	36	31	63	217	144	727
%Dirección	6.74	9.35	16.37	4.95	4.26	8.67	29.85	19.81	100
Máximos	32.5	40.5	47.3	27.2	16.9	44.5	52.8	42.4	52.8
Media	14.75	19.79	26.26	14.07	10.57	13.71	23.64	22.39	18.15
Desv .STD	6.12	9.12	10.28	6.37	3.89	7.33	8.44	8.19	2
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-52.1	46.9	-5.2	20					
V(N-S)	-18.1	32	4.1	9.3					



Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	22	18	31	14	11	15	20	39	170
11-20.9	22	35	54	15	3	12	73	47	261
21-30.9	5	27	49	2	0	5	53	35	176
31-40.9	0	9	47	0	0	0	23	14	93
41-50.9	0	1	23	0	0	0	2	1	27
Totales	49	90	204	31	14	32	171	136	727
%Dirección	6.74	12.38	28.06	4.26	1.93	4.4	23.52	18.71	100
Máximos	29.1	45.7	51.2	28	14.9	27.7	43.8	42.3	51.2
Media	12.59	18.85	24.85	10.89	7.35	13.1	20.86	18.04	15.82
Desv .STD	7.19	8.95	12.05	6.62	4.28	7.28	9.17	9.6	2.33
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-42.5	51.2	1.3	20.4					
V(N-S)	-14.7	29.5	4.4	8					

 Tabla II-44.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros. Canal Bynon.

Tabla II-45.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 50 metros. Canal Bynon.

Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	ŚW	W	NW	Suma
0.1-10.9	10	17	21	13	14	17	29	20	141
11-20.9	28	36	53	14	8	30	64	38	271
21-30.9	5	18	71	5	0	14	58	27	198
31-40.9	0	2	53	0	0	0	25	7	87
41-50.9	0	0	23	0	0	0	7	0	29
Totales	43	73	221	32	22	61	183	92	726
%Dirección	5.91	10.04	30.4	4.4	3.03	8.39	25.17	12.65	100
Máximos	28.3	32.4	52.8	30.5	18.7	30.2	46.2	36.9	52.8
Media	14.65	16.7	26.29	13.33	8.99	15.31	21.48	18.05	16.85
Desv .STD	6.33	7.34	10.87	7.54	4.84	6.09	9.75	8.46	1.99
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-45.9	52.8	1.8	21					
V(N-S)	-20.9	28.2	2	8.7					

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-68. Elipse de máxima varianza en la capa de 5-10-20-30-40-50 metros en canal Bynon.





Figura II-69. Flujo residual en canal Bynon, campaña de otoño en archipiélago de Chonos, región de Aysén.



Figura II-70. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 5-10-20-30-40m en canal Pérez Sur, durante la campaña de otoño en Archipiélago de Chonos región de Aysén.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-71. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 5 metros en canal Pérez Sur.





Figura II-72. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en canal Pérez Sur.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-73. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en canal Pérez Sur.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**




Figura II-74. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en canal Pérez Sur.





Figura II-75. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en canal Pérez Sur.





Figura II-76. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 50 metros en canal Pérez Sur.



F	recuencia	de incidenc	ia de la corri	ente a 5 metros. C	anal Péi	ez Sur			
Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	53	39	48	40	17	11	9	30	247
11-20.9	101	52	25	58	14	2	9	43	304
21-30.9	109	12	3	23	11	2	0	37	197
31-40.9	29	2	0	5	1	0	1	18	56
41-50.9	1	0	0	1	0	0	0	7	9
Totales	293	105	76	127	43	15	19	135	813
%Dirección	36.04	12.92	9.35	15.62	5.29	1.85	2.34	16.61	100
Máximos	43.3	34.9	24.9	43.8	35.7	24	31.2	49.5	49.5
Media	19.76	13.54	10.31	15.81	14.78	9.54	11.09	21.1	14.49
Desv .STD	8.54	7	4.72	8.58	8.03	6.34	6.9	11.04	1.87
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-38	30.8	1.4	9.4					
V(N-S)	-36	45.6	8.4	14.6					

Tabla II-46.

Tabla II-47.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros. Canal Pérez Sur.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	56	57	49	43	28	11	14	35	293
11-20.9	119	43	18	64	22	1	5	68	340
21-30.9	86	12	3	10	3	1	0	30	145
31-40.9	21	3	0	1	0	0	0	20	45
Totales	282	115	70	118	53	13	19	153	823
%Dirección	34.34	13.96	8.5	14.32	6.43	1.58	2.31	18.57	100
Máximos	42.5	36.7	23.8	34.5	24.7	23.2	17.1	40.4	42.5
Media	18.9	12.09	9.4	13.16	10.68	7.88	7.86	18.04	12.25
Desv .STD	8.29	7.34	4.79	6.33	5.69	6.59	4.26	9.52	1.76
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-31.5	23.6	0.7	8.3					
V(N-S)	-30	40.7	8.2	13					

Fr	Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros. Canal Pérez Sur.									
Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma	
0.1-10.9	87	68	50	102	77	24	21	54	483	
11-20.9	92	27	5	40	20	1	4	67	256	
21-30.9	68	4	0	1	0	0	0	20	93	
31-40.9	6	0	0	0	1	0	0	12	19	
Totales	253	99	55	143	98	25	25	153	851	
%Dirección	29.73	11.63	6.46	16.8	11.52	2.94	2.94	17.98	100	
Máximos	34.1	23.5	14.8	21.5	30.4	15.2	19.9	40.7	40.7	
Media	15.43	9.02	6.59	9.05	7.58	5.56	6.45	14.92	9.33	
Desv .STD	7.66	5.23	3.35	4.34	4.58	3.1	4.5	8.75	2	
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar						
U(E-O)	-26.1	16	0	6.5						
V(N-S)	-29	36.2	5.4	10.8						

Tabla II-48.

Tabla II-49.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros. Canal Pérez Sur.

Intervalo	N	NE	29	SE	S	sw	w	NW	Suma
0.1-10.9	148	96	61	83	48	33	56	110	635
11-20.9	71	19	10	13	5	4	6	45	173
21-30.9	24	1	0	0	0	0	1	10	36
31-40.9	4	0	0	0	0	0	0	2	6
Totales	247	116	71	96	53	37	63	167	850
%Dirección	29.06	13.65	8.35	11.29	6.24	4.35	7.41	19.65	100
Máximos	33.4	28.3	18.1	15.6	17.7	19.1	22.8	32.7	33.4
Media	10.92	7.52	6.88	7.38	5.97	5.89	5.94	9.69	7.52
Desv .STD	7.38	4.28	3.83	3.48	3.66	4.13	4.47	6.85	1.49
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-22.2	24.3	-0.2	5.6					
V(N-S)	-17.7	31.4	4.2	7.8					

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	83	57	58	109	78	22	43	93	543
11-20.9	109	17	2	75	21	1	5	45	275
21-30.9	24	3	0	0	1	0	0	3	31
31-40.9	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Totales	217	77	60	184	100	23	48	142	851
%Dirección	25.5	9.05	7.05	21.62	11.75	2.7	5.64	16.69	100
Máximos	32.2	23.6	11.6	20.3	21.7	11.1	15.9	31.4	32.2
Media	13.3	8.55	5.1	9.93	8.42	4.34	6.56	9.73	8.24
Desv .STD	6.36	6.06	2.67	4.31	3.83	2.59	3.15	5.29	1.49
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-18.4	15	0.7	5.4					
V(N-S)	-21.2	29.9	2.6	9.5					

 Tabla II-50.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros. Canal Pérez Sur.

Tabla II-51.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 50 metros. Canal Pérez Sur.

Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	78	70	83	156	75	42	73	66	643
11-20.9	53	26	4	62	11	1	3	31	191
21-30.9	9	2	0	2	0	0	0	3	16
Totales	140	98	87	220	86	43	76	100	850
%Dirección	16.45	11.52	10.22	25.85	10.11	5.05	8.93	11.75	99.88
Máximos	25.4	23	13.3	22.4	17.5	11.4	14.4	23.4	25.4
Media	10.3	8.57	5.8	9.02	7.14	4.24	5.27	9.44	7.47
Desv .STD	6.29	5.04	2.94	4.18	3.68	2.33	2.73	5.32	1.4
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-16.5	14	1.6	5.3					
V(N-S)	-19.7	25.3	0.7	7.6					



Figura II-77. Elipse de máxima varianza en la capa de 5-10-20-30-40-50 metros en canal Pérez Sur.



Figura II-78. Flujo residual en canal Pérez Sur, campaña de otoño en archipiélago de Chonos, región de Aysén.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Campaña canal Cockburn invierno



Figura II-79. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 5-10-20-30-40-50m en canal Pedro, durante la campaña de invierno en canal Cockburn región de Magallanes.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-80. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 5 metros en canal Pedro.





Figura II-81. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en canal Pedro.





Figura II-82. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en canal Pedro.





Figura II-83. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en canal Pedro.





Figura II-84. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en canal Pedro.





Figura II-85. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 50 metros en canal Pedro.



Tabla II-52.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 5 metros. Canal Pedro.

-									
Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	135	127	60	63	79	70	43	81	658
11-20.9	17	9	1	4	14	3	2	3	53
21-30.9	0	2	0	0	1	0	0	0	3
Totales	152	138	61	67	94	73	45	84	714
%Dirección	21.23	19.27	8.52	9.36	13.13	10.2	6.28	11.73	99.72
Máximos	19.2	23.4	14.4	18.4	21.2	15.9	16.9	17.8	23.4
Media	6.19	5.75	3.88	3.97	6.13	4.51	3.66	4.58	4.83
Desv .STD	3.7	3.87	2.44	3.65	4.25	2.92	2.99	2.81	0.62
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-16.8	14.4	0.4	3.3					
V(N-S)	-21.1	20.2	1.2	5.3					

Tabla II-53.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros. Canal Pedro.

Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	147	144	63	50	101	74	54	85	718
11-20.9	4	1	2	0	0	0	2	1	10
21-30.9	1	2	0	0	0	1	0	1	5
31-40.9	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Totales	153	147	65	50	101	75	56	88	735
%Dirección	20.76	19.95	8.82	6.78	13.7	10.18	7.6	11.94	99.73
Máximos	32.9	22.8	17.6	8.1	10.5	28.9	17.9	31.9	32.9
Media	4.8	4.03	3.88	2.97	3.43	3.76	3.78	4.1	3.84
Desv .STD	4.15	3.02	3.03	1.68	1.95	3.59	3.43	4.54	0.99
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-25.3	18.7	0.2	3.3					
V(N-S)	-14	32.9	1.1	3.9					

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	194	161	70	80	80	51	46	69	751
11-20.9	0	2	0	0	0	0	0	0	2
Totales	194	163	70	80	80	51	46	69	753
%Dirección	25.73	21.62	9.28	10.61	10.61	6.76	6.1	9.15	99.87
Máximos	10.6	14.2	6.9	10.8	9.7	8.8	7.2	10.6	14.2
Media	3.97	3.84	3.21	2.95	3.24	2.44	2.96	2.88	3.19
Desv .STD	2	2.08	1.51	1.73	1.87	1.44	1.66	2.27	0.29
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-7.1	10	0.7	2.2					
V(N-S)	-9.7	10.4	1.1	3					

Tabla II-54. Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros. Canal Pedro.

Tabla II-55. Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros. Canal Pedro.

Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	204	75	61	75	107	77	46	79	724
11-20.9	14	1	0	0	14	1	0	0	30
Totales	218	76	61	75	121	78	46	79	754
%Dirección	28.87	10.07	8.08	9.93	16.03	10.33	6.09	10.46	99.87
Máximos	13.1	11.1	8.2	10.5	16.7	12.6	10.2	10.8	16.7
Media	6.04	4.13	3.41	3.9	6.36	4.61	3.63	4.61	4.59
Desv .STD	2.88	2.1	1.73	2.24	3.55	2.82	2.39	2.31	0.56
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-10.2	8.1	-0.1	2.7					
V(N-S)	-16.5	12.8	0.7	5.1					



Tabla II-56.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros. Canal Pedro.

Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	102	155	106	120	115	61	40	51	750
11-20.9	2	1	0	0	0	0	0	0	3
Totales	104	156	106	120	115	61	40	51	753
%Dirección	13.77	20.66	14.04	15.89	15.23	8.08	5.3	6.75	99.74
Máximos	13.7	12.2	9.1	10.5	7.6	10.3	7.1	6	13.7
Media	4.72	4.05	3.66	3.71	3.49	3.11	2.56	2.89	3.52
Desv .STD	2.91	2.16	1.75	1.81	1.79	2.07	1.53	1.48	0.46
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-6.6	8.8	1.1	2.4					
V(N-S)	-9.3	13.2	0.2	3.4					

Tabla II-57.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 50 metros. Canal Pedro.

Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	19	23	42	118	256	121	17	21	617
11-20.9	0	1	0	9	97	30	0	0	137
Totales	19	24	42	127	354	151	17	21	755
%Dirección	2.52	3.18	5.56	16.82	46.89	20	2.25	2.78	100
Máximos	9.8	11.8	9.4	12.4	21.4	16.9	9.7	9.6	21.4
Media	5.36	5.47	4.77	6.23	9	7.73	4.98	5.17	6.09
Desv .STD	2.82	2.79	2.29	2.67	3.67	3.32	1.87	2.56	0.56
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-9.4	9.3	-0.2	3.6					
V(N-S)	-21.2	9.6	-5.8	5					

NIVERSARIO



Figura II-86. Elipse de máxima varianza en la capa de 5-10-20-30-40-50 metros en canal Pedro.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-87. Flujo residual en canal Pedro, campaña de invierno en canal Cockburn, región de Magallanes.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Figura II-88. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 10-20-30-40-50m en canal seno Dyneley, durante la campaña de invierno en canal Cockburn región de Magallanes.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-89. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en seno Dyneley.





Figura II-90. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en seno Dyneley.





Figura II-91. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en seno Dyneley.





Figura II-92. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en seno Dyneley.







Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	36	96	114	50	35	80	77	53	541
11-20.9	10	48	72	15	11	32	31	9	228
21-30.9	2	11	9	5	1	3	6	2	39
Totales	48	155	195	70	47	115	114	64	808
%Dirección	6.02	19.29	24.2	8.6	5.77	14.25	14	7.86	100
Máximos	32.5	32.6	36.5	26.93	22.62	36.5	23.6	22.3	36.5
Media	8.25	10.52	10.59	8.92	8.03	9.04	9.54	7.28	9.02
Desv .STD	6.87	6.59	6.21	6.01	5.39	5.94	5.53	4.72	0.69
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-30.3	35.8	1.9	9.1					
V(N-S)	-23	32.3	0.5	6.4					

 Tabla II-58.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros Seno Dyneley

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	58	96	109	49	63	93	98	55	621
11-20.9	6	28	52	7	8	27	39	8	175
21-30.9	1	2	5	1	1	2	4	1	17
Totales	65	126	166	57	72	122	141	64	813
%dirección	7.99	15.48	20.39	7	8.85	14.99	17.32	7.86	99.88
Máximos	24.2	26.1	23	22.55	25.2	28.17	27.8	27.99	28.17
Media	6.37	8.11	9.33	6.49	6.13	8.51	8.98	6.89	7.6
Desv .STD	4.65	4.73	5.15	4.85	4.04	4.83	5.78	4.61	0.5
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-27.7	22.3	0.3	8					
V(N-S)	-25.2	22.9	0.1	5.2					

Tabla II-59. Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros Seno Dyneley

Tabla II-60.									
Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros Seno Dyneley									

	1			1					
Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	52	107	114	37	60	120	125	53	668
11-20.9	5	10	36	3	2	44	38	8	145
Totales	57	117	150	40	62	164	163	61	814
%Dirección	7	14.37	18.43	4.91	7.62	20.15	20.02	7.49	100
Máximos	13	15.3	18.2	19.1	12.7	17.9	22	17.6	22
Media	5.25	6.25	8.19	5.06	5.4	8.13	8.23	5.44	6.49
Desv .STD	3.07	3.27	3.89	3.42	2.64	3.94	4.6	4.2	0.64
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-21.9	16.9	-0.8	6.9					
V(N-S)	-13.5	12.6	-0.3	4.3					

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	32	97	99	40	54	153	129	48	652
11-20.9	1	8	22	1	4	42	65	19	162
Totales	33	105	121	41	58	195	194	67	814
%Dirección	4.05	12.9	14.86	5.04	7.13	23.96	23.83	8.23	100
Máximos	11.9	14.9	20.1	11.4	13.5	18.9	18.7	20	20.1
Media	3.77	6.1	7.39	4.09	5.36	8.15	8.93	7.28	6.38
Desv .STD	2.41	3.02	3.94	2.48	3.43	3.53	4.3	5.11	0.92
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-18.5	19.9	-2.2	6.8					
V(N-S)	-13.5	11.8	-0.8	4.2					

 Tabla II-61.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros Seno Dyneley

Tabla II-62

Frecuencia de incidencia de la corriente a 50 metros Seno Dyneley

Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	24	59	88	40	88	182	116	49	646
11-20.9	0	1	25	2	24	52	60	3	167
Totales	24	60	113	42	112	234	176	52	813
%dirección	2.95	7.37	13.88	5.16	13.76	28.75	21.62	6.39	99.88
Máximos	7.9	11.7	21.6	12.5	15	17.6	19.4	13.3	21.6
Media	3.24	5.21	7.81	5.04	7.03	8.11	9.17	4.84	6.31
Desv .STD	2	2.62	4.16	2.89	3.8	3.61	3.93	3.33	0.74
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-19.4	21.6	-2.3	6.4					
V(N-S)	-14.5	7.7	-2.2	4.4					

NIVERSARIO



Figura II-94. Elipse de máxima varianza en las capas de 5-10-20-30-40-50 metros en seno Dyneley.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-96. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 5-10-20-30-40-50-60m en seno Chasco, durante la campaña de invierno en canal Cockburn región de Magallanes.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-97. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 5 metros en seno Chasco.





Figura II-98. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en seno Chasco.





Figura II-99. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en seno Chasco.





Figura II-100. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en seno Chasco.





Figura II-101. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en seno Chasco.




Figura II-102. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 50 metros en seno Chasco.





Figura II-103. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 60 metros en seno Chasco.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	73	67	78	99	49	32	52	92	542
11-20.9	19	11	40	86	22	17	20	60	275
21-30.9	12	5	14	15	16	5	8	11	86
31-40.9	3	0	1	4	2	0	2	0	12
Totales	107	83	133	204	89	54	82	163	915
%Dirección	11.67	9.05	14.5	22.25	9.71	5.89	8.94	17.78	99.78
Máximos	35.32	30.2	32.49	40.4	36.26	41.2	39.3	29.79	41.2
Media	9.8	8.08	11.17	11.86	11.79	10.87	10.73	10.33	10.58
Desv .STD	8.09	6.51	6.9	6.55	8.48	8.41	7.51	5.99	0.95
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-37.3	30.9	1.3	9					
V(N-S)	-37.3	35.1	-0.5	9.2					

 Tabla 63

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 5 metros Seno Chasco.

140

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	51	54	99	130	53	35	44	88	554
11-20.9	16	16	37	98	33	22	21	35	278
21-30.9	3	5	13	17	14	5	8	6	71
31-40.9	1	1	4	2	1	2	2	0	13
Totales	71	76	153	247	101	64	75	129	916
%Dirección	7.74	8.29	16.68	26.94	11.01	6.98	8.18	14.07	99.89
Máximos	41.4	40.9	40.9	38.7	31.11	34.8	37.2	27.3	41.4
Media	9.29	8.91	10.38	11.65	11.58	11.36	10.66	8.97	10.35
Desv .STD	7.44	7.49	8.26	6.19	7.62	8.06	8.2	5.47	1
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-34.6	38.2	2	9.1					
V(N-S)	-30.1	39.4	-1.9	8.5					

 Tabla II-64

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros Seno Chasco

Tabla II-65. Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros Seno Chasco.

Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	47	49	100	167	84	52	49	60	608
11-20.9	13	3	44	111	38	12	10	23	254
21-30.9	2	6	10	12	5	6	2	3	46
31-40.9	0	0	2	2	1	1	0	3	9
Totales	62	58	156	292	128	71	61	89	917
%Dirección	6.76	6.32	17.01	31.84	13.96	7.74	6.65	9.71	100
Máximos	25.15	28.7	40.6	34.2	37.93	34.7	25.5	36.5	40.6
Media	7.43	7.51	10	10.86	9.49	8.94	7.68	9.67	8.95
Desv .STD	5.44	6.47	6.77	5.98	6.6	7.2	5.9	7.15	0.62
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-31.5	37.7	3	7.8					
V(N-S)	-35.3	33.6	-2.8	7.5					

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Ν NE Е S SW NW Suma Intervalo SE W 48 50 99 215 34 31 0.1-10.9 97 71 645 5 9 32 9 11-20.9 126 27 5 18 231 1 1 9 12 8 5 21-30.9 0 0 36 0 0 0 3 0 1 31-40.9 1 0 5 54 140 132 49 917 Totales 60 356 37 89 %Dirección 5.89 6.54 15.27 38.82 14.39 5.34 4.03 9.71 100 Máximos 23.9 24 25.48 32.1 30.41 31.49 32.9 20.6 32.9 6.94 Media 6.98 5.96 8.92 10.36 8.88 9.91 7.1 8.13 Desv .STD 4.46 5.06 6.08 5.45 6.13 7.5 6.57 4.55 1.05 Componente | Mínimo | Máximo | Promedio | Desv. Estándar U(E-O) -32.3 25.5 3.5 6.8 V(N-S) -28.8 23.9 -3.4 6.7

Tabla II-66. Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros Seno Chasco.

Tabla II-67. Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros Seno Chasco.

Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	45	31	105	283	124	41	40	68	737
11-20.9	1	1	12	128	15	2	2	13	174
21-30.9	0	0	0	3	2	0	0	1	6
Totales	46	32	117	414	141	43	42	82	917
%Dirección	5.02	3.49	12.76	45.15	15.38	4.69	4.58	8.94	100
Máximos	11	12.1	17.9	24.7	23.7	13.4	14	21.5	24.7
Media	4.25	3.93	6.28	9.12	6.51	4.72	4.11	7.28	5.78
Desv .STD	2.37	2.61	3.58	4.55	4.27	2.89	2.89	4.72	0.93
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-15.5	18.1	3	5.1					
V(N-S)	-22.8	15.6	-3.4	5.3					



Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	37	40	99	335	134	46	32	74	797
11-20.9	0	0	2	91	16	1	0	9	119
Totales	37	40	101	426	150	47	32	83	916
%Dirección	4.03	4.36	11.01	46.46	16.36	5.13	3.49	9.05	99.89
Máximos	9.9	9.6	12.1	19.75	20.3	12.7	9.5	16.4	20.3
Media	3.27	3.3	5.08	8	6.56	4.31	4.14	5.45	5.01
Desv .STD	1.77	1.72	2.55	3.72	3.46	2.58	2.34	3.69	0.81
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-12.4	14.9	2.6	4.2					
V(N-S)	-19.9	11.9	-3.4	4.5					

Tabla II-68. Frecuencia de incidencia de la corriente a 50 metros Seno Chasco.

Tabla II-69.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 60 metros Seno Chasco.

Intervalo	N	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	48	29	71	314	211	89	40	70	872
11-20.9	1	0	3	31	2	0	0	8	45
Totales	49	29	74	345	213	89	40	78	917
%Dirección	5.34	3.16	8.07	37.62	23.23	9.71	4.36	8.51	100
Máximos	11.1	5.4	12	16.39	11.9	9.4	9.3	16.9	16.9
Media	3.62	2.49	4.67	6.47	5.07	3.81	3.7	5.27	4.39
Desv .STD	2.15	1.35	2.42	3.11	2.48	2	2.01	3.59	0.7
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-11.3	11.8	1.4	3.5					
V(N-S)	-13.7	12.8	-2.7	3.9					



Figura II-104. Elipse de máxima varianza en las capas de 5-10-20-30-40-50-60 metros en seno Chasco.

NUVERGARIO



Figura II-105. Flujo residual en seno Chasco, campaña de invierno en canal Cockburn, región de Magallanes.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Figura II-106. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 5-10-20-30-40-50m en seno Bluff, durante la campaña de invierno en canal Cockburn región de Magallanes.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-107. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 5 metros en seno Bluff.





Figura II-108. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en seno Bluff.





Figura II-109. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en seno Bluff.





Figura II-110. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en seno Bluff.





Figura II-111. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en seno Bluff.





Figura II-112. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 50 metros en seno Bluff.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	8	3	5	7	3	5	3	13	47
11-20.9	8	12	5	4	7	8	12	8	64
21-30.9	3	6	3	4	5	4	10	13	48
31-40.9	2	7	3	6	4	5	4	6	37
41-50.9	2	5	2	2	2	4	3	4	24
51-60.9	1	0	2	1	0	1	1	2	8
61-70.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71-80.9	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Totales	24	33	20	24	22	27	33	46	229
%Dirección	10.39	14.29	8.66	10.39	9.52	11.69	14.29	19.91	99.13
Máximos	81	47.7	57.9	57.9	83.1	58.3	56	53.5	83.1
Media	22.9	25.33	24.07	23.45	28.25	25.47	24.65	23.41	24.69
Desv .STD	18.7	12.5	17.95	15.48	18.87	15.3	11.86	13.81	2.74
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-55.5	56.9	-2.3	20.1					
V(N-S)	-83.1	74.9	1.6	20.5					

 Tabla II-70

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 5 metros. Seno Bluff.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	7	4	6	3	6	2	3	2	33
11-20.9	1	8	2	8	5	11	8	14	57
21-30.9	7	4	7	7	5	8	12	11	61
31-40.9	10	5	1	1	8	7	9	10	51
41-50.9	1	1	1	0	1	2	7	2	15
51-60.9	2	2	0	0	0	1	3	1	9
61-70.9	0	1	1	0	0	0	0	1	3
71-80.9	0	0	0	1	0	0	0	0	1
totales	28	25	18	20	25	31	42	41	230
%Dirección	12.12	10.82	7.79	8.66	10.82	13.42	18.18	17.75	99.57
Máximos	59.3	63.1	64.4	76.66	85.3	54.8	58	61	85.3
Media	27.28	26.15	21.63	21.86	26.07	25.42	29.91	26.27	25.57
Desv .STD	14.13	15.49	15.17	14.87	17.46	11.81	13.65	11.92	1.88
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-57.2	64.4	-5.9	20.6					
V(N-S)	-85	58.9	1.5	20.6					

 Tabla II-71

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros Seno Bluff.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	4	6	1	1	1	7	9	4	33
11-20.9	3	7	8	2	14	11	11	12	68
21-30.9	15	7	4	3	4	7	12	5	57
31-40.9	7	3	4	0	1	6	8	3	32
41-50.9	6	1	2	0	1	4	3	1	18
51-60.9	1	1	1	0	8	2	1	0	14
61-70.9	0	0	0	0	4	0	0	0	4
71-80.9	0	0	0	0	1	3	0	0	4
Totales	36	25	20	6	34	40	44	25	230
%Dirección	15.58	10.82	8.66	2.6	14.72	17.32	19.05	10.82	99.57
Máximos	58.1	53	56.9	27.7	74.6	76.1	56	45.6	76.1
Media	28.25	21.74	25.84	19.57	34.73	28.97	23.16	20.57	25.35
Desv .STD	12.51	12.64	12.7	7.32	21.04	20.08	12.04	9.94	4.71
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-63.3	56.9	-5.9	18.8					
V(N-S)	-71.6	53.8	-1.4	23.6					

Tabla II-72 Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros Seno Bluff.



	1			r					
Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	1	2	6	6	3	4	1	4	27
11-20.9	2	2	5	8	8	10	5	3	43
21-30.9	6	5	4	8	12	7	4	2	48
31-40.9	0	0	5	9	11	3	6	2	36
41-50.9	0	2	1	9	10	7	9	0	38
51-60.9	0	1	1	4	7	4	1	1	19
61-70.9	1	0	0	0	4	1	0	0	6
71-80.9	0	0	0	1	3	2	0	0	6
81-90.9	0	0	0	0	1	0	0	0	1
91-100.9	0	0	0	2	4	0	0	0	6
totales	10	12	22	47	63	38	26	12	230
%Dirección	4.33	5.19	9.52	20.35	27.27	16.45	11.26	5.19	99.57
Máximos	66.8	53.1	58.2	99.3	103.4	72.6	54.2	51	103.4
Media	26.83	25.73	23.47	33.71	43	32.68	33.52	20.28	29.9
Desv .STD	15.47	15.18	14.52	20.61	23.69	19.01	12.52	14.08	3.82
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-62.1	56.2	0.4	22.3					
V(N-S)	-101.4	66.8	-18.4	26.8					

Tabla II-73 Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros Seno Bluff.



Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	1	3	1	2	1	4	1	4	17
11-20.9	0	3	3	5	4	4	4	2	25
21-30.9	1	2	6	10	3	3	1	2	28
31-40.9	2	0	3	6	4	3	4	0	22
41-50.9	0	1	4	9	6	1	2	0	23
51-60.9	0	1	3	8	11	1	0	2	26
61-70.9	0	0	0	4	16	1	2	2	25
71-80.9	0	0	0	5	16	1	1	0	23
81-90.9	0	0	0	4	14	0	0	4	22
91-100.9	0	0	0	3	9	0	0	0	12
101-110.9	0	0	0	3	2	0	0	0	5
111-120.9	0	0	0	1	0	0	0	0	1
121-130.9	0	0	0	0	1	0	0	0	1
totales	4	10	20	60	87	18	15	16	230
%Dirección	1.73	4.33	8.66	25.97	37.66	7.79	6.49	6.93	99.57
Máximos	39.1	55	58.9	115.9	132.2	74.6	74.3	89.9	132.2
Media	25.93	22.14	33.44	52.86	67.89	30.01	34.51	44.32	38.89
Desv .STD	12.46	17.83	14.34	27.76	24.48	21.19	21.5	32.89	6.81
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-75.4	68	8.1	26.8					
V(N-S)	-129.9	62.1	-34.6	38.8					

Tabla II-74. Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros Seno Bluff.



Intervalo	N	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	5	6	5	8	3	6	9	15	57
11-20.9	10	5	12	13	5	7	20	15	87
21-30.9	0	0	8	9	4	4	8	4	37
31-40.9	0	0	3	13	1	0	0	0	17
41-50.9	0	0	0	14	2	0	0	0	16
51-60.9	0	0	0	15	0	0	0	0	15
61-70.9	0	0	0	2	0	0	0	0	2
totales	15	11	28	74	15	17	37	34	231
%Dirección	6.49	4.76	12.12	32.03	6.49	7.36	16.02	14.72	100
Máximos	16.8	20.7	38.6	69.4	47	30.9	29.3	24.4	69.4
Media	11.06	10.43	19.52	34.72	21.57	14.51	16.15	13.27	17.65
Desv .STD	4.36	6.97	8.84	17.52	12.21	7.72	6.07	5.99	4.26
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-29.3	49.1	6	18.7					
V(N-S)	-53.8	21.7	-7.6	15.8					

Tabla II-75. Frecuencia de incidencia de la corriente a 50 metros Seno Bluff



Figura II-113. Elipse de máxima varianza en las capas de 5-10-20-30-40-50 metros en seno Bluff.





Figura II-114. Flujo residual en seno Bluff, campaña de invierno en canal Cockburn, región de Magallanes.

160



Figura II-115. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 30-40-50-60m en seno Lyell, durante la campaña de invierno en canal Cockburn región de Magallanes.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-116. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en seno Lyell.





Figura II-117. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en seno Lyell.





Figura II-118. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 50 metros en seno Lyell.





Figura II-119. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 60 metros en seno Lyell.



Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	5	5	6	6	6	13	9	7	57
11-20.9	14	12	7	9	12	6	16	22	98
21-30.9	13	3	2	2	12	21	17	17	87
31-40.9	21	2	0	1	6	10	9	23	72
41-50.9	7	1	0	2	7	6	8	18	49
51-60.9	6	0	0	0	0	0	5	11	22
61-70.9	0	0	0	0	0	1	6	15	22
71-80.9	1	0	0	0	1	1	2	21	26
81-90.9	1	0	0	0	1	1	6	22	31
91-100.9	0	0	0	0	0	0	2	16	18
101-110.9	1	0	0	0	0	0	2	16	19
111-120.9	1	0	0	0	0	1	1	25	28
121-130.9	0	0	0	0	0	0	0	19	19
131-140.9	2	0	0	0	0	0	2	17	21
141-150.9	0	0	0	0	0	0	1	11	12
151-160.9	0	0	0	0	0	0	1	6	7
161-170.9	0	0	0	0	0	0	1	8	9
171-180.9	0	0	0	0	0	0	0	1	1
181-190.9	0	0	0	0	0	0	0	2	2
191-200.9	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Totales	72	23	15	20	45	60	88	278	601
%Dirección	11.98	3.83	2.5	3.33	7.49	9.98	14.64	46.26	100
Máximos	137.5	46.8	27.9	48.8	82.2	116.9	164.5	200.3	200.3
Media	37.17	17.81	13.01	17.77	27.9	28.13	45.81	82.89	33.81
Desv .STD	26.17	11.26	7.58	12.62	16.43	20.01	37.11	46	13.46
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-163.7	27.9	-36.3	39.6					
V(N-S)	-76.6	145.7	26.3	39.6					

Tabla II-76. Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros Seno Lyell.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	14	4	2	4	5	8	11	4	52
11-20.9	14	12	2	3	1	10	30	23	95
21-30.9	10	4	0	1	3	10	27	26	81
31-40.9	4	1	0	0	0	8	19	27	59
41-50.9	2	1	0	0	0	6	17	19	45
51-60.9	1	0	0	0	0	2	17	19	39
61-70.9	0	0	0	0	0	0	17	34	51
71-80.9	0	0	0	0	0	1	16	19	36
81-90.9	0	0	0	0	0	4	11	25	40
91-100.9	0	0	0	0	0	0	12	19	31
101-110.9	1	0	0	0	0	0	9	20	30
111-120.9	0	0	0	0	0	1	7	14	22
121-130.9	0	0	0	0	0	0	2	7	9
131-140.9	0	0	0	0	0	1	1	4	6
141-150.9	1	0	0	0	0	0	2	2	5
Totales	47	22	4	8	9	51	198	262	601
%dirección	7.82	3.66	0.67	1.33	1.5	8.49	32.95	43.59	100
Máximos	145.8	43.2	15.7	27.8	22.6	136.7	145.5	149.5	149.5
Media	23.73	18.72	9	12.33	13	35.29	53.1	65.04	28.78
Desv .STD	25.12	8.73	7.38	7.43	8.15	28.81	33.78	34.13	12.38
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-139.6	24.4	-40.6	33.2					
V(N-S)	-90	134.9	20	28.2					

Tabla II-77. Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros Seno Lyell.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	15	9	4	3	7	14	12	13	77
11-20.9	24	11	2	2	8	21	38	30	136
21-30.9	13	5	0	0	2	13	24	42	99
31-40.9	12	0	1	0	0	8	23	40	84
41-50.9	6	1	0	0	0	3	11	19	40
51-60.9	4	0	0	0	0	1	11	23	39
61-70.9	1	0	0	0	0	0	8	12	21
71-80.9	0	0	0	0	0	0	9	16	25
81-90.9	0	0	0	0	0	0	3	19	22
91-100.9	0	0	0	0	0	0	2	10	12
101-110.9	0	0	0	0	0	0	3	13	16
111-120.9	0	0	0	0	0	0	2	14	16
121-130.9	0	0	0	0	0	0	0	4	4
131-140.9	1	0	0	0	0	0	0	5	6
141-150.9	0	0	0	0	0	0	0	3	3
151-160.9	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Totales	76	26	7	5	17	60	146	264	601
%dirección	12.65	4.33	1.16	0.83	2.83	9.98	24.29	43.93	100
Máximos	137.4	50.9	36.4	15.6	26.2	54.2	120.7	158.4	158.4
Media	24.94	15.9	12.29	9.06	12.21	20.47	37.27	55.39	23.44
Desv .STD	19.46	10.09	11.78	4.9	7.3	11.6	25.9	36.25	10.63
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-127.6	34.3	-28.2	28.7					
V(N-S)	-35.9	134.4	18.3	26					

Tabla II-78. Frecuencia de incidencia de la corriente a 50 metros Seno Lyell



Intervalo	N	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	11	11	18	15	24	24	28	11	142
11-20.9	18	25	10	9	27	67	37	7	200
21-30.9	6	11	3	7	26	70	30	2	155
31-40.9	1	9	2	5	10	33	13	1	74
41-50.9	0	5	0	0	4	11	4	1	25
51-60.9	0	0	0	0	0	2	1	0	3
61-70.9	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Totales	36	61	33	36	91	207	115	22	601
%Dirección	5.99	10.15	5.49	5.99	15.14	34.44	19.13	3.66	100
Máximos	34.5	50.7	36.6	38.4	49.2	53.6	65.47	46.2	65.47
Media	13.78	21.16	13.05	16.34	19.52	23.54	20.38	14.17	17.74
Desv .STD	7.28	11.09	9.61	10.3	11.52	10.52	12.89	10.82	1.62
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-65.4	38.4	-7.5	15.3					
V(N-S)	-47.7	37.1	-6.8	14.2					

Tabla II-79. Frecuencia de incidencia de la corriente a 60 metros Seno Lyell



Figura II-120. Elipse de máxima varianza en la capa de 30-40-50-60 metros en seno Lyell.





Figura II-121. Flujo residual en seno Lyell, campaña de invierno en canal Cockburn, región de Magallanes.





Figura II-122. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 5-10-20-30-40-50m en estero Staples, durante la campaña de verano en canal Cockburn región de Magallanes.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-123. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 5 metros en estero Staples.





Figura II-124. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en estero Staples.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**




Figura II-125. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en estero Staples.





Figura II-126. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en estero Staples.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-127. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en estero Staples.





Figura II-128. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 50 metros en estero Staples.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



	Flecuel				uos. ⊏s		apies.		r
Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	53	44	53	33	34	52	64	71	404
11-20.9	32	20	34	16	25	37	34	60	258
21-30.9	1	3	10	1	9	15	5	3	47
31-40.9	1	1	2	0	2	4	1	0	11
Totales	87	68	99	50	70	108	104	134	720
%Dirección	12.07	9.43	13.73	6.93	9.85	14.98	14.42	18.59	100
Máximos	38.9	37.6	32.3	21.5	73	39.5	35	24.5	73
Media	9.73	9.67	11.98	8.7	13.63	13.05	10.32	10.9	11
Desv .STD	5.62	6.33	7.44	4.98	10.61	8.34	6	5.02	1.93
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-34.7	33.5	-1.6	9.2					
V(N-S)	-72.6	38.5	0	9.3					

Tabla II-80.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 5 metros. Estero Staples.

Tabla II-81.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros. Estero Staples.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	65	55	49	48	46	51	84	72	470
11-20.9	18	16	22	16	27	35	32	30	196
21-30.9	1	2	14	1	9	16	3	2	48
31-40.9	0	0	1	0	0	4	0	0	5
41-50.9	0	0	1	0	0	1	0	0	2
Totales	84	73	87	65	82	107	119	104	721
%Dirección	11.63	10.11	12.05	9	11.36	14.82	16.62	14.4	100
Máximos	25.9	22.8	45	22.1	29.6	42.5	73.9	27.9	73.9
Media	8.32	9.06	12.52	8.93	11.39	13.31	9.78	9.13	10.31
Desv .STD	4.6	4.83	8.41	4.25	6.72	8.53	7.77	4.96	1.8
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-73.9	44.2	-1.2	9.3					
V(N-S)	-35.7	24.3	-0.9	8.1					

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**

	TIEcuen			connente a zo me			apies.		
Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	40	65	70	62	63	74	54	65	493
11-20.9	9	17	33	15	30	49	18	13	184
21-30.9	0	0	6	2	5	16	3	0	32
31-40.9	0	0	2	0	0	2	0	0	4
41-50.9	0	0	0	0	1	0	1	0	2
51-60.9	0	0	0	0	0	0	1	1	2
Totales	49	82	111	79	99	141	77	79	717
%Dirección	6.96	11.42	15.46	11	13.79	19.64	10.72	11	100
Máximos	66.4	19.5	37.1	30.5	41.1	34.1	51.85	52.8	66.4
Media	8.19	7.89	10.81	7.59	9.69	11.55	9.87	7.32	9.11
Desv .STD	9.42	3.71	6.3	5.33	6.56	7.17	8.32	6.35	1.74
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-49.6	34.4	-0.4	8.5					
V(N-S)	-40	63.2	-1.8	7.8					

Tabla II-82. Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros. Estero Staples

Tabla II-83.

riecuencia de incluencia de la comente a 30 metros. Estero Staples	Frecuencia	a de	incidencia	de	la	corriente	a 30) metros.	Estero	Staple
--	------------	------	------------	----	----	-----------	------	-----------	--------	--------

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	40	42	76	90	62	60	68	50	488
11-20.9	2	17	58	23	35	47	11	7	200
21-30.9	0	2	7	1	8	11	0	0	29
Totales	42	61	141	114	105	118	79	57	717
%Dirección	5.82	8.59	19.67	15.79	14.68	16.48	10.94	7.89	99.86
Máximos	13.4	32.81	34	26	33.1	34.6	20.5	17.2	34.6
Media	6.02	9.29	10.65	7.99	10.87	11.71	7.15	6.44	8.76
Desv .STD	3.21	6.49	5.56	4.52	6.27	6.91	4.21	3.45	1.43
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-19.9	33.6	1	8					
V(N-S)	-31.4	19.9	-2.7	7					

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



	Flecuell			comente a 40 me	u05. E		apies.		
Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	53	51	71	112	81	64	48	44	524
11-20.9	6	10	34	38	28	41	13	8	178
21-30.9	0	1	1	0	5	7	3	0	17
31-40.9	0	0	0	0	0	2	0	0	2
Totales	59	62	106	150	114	114	64	52	721
%Dirección	8.17	8.59	14.68	20.78	15.79	15.93	8.86	7.2	100
Máximos	19.4	26.9	24.8	19.6	26.2	46.8	25.4	17.2	46.8
Media	6.94	7.74	9.05	8.63	8.96	11.34	7.98	7.64	8.54
Desv .STD	3.73	4.81	4.57	4.04	5.27	7.25	5.48	3.42	1.22
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-33.4	24.8	0.8	7.4					
V(N-S)	-35.5	18.2	-2.5	6.6					

Tabla II-84.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros. Estero Staples.

Tabla II-85.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 50 metros. Estero Staples.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	57	46	73	95	82	77	47	63	540
11-20.9	9	6	15	42	36	28	12	20	168
21-30.9	0	0	0	1	1	7	1	3	13
Totales	66	52	88	138	119	112	60	86	721
%Dirección	9.14	7.2	12.19	19.11	16.48	15.51	8.31	11.91	99.86
Máximos	17.7	14.7	18.6	26.1	22.2	27.3	21.8	24.8	27.3
Media	6.28	6.09	7.68	8.74	9.16	9.32	8.14	8.53	7.99
Desv .STD	5.22	3.73	4.13	4.5	4.43	6.01	4.89	5.03	0.71
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-22.2	24.1	0	6.5					
V(N-S)	-23.8	19.8	-2.1	6.7					



Figura II-129. Elipse de máxima varianza en la capa de 5-10-20-30-40-50 metros en estero Staples.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Figura II-130. Flujo residual en estero Staples, campaña de verano en canal Cockburn, región de Magallanes.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-131. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 5-10-20-30-40m en Seno Lyell, durante la campaña de verano en canal Cockburn región de Magallanes.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-132. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 5 metros en Seno Lyell.





Figura II-133. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en Seno Lyell.





Figura II-134. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en Seno Lyell.





Figura II-135. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en Seno Lyell.







	Frecuenc	la de inclu	encia de la	comente a 5 metro	JS. Can	al Sen	о суег		
Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	131	73	142	256	155	113	80	129	1079
11-20.9	4	4	2	43	11	5	5	3	77
Totales	135	77	144	299	166	118	85	132	1156
%Dirección	11.66	6.65	12.44	25.82	14.34	10.19	7.34	11.4	99.83
Máximos	14.8	19.1	14.3	18.5	14	20	18.6	15.3	20
Media	4.15	4.64	4.31	6.5	5.15	4.51	4.43	4.55	4.78
Desv .STD	2.56	3.59	2.61	3.87	3.13	3.14	3.69	2.68	0.52
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-18.6	14	0.9	4					
V(N-S)	-17	14.8	-1.2	4.3					

 Tabla II-86

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 5 metros. Canal Seno Lyell

Tabla II-87.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros. Canal Seno Lyell.

Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	121	118	185	285	138	74	82	129	1132
11-20.9	0	0	1	19	5	1	0	2	28
Totales	121	118	186	304	143	75	82	131	1160
%Dirección	10.41	10.15	16.01	26.16	12.31	6.45	7.06	11.27	99.83
Máximos	10.1	7.9	11.4	14.9	14.36	11.3	9.7	15.2	15.2
Media	3.61	3.35	4.15	5.52	4.62	2.94	3.59	3.98	3.97
Desv .STD	1.84	1.72	2.21	3.01	2.94	2.04	1.93	2.37	0.49
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-12.4	12.9	1.2	3.3					
V(N-S)	-13.5	13.3	-0.8	3.5					

	riecuenci	a de inclue	encia de la c	connentie a 20 metri	US. Cal	iai Se	ло су	en.	
Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	125	122	192	269	142	81	105	122	1158
Totales	125	122	192	269	142	81	105	122	1158
%Dirección	10.75	10.49	16.6	23.22	12.21	6.96	9.03	10.49	99.74
Máximos	8.5	8.5	11.1	11.9	10.2	6.6	7.6	8.8	11.9
Media	3.13	2.92	3.57	4.07	3.1	2.49	2.83	2.88	3.12
Desv .STD	1.62	1.71	1.89	2.28	2.12	1.54	1.65	1.59	0.27
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-7.4	10.8	0.9	2.7					
V(N-S)	-10.5	8.5	-0.4	2.6					

Tabla II-88.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros. Canal Seno Lyell.

Tabla II-89.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros. Canal Seno Lyell.

								/	
Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	123	138	205	295	105	83	92	121	1162
Totales	123	138	205	295	105	83	92	121	1162
%Dirección	10.57	11.86	17.61	25.34	9.02	7.13	7.9	10.4	99.83
Máximos	9.2	7.2	10.5	9.8	6	5.7	8.6	8.4	10.5
Media	2.75	2.3	3.24	3.95	2.56	2.07	2.73	2.86	2.81
Desv .STD	1.7	1.29	1.72	2.14	1.42	1.25	1.63	1.64	0.28
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-8	10.3	1	2.5					
V(N-S)	-7.7	9.2	-0.3	2.3]				

NIVERSARIO

	Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros. Canal Seno Lyell.									
Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma	
0.1-10.9	142	107	131	240	131	86	145	179	1161	
Totales	142	107	131	240	131	86	145	179	1161	
%Dirección	12.2	9.19	11.25	20.62	11.25	7.39	12.46	15.38	99.74	
Máximos	6.2	8	7	9.8	8	7.3	9.8	8.7	9.8	
Media	2.38	2.22	2.4	3.62	2.7	2.02	2.97	2.76	2.64	
Desv .STD	1.31	1.21	1.42	2.14	1.6	1.17	1.72	1.69	0.32	
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar						
U(E-O)	-9.6	7.9	0.1	2.3						
V(N-S)	-8.6	7.1	-0.2	2.3						

 Tabla II-90

 Frequencia de incidencia de la corriente a 40 metros. Canal. Seno I vell.





Figura II-137. Elipse de máxima varianza en la capa de 5-10-20-30-40 metros en Seno Lyell.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Figura II-138. Flujo residual en Seno Lyell, campaña de verano en canal Cockburn, región de Magallanes.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**







Figura II-139. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 5-10-20-30-40-50m en canal Pedro, durante la campaña de verano en canal Cockburn, región de Magallanes.





Figura II-140. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 5 metros en canal Pedro.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-141. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en canal Pedro.





Figura II-142. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en canal Pedro.





Figura II-143. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en canal Pedro.





Figura II-144. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en canal Pedro.





Figura II-145. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 50 metros en canal Pedro.

Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	181	238	137	52	62	96	80	87	933
11-20.9	41	47	13	4	12	36	5	3	161
21-30.9	3	1	0	0	5	9	2	0	20
Totales	225	286	150	56	79	141	87	90	1114
%Dirección	20.16	25.63	13.53	5.02	7.08	12.63	7.8	8.06	99.91
Máximos	25.2	22.5	32.4	18.3	26.3	27.3	25.6	16.23	32.4
Media	7.62	7.42	6.39	5.56	7.41	9.31	6.15	5.2	6.88
Desv .STD	4.38	3.89	4.11	3.73	6.01	6.07	4.28	2.72	1.13
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-24.9	30.9	0.9	5.4					
V(N-S)	-24.8	24.8	1.7	6.3					

 Tabla II-91

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 5 metros. Canal Pedro.

Tabla II-92

Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros. Canal Pedro.

		-			-				-
Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	150	253	152	61	90	122	75	79	982
11-20.9	11	18	11	4	17	60	3	0	124
21-30.9	2	0	1	0	2	8	0	0	13
Totales	163	271	164	65	109	190	78	79	1119
%Dirección	14.55	24.2	14.64	5.8	9.73	16.96	6.96	7.05	99.91
Máximos	25.9	16.9	25.3	17.2	24.01	25.7	13	10.9	25.9
Media	6.07	6.29	5.76	4.71	6.81	9.51	4.7	3.98	5.98
Desv .STD	3.88	3.09	3.72	3.39	5.09	5.84	2.76	2.31	1.18
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-18.3	25.1	0.6	5					
V(N-S)	-23.3	25	0.1	5.9					

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**

Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	142	295	123	52	112	137	54	48	963
11-20.9	9	31	8	0	26	75	1	1	151
21-30.9	0	0	0	0	1	12	0	0	13
Totales	151	326	131	52	139	224	55	49	1127
%Dirección	13.4	28.93	11.62	4.61	12.33	19.88	4.88	4.35	100
Máximos	14.7	20.9	14	10.2	24.3	23	12.4	12.4	24.3
Media	5.47	6.73	5.33	3.55	7	10.16	4.04	3.96	5.78
Desv .STD	2.93	3.22	3.02	1.9	4.87	5.92	2.68	2.17	1.37
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-15.7	18.2	0.4	4.9					
V(N-S)	-23.1	14.9	-0.3	6.4					

 Tabla II-93

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros. Canal Pedro.

Tabla II-94.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros. Canal Pedro.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	167	312	85	41	89	144	49	45	932
11-20.9	14	71	0	1	23	74	0	0	183
21-30.9	0	0	0	0	2	9	0	0	11
Totales	181	383	85	42	114	227	49	45	1126
%Dirección	16.06	33.98	7.54	3.73	10.12	20.14	4.35	3.99	99.91
Máximos	16.4	19.5	10.3	11.6	22	23.9	7.3	7.9	23.9
Media	5.51	7.53	3.87	3.6	6.77	9.28	3.22	2.96	5.34
Desv .STD	3.35	3.66	2.32	1.87	5.14	5.83	1.84	1.71	1.58
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-14.4	13	0.7	4.6					
V(N-S)	-20.8	16.8	0.6	6.6					

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**

Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma		
0.1-10.9	174	306	72	55	120	117	44	59	947		
11-20.9	13	75	1	0	31	56	0	0	176		
21-30.9	0	0	0	0	0	3	0	0	3		
Totales	187	381	73	55	151	176	44	59	1126		
%Dirección	16.59	33.81	6.48	4.88	13.4	15.62	3.9	5.24	99.91		
Máximos	17.6	16.9	11.5	8.2	19.3	21.5	7.6	8.7	21.5		
Media	5.11	7.57	3.39	3.25	6.63	8.24	2.76	2.96	4.99		
Desv .STD	3.31	3.56	1.87	1.43	4.29	5.25	1.64	1.52	1.45		
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar							
U(E-O)	-12.9	12.5	1	3.9							
V(N-S)	-18.9	17.4	0.8	6.2							

 Tabla II-95.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros. Canal Pedro.

	Frecuer	Frecuencia de incidencia de la corriente a 50 metros. Canal Pedro.										
Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma			
0.1-10.9	114	302	140	122	207	97	47	49	1078			
11-20.9	6	31	0	0	6	4	0	0	47			
Totales	120	333	140	122	213	101	47	49	1125			
%Dirección	10.65	29.55	12.42	10.83	18.9	8.96	4.17	4.35	99.82			
Máximos	14.4	16.1	8.8	7.6	14.5	13.6	7	9	16.1			
Media	4.92	6.26	3.84	3.01	5.08	4.68	2.73	3	4.19			
Desv .STD	3.12	3.07	1.98	1.63	2.42	3.05	1.59	2.03	0.65			
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar								
U(E-O)	-8.6	9.9	1.5	3								
V(N-S)	-14	13.4	0.5	4.5								

Tabla II-96.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. ANEXO II





Figura II-146. Elipse de máxima varianza en la capa de 5-10-20-30-40-50 metros en canal Pedro.



Figura II-147. Flujo residual en canal Pedro, campaña de verano en canal Cockburn, región de Magallanes.



Figura II-148. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 5-10-20-30-40-50m en seno Dyneley, durante la campaña de verano en canal Cockburn región de Magallanes.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Frecuencia de Dirección

Figura II-149. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 5 metros en Seno Dyneley.







209





Figura II-151. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en Seno Dyneley.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**




Figura II-152. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en Seno Dyneley.





Figura II-153. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en Seno Dyneley.





Figura II-154. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 50 metros en Seno Dyneley.

lu fa muala	N		F	0		0.44	1.0.0		0
Intervalo	N	NE	E	SE	5	SW	VV	NW	Suma
0.1-10.9	32	73	98	46	56	71	60	31	467
11-20.9	5	59	137	13	15	43	24	11	307
21-30.9	0	7	78	1	0	2	1	0	89
31-40.9	0	0	5	0	0	0	0	0	5
Totales	37	139	318	60	71	116	85	42	868
%Dirección	4.26	16.01	36.64	6.91	8.18	13.36	9.79	4.84	100
Máximos	13.4	25.2	34.5	21.2	20.1	26.9	30.6	18.3	34.5
Media	7.19	10.81	15.58	8.14	7.18	9.82	8.63	8.15	9.44
Desv .STD	3.41	5.39	7.31	4.32	4.38	5.01	4.84	4.33	1.15
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-29.8	34.5	5.3	10.7					
V(N-S)	-22.6	19.7	0.4	5.9					

 Tabla II-97

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 5 metros. Seno Dyneley.

	Frecuen	icia de inci	idencia de la	i corriente a 10 me	etros. S	Seno D	yneley.		
Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	54	93	94	56	50	99	110	63	619
11-20.9	2	51	88	5	6	36	30	16	234
21-30.9	0	0	14	0	0	1	0	0	15
Totales	56	144	196	61	56	136	140	79	868
%Dirección	6.45	16.59	22.58	7.03	6.45	15.67	16.13	9.1	100
Máximos	15	20.9	26.8	16.8	14.6	21.5	20.5	18.3	26.8
Media	5.86	9.12	11.78	6.18	6.57	8.65	8.02	7.84	8
Desv .STD	3.36	4.74	5.72	2.97	3.27	4.53	4	4.24	0.91
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-20.5	26.6	1.3	8.6					
V(N-S)	-14.3	15	0.4	5.1					

Tabla II-98.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. ANEXO II

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	42	73	105	47	47	120	154	61	649
11-20.9	4	32	27	1	6	44	78	16	208
21-30.9	0	1	1	0	0	2	6	1	11
Totales	46	106	133	48	53	166	238	78	868
%Dirección	5.3	12.21	15.32	5.53	6.11	19.12	27.42	8.99	100
Máximos	12.7	21.2	22.3	12.1	20.3	23.4	26.4	25.9	26.4
Media	5.98	9.01	7.89	4.39	6.41	8.37	9.35	7.74	7.39
Desv .STD	2.99	4.92	4.68	2.56	3.7	4.25	5.1	4.78	0.95
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-26.3	22	-2	7.9					
V(N-S)	-19.2	15.3	-0.1	4.7					

 Tabla II-99.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros. Seno Dyneley.

Tabla II-100.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros. Seno Dyneley.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	45	78	71	40	47	114	148	72	615
11-20.9	1	45	24	0	0	34	96	17	217
21-30.9	0	4	6	0	0	1	23	1	35
Totales	46	127	101	40	47	149	267	90	867
%Dirección	5.3	14.63	11.64	4.61	5.41	17.17	30.76	10.37	99.88
Máximos	12.5	25	28.4	8.6	9.6	21.6	27.8	21.9	28.4
Media	4.73	8.97	8.69	3.89	4.06	8.3	10.97	7.03	7.08
Desv .STD	2.5	5.6	6.03	2.07	2.12	4.54	6.21	4.36	1.74
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-27.1	27.8	-2.9	8.7					
V(N-S)	-15.7	14.4	0.4	4.4					

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Intervalo	Ν	NE	Е	SE	S	SW	W	NW	Suma		
0.1-10.9	51	92	47	19	43	107	127	55	541		
11-20.9	1	92	15	0	6	77	87	10	288		
21-30.9	0	14	5	0	0	2	16	2	39		
Totales	52	198	67	19	49	186	230	67	868		
%Dirección	5.99	22.81	7.72	2.19	5.65	21.43	26.5	7.72	100		
Máximos	14.5	29.3	25.9	7.7	14.2	22.7	26.6	22	29.3		
Media	5.12	11.39	8.66	3.41	6.11	9.74	10.72	7.24	7.8		
Desv .STD	2.81	6.21	6.59	1.93	3.46	4.5	6.27	5.2	1.75		
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar							
U(E-O)	-26.4	26.6	-2	9.3							
V(N-S)	-17	15.9	0.4	5.7							

Tabla II-101.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros. Seno Dyneley.

Tabla II-102.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 50 metros. Seno Dyneley.

Intervalo	N	NE	E	SE	S	SW	Ŵ	NW	Suma
0.1-10.9	39	168	48	22	83	149	61	30	600
11-20.9	0	93	13	3	41	85	23	2	260
21-30.9	0	0	0	0	2	3	2	1	8
Totales	39	261	61	25	126	237	86	33	868
%Dirección	4.49	30.07	7.03	2.88	14.52	27.3	9.91	3.8	100
Máximos	9.3	19.4	17.6	15.5	23.8	26.4	22.3	23.6	26.4
Media	4.43	9.37	7.23	5.19	9.4	10.05	8.77	6.28	7.59
Desv .STD	2.26	4.26	4.28	3.99	4.58	4.57	4.77	4.19	0.79
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-20.9	17.5	-0.3	7.1					
V(N-S)	-23.3	13.8	-1.3	7					



Figura II-155. Elipse de máxima varianza en la capa de 5-10-20-30-40-50metros en Seno Dyneley.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-156. Flujo residual en seno Dyneley, campaña de verano en canal Cockburn, región de Magallanes.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-157. Serie horaria de la corriente obtenida a través de ADCP anclado a 5-10-20-30-40-50m en seno Chasco, durante la campaña de verano en canal Cockburn región de Magallanes.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-158. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 5 metros en seno Chasco.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-159. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 10 metros en seno Chasco.





Figura II-160. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 20 metros en seno Chasco.





Figura II-161. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 30 metros en seno Chasco.





Figura II-162. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 40 metros en seno Chasco.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**





Figura II-163. Histograma de magnitud y dirección de la corriente a 50 metros en seno Chasco.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**

Intervalo	N	NE	F	SE.	S	SW	W	NIW/	Suma
Intervalo	IN			JL	5	511	VV		Jullia
0.1-10.9	29	38	59	122	191	125	35	21	620
11-20.9	8	7	24	45	128	159	9	4	384
21-30.9	0	1	3	3	12	32	0	1	52
Totales	37	46	86	170	331	316	44	26	1056
%Dirección	3.5	4.35	8.14	16.08	31.32	29.9	4.16	2.46	99.91
Máximos	17.9	21.1	26.4	24.3	28.2	30.1	19.9	22.3	30.1
Media	7.92	7.15	9.23	8.75	10.45	12.84	7.45	6.75	8.82
Desv .STD	4.63	4.51	5.1	4.37	5.02	5.96	4.8	5.76	0.58
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-20	25.9	-1.1	6.8					
V(N-S)	-26.9	18	-6.7	6.8					

Tabla II-103. Frecuencia de incidencia de la corriente a 5 metros. Seno Chasco.

Tabla II-104.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 10 metros. Seno Chasco.

·		1					r		
Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	19	21	35	50	94	94	19	8	340
11-20.9	25	7	9	33	265	122	4	3	468
21-30.9	9	3	1	6	148	58	0	0	225
31-40.9	0	0	0	2	17	5	0	0	24
Totales	53	31	45	91	524	279	23	11	1057
%Dirección	5.01	2.93	4.26	8.61	49.57	26.4	2.18	1.04	100
Máximos	27.5	25.4	22.1	35.5	37	37.3	15.7	19.5	37.3
Media	13.64	9.65	7.82	10.92	17.39	15.16	6.35	7.45	11.05
Desv .STD	6.78	6.32	4.03	6.74	7.03	7.44	4.26	6.21	1.27
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-22.1	21.8	-2	6.3					
V(N-S)	-35.9	27.1	-11.5	10.4					

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**

· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·										
Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma	
0.1-10.9	24	34	57	65	147	129	26	16	498	
11-20.9	4	6	7	29	140	129	2	0	317	
21-30.9	0	1	0	7	148	23	1	0	180	
31-40.9	0	0	0	0	50	2	0	1	53	
41-50.9	0	0	0	0	8	0	0	0	8	
Totales	28	41	64	101	493	283	29	17	1056	
%Dirección	2.65	3.88	6.05	9.56	46.64	26.77	2.74	1.61	99.91	
Máximos	18.9	28.7	13.4	25.8	50.2	39.4	21	34.9	50.2	
Media	6.12	6.74	6.05	9.77	18.57	12.18	5.97	6.59	9	
Desv .STD	4.42	4.9	3.09	6.02	10.3	6.17	4.41	7.74	2.27	
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar						
U(E-O)	-23.5	20.6	-1.8	5.8						
V(N-S)	-50.1	25.8	-11.3	10.9						

 Tabla II-105.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 20 metros. Seno Chasco

Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma			
0.1-10.9	38	79	181	99	84	141	63	33	718			
11-20.9	2	41	152	25	10	65	16	4	315			
21-30.9	0	2	16	1	0	4	0	0	23			
Totales	40	122	349	125	94	210	79	37	1056			
%Dirección	3.78	11.54	33.02	11.83	8.89	19.87	7.47	3.5	99.91			
Máximos	11.6	23.6	27.1	21.6	19.3	27.4	16.8	14	27.4			
Media	5.08	9.2	11.11	7.59	6.33	9.28	7.33	5.71	7.7			
Desv .STD	3.13	5.09	5.46	4.63	3.59	4.87	3.9	3.38	0.87			
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar								
U(E-O)	-20.5	27.1	3.1	8.4								
V(N-S)	-20.1	16.3	-1.4	5.1								

Frecuencia de incidencia de la corriente a 30 metros. Seno Chasco.

²²⁷

Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma		
0.1-10.9	12	33	135	202	152	52	9	4	599		
11-20.9	0	13	122	148	105	16	0	0	404		
21-30.9	0	0	8	13	31	2	0	0	54		
Totales	12	46	265	363	288	70	9	4	1057		
%Dirección	1.14	4.35	25.07	34.34	27.25	6.62	0.85	0.38	100		
Máximos	7.2	19.5	26.7	28.2	31.8	25.3	8.9	1.8	31.8		
Media	3.44	8	10.88	10.55	11.5	8.92	4.51	1.13	7.37		
Desv .STD	2.08	5.11	4.82	5.22	6.96	4.74	2.46	0.56	2.09		
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar							
U(E-O)	-11.1	26	5.2	6.2							
V(N-S)	-30.8	13.1	-6	6.5							

 Tabla II-107.

 Frecuencia de incidencia de la corriente a 40 metros. Seno Chasco.

Tabla II-108.

Frecuencia de incidencia de la corriente a 50 metros. Seno Chasco.

Intervalo	Ν	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Suma
0.1-10.9	84	81	65	68	128	292	201	78	997
11-20.9	0	1	1	1	2	47	6	0	58
Totales	84	82	66	69	130	339	207	78	1055
%Dirección	7.95	7.76	6.24	6.53	12.3	32.07	19.58	7.38	99.81
Máximos	10.8	14.9	18.7	11.1	14.7	20.1	19	10.7	20.1
Media	3.61	3.56	3.95	3.42	3.92	6.81	4.72	3.7	4.21
Desv .STD	2.11	2.35	3.1	2.29	2.39	3.95	2.89	2.09	0.64
Componente	Mínimo	Máximo	Promedio	Desv. Estándar					
U(E-O)	-17.7	18.7	-2.2	4					
V(N-S)	-16.7	10.9	-1.5	3.5					

NIVERSARIO



Figura II-164. Elipse de máxima varianza en la capa de 5-10-20-30-40-50 metros en seno Chasco.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Figura II-165. Flujo residual en seno Chasco, campaña de verano en canal Cockburn, región de Magallanes.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**

Análisis Armónico

Para caracterizar el régimen de marea presente en cada localidad, las series horarias de nivel del mar fueron sometidas a un análisis armónico en base al método de mínimos cuadrados. Las constituyentes obtenidas fueron utilizadas para caracterizar los regímenes de marea presentes en el área de estudio mediante el coeficiente de Courtier "F" (Boon, 2004), valor que se obtiene de la suma de las principales amplitudes diurnas dividida por la suma de las principales amplitudes semidiurna y que determinan el régimen o tipo de marea que corresponde:

$$F = \frac{K_{1} + O_{1}}{S_{2} + M_{2}}$$

Si 0<F<0,25, el régimen de mareas se clasifica como semi-diurno; si 0,25<F<1,50, el régimen de marea se clasifica como semi-diurno mixto con una marcada desigualdad diaria en las alturas de las pleamares y bajamares, si 1,50<F<3,00, el régimen de mareas se clasifica como diurno mixto y si F>3,0, el régimen de mareas se clasifica como diurno.

Análisis Espectral

Con el fin de estimar la variabilidad temporal en el dominio de la frecuencia del nivel del mar y representar los procesos involucrados, se utilizó el análisis espectral, en el cual se emplearon las funciones de densidad auto-espectral, usando la transformada rápida de Fourier, siguiendo la metodología propuesta por Bendat y Piersol (1971).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**

Campaña canal Cockburn verano 2014

Los mareógrafos ligados al estrecho de Magallanes se ven un tanto más energéticos que el ligado al canal Cockburn (seno Chasco) (**figura II-166**). En todos los mareógrafos se obtuvieron un régimen de marea semidiurno mixto con una marcada desigualdad diaria de acuerdo al coeficiente de Courtier F. (**tablas II-109 a II-112**) las mayores amplitudes se observaron en el mareógrafo ubicado en bahía Escondida, (Punta Arenas). Mientras que las menores amplitudes se observaron en seno Chasco.



Figura II-166. Densidad espectral en mareógrafos de canal Cockburn, campaña de verano. Bahía Escondida en color negro, estero Staples en color verde, seno Chasco en color azul y isla Wren en color rojo.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**

Tabla II-109.

Principales constituyentes armónicas de la marea en Isla Wren (53.77201°S 72.08240°W)

NOMBRE	FRECUENCIA	PERIODO	AMPLITUD	FASE
	(cph)	(hr)	(m)	(grados)
01	0.0387307		0.1964	36.29
K1	0.0417807		0.2874	79.41
M2	0.0805114		0.4780	51.59
S2	0.0833333		0.2080	116.06
COEFICIENTE DE COURTIER=0.70524781				

Tabla II-110.

Principales constituyentes armónicas de la marea en bahía Escondida (53.81703°S 71.06360°W)

NOMBRE	FRECUENCIA	PERIODO	AMPLITUD	FASE	
	(cph)	(hr)	(m)	(grados)	
01	0.0387307	26	0.2054	35.91	
K1	0.0417807	24	0.3089	79.52	
M2	0.0805114	12	0.4829	38.53	
S2	0.0833333	12	0.2269	114.88	
COEFICIENTE DE COURTIER =0.7245703					

Tabla II-111.

Principales constituyentes armónicas de la marea en Estero Staples (54.08080°S 71.10953°W)

NOMBRE	FRECUENCIA	PERIODO	AMPLITUD	FASE
	(cph)	(hr)	(m)	(grados)
01	0.0387307	26	0.2044	36.36
K1	0.0417807	24	0.3028	79.26
M2	0.0805114	12	0.4766	42.71
S2	0.0833333	12	0.2206	115.57
COEFICIENTE DE COURTIER =0.72748135				



Tabla II-112.

Principales constituyentes armónicas de la marea en seno Chasco (54.41838°S 71.85830°W)

NOMBRE	FRECUENCIA	PERIODO	AMPLITUD	FASE
	(cph)	(hr)	(m)	(grados)
01	0.0387307	26	0.1565	21.7
K1	0.0417807	24	0.2222	61.65
M2	0.0805114	12	0.3826	96.88
S2	0.0833333	12	0.1023	91.43
COEFICIENTE DE COURTIER =0.78098577				

Tabla II-113

Principales constituyentes armónicas de la marea en canal Ninualac (45.08034°S 74.26964°W)

NOMBRE	FRECUENCIA	PERIODO	AMPLITUD	FASE
	(cph)	(hr)	(m)	(grados)
01	0.0387307	26	0.1282	333.31
K1	0.0417807	24	0.1758	4.11
M2	0.0805114	12	0.5619	17.62
S2	0.0833333	12	0.1873	30.8
COEFICIENTE DE COURTIER =0.406				

Tabla II-114

Principales constituyentes armónicas de la marea en canal King (44.55671°S 74.17909°W)

NOMBRE	FRECUENCIA	PERIODO	AMPLITUD	FASE
	(cph)	(hr)	(m)	(grados)
01	0.0387307	26	0.1217	343.19
K1	0.0417807	24	0.1559	1.75
M2	0.0805114	12	0.5580	16.84
S2	0.0833333	12	0.1623	18.19
COEFICIENTE DE COURTIER = 0.385				

Tabla II-115

Principales constituyentes armónicas de la marea en canal moraleda (44.55671°S 74.17909°W)

NOMBRE	FRECUENCIA	PERIODO	PERIODO AMPLITUD	
	(cph)	(hr)	(m)	(grados)
01	0.0387307	26	0.1477	334.79
K1	0.0417807	24	0.1880	4.53
M2	0.0805114	12	0.8012	27.8
S2	0.0833333	12	0.2708	46.29
COEFICIENTE DE COURTIER=0.313				

Campaña Archipiélago de Chonos otoño 2014

En el archipiélago de Chonos se efectuaron mediciones del nivel del mar en los canales Moraleda, Ninualac, Ciriaco y King. El análisis de densidad espectral (**figura II-167**) realizado a estos registros evidencio una mayor energía en canal Moraleda y canal Ciriaco. En tanto todos los registros presentaron un régimen de marea semidiurno mixto, coincidiendo con los resultados de Fierro *et al.*, (2000) en el canal Moraleda, de acuerdo al coeficiente de Courtier F. (**tablas II-113 a II-116**). En tanto las mayores amplitudes (constituyentes principales) se observaron en canal Moraleda, mientras que las menores amplitudes se observaron en canal King.



Figura II-167. Densidad espectral en mareógrafos de Archipiélago de Chonos, campaña de otoño. Canal Ninualac en color verde, canal King en color negro, canal moraleda en color rojo y canal Ciriaco en color azul.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO II**



Tabla II-116

Principales constituyentes armónicas de la marea en canal Ciriaco (44.96030°S 73.80513°W)

NOMBRE	FRECUENCIA	PERIODO	AMPLITUD	FASE
	(cph)	(hr)	(m)	(grados)
01	0.0387307	26	0.1351	334.49
K1	0.0417807	24	0.1832	6.75
M2	0.0805114	12	0.7236	29.1
S2	0.0833333	12	0.2364	48.28
COEFICIENTE DE COURTIER =0.332				

ANEXO III

Correntometría Lagrangiana



Archipiélago de Chonos campaña primavera 2013

Figura III-1. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal King-isla mercedes a 4 metros en Archipiélago de Chonos, octubre 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final. Los colores representan los diferentes segmentos realizados durante el periodo.



Figura III-2. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal King-isla mercedes a 8 metros en Archipiélago de Chonos, octubre 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final. Los colores representan los diferentes segmentos realizados durante el periodo.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**

Tabla III-1

Descripción derivador observado a 4 y 8 m en canal King-isla Mercedes, campaña archipiélago de Chonos, primavera 2013. Las letras indican la cantidad de segmentos que lo componen.

a)		DERIVADOR OBSERVADO 4m	DERIVADOR OBSERVADO 8m
	DISTANCIA RECORRIDA (Km)	6.75	5.9805
	DISTANCIA NETA (Km)	5.047	5.0032
	TIEMPO (horas)	11.48	12
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	16.33	13.84
b)		DERIVADOR OBSERVADO 4m	DERIVADOR OBSERVADO 8m
	DISTANCIA RECORRIDA (Km)	3.55	6.06
	DISTANCIA NETA (Km)	3.31	3.99
	TIEMPO (horas)	4.85	13.36
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	20.33	12.60
b)	DISTANCIA RECORRIDA (Km) DISTANCIA NETA (Km) TIEMPO (horas) VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	DERIVADOR OBSERVADO 4m 3.55 3.31 4.85 20.33	13.84 DERIVADOR OBSERVADO 8 6.06 3.99 13.36 12.60

C)		DERIVADOR OBSERVADO 4m
	DISTANCIA RECORRIDA (Km)	4.11
	DISTANCIA NETA (Km)	3.59
	TIEMPO (horas)	8.6
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	13.28

NIVERSARIO

Tabla III-2

Posición y hora de boyas derivadoras a 4m y 8m en canal King en confluencia con isla Mercedes, campaña archipiélago de Chonos, primavera 2013.

facha	DERIVADOR 4M		DERIVADOR 8M	
lecha	latitud	longitud	latitud	longitud
29-10-2013 6:00	-44.5439	-73.8804	-44.5444	-73.8812
29-10-2013 7:00	-44.5612	-73.8824	-44.549	-73.8702
29-10-2013 8:00	-44.5632	-73.8784	-44.551	-73.862
29-10-2013 9:00	-44.5675	-73.8703	-44.5532	-73.8587
29-10-2013 10:00	-44.571	-73.8621	-44.5562	-73.8599
29-10-2013 11:00	-44.5732	-73.8558	-44.5598	-73.8623
29-10-2013 12:00	-44.575	-73.8513	-44.5642	-73.8607
29-10-2013 13:00	-44.5763	-73.8493	-44.5677	-73.8572
29-10-2013 14:00	-44.5776	-73.8491	-44.5716	-73.857
29-10-2013 15:00	-44.579	-73.8508	-44.5758	-73.8586
29-10-2013 16:00	-44.5804	-73.8532	-44.5807	-73.8538
29-10-2013 17:00	-44.5828	-73.8533	-44.5835	-73.8509
29-10-2013 18:00	-44.5506	-73.8664	-44.5838	-73.8505
29-10-2013 19:00	-44.5546	-73.851	-44.5503	-73.8662
29-10-2013 20:00	-44.5566	-73.8397	-44.5526	-73.856
29-10-2013 21:00	-44.5579	-73.8306	-44.5538	-73.8494
29-10-2013 22:00	-44.5574	-73.8256	-44.5548	-73.8469
29-10-2013 23:00	-44.5535	-73.8286	-44.5556	-73.8478
29-10-2013 0:00	-44.556	-73.8309	-44.557	-73.852
28-10-2013 1:00	-44.5581	-73.835	-44.5591	-73.854
27-10-2013 2:00	-44.5612	-73.8375	-44.5611	-73.8563
26-10-2013 3:00	-44.5644	-73.8421	-44.5629	-73.8584
25-10-2013 4:00	-44.574	-73.8413	-44.5657	-73.8618
24-10-2013 5:00	-44.5822	-73.8398	-44.5711	-73.8607
23-10-2013 6:00	-44.5848	-73.8403	-44.5789	-73.8598
22-10-2013 7:00	-44.5848	-73.8404	-44.5821	-73.8608
23-10-2013 8:00			-44.5856	-73.8641



Figura III-3. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Ciriaco a 4 metros en Archipiélago de Chonos, octubre 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.



Figura III-4. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Ciriaco a 8 metros en Archipiélago de Chonos, octubre 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**



Tabla III-3

Descripción derivador observado a 4 y 8 m en canal Ciriaco, campaña archipiélago de Chonos, Primavera 2013.

DERIVADOR OBSERVADO 4m DERIVADOR OBSERVADO 8m

DISTANCIA RECORRIDA (Km)	11.26	70.6656
DISTANCIA NETA (Km)	5.14	16.9722
TIEMPO (horas)	9.8	47
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	31.92	41.76

Tabla III-4

Posición y hora de boyas derivadoras a 4m en canal Ciriaco, campaña archipiélago de Chonos, primavera 2013.

4 metros							
fecha	latitud	longitud					
06-11-2013 15:15	-44.891	-73.927					
06-11-2013 16:15	-44.901	-73.921					
06-11-2013 17:15	-44.909	-73.914					
06-11-2013 18:15	-44.906	-73.905					
06-11-2013 19:15	-44.895	-73.904					
06-11-2013 20:15	-44.885	-73.909					
06-11-2013 21:15	-44.884	-73.904					
06-11-2013 22:15	-44.898	-73.895					
06-11-2013 23:15	-44.910	-73.886					
07-11-2013 0:15	-44.917	-73.883					



Tabla III-5Posición y hora de boyas derivadoras a 8m en canal Ciriaco, campaña
archipiélago de Chonos, primavera 2013.

8 metros		8 metros			
fecha	latitud	longitud	fecha	latitud	longitud
06-11-2013 15:15	-44.890	-73.928	07-11-2013 15:15	-44.993	-73.907
06-11-2013 16:15	-44.899	-73.922	07-11-2013 16:15	-44.991	-73.895
06-11-2013 17:15	-44.906	-73.916	07-11-2013 17:15	-44.988	-73.884
06-11-2013 18:15	-44.902	-73.908	07-11-2013 18:15	-44.983	-73.878
06-11-2013 19:15	-44.891	-73.910	07-11-2013 19:15	-44.980	-73.881
06-11-2013 20:15	-44.884	-73.909	07-11-2013 20:15	-44.982	-73.883
06-11-2013 21:15	-44.888	-73.901	07-11-2013 21:15	-44.983	-73.901
06-11-2013 22:15	-44.902	-73.893	07-11-2013 22:15	-44.991	-73.930
06-11-2013 23:15	-44.917	-73.884	07-11-2013 23:15	-44.999	-73.952
07-11-2013 0:15	-44.926	-73.875	07-11-2013 0:15	-45.009	-73.951
07-11-2013 1:15	-44.938	-73.865	08-11-2013 1:15	-45.005	-73.931
07-11-2013 2:15	-44.953	-73.847	08-11-2013 2:15	-45.000	-73.917
07-11-2013 3:15	-44.965	-73.822	08-11-2013 3:15	-44.993	-73.908
07-11-2013 4:15	-44.967	-73.785	08-11-2013 4:15	-44.989	-73.898
07-11-2013 5:15	-44.967	-73.748	08-11-2013 5:15	-44.986	-73.891
07-11-2013 6:15	-44.963	-73.739	08-11-2013 6:15	-44.983	-73.891
07-11-2013 7:15	-44.963	-73.743	08-11-2013 7:15	-44.987	-73.916
07-11-2013 8:15	-44.974	-73.764	08-11-2013 8:15	-45.000	-73.946
07-11-2013 9:15	-44.978	-73.801	08-11-2013 9:15	-45.008	-73.971
07-11-2013 10:15	-44.973	-73.844	08-11-2013 10:15	-45.011	-73.992
07-11-2013 11:15	-44.976	-73.888	08-11-2013 11:15	-45.017	-74.010
07-11-2013 12:15	-44.985	-73.915	08-11-2013 12:15	-45.025	-74.019
07-11-2013 13:15	-44.991	-73.922	08-11-2013 13:15	-45.027	-74.025
07-11-2013 14:15	-44.993	-73.916	08-11-2013 14:15	-45.027	-74.025

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**


Figura III-5. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal King-Izaza 4 metros en Archipiélago de Chonos, octubre 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.



Figura III-6. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal King-Izaza 8 metros en Archipiélago de Chonos, octubre 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**



Descripción derivador observado a 4 y 8 m en canal King, cerca de Isla Izaza Campaña archipiélago de Chonos, primavera 2013.

DERIVADOR OBSERVADO 4m DERIVADOR OBSERVADO 8m

DISTANCIA RECORRIDA (Km)	5.61	26.3
DISTANCIA NETA (Km)	1.95	5.2
TIEMPO (horas)	16.8	47.9
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	9.28	15.26

Tabla III-7

Posición y hora de boyas derivadoras a 4m en canal King, campaña archipiélago de Chonos, primavera 2013.

4 metros					
fecha	latitud	longitud			
31-11-13 15:55	-44.571	-74.174			
31-11-13 16:55	-44.570	-74.190			
31-11-13 17:55	-44.570	-74.200			
31-11-13 18:55	-44.568	-74.202			
31-11-13 19:55	-44.568	-74.203			
31-11-13 20:55	-44.568	-74.201			
31-11-13 21:55	-44.567	-74.196			
31-11-13 22:55	-44.566	-74.192			
31-11-13 23:55	-44.566	-74.190			
01-12-2013 0:55	-44.567	-74.190			
01-12-2013 1:55	-44.567	-74.193			
01-12-2013 2:55	-44.567	-74.197			
01-12-2013 3:55	-44.567	-74.198			
01-12-2013 4:55	-44.566	-74.199			
01-12-2013 5:55	-44.562	-74.196			
01-12-2013 6:55	-44.561	-74.194			
01-12-2013 7:55	-44.561	-74.194			



Posición y hora de boyas derivadoras a 8m en canal King, campaña archipiélago de Chonos, primavera 2013.

8 metros		8 metros			
fecha	latitud	longitud	fecha	latitud	longitud
31-11-13 15:55	-44.571	-74.174	01-12-2013 15:55	-44.569	-74.217
31-11-13 16:55	-44.570	-74.189	01-12-2013 16:55	-44.571	-74.220
31-11-13 17:55	-44.570	-74.198	01-12-2013 17:55	-44.573	-74.220
31-11-13 18:55	-44.569	-74.201	01-12-2013 18:55	-44.574	-74.219
31-11-13 19:55	-44.570	-74.202	01-12-2013 19:55	-44.572	-74.209
31-11-13 20:55	-44.570	-74.198	01-12-2013 20:55	-44.571	-74.206
31-11-13 21:55	-44.570	-74.194	01-12-2013 21:55	-44.571	-74.201
31-11-13 22:55	-44.570	-74.191	01-12-2013 22:55	-44.572	-74.197
31-11-13 23:55	-44.570	-74.189	01-12-2013 23:55	-44.572	-74.198
01-12-2013 0:55	-44.570	-74.191	02-12-2013 0:55	-44.571	-74.201
01-12-2013 1:55	-44.570	-74.196	02-12-2013 1:55	-44.572	-74.213
01-12-2013 2:55	-44.569	-74.204	02-12-2013 2:55	-44.576	-74.224
01-12-2013 3:55	-44.570	-74.210	02-12-2013 3:55	-44.581	-74.236
01-12-2013 4:55	-44.570	-74.215	02-12-2013 4:55	-44.585	-74.250
01-12-2013 5:55	-44.571	-74.217	02-12-2013 5:55	-44.580	-74.259
01-12-2013 6:55	-44.570	-74.215	02-12-2013 6:55	-44.578	-74.266
01-12-2013 7:55	-44.569	-74.214	02-12-2013 7:55	-44.579	-74.267
01-12-2013 8:55	-44.570	-74.210	02-12-2013 8:55	-44.581	-74.260
01-12-2013 9:55	-44.569	-74.203	02-12-2013 9:55	-44.585	-74.247
01-12-2013 10:55	-44.569	-74.196	02-12-2013 10:55	-44.585	-74.227
01-12-2013 11:55	-44.568	-74.193	02-12-2013 11:55	-44.585	-74.215
01-12-2013 12:55	-44.569	-74.196	02-12-2013 12:55	-44.586	-74.212
01-12-2013 13:55	-44.568	-74.203	02-12-2013 13:55	-44.588	-74.216
01-12-2013 14:55	-44.568	-74.210	02-12-2013 14:55	-44.590	-74.226



Figura III-7. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Perez Sur 4 metros en Archipiélago de Chonos, octubre 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.



Figura III-8. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Pérez Sur 8 metros en Archipiélago de Chonos, octubre 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final. Los colores representan los diferentes segmentos realizados durante el periodo.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**



Tabla III-9Descripción derivador observado a 4m en canal Pérez Sur, campaña
archipiélago de Chonos, primavera 2013.

DERIVADOR OBSERVADO 4m

DISTANCIA RECORRIDA (Km)	19.13
DISTANCIA NETA (Km)	8.67
TIEMPO (horas)	25.6
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	20.76

Tabla III-10

Descripción derivador observado a 8m en canal Pérez Sur, campaña archipiélago de Chonos, primavera 2013. Las letras indican la cantidad de segmentos que lo componen.

a)		DERIVADOR OBSERVADO 8m
	DISTANCIA RECORRIDA (Km)	6.41
	DISTANCIA NETA (Km)	4.6
	TIEMPO (horas)	12.2
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	14.59

b)		DERIVADOR OBSERVADO 8m	
	DISTANCIA RECORRIDA (Km)	45.9	
	DISTANCIA NETA (Km)	13.3	
	TIEMPO (horas)	33.3	
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	38.27	

NIVERSARIO

Tabla III-11Posición y hora de boyas derivadoras a 4m en canal Pérez Sur, campaña archipiélago
de Chonos, primavera 2013.

fecha	latitud	longitud
02-11-2013 20:35	-44.740	-73.796
02-11-2013 21:35	-44.749	-73.789
02-11-2013 22:35	-44.755	-73.783
02-11-2013 23:35	-44.759	-73.775
03-11-2013 0:35	-44.766	-73.770
03-11-2013 1:35	-44.771	-73.761
03-11-2013 2:35	-44.770	-73.754
03-11-2013 3:35	-44.768	-73.751
03-11-2013 4:35	-44.770	-73.748
03-11-2013 5:35	-44.772	-73.754
03-11-2013 6:35	-44.772	-73.755
03-11-2013 7:35	-44.773	-73.757
03-11-2013 8:35	-44.777	-73.755
03-11-2013 9:35	-44.781	-73.747
03-11-2013 10:35	-44.789	-73.743
03-11-2013 11:35	-44.802	-73.742
03-11-2013 12:35	-44.803	-73.743
03-11-2013 13:35	-44.806	-73.745
03-11-2013 14:35	-44.803	-73.751
03-11-2013 15:35	-44.803	-73.754
03-11-2013 16:35	-44.802	-73.763
03-11-2013 17:35	-44.794	-73.771
03-11-2013 18:35	-44.787	-73.772
03-11-2013 19:35	-44.789	-73.772
03-11-2013 20:35	-44.797	-73.768
03-11-2013 21:35	-44.807	-73.765



Tabla III-12
Posición y hora de boyas derivadoras a 8m en canal Pérez Sur, campaña
archipiélago de Chonos, primavera 2013.

8 metros					
fecha	latitud	longitud			
02-11-2013 20:35	-44.745	-73.794			
02-11-2013 21:35	-44.749	-73.789			
02-11-2013 22:35	-44.756	-73.783			
02-11-2013 23:35	-44.759	-73.777			
03-11-2013 0:35	-44.765	-73.772			
03-11-2013 1:35	-44.768	-73.765			
03-11-2013 2:35	-44.768	-73.759			
03-11-2013 3:35	-44.767	-73.757			
03-11-2013 4:35	-44.765	-73.753			
03-11-2013 5:35	-44.766	-73.746			
03-11-2013 6:35	-44.765	-73.744			
03-11-2013 7:35	-44.765	-73.742			
03-11-2013 8:35	-44.762	-73.742			



Posición y hora de boyas derivadoras a 8m en canal Pérez Sur segundo segmento, campaña archipiélago de Chonos, primavera 2013.

8 metros					
fecha	latitud	longitud			
03-11-2013 11:25	-44.773	-73.749			
03-11-2013 12:25	-44.783	-73.744			
03-11-2013 13:25	-44.789	-73.738			
03-11-2013 14:25	-44.794	-73.735			
03-11-2013 15:25	-44.794	-73.734			
03-11-2013 16:25	-44.788	-73.740			
03-11-2013 17:25	-44.781	-73.747			
03-11-2013 18:25	-44.779	-73.751			
03-11-2013 19:25	-44.781	-73.749			
03-11-2013 20:25	-44.787	-73.743			
03-11-2013 21:25	-44.798	-73.734			
03-11-2013 22:25	-44.816	-73.726			
03-11-2013 23:25	-44.834	-73.699			
04-11-2013 0:25	-44.849	-73.653			
04-11-2013 1:25	-44.850	-73.635			
04-11-2013 2:25	-44.858	-73.636			
04-11-2013 3:25	-44.860	-73.650			
04-11-2013 4:25	-44.854	-73.675			
04-11-2013 5:25	-44.851	-73.677			
04-11-2013 6:25	-44.851	-73.717			
04-11-2013 7:25	-44.853	-73.734			
04-11-2013 8:25	-44.855	-73.745			
04-11-2013 9:25	-44.855	-73.751			
04-11-2013 10:25	-44.859	-73.745			
04-11-2013 11:25	-44.878	-73.710			
04-11-2013 12:25	-44.883	-73.672			
04-11-2013 13:25	-44.879	-73.650			
04-11-2013 14:25	-44.881	-73.636			
04-11-2013 15:25	-44.879	-73.639			
04-11-2013 16:25	-44.879	-73.645			
04-11-2013 17:25	-44.883	-73.653			
04-11-2013 18:25	-44.887	-73.658			
04-11-2013 19:25	-44.888	-73.669			
04-11-2013 20:25	-44.884	-73.680			

14





Figura III-9. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Ninualac 4 metros en Archipiélago de Chonos, octubre 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.



Figura III-10. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Ninualac 8 metros en Archipiélago de Chonos, octubre 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**



Descripción derivador observado a 4m y 8m en canal Ninualac, campaña archipiélago de Chonos, primavera 2013.

	DERIVADOR OBSERVADO 4m -	- DERIVADOR OBSERVADO 8m
DISTANCIA RECORRIDA (Km)	15.76	22.01
DISTANCIA NETA (Km)	9.12	8.818
TIEMPO (horas)	27	29
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	16.21	21.08



Posición y hora de boyas derivadoras a 4 y 8m en canal Ninualac segundo segmento, campaña archipiélago de Chonos, primavera 2013.

4 metros			8 metros		
fecha	latitud	longitud	fecha latitud longi		longitud
09-11-2013 18:00	-45.054	-74.268	09-11-2013 16:40	-45.056	-74.278
09-11-2013 19:00	-45.052	-74.259	09-11-2013 17:40	-45.056	-74.270
09-11-2013 20:00	-45.050	-74.255	09-11-2013 18:40	-45.053	-74.264
09-11-2013 21:00	-45.050	-74.257	09-11-2013 19:40	-45.052	-74.262
09-11-2013 22:00	-45.050	-74.257	09-11-2013 20:40	-45.053	-74.261
09-11-2013 23:00	-45.050	-74.253	09-11-2013 21:40	-45.053	-74.262
10-11-2013 0:00	-45.050	-74.255	09-11-2013 22:40	-45.052	-74.264
10-11-2013 1:00	-45.049	-74.254	09-11-2013 23:40	-45.049	-74.264
10-11-2013 2:00	-45.047	-74.247	10-11-2013 0:40	-45.045	-74.263
10-11-2013 3:00	-45.045	-74.242	10-11-2013 1:40	-45.043	-74.256
10-11-2013 4:00	-45.042	-74.236	10-11-2013 2:40	-45.040	-74.242
10-11-2013 5:00	-45.042	-74.231	10-11-2013 3:40	-45.036	-74.227
10-11-2013 6:00	-45.044	-74.232	10-11-2013 4:40	-45.030	-74.210
10-11-2013 7:00	-45.049	-74.236	10-11-2013 5:40	-45.029	-74.207
10-11-2013 8:00	-45.056	-74.243	10-11-2013 6:40	-45.031	-74.207
10-11-2013 9:00	-45.063	-74.252	10-11-2013 7:40	-45.034	-74.214
10-11-2013 10:00	-45.070	-74.262	10-11-2013 8:40	-45.042	-74.221
10-11-2013 11:00	-45.077	-74.267	10-11-2013 9:40	-45.051	-74.229
10-11-2013 12:00	-45.081	-74.264	10-11-2013 10:40	-45.059	-74.245
10-11-2013 13:00	-45.090	-74.259	10-11-2013 11:40	-45.068	-74.258
10-11-2013 14:00	-45.097	-74.248	10-11-2013 12:40	-45.074	-74.264
10-11-2013 15:00	-45.103	-74.244	10-11-2013 13:40	-45.077	-74.262
10-11-2013 16:00	-45.105	-74.241	10-11-2013 14:40	-45.079	-74.259
10-11-2013 17:00	-45.108	-74.238	10-11-2013 15:40	-45.085	-74.255
10-11-2013 18:00	-45.111	-74.236	09-11-2013 16:40	-45.091	-74.250
10-11-2013 19:00	-45.118	-74.236	09-11-2013 17:40	-45.097	-74.245
10-11-2013 20:00	-45.129	-74.236	09-11-2013 18:40	-45.102	-74.244
10-11-2013 21:00	-45.133	-74.236	09-11-2013 19:40	-45.109	-74.244
			09-11-2013 20:40	-45.118	-74.244
			09-11-2013 21:40	-45.128	-74.245

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. ANEXO III





Figura III-11. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Bynon a 4 metros en Archipiélago de Chonos, Diciembre 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.



Figura III-12. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Bynon a 8 metros en Archipiélago de Chonos, Diciembre 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.

Descripción derivador observado a 4m en canal Bynon, campaña archipiélago de Chonos, primavera 2013. Las letras indican la cantidad de segmentos que lo componen.

a)		DERIVADOR OBSERVADO 4m	
	DISTANCIA RECORRIDA (Km)	8.92	
	DISTANCIA NETA (Km)	4.3638	
	TIEMPO (horas)	10	
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	24.79	

	DERIVADOR OBSERVADO 4 m
DISTANCIA RECORRIDA (Km)	6.82
DISTANCIA NETA (Km)	2.74
TIEMPO (horas)	9
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	21.05
	DISTANCIA RECORRIDA (Km) DISTANCIA NETA (Km) TIEMPO (horas) VELOCIDAD MEDIA(cm/s)

	DERIVADOR OBSERVADO 4 m
DISTANCIA RECORRIDA (Km)	21.54
DISTANCIA NETA (Km)	12.1
TIEMPO (horas)	24
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	24.93
	DISTANCIA RECORRIDA (Km) DISTANCIA NETA (Km) TIEMPO (horas) VELOCIDAD MEDIA(cm/s)



Descripción derivador observado a 8m en canal Bynon, campaña archipiélago de Chonos, primavera 2013. Las letras indican la cantidad de segmentos que lo componen.

	DERIVADOR OBSERVADO 8 m	
DISTANCIA RECORRIDA (Km)	21.63	
DISTANCIA NETA (Km)	1.63	
TIEMPO (horas)	21	
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	28.61	

Tabla III-18

Posición y hora de boyas derivadoras a 4m en canal Bynon, campaña archipiélago de Chonos, primavera 2013.

fecha	latitud	longitud	fecha	latitud	longitud
17-12-2013 9:30	-44.808	-74.198	18-12-2013 9:30	-44.788	-74.154
17-12-2013 10:30	-44.811	-74.190	18-12-2013 10:30	-44.788	-74.160
17-12-2013 11:30	-44.809	-74.178	18-12-2013 11:30	-44.791	-74.158
17-12-2013 12:30	-44.800	-74.157	18-12-2013 12:30	-44.796	-74.150
17-12-2013 13:30	-44.795	-74.142	18-12-2013 13:30	-44.797	-74.146
17-12-2013 14:30	-44.795	-74.135	18-12-2013 14:30	-44.796	-74.144
17-12-2013 15:30	-44.791	-74.135	18-12-2013 15:30	-44.796	-74.139
17-12-2013 16:30	-44.785	-74.145	18-12-2013 16:30	-44.796	-74.139
17-12-2013 17:30	-44.780	-74.158	18-12-2013 17:30	-44.795	-74.147
17-12-2013 18:30	-44.779	-74.163	18-12-2013 18:30	-44.792	-74.165
17-12-2013 19:30	-44.779	-74.162	18-12-2013 19:30	-44.794	-74.188
17-12-2013 20:30	-44.791	-74.158	18-12-2013 20:30	-44.800	-74.208
17-12-2013 21:30	-44.790	-74.152	18-12-2013 21:30	-44.808	-74.221
17-12-2013 22:30	-44.791	-74.139	18-12-2013 22:30	-44.815	-74.225
17-12-2013 23:30	-44.792	-74.127	18-12-2013 23:30	-44.820	-74.220
18-12-2013 0:30	-44.791	-74.113	19-12-2013 0:30	-44.820	-74.210
18-12-2013 1:30	-44.791	-74.104	19-12-2013 1:30	-44.820	-74.202
18-12-2013 2:30	-44.794	-74.101	19-12-2013 2:30	-44.821	-74.197
18-12-2013 3:30	-44.795	-74.103	19-12-2013 3:30	-44.823	-74.202
18-12-2013 4:30	-44.794	-74.107	19-12-2013 4:30	-44.828	-74.211
18-12-2013 5:30	-44.791	-74.116	19-12-2013 5:30	-44.834	-74.221
18-12-2013 7:30	-44.787	-74.124	19-12-2013 6:30	-44.838	-74.240
18-12-2013 8:30	-44.787	-74.140	19-12-2013 7:30	-44.844	-74.249

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. ANEXO III



NIVERSARIO

Tabla III-19Posición y hora de boyas derivadoras a 8m en canal Bynon, campaña
archipiélago de Chonos, primavera 2013.

fecha	latitud	longitud
17-12-2013 9:30	-44.808	-74.198
17-12-2013 10:30	-44.810	-74.192
17-12-2013 11:30	-44.809	-74.181
17-12-2013 12:30	-44.801	-74.168
17-12-2013 13:30	-44.796	-74.148
17-12-2013 14:30	-44.797	-74.144
17-12-2013 15:30	-44.797	-74.148
17-12-2013 16:30	-44.793	-74.160
17-12-2013 17:30	-44.792	-74.177
17-12-2013 18:30	-44.794	-74.191
17-12-2013 19:30	-44.797	-74.199
17-12-2013 20:30	-44.800	-74.202
17-12-2013 21:30	-44.801	-74.200
17-12-2013 22:30	-44.799	-74.191
17-12-2013 23:30	-44.797	-74.178
18-12-2013 0:30	-44.793	-74.162
18-12-2013 1:30	-44.793	-74.146
18-12-2013 2:30	-44.793	-74.145
18-12-2013 3:30	-44.797	-74.152
18-12-2013 4:30	-44.797	-74.168
18-12-2013 5:30	-44.802	-74.187
18-12-2013 6:30	-44.813	-74.206

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. ANEXO III



Figura III-13. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Moraleda a 4 metros en Archipiélago de Chonos, Diciembre 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.



Figura III-14. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Moraleda a 8 metros en Archipiélago de Chonos, Diciembre 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**



Descripción derivador observado a 4m y 8m en canal Moraleda, campaña archipiélago de Chonos, primavera 2013.

	DERIVADOR OBSERVADO 4m	DERIVADOR OBSERVADO 8m
DISTANCIA RECORRIDA(Km)	6.21	8.54
DISTANCIA NETA (Km)	5.88	8.31
TIEMPO (horas)	12	16
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	14.38	14.83



Posición y hora de boyas derivadoras a 4m en canal Moraleda, campaña archipiélago de Chonos, primavera 2013.

fecha	4m		8m	
	latitud	latitud longitud		longitud
13-12-2013 19:30	-44.363	-73.462	-44.374	-73.485
13-12-2013 20:30	-44.358	-73.456	-44.37	-73.477
13-12-2013 21:30	-44.354	-73.45	-44.367	-73.47
13-12-2013 22:30	-44.349	-73.444	-44.364	-73.463
13-12-2013 23:30	-44.345	-73.441	-44.36	-73.458
14-12-2013 0:30	-44.34	-73.437	-44.357	-73.452
14-12-2013 1:30	-44.335	-73.436	-44.353	-73.447
14-12-2013 2:30	-44.331	-73.437	-44.35	-73.443
14-12-2013 3:30	-44.326	-73.438	-44.346	-73.439
14-12-2013 4:30	-44.323	-73.438	-44.344	-73.436
14-12-2013 5:30	-44.319	-73.436	-44.341	-73.435
14-12-2013 6:30	-44.316	-73.434	-44.338	-73.432
14-12-2013 7:30	-44.315	-73.433	-44.335	-73.428
14-12-2013 8:30			-44.331	-73.424
14-12-2013 9:30			-44.326	-73.419
14-12-2013 10:30			-44.322	-73.417
14-12-2013 11:30			-44.319	-73.415

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. ANEXO III



Archipiélago de Chonos campaña otoño 2014

Figura III-15. Trayectoria de derivador liberado en el sector de Golfillo Lobada a 4 metros en Archipiélago de Chonos, mayo 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.



Figura III-16. Trayectoria de derivador liberado en el sector de Golfillo Lobada a 8 metros en Archipiélago de Chonos, mayo 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**



Descripción derivador observado a 4 y 8 m en Golfillo Lobada, campaña archipiélago de Chonos, otoño 2014.

	DERIVADOR OBSERVADO 4m	DERIVADOR OBSERVADO 8m
DISTANCIA RECORRIDA (Km)	9.7	7.71
DISTANCIA NETA (Km)	3.88	5.3
TIEMPO (horas)	13	14
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	20.72	15.29

Tabla III-23

Posición y hora de boyas derivadoras a 4m y 8m en Golfillo Lobada, campaña archipiélago de Chonos, otoño 2014.

fecha	derivador 4m		derivador 8m	
	latitud	longitud	latitud	longitud
22-05-2014 6:00	-44.55533	-73.8392	-44.5555	-73.8393
22-05-2014 7:00	-44.5535	-73.8325	-44.5535	-73.8340
22-05-2014 8:00	-44.55183	-73.8287	-44.5518	-73.8310
22-05-2014 9:00	-44.54933	-73.8273	-44.5507	-73.8313
22-05-2014 10:00	-44.54617	-73.8300	-44.5490	-73.8343
22-05-2014 11:00	-44.54383	-73.8342	-44.5482	-73.8382
22-05-2014 12:00	-44.54267	-73.8368	-44.5473	-73.8395
22-05-2014 13:00	-44.5465	-73.8383	-44.5468	-73.8420
22-05-2014 14:00	-44.55017	-73.8355	-44.5483	-73.8358
22-05-2014 15:00	-44.55217	-73.8230	-44.5463	-73.8205
22-05-2014 16:00	-44.54967	-73.8093	-44.5412	-73.8053
22-05-2014 17:00	-44.54717	-73.7982	-44.5363	-73.7930
22-05-2014 18:00	-44.534	-73.7812	-44.5342	-73.7927
22-05-2014 19:00	-44.54417	-73.7927	-44.5350	-73.7795
22-05-2014 20:00			-44.5377	-73.7772



Figura III-17. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Ciriaco a 4 metros en Archipiélago de Chonos, mayo 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.



Figura III-18. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Ciriaco a 8 metros en Archipiélago de Chonos, mayo 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**

Descripción derivador observado a 4 y 8 m en canal Ciriaco, campaña archipiélago de Chonos, otoño 2014.

	DERIVADOR OBSERVADO 4m	DERIVADOR OBSERVADO 8m
DISTANCIA RECORRIDA (Km)	13.73	14.95
DISTANCIA NETA (Km)	10.54	3.93
TIEMPO (horas)	14	11
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	27.24	37.35

Tabla III-25

Posición y hora de boyas derivadoras a 4m y 8m en canal Ciriaco, campaña archipiélago de Chonos, otoño 2014.

fecha	derivador 4m		deriva	dor 8m
	latitud	longitud	latitud	longitud
28-05-2014 9:30	-44.8993	-73.9163	-44.8992	-73.9167
28-05-2014 10:30	-44.9197	-73.9035	-44.9192	-73.9038
28-05-2014 11:30	-44.9385	-73.8848	-44.937	-73.886
28-05-2014 12:30	-44.9495	-73.8665	-44.9482	-73.8682
28-05-2014 13:30	-44.9575	-73.858	-44.9565	-73.8593
28-05-2014 14:30	-44.9652	-73.8587	-44.9615	-73.8595
28-05-2014 15:30	-44.9703	-73.859	-44.965	-73.8592
28-05-2014 16:30	-44.9732	-73.8657	-44.9648	-73.8653
28-05-2014 17:30	-44.9827	-73.8807	-44.9593	-73.8827
28-05-2014 18:30	-44.9893	-73.8937	-44.9512	-73.8983
28-05-2014 19:30	-44.9912	-73.8967	-44.9422	-73.9057
28-05-2014 20:30	-44.9912	-73.8988	-44.9343	-73.9105
28-05-2014 21:30	-44.9928	-73.8965		
28-05-2014 22:30	-44.9927	-73.8963		
28-05-2014 23:30	-44.9932	-73.8967		



Figura III-19. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal King a 4 metros en Archipiélago de Chonos, mayo 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.



Figura III-20. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal King a 8 metros en Archipiélago de Chonos, mayo 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**

Descripción derivador observado a 4 y 8 m en canal King, campaña archipiélago de Chonos, otoño 2014.

	DERIVADOR OBSERVADO 4m	DERIVADOR OBSERVADO 8m
DISTANCIA RECORRIDA (Km)	10.86	12.05
DISTANCIA NETA (Km)	5.18	6.5
TIEMPO (horas)	21	21
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	14.37	15.94

Tabla III-27

Posición y hora de boyas derivadoras a 4m y 8m en canal King, campaña archipiélago de Chonos, otoño 2014.

fecha	deriva	dor 4m	deriva	dor 8m
	latitud	longitud	latitud	longitud
21-05-2014 5:00	-44.5737	-74.1842	-44.5737	-74.1842
21-05-2014 6:00	-44.5720	-74.1875	-44.5722	-74.1875
21-05-2014 7:00	-44.5710	-74.1907	-44.5712	-74.1910
21-05-2014 8:00	-44.5697	-74.1950	-44.5698	-74.1952
21-05-2014 9:00	-44.5672	-74.2008	-44.5675	-74.2018
21-05-2014 10:00	-44.5640	-74.2060	-44.5642	-74.2073
21-05-2014 11:00	-44.5635	-74.2090	-44.5633	-74.2103
21-05-2014 12:00	-44.5642	-74.2058	-44.5640	-74.2100
21-05-2014 13:00	-44.5650	-74.2022	-44.5645	-74.2060
21-05-2014 14:00	-44.5658	-74.1940	-44.5652	-74.1990
21-05-2014 15:00	-44.5653	-74.1845	-44.5652	-74.1905
21-05-2014 16:00	-44.5657	-74.1793	-44.5655	-74.1838
21-05-2014 18:00	-44.5677	-74.1770	-44.5673	-74.1783
21-05-2014 19:00	-44.5695	-74.1835	-44.5680	-74.1817
21-05-2014 20:00	-44.5717	-74.1970	-44.5698	-74.1925
21-05-2014 21:00	-44.5700	-74.2125	-44.5707	-74.2058
21-05-2014 22:00	-44.5690	-74.2245	-44.5713	-74.2207
21-05-2014 23:00	-44.5690	-74.2347	-44.5715	-74.2352
22-05-2014 0:00	sin señal	sin señal	-44.5730	-74.2490
22-05-2014 0:00	-44.5715	-74.2445	-44.5733	-74.2620
22-05-2014 2:00	-44.5703	-74.2495	-44.5738	-74.2663

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. ANEXO III



Figura III-21. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Pérez Sur a 4 metros en Archipiélago de Chonos, mayo 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.



Figura III-22. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Pérez Sur a 8 metros en Archipiélago de Chonos, mayo 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**



Descripción derivador observado a 4 y 8 m en canal Pérez Sur, campaña archipiélago de Chonos, otoño 2014.

	DERIVADOR OBSERVADO 4m	DERIVADOR OBSERVADO 8m
DISTANCIA RECORRIDA (Km)	6.33	6.32
DISTANCIA NETA (Km)	5.74	5.73
TIEMPO (horas)	8	8
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	21.97	21.94

Tabla III-29

Posición y hora de boyas derivadoras a 4m y 8m en canal Pérez Sur, campaña archipiélago de Chonos, otoño 2014.

fecha	derivador 4m		deriva	dor 8m
	latitud	longitud	latitud	longitud
26-05-2014 7:30	-44.6863	-73.8297	-44.6862	-73.8302
26-05-2014 8:30	-44.6943	-73.8252	-44.6937	-73.828
26-05-2014 9:30	-44.7005	-73.8212	-44.698	-73.8263
26-05-2014 10:30	-44.7078	-73.8168	-44.7035	-73.8243
26-05-2014 11:30	-44.7108	-73.8005	-44.7063	-73.8138
26-05-2014 12:30	-44.7137	-73.7873	-44.712	-73.8013
26-05-2014 13:30	-44.7138	-73.782	-44.715	-73.7902
26-05-2014 14:30	sin señal	sin señal	-44.7173	-73.7787
26-05-2014 15:30	-44.7193	-73.7737	-44.7203	-73.7757

NIVERSARIO



Figura III-23. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Ninualac 4 metros en Archipiélago de Chonos Mayo 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.



Figura III-24. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Ninualac 8 metros en Archipiélago de Chonos Mayo 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**



Descripción derivador observado a 4 y 8 m en canal Ninualac, campaña archipiélago de Chonos, otoño 2014.

	DERIVADOR OBSERVADO 4m	DERIVADOR OBSERVADO 8m
DISTANCIA RECORRIDA (Km)	5.5	4.97
DISTANCIA NETA (Km)	2.5	2.49
TIEMPO (horas)	7	7
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	20.04	19.72

Tabla III-31

Posición y hora de boyas derivadoras a 4m y 8m en canal Ninualac, campaña archipiélago de Chonos, otoño 2014.

fecha	derivador 4m		deriva	dor 8m
	latitud	longitud	latitud	longitud
30-05-2014 13:00	-45.0157	-74.1113	-45.0158	-74.1113
30-05-2014 14:00	-45.0187	-74.1015	-45.0182	-74.1007
30-05-2014 15:00	-45.0217	-74.0968	-45.021	-74.0967
30-05-2014 16:00	-45.0213	-74.1012	-45.0213	-74.1015
30-05-2014 17:00	-45.0175	-74.1153	-45.018	-74.1157
30-05-2014 18:00	-45.0200	-74.1265	-45.0207	-74.1243
30-05-2014 19:00	sin señal	sin señal	-45.0225	-74.1343
30-05-2014 20:00	-45.0277	-74.1383	-45.0235	-74.1412



Figura III-25. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Bynon 4 metros en Archipiélago de Chonos Mayo 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.



Figura III-26. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Bynon 8 metros en Archipiélago de Chonos Mayo 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**



Descripción derivador observado a 4 y 8 m en canal Bynon, campaña archipiélago de Chonos, otoño 2014.

	DERIVADOR OBSERVADO 4m	DERIVADOR OBSERVADO 8m
DISTANCIA RECORRIDA (Km)	14.29	15.08
DISTANCIA NETA (Km)	6.18	6.32
TIEMPO (horas)	14	14
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	28.35	29.92

Tabla III-33

Posición y hora de boyas derivadoras a 4m y 8m en canal Bynon, campaña archipiélago de Chonos, otoño 2014.

fecha	derivador 4m		deriva	dor 8m
	latitud	longitud	latitud	longitud
01-06-2014 11:00	-44.7948	-74.1797	-44.7952	-74.1792
01-06-2014 12:00	-44.7917	-74.1688	-44.7925	-74.1702
01-06-2014 13:00	-44.7888	-74.1567	-44.7893	-74.1588
01-06-2014 14:00	-44.7870	-74.1453	-44.7880	-74.1463
01-06-2014 15:00	-44.7893	-74.1473	-44.7895	-74.1478
01-06-2014 16:00	-44.7910	-74.1517	-44.7910	-74.1518
01-06-2014 17:00	-44.7930	-74.1623	-44.7933	-74.1627
01-06-2014 18:00	-44.7978	-74.1802	-44.7982	-74.1803
01-06-2014 19:00	-44.8078	-74.2010	-44.8083	-74.2012
01-06-2014 20:00	sin señal	sin señal	-44.8182	-74.2128
01-06-2014 21:00	-44.8292	-74.2225	-44.8287	-74.2232
01-06-2014 22:00	-44.8363	-74.2242	-44.8363	-74.2252
01-06-2014 23:00	-44.8440	-74.2190	-44.8433	-74.2356
02-06-2014 0:00	-44.8483	-74.2093	-44.8475	-74.2137
02-06-2014 1:00	-44.8488	-74.1988	-44.8493	-74.2040



Figura III-27. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Moraleda 4 metros en Archipiélago de Chonos Mayo 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.



Figura III-28. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Moraleda 8 metros en Archipiélago de Chonos Mayo 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**



Descripción derivador observado a 4 y 8 m en canal Moraleda, campaña archipiélago de Chonos, otoño 2014.

	DERIVADOR OBSERVADO 4m	DERIVADOR OBSERVADO 8m
DISTANCIA RECORRIDA (Km)	8.88	6.66
DISTANCIA NETA (Km)	7.87	6.48
TIEMPO (horas)	12	12
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	20.56	15.41

Tabla III-35

Posición y hora de boyas derivadoras a 4m y 8m en canal Moraleda, campaña archipiélago de Chonos, otoño 2014.

fecha	derivador 4m		derivador 8m	
	latitud	longitud	latitud	longitud
24-05-2014 4:00	-44.3923	-73.5190	-44.3920	-73.5203
24-05-2014 5:00	-44.3883	-73.5112	-44.3882	-73.5155
24-05-2014 6:00	-44.3838	-73.5043	-44.3837	-73.5112
24-05-2014 7:00	-44.3782	-73.4967	-44.3783	-73.5042
24-05-2014 8:00	-44.3720	-73.4883	-44.3728	-73.4965
24-05-2014 9:00	-44.3613	-73.4797	-44.3642	-73.4892
24-05-2014 10:00	-44.3572	-73.4733	-44.3573	-73.4838
24-05-2014 11:00	-44.3423	-73.4685	-44.3522	-73.4812
24-05-2014 12:00	sin señal	sin señal	-44.3485	-73.4788
24-05-2014 13:00	-44.3335	-73.4670	-44.3457	-73.4775
24-05-2014 14:00	-44.3300	-73.4675	-44.3432	-73.4777
24-05-2014 15:00	-44.3292	-73.4682	-44.3423	-73.4783
24-05-2014 16:00	-44.3320	-73.4670	-44.3422	-73.4778



Canal Cockburn campaña de invierno 2013

Figura III-29. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Pedro a 8 metros en canal Cockburn, agosto 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.

Tabla III-36 Descripción derivador observado a 8m en canal Pedro, campaña canal Cockburn, invierno 2013.

	DERIVADOR OBSERVADO
DISTANCIA RECORRIDA (km)	14.22
DISTANCIA NETA (km)	12.33
TIEMPO (horas)	23
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	17.17



NIVERSARIO

Tabla III-37

Posición y hora de boyas derivadoras en canal Pedro, campaña canal Cockburn, invierno 2013.

8 metros				
fecha	latitud	longitud		
14-08-2013 22:00	-53.995	-71.674		
14-08-2013 23:00	-54.000	-71.675		
15-08-2013 0:00	-54.006	-71.673		
15-08-2013 1:00	-54.011	-71.668		
15-08-2013 2:00	-54.019	-71.665		
15-08-2013 3:00	-54.026	-71.661		
15-08-2013 4:00	-54.034	-71.655		
15-08-2013 5:00	-54.041	-71.650		
15-08-2013 6:00	-54.047	-71.646		
15-08-2013 7:00	-54.054	-71.641		
15-08-2013 8:00	-54.060	-71.636		
15-08-2013 9:00	-54.062	-71.634		
15-08-2013 10:00	-54.062	-71.636		
15-08-2013 11:00	-54.062	-71.639		
15-08-2013 12:00	-54.061	-71.638		
15-08-2013 13:00	-54.062	-71.640		
15-08-2013 14:00	-54.064	-71.641		
15-08-2013 15:00	-54.067	-71.640		
15-08-2013 16:00	-54.073	-71.635		
15-08-2013 17:00	-54.077	-71.627		
15-08-2013 18:00	-54.083	-71.618		
15-08-2013 19:00	-54.089	-71.611		
15-08-2013 20:00	-54.094	-71.602		
15-08-2013 21:00	-54.095	-71.592		





Figura III-30.Trayectoria de derivador liberado en el sector de Seno Bluff a 8 metros en canal Cockburn, agosto 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final. Los colores representan los diferentes segmentos realizados durante el periodo.



Descripción derivador observado a 8m en seno Bluff, campaña canal Cockburn, invierno 2013. Las letras indican la cantidad de segmentos que lo componen.

		DERIVADOR OBSERVADO (8m)
a)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	5.60
	DISTANCIA NETA (km)	1.87
	TIEMPO (horas)	11
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	14.14

b)		DERIVADOR OBSERVADO (8m)
	DISTANCIA RECORRIDA (km)	1.09
	DISTANCIA NETA (km)	0.965
	TIEMPO (horas)	2.5
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	12.11

		DERIVADOR OBSERVADO (8m)
C)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	1.14
	DISTANCIA NETA (km)	0.86
	TIEMPO (horas)	3
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	10.56

	DERIVADOR OBSERVADO (8m)
DISTANCIA RECORRIDA (km)	1.15
DISTANCIA NETA (km)	1.22
TIEMPO (horas)	3
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	10.65
	DISTANCIA RECORRIDA (km) DISTANCIA NETA (km) TIEMPO (horas) VELOCIDAD MEDIA(cm/s)

	DERIVADOR OBSERVADO (8m)
DISTANCIA RECORRIDA (km)	0.99
DISTANCIA NETA (km)	0.97
TIEMPO (horas)	2
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	13.75
	DISTANCIA RECORRIDA (km) DISTANCIA NETA (km) TIEMPO (horas) VELOCIDAD MEDIA(cm/s)


Posición y hora de boyas derivadoras a 8m en seno Bluff, campaña canal Cockburn, invierno 2013.

8 metros					
fecha	latitud	longitud			
25-08-2013 4:00	-54.404	-71.471			
25-08-2013 5:00	-54.406	-71.473			
25-08-2013 6:00	-54.405	-71.480			
25-08-2013 7:00	-54.403	-71.487			
25-08-2013 8:00	-54.403	-71.491			
25-08-2013 9:00	-54.401	-71.493			
25-08-2013 10:00	-54.399	-71.495			
25-08-2013 11:00	-54.396	-71.488			
25-08-2013 12:00	-54.389	-71.484			
25-08-2013 13:00	-54.381	-71.482			
25-08-2013 14:00	-54.382	-71.480			
25-08-2013 15:00	-54.387	-71.477			
25-08-2013 16:00	-54.385	-71.473			
26-08-2013 17:00	-54.390	-71.465			
27-08-2013 18:00	-54.391	-71.463			
25-08-2013 20:00	-54.390	-71.457			
25-08-2013 21:00	-54.391	-71.451			
25-08-2013 22:00	-54.394	-71.449			
25-08-2013 23:00	-54.396	-71.449			
26-08-2013 3:00	-54.391	-71.441			
26-08-2013 4:00	-54.394	-71.444			
26-08-2013 5:00	-54.397	-71.445			
26-08-2013 6:00	-54.399	-71.447			
26-08-2013 10:00	-54.391	-71.441			
26-08-2013 11:00	-54.393	-71.445			
26-08-2013 12:00	-54.395	-71.449			

NIVERSARIC



Figura III-31. Trayectoria de derivador liberado en el sector bahía Inman (isla Peak) a 8 metros en canal Cockburn, agosto 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final. Los colores representan los diferentes segmentos realizados durante el periodo.



Descripción derivador observado a 8m en Bahía Inman campaña canal Cockburn, invierno 2013. Las letras indican la cantidad de segmentos que lo componen.

2)		DERIVADOR OBSERVADO (8m)
dj	DISTANCIA RECORRIDA (km)	1.33
	DISTANCIA NETA (km)	1.28
	TIEMPO (horas)	9.8
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	3.77

հ \		DERIVADOR OBSERVADO (8m)
IJ	DISTANCIA RECORRIDA (km)	4.33
	DISTANCIA NETA (km)	0.47
	TIEMPO (horas)	38.1
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	3.16



Posición y hora de boyas derivadoras a 8m en Bahía Inman, campaña canal Cockburn, invierno 2013.

8 metros						
fecha	latitud	longitud	fecha	latitud	longitud	
29-08-2013 10:30	-54.153	-71.131	30-08-2013 14:00	-54.135	-71.143	
29-08-2013 11:30	-54.151	-71.132	30-08-2013 15:00	-54.136	-71.142	
29-08-2013 12:30	-54.150	-71.133	30-08-2013 16:00	-54.138	-71.141	
29-08-2013 13:30	-54.148	-71.134	30-08-2013 17:00	-54.139	-71.141	
29-08-2013 14:30	-54.147	-71.135	30-08-2013 18:00	-54.140	-71.140	
29-08-2013 15:30	-54.146	-71.135	30-08-2013 19:00	-54.142	-71.140	
29-08-2013 16:30	-54.145	-71.136	30-08-2013 20:00	-54.143	-71.139	
29-08-2013 17:30	-54.144	-71.137	30-08-2013 21:00	-54.144	-71.138	
29-08-2013 18:30	-54.143	-71.137	30-08-2013 22:00	-54.145	-71.137	
29-08-2013 19:30	-54.142	-71.137	30-08-2013 23:00	-54.146	-71.136	
29-08-2013 23:00	-54.138	-71.140	31-08-2013 0:00	-54.145	-71.137	
30-08-2013 0:00	-54.138	-71.140	31-08-2013 1:00	-54.145	-71.139	
30-08-2013 1:00	-54.138	-71.140	31-08-2013 2:00	-54.144	-71.141	
30-08-2013 2:00	-54.138	-71.140	31-08-2013 3:00	-54.142	-71.142	
30-08-2013 3:00	-54.137	-71.140	31-08-2013 4:00	-54.141	-71.143	
30-08-2013 4:00	-54.137	-71.140	31-08-2013 5:00	-54.141	-71.144	
30-08-2013 5:00	-54.137	-71.140	31-08-2013 6:00	-54.140	-71.143	
30-08-2013 6:00	-54.136	-71.141	31-08-2013 7:00	-54.140	-71.143	
30-08-2013 7:00	-54.135	-71.141	31-08-2013 8:00	-54.140	-71.143	
30-08-2013 8:00	-54.134	-71.141	31-08-2013 9:00	-54.139	-71.142	
30-08-2013 9:00	-54.133	-71.142	31-08-2013 10:00	-54.139	-71.142	
30-08-2013 10:00	-54.133	-71.142	31-08-2013 11:00	-54.138	-71.143	
30-08-2013 11:00	-54.132	-71.143	31-08-2013 12:00	-54.136	-71.143	
30-08-2013 12:00	-54.132	-71.143	31-08-2013 13:00	-54.134	-71.144	
30-08-2013 13:00	-54.133	-71.143				



Figura III-32. Trayectoria de derivador liberado en el sector Seno Lyell a 4 metros en canal Cockburn, agosto 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.

 Tabla III-42

 Descripción derivador observado a 4m en Seno Lyell, campaña canal Cockburn, invierno 2013.

	DERIVADOR OBSERVADO (4m)		
DISTANCIA RECORRIDA (km)	4.22		
DISTANCIA NETA (km)	2.7		
TIEMPO (horas)	47.0		
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	2.49		



Tabla III-43.

Posición y hora de boyas derivadoras a 4m en Seno Lyell, campaña canal Cockburn, invierno 2013.

4 metros						
fecha	latitud	longitud	fecha	latitud	longitud	
01-09-2013 7:00	-54.018	-71.395	02-09-2013 7:00	-54.010	-71.395	
01-09-2013 8:00	-54.018	-71.395	02-09-2013 8:00	-54.009	-71.395	
01-09-2013 9:00	-54.018	-71.396	02-09-2013 9:00	-54.009	-71.394	
01-09-2013 10:00	-54.019	-71.396	02-09-2013 10:00	-54.009	-71.393	
01-09-2013 11:00	-54.019	-71.397	02-09-2013 11:00	-54.008	-71.392	
01-09-2013 12:00	-54.018	-71.396	02-09-2013 12:00	-54.007	-71.392	
01-09-2013 13:00	-54.018	-71.395	02-09-2013 13:00	-54.007	-71.391	
01-09-2013 14:00	-54.018	-71.395	02-09-2013 14:00	-54.006	-71.391	
01-09-2013 15:00	-54.016	-71.393	02-09-2013 15:00	-54.005	-71.391	
01-09-2013 16:00	-54.015	-71.393	02-09-2013 16:00	-54.004	-71.392	
01-09-2013 17:00	-54.014	-71.393	02-09-2013 17:00	-54.002	-71.392	
01-09-2013 18:00	-54.013	-71.393	02-09-2013 18:00	-54.001	-71.392	
01-09-2013 19:00	-54.012	-71.393	02-09-2013 19:00	-53.999	-71.393	
01-09-2013 20:00	-54.011	-71.394	02-09-2013 20:00	-53.998	-71.394	
01-09-2013 21:00	-54.010	-71.394	02-09-2013 21:00	-53.996	-71.394	
01-09-2013 22:00	-54.010	-71.395	02-09-2013 22:00	-53.995	-71.394	
01-09-2013 23:00	-54.009	-71.395	02-09-2013 23:00	-53.995	-71.394	
02-09-2013 0:00	-54.009	-71.396	03-09-2013 0:00	-53.995	-71.394	
02-09-2013 1:00	-54.009	-71.396	03-09-2013 1:00	-53.994	-71.394	
02-09-2013 2:00	-54.010	-71.396	03-09-2013 2:00	-53.994	-71.394	
02-09-2013 3:00	-54.010	-71.396	03-09-2013 3:00	-53.994	-71.394	
02-09-2013 4:00	-54.010	-71.395	03-09-2013 4:00	-53.995	-71.394	
02-09-2013 5:00	-54.010	-71.395	03-09-2013 5:00	-53.995	-71.395	
02-09-2013 6:00	-54.010	-71.395	03-09-2013 6:00	-53.994	-71.395	



Figura III-33. Trayectoria de derivador liberado en el sector Seno Dyneley a 8 metros en canal Cockburn, agosto 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.

Descripción derivador observado a 8m en Seno Dyneley, campaña canal Cockburn, invierno 2013.

DERIVADOR OBSERVADO (8m)			
DISTANCIA RECORRIDA (km)	28.32		
DISTANCIA NETA (km)	23.96		
TIEMPO (horas)	49.0		
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	16.04		

8 metros							
fecha	latitud	longitud	fecha	latitud	longitud		
17-08-2013 7:00	-54.227	-71.711	18-08-2013 8:00	-54.278	-71.605		
17-08-2013 8:00	-54.228	-71.703	18-08-2013 9:00	-54.280	-71.604		
17-08-2013 9:00	-54.229	-71.700	18-08-2013 10:00	-54.283	-71.604		
17-08-2013 10:00	-54.231	-71.695	18-08-2013 11:00	-54.286	-71.604		
17-08-2013 11:00	-54.235	-71.692	18-08-2013 12:00	-54.286	-71.591		
17-08-2013 12:00	-54.240	-71.687	18-08-2013 13:00	-54.289	-71.586		
17-08-2013 13:00	-54.246	-71.685	18-08-2013 14:00	-54.293	-71.577		
17-08-2013 14:00	-54.253	-71.680	18-08-2013 15:00	-54.299	-71.570		
17-08-2013 15:00	-54.260	-71.668	18-08-2013 16:00	-54.299	-71.563		
17-08-2013 16:00	-54.264	-71.654	18-08-2013 17:00	-54.304	-71.557		
17-08-2013 17:00	-54.263	-71.645	18-08-2013 18:00	-54.309	-71.552		
17-08-2013 18:00	-54.267	-71.642	18-08-2013 19:00	-54.312	-71.551		
17-08-2013 19:00	-54.268	-71.636	18-08-2013 20:00	-54.316	-71.553		
17-08-2013 20:00	-54.269	-71.634	18-08-2013 21:00	-54.319	-71.554		
17-08-2013 21:00	-54.268	-71.632	18-08-2013 22:00	-54.322	-71.552		
17-08-2013 22:00	-54.268	-71.631	18-08-2013 23:00	-54.320	-71.546		
17-08-2013 23:00	-54.268	-71.632	19-08-2013 0:00	-54.316	-71.538		
18-08-2013 0:00	-54.269	-71.633	19-08-2013 1:00	-54.322	-71.529		
18-08-2013 1:00	-54.270	-71.631	19-08-2013 2:00	-54.332	-71.514		
18-08-2013 2:00	-54.270	-71.627	19-08-2013 3:00	-54.341	-71.487		
18-08-2013 3:00	-54.270	-71.623	19-08-2013 4:00	-54.346	-71.468		
18-08-2013 4:00	-54.271	-71.617	19-08-2013 5:00	-54.349	-71.456		
18-08-2013 5:00	-54.272	-71.612	19-08-2013 6:00	-54.352	-71.439		
18-08-2013 6:00	-54.274	-71.610	19-08-2013 7:00	-54.348	-71.426		
18-08-2013 7:00	-54.276	-71.607	19-08-2013 8:00	-54.348	-71.404		

Posición y hora de boyas derivadoras a 8 m en Seno Dyneley, campaña canal Cockburn, invierno 2013.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. ANEXO III



Figura III-34. Trayectoria de derivador liberado en el sector Seno Brujo a 4 metros en canal Cockburn, agosto 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final. Los colores representan los diferentes segmentos realizados durante el periodo.

NIVERSARIO



Figura III-35. Trayectoria de derivador liberado en el sector Seno Brujo a 8 metros en canal Cockburn, agosto 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final. Los colores representan los diferentes segmentos realizados durante el periodo.



Descripción derivador observado a 4m en Seno Brujo campaña canal Cockburn, invierno 2013. Las letras indican la cantidad de segmentos que lo componen.

		DERIVADOR OBSERVADO (4 m)
a)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	1.04
	DISTANCIA NETA (km)	1.02
	TIEMPO (horas)	1.7
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	16.99

b)		DERIVADOR OBSERVADO (4 m)
	DISTANCIA RECORRIDA (km)	2.43
	DISTANCIA NETA (km)	1.88
	TIEMPO (horas)	10.6
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	6.37

2		DERIVADOR OBSERVADO (4 m)		
C)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	14.69		
	DISTANCIA NETA (km)	13.04		
	TIEMPO (horas)	13.6		
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	30.00		

Tabla III-47

Posición y hora de boyas derivadoras a 4m en Seno Brujo, campaña canal Cockburn, invierno 2013.

4 metros						
fecha	longitud	latitud	fecha	longitud	latitud	
22-08-2013 7:00	-71.681	-54.429	23-08-2013 0:00	-71.701	-54.406	
22-08-2013 8:00	-71.684	-54.424	23-08-2013 1:00	-71.703	-54.399	
22-08-2013 10:00	-71.689	-54.421	23-08-2013 2:00	-71.702	-54.393	
22-08-2013 11:00	-71.691	-54.419	23-08-2013 3:00	-71.705	-54.388	
22-08-2013 12:00	-71.692	-54.419	23-08-2013 4:00	-71.720	-54.387	
22-08-2013 13:00	-71.693	-54.419	23-08-2013 5:00	-71.737	-54.386	
22-08-2013 14:00	-71.697	-54.418	23-08-2013 6:00	-71.764	-54.384	
22-08-2013 15:00	-71.696	-54.417	23-08-2013 7:00	-71.792	-54.380	
22-08-2013 16:00	-71.696	-54.414	23-08-2013 8:00	-71.819	-54.378	
22-08-2013 17:00	-71.698	-54.410	23-08-2013 9:00	-71.839	-54.376	
22-08-2013 18:00	-71.700	-54.407	23-08-2013 10:00	-71.845	-54.370	
22-08-2013 19:00	-71.699	-54.406	23-08-2013 11:00	-71.854	-54.366	
22-08-2013 20:00	-71.698	-54.405	23-08-2013 12:00	-71.871	-54.363	
22-08-2013 23:00	-71.697	-54.409				

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. ANEXO III



Descripción derivador observado a 8m en Seno Brujo campaña canal Cockburn, invierno 2013. Las letras indican la cantidad de segmentos que lo componen.

•		• •	
a)	DERIVADOR OBSERVADO (8 m)	b)	DERIVADOR OBSERVADO (8 m)
DISTANCIA RECORRIDA (km)	0.87	DISTANCIA RECORRIDA (km)	0.75
DISTANCIA NETA (km)	0.83	DISTANCIA NETA (km)	0.37
TIEMPO (horas)	2.5	TIEMPO (horas)	5.8
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	9.82	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	3.59
c)	DERIVADOR OBSERVADO (8 m)	d)	DERIVADOR OBSERVADO (8 m)
DISTANCIA RECORRIDA (km)	1.31	DISTANCIA RECORRIDA (km)	2.44
DISTANCIA NETA (km)	0.81	DISTANCIA NETA (km)	1.4
TIEMPO (horas)	8.0	TIEMPO (horas)	8.9
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	4.55	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	7.62
e)	DERIVADOR OBSERVADO (8 m)	f)	DERIVADOR OBSERVADO (8 m)
DISTANCIA RECORRIDA (km)	2.38	DISTANCIA RECORRIDA (km)	5.90
DISTANCIA NETA (km)	1.13	DISTANCIA NETA (km)	1.81
TIEMPO (horas)	9.5	TIEMPO (horas)	8.8
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	6.99	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	18.62



Tabla III-49 Posición y hora de boyas derivadoras a 8m en Seno Brujo, campaña canal Cockburn, invierno 2013.

8 metros					
fecha	latitud	longitud	fecha	latitud	longitud
22-08-2013 6:00	-54.430	-71.681	23-08-2013 5:00	-54.402	-71.706
22-08-2013 7:00	-54.428	-71.678	23-08-2013 6:00	-54.404	-71.708
22-08-2013 8:00	-54.425	-71.677	23-08-2013 7:00	-54.406	-71.708
22-08-2013 10:00	-54.425	-71.687	23-08-2013 8:00	-54.396	-71.712
22-08-2013 11:00	-54.424	-71.687	23-08-2013 9:00	-54.396	-71.707
22-08-2013 12:00	-54.423	-71.688	23-08-2013 10:00	-54.396	-71.700
22-08-2013 13:00	-54.423	-71.687	23-08-2013 11:00	-54.395	-71.697
22-08-2013 14:00	-54.422	-71.687	23-08-2013 12:00	-54.395	-71.699
22-08-2013 15:00	-54.421	-71.692	23-08-2013 13:00	-54.395	-71.700
22-08-2013 16:00	-54.420	-71.693	23-08-2013 14:00	-54.394	-71.700
22-08-2013 17:00	-54.419	-71.696	23-08-2013 15:00	-54.396	-71.696
22-08-2013 18:00	-54.418	-71.697	23-08-2013 16:00	-54.398	-71.696
22-08-2013 19:00	-54.417	-71.698	23-08-2013 17:00	-54.399	-71.696
22-08-2013 20:00	-54.416	-71.695	23-08-2013 18:00	-54.399	-71.695
22-08-2013 21:00	-54.415	-71.693	23-08-2013 19:00	-54.401	-71.683
22-08-2013 22:00	-54.414	-71.692	23-08-2013 20:00	-54.397	-71.675
22-08-2013 23:00	-54.412	-71.693	23-08-2013 21:00	-54.391	-71.683
23-08-2013 0:00	-54.412	-71.694	23-08-2013 22:00	-54.388	-71.686
23-08-2013 1:00	-54.411	-71.698	23-08-2013 23:00	-54.386	-71.690
23-08-2013 2:00	-54.410	-71.701	24-08-2013 0:00	-54.389	-71.696
23-08-2013 3:00	-54.408	-71.704	24-08-2013 1:00	-54.394	-71.705
23-08-2013 4:00	-54.404	-71.707	24-08-2013 2:00	-54.396	-71.718



Figura III-36. Trayectoria de derivador liberado en el sector Seno Chasco a 8 metros en canal Cockburn, agosto 2013. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.



Descripción derivador observado a 8m en Seno Chasco campaña canal Cockburn, invierno 2013.

DERIVADOR OBSERVADO (8 m)		
DISTANCIA RECORRIDA (km)	8.97	
DISTANCIA NETA (km)	7.97	
TIEMPO (horas)	9.0	
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	27.69	

Tabla III-51

Posición y hora de boyas derivadoras a 8m en Seno Chasco, campaña canal Cockburn, invierno 2013.

8 metros					
fecha	latitud	longitud			
20-08-2013 8:30	-54.455	-71.856			
20-08-2013 9:30	-54.450	-71.872			
20-08-2013 10:30	-54.443	-71.885			
20-08-2013 11:30	-54.435	-71.893			
20-08-2013 12:30	-54.429	-71.897			
20-08-2013 13:30	-54.423	-71.898			
20-08-2013 14:30	-54.421	-71.906			
20-08-2013 15:30	-54.419	-71.917			
20-08-2013 16:30	-54.417	-71.928			
20-08-2013 17:30	-54.414	-71.943			



Canal Cockburn campaña verano 2014

Figura III-37. Trayectoria de derivador liberado en el sector de Seno Chasco a 4 metros en canal Cockburn, enero 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.



Figura III-38. Trayectoria de derivador liberado en el sector de Seno Chasco a 8 metros en canal Cockburn, enero 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final. Los colores representan los diferentes segmentos realizados durante el periodo.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**



Descripción derivador observado a 4 y 8 m en seno Chasco, campaña canal Cockburn, enero 2014. Las letras indican la cantidad de segmentos que lo componen.(a) derivador a 4 metros. (b) y (c) derivador a 8m en 2 segmentos.

2)		DERIVADOR OBSERVADO (4m)
a)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	16.41
	DISTANCIA NETA (km)	6.25
	TIEMPO (horas)	41
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	11.12

h)		DERIVADOR OBSERVADO (8m)
D)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	11.84
	DISTANCIA NETA (km)	2.68
	TIEMPO (horas)	41
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	8.02

		DERIVADOR OBSERVADO (8m)
C)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	3.46
	DISTANCIA NETA (km)	3.45
	TIEMPO (horas)	6
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	16.02



Posición y hora de boyas derivadoras a 4m en seno Chasco, campaña canal Cockburn, enero 2014.

4r	n		4m			
fecha	latitud	longitud	fecha	latitud	longitud	
16-01-2014 21:00	-54.479	-71.755	17-01-2014 18:00	-54.475	-71.805	
16-01-2014 22:00	-54.477	-71.757	17-01-2014 19:00	-54.477	-71.800	
16-01-2014 23:00	-54.473	-71.762	17-01-2014 20:00	-54.479	-71.795	
17-01-2014 0:00	-54.472	-71.766	17-01-2014 21:00	-54.482	-71.791	
17-01-2014 1:00	-54.472	-71.771	17-01-2014 22:00	-54.483	-71.789	
17-01-2014 2:00	-54.471	-71.777	17-01-2014 23:00	-54.485	-71.787	
17-01-2014 3:00	-54.470	-71.784	18-01-2014 0:00	-54.487	-71.786	
17-01-2014 4:00	-54.470	-71.784	18-01-2014 1:00	-54.488	-71.780	
17-01-2014 5:00	-54.469	-71.784	18-01-2014 2:00	-54.489	-71.776	
17-01-2014 6:00	-54.469	-71.787	18-01-2014 3:00	-54.486	-71.776	
17-01-2014 7:00	-54.470	-71.789	18-01-2014 4:00	-54.483	-71.779	
17-01-2014 8:00	-54.470	-71.792	18-01-2014 5:00	-54.483	-71.780	
17-01-2014 9:00	-54.470	-71.795	18-01-2014 6:00	-54.482	-71.774	
17-01-2014 10:00	-54.470	-71.798	18-01-2014 7:00	-54.480	-71.765	
17-01-2014 11:00	-54.470	-71.802	18-01-2014 8:00	-54.480	-71.750	
17-01-2014 12:00	-54.469	-71.803	18-01-2014 9:00	-54.481	-71.733	
17-01-2014 13:00	-54.469	-71.805	18-01-2014 10:00	-54.482	-71.720	
17-01-2014 14:00	-54.470	-71.807	18-01-2014 11:00	-54.488	-71.713	
17-01-2014 15:00	-54.471	-71.807	18-01-2014 12:00	-54.493	-71.704	
17-01-2014 16:00	-54.472	-71.807	18-01-2014 13:00	-54.497	-71.688	
17-01-2014 17:00	-54.474	-71.806	18-01-2014 14:00	-54.500	-71.675	



NIVERSARIC

Tabla III-54

Posición y hora de boyas derivadoras a 8m en seno Chasco, campaña canal Cockburn, enero 2014.

8r	n		8r	n	
fecha	latitud	longitud	fecha	latitud	longitud
16-01-2014 21:00	-71.756	-54.479	17-01-2014 22:00	-71.775	-54.484
16-01-2014 22:00	-71.755	-54.479	17-01-2014 23:00	-71.773	-54.487
16-01-2014 23:00	-71.758	-54.478	18-01-2014 0:00	-71.771	-54.489
17-01-2014 0:00	-71.760	-54.478	18-01-2014 1:00	-71.769	-54.489
17-01-2014 1:00	-71.764	-54.477	18-01-2014 2:00	-71.768	-54.491
17-01-2014 2:00	-71.770	-54.477	18-01-2014 3:00	-71.768	-54.489
17-01-2014 3:00	-71.778	-54.475	18-01-2014 4:00	-71.772	-54.487
17-01-2014 4:00	-71.784	-54.473	18-01-2014 5:00	-71.777	-54.485
17-01-2014 5:00	-71.788	-54.471	18-01-2014 6:00	-71.777	-54.484
17-01-2014 6:00	-71.790	-54.470	18-01-2014 7:00	-71.774	-54.483
17-01-2014 7:00	-71.791	-54.469	18-01-2014 8:00	-71.764	-54.482
17-01-2014 8:00	-71.792	-54.470	18-01-2014 9:00	-71.749	-54.481
17-01-2014 9:00	-71.793	-54.471	18-01-2014 10:00	-71.736	-54.480
17-01-2014 10:00	-71.793	-54.472	18-01-2014 11:00	-71.727	-54.483
17-01-2014 11:00	-71.796	-54.472	18-01-2014 12:00	-71.720	-54.485
17-01-2014 12:00	-71.796	-54.473	18-01-2014 13:00	-71.715	-54.486
17-01-2014 13:00	-71.795	-54.473	18-01-2014 14:00	-71.716	-54.486
17-01-2014 14:00	-71.793	-54.474	18-01-2014 15:30	-71.824	-54.467
17-01-2014 15:00	-71.791	-54.474	18-01-2014 16:30	-71.813	-54.470
17-01-2014 16:00	-71.789	-54.475	18-01-2014 17:30	-71.806	-54.472
17-01-2014 17:00	-71.787	-54.476	18-01-2014 18:30	-71.800	-54.474
17-01-2014 18:00	-71.786	-54.476	18-01-2014 19:30	-71.790	-54.476
17-01-2014 19:00	-71.786	-54.478	18-01-2014 20:30	-71.783	-54.478
17-01-2014 20:00	-71.783	-54.480	18-01-2014 21:30	-71.775	-54.480
17-01-2014 21:00	-71.779	-54.482			

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. ANEXO III NIVERSARIO



Figura III-39. Trayectoria de derivador liberado en el sector de canal Pedro a 4 metros en canal Cockburn, enero 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final. Los colores representan los diferentes segmentos realizados durante el periodo.



Descripción derivador observado a 4m en canal Pedro, campaña canal Cockburn, enero 2014. Las letras indican la cantidad de segmentos que lo componen.

a)	DERIVADOR OBSERVADO (4m)	b)	DERIVADOR OBSERVADO (4m)
DISTANCIA RECORRIDA (km)	4.11	DISTANCIA RECORRIDA (km)	8.19
DISTANCIA NETA (km)	2.77	DISTANCIA NETA (km)	7.92
TIEMPO (horas)	9	TIEMPO (horas)	8
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	12.69	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	28.44
c)	DERIVADOR OBSERVADO (4m)	d)	DERIVADOR OBSERVADO (4m)
DISTANCIA RECORRIDA (km)	4.41	DISTANCIA RECORRIDA (km)	2.30
DISTANCIA NETA (km)	4.19	DISTANCIA NETA (km)	2.23
TIEMPO (horas)	6	TIEMPO (horas)	3
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	20.42	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	21.30
e)	DERIVADOR OBSERVADO (4m)	f)	DERIVADOR OBSERVADO (4m)
DISTANCIA RECORRIDA (km)	3.73	DISTANCIA RECORRIDA (km)	3.17
DISTANCIA NETA (km)	3.53	DISTANCIA NETA (km)	3.15
TIEMPO (horas)	7	TIEMPO (horas)	4

VELOCIDAD MEDIA(cm/s)

22.01

14.80

VELOCIDAD MEDIA(cm/s)



Posición y hora de boyas derivadoras a 4m en canal Pedro, campaña canal Cockburn, enero 2014.

4 met	ros	4 me	tros		
fecha	latitud	longitud	fecha	latitud	longitud
14-01-2014 8:30	-53.981	-71.671	15-01-2014 7:30	-53.965	-71.670
14-01-2014 9:30	-53.978	-71.671	15-01-2014 8:30	-53.957	-71.661
14-01-2014 10:30	-53.977	-71.671	15-01-2014 9:30	-53.952	-71.660
14-01-2014 11:30	-53.977	-71.671	15-01-2014 10:30	-53.949	-71.659
14-01-2014 12:30	-53.979	-71.668	15-01-2014 11:30	-53.950	-71.652
14-01-2014 13:30	-53.982	-71.663	15-01-2014 12:30	-53.944	-71.649
14-01-2014 14:30	-53.988	-71.660	15-01-2014 13:30	-53.938	-71.648
14-01-2014 15:30	-53.996	-71.656	15-01-2014 14:30	-53.932	-71.649
14-01-2014 16:30	-54.002	-71.653	15-01-2014 16:00	-53.999	-71.679
14-01-2014 17:30	-54.003	-71.650	15-01-2014 17:00	-53.994	-71.680
14-01-2014 18:30	-53.989	-71.684	15-01-2014 18:00	-53.988	-71.681
14-01-2014 19:30	-53.984	-71.679	15-01-2014 19:00	-53.984	-71.681
14-01-2014 20:30	-53.977	-71.678	15-01-2014 20:00	-53.980	-71.680
14-01-2014 21:30	-53.971	-71.677	15-01-2014 21:00	-53.976	-71.678
14-01-2014 22:30	-53.967	-71.673	15-01-2014 22:00	-53.972	-71.675
14-01-2014 23:30	-53.964	-71.664	15-01-2014 23:00	-53.970	-71.672
15-01-2014 0:30	-53.957	-71.655	16-01-2014 0:00	-53.964	-71.659
15-01-2014 1:30	-53.947	-71.644	16-01-2014 1:00	-53.958	-71.652
15-01-2014 2:30	-53.937	-71.631	16-01-2014 2:00	-53.951	-71.647
15-01-2014 4:30	-53.984	-71.680	16-01-2014 3:00	-53.946	-71.643
15-01-2014 5:30	-53.976	-71.679	16-01-2014 4:00	-53.942	-71.641
15-01-2014 6:30	-53.970	-71.676			





Figura III-40. Trayectoria de derivador liberado en el sector de seno Lyell a 4 metros en canal Cockburn, enero 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final. Los colores representan los diferentes segmentos realizados durante el periodo.



Figura III-41. Trayectoria de derivador liberado en el sector de seno Lyell a 8 metros en canal Cockburn, enero 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**

NIVERSARIC

Tabla III-57

Descripción derivador observado a 4 y 8 m en seno Lyell, campaña canal Cockburn, enero 2014. Las letras indican la cantidad de segmentos que lo componen.(a) y (b) derivador a 4 metros. (c) derivador a 8m.

		DERIVADOR OBSERVADO (4m)
a)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	9.18
,	DISTANCIA NETA (km)	5.41
	TIEMPO (horas)	25
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	10.20
		DERIVADOR OBSERVADO (4m)
h)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	2.06
D)	DISTANCIA NETA (km)	1.98
	TIEMPO (horas)	6
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	9.54
		DERIVADOR OBSERVADO (8 m)
c)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	9.92
,	DISTANCIA NETA (km)	0.25
	TIEMPO (horas)	40
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	6.89



Posición y hora de boyas derivadoras a 4m en seno Lyell, campaña canal Cockburn, enero 2014.

4 metros							
fecha	latitud	longitud	fecha	latitud	longitud		
11-01-2014 15:30	-54.025	-71.392	12-01-2014 8:30	-53.992	-71.409		
11-01-2014 16:30	-54.030	-71.390	12-01-2014 9:30	-53.988	-71.411		
11-01-2014 17:30	-54.030	-71.390	12-01-2014 10:30	-53.985	-71.413		
11-01-2014 18:30	-54.030	-71.392	12-01-2014 11:30	-53.981	-71.415		
11-01-2014 19:30	-54.027	-71.394	12-01-2014 12:30	-53.978	-71.416		
11-01-2014 20:30	-54.025	-71.394	12-01-2014 13:30	-53.977	-71.415		
11-01-2014 21:30	-54.022	-71.394	12-01-2014 14:30	-53.976	-71.411		
11-01-2014 22:30	-54.019	-71.392	12-01-2014 15:30	-53.976	-71.402		
11-01-2014 23:30	-54.019	-71.389	12-01-2014 16:30	-53.976	-71.395		
12-01-2014 0:30	-54.019	-71.388	12-01-2014 17:00	-53.996	-71.405		
12-01-2014 1:30	-54.019	-71.392	12-01-2014 18:00	-53.998	-71.398		
12-01-2014 2:30	-54.014	-71.396	12-01-2014 19:00	-54.002	-71.395		
12-01-2014 3:30	-54.009	-71.399	12-01-2014 20:00	-54.005	-71.392		
12-01-2014 4:30	-54.005	-71.404	12-01-2014 21:00	-54.008	-71.389		
12-01-2014 5:30	-54.004	-71.405	12-01-2014 22:00	-54.009	-71.388		
12-01-2014 6:30	-54.000	-71.405	12-01-2014 23:00	-54.010	-71.387		
12-01-2014 7:30	-53.996	-71.406					



Posición y hora de boyas derivadoras a 8m en seno Lyell, campaña canal Cockburn, enero 2014.

8 metros						
fecha	latitud	longitud	fecha	latitud	longitud	
11-01-2014 15:30	-54.025	-71.391	12-01-2014 12:30	-53.999	-71.408	
11-01-2014 16:30	-54.029	-71.391	12-01-2014 13:30	-53.998	-71.408	
11-01-2014 17:30	-54.031	-71.392	12-01-2014 14:30	-53.998	-71.406	
11-01-2014 18:30	-54.030	-71.394	12-01-2014 15:30	-53.998	-71.404	
11-01-2014 19:30	-54.027	-71.396	12-01-2014 16:30	-53.999	-71.402	
11-01-2014 20:30	-54.025	-71.397	12-01-2014 17:30	-54.001	-71.399	
11-01-2014 21:30	-54.021	-71.398	12-01-2014 18:30	-54.004	-71.395	
11-01-2014 22:30	-54.017	-71.395	12-01-2014 19:30	-54.007	-71.391	
11-01-2014 23:30	-54.015	-71.391	12-01-2014 20:30	-54.010	-71.387	
12-01-2014 0:30	-54.014	-71.389	12-01-2014 21:30	-54.012	-71.386	
12-01-2014 1:30	-54.014	-71.390	12-01-2014 22:30	-54.014	-71.383	
12-01-2014 2:30	-54.014	-71.391	12-01-2014 23:30	-54.015	-71.382	
12-01-2014 3:30	-54.013	-71.394	13-01-2014 0:30	-54.017	-71.381	
12-01-2014 4:30	-54.012	-71.397	13-01-2014 1:30	-54.017	-71.380	
12-01-2014 5:30	-54.011	-71.398	13-01-2014 2:30	-54.017	-71.381	
12-01-2014 6:30	-54.010	-71.400	13-01-2014 3:30	-54.017	-71.384	
12-01-2014 7:30	-54.008	-71.402	13-01-2014 4:30	-54.018	-71.386	
12-01-2014 8:30	-54.006	-71.404	13-01-2014 5:30	-54.018	-71.387	
12-01-2014 9:30	-54.004	-71.406	13-01-2014 6:30	-54.020	-71.388	
12-01-2014 10:30	-54.002	-71.406	13-01-2014 7:30	-54.024	-71.390	
12-01-2014 11:30	-54.001	-71.407				



Figura III-42. Trayectoria de derivador liberado en el sector de seno Dyneley a 4 metros en canal Cockburn, enero 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final. Los colores representan los diferentes segmentos realizados durante el periodo.



Figura III-43. Trayectoria de derivador liberado en el sector de seno Dyneley a 8 metros en canal Cockburn, enero 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final. Los colores representan los diferentes segmentos realizados durante el periodo.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**



Descripción derivador observado a 4 y 8 m en seno Dyneley, campaña canal Cockburn, enero 2014. Las letras indican la cantidad de segmentos que lo componen. (a),(b) y (c) derivador a 4 metros. (d), (e) y (f) derivador a 8m.

		1)	
a)	DERIVADOR OBSERVADO (4m)	d)	DERIVADOR OBSERVADO (8m)
DISTANCIA RECORRIDA (km)	8.41	DISTANCIA RECORRIDA (km)	6.34
DISTANCIA NETA (km)	6.39	DISTANCIA NETA (km)	4.6
TIEMPO (horas)	25	TIEMPO (horas)	24
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	9.34	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	7.34

h)	DERIVADOR OBSERVADO (4m)	N	
~/		e)	DERIVADOR OBSERVADO (8m)
DISTANCIA RECORRIDA (km)	9.21	DISTANCIA RECORRIDA (km)	9.60
DISTANCIA NETA (km)	8.82	DISTANCIA NETA (km)	8 94
TIEMPO (horas)	15		15
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	17.06		13
		VELOCIDAD MEDIA(CM/S)	17.78
c)	DERIVADOR OBSERVADO (4m)	f)	DERIVADOR OBSERVADO (8m)
DISTANCIA RECORRIDA (km)	4.82	DISTANCIA RECORRIDA (km)	3.64
DISTANCIA NETA (km)	4.69	DISTANCIA NETA (km)	3.58
TIEMPO (horas)	5	TIEMPO (horas)	4
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	26.78	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	25.28



Posición y hora de boyas derivadoras a 4m en seno Dyneley, campaña canal Cockburn, enero 2014.

4 me	tros	4 me	tros		
fecha	latitud	longitud	fecha	latitud	longitud
22-01-2014 17:30	-54.228	-71.704	23-01-2014 17:30	-54.172	-71.694
22-01-2014 18:30	-54.228	-71.700	23-01-2014 18:30	-54.171	-71.691
22-01-2014 19:30	-54.227	-71.697	23-01-2014 20:30	-54.226	-71.708
22-01-2014 20:30	-54.225	-71.692	23-01-2014 21:30	-54.228	-71.702
22-01-2014 21:30	-54.222	-71.689	23-01-2014 22:30	-54.230	-71.695
22-01-2014 22:30	-54.219	-71.687	23-01-2014 23:30	-54.233	-71.688
22-01-2014 23:30	-54.216	-71.687	24-01-2014 0:30	-54.234	-71.678
23-01-2014 0:30	-54.213	-71.687	24-01-2014 1:30	-54.236	-71.666
23-01-2014 1:30	-54.210	-71.689	24-01-2014 2:30	-54.238	-71.652
23-01-2014 2:30	-54.207	-71.692	24-01-2014 3:30	-54.241	-71.642
23-01-2014 3:30	-54.203	-71.695	24-01-2014 4:30	-54.243	-71.639
23-01-2014 4:30	-54.198	-71.698	24-01-2014 5:30	-54.245	-71.634
23-01-2014 5:30	-54.194	-71.700	24-01-2014 6:30	-54.249	-71.625
23-01-2014 6:30	-54.191	-71.701	24-01-2014 7:30	-54.251	-71.614
23-01-2014 7:30	-54.189	-71.702	24-01-2014 8:30	-54.251	-71.604
23-01-2014 8:30	-54.187	-71.701	24-01-2014 9:30	-54.252	-71.594
23-01-2014 9:30	-54.186	-71.701	24-01-2014 10:30	-54.255	-71.590
23-01-2014 10:30	-54.186	-71.699	24-01-2014 11:30	-54.258	-71.585
23-01-2014 11:30	-54.183	-71.698	24-01-2014 12:30	-54.269	-71.591
23-01-2014 12:30	-54.179	-71.699	24-01-2014 13:30	-54.273	-71.577
23-01-2014 13:30	-54.175	-71.699	24-01-2014 14:30	-54.276	-71.558
23-01-2014 14:30	-54.172	-71.699	24-01-2014 15:30	-54.281	-71.548
23-01-2014 15:30	-54.169	-71.699	24-01-2014 16:30	-54.286	-71.540
23-01-2014 16:30	-54.170	-71.695	24-01-2014 17:30	-54.290	-71.533



Posición y hora de boyas derivadoras a 8m en seno Dyneley, campaña canal Cockburn, enero 2014.

8 metros			8 metros			
fecha	latitud	longitud	fecha	latitud	longitud	
22-01-2014 17:30	-54.228	-71.704	23-01-2014 16:30	-54.189	-71.689	
22-01-2014 18:30	-54.228	-71.702	23-01-2014 17:30	-54.188	-71.686	
22-01-2014 19:30	-54.229	-71.699	23-01-2014 19:30	-54.227	-71.709	
22-01-2014 20:30	-54.229	-71.696	23-01-2014 20:30	-54.229	-71.704	
22-01-2014 21:30	-54.229	-71.696	23-01-2014 21:30	-54.232	-71.700	
22-01-2014 22:30	-54.229	-71.694	23-01-2014 22:30	-54.235	-71.695	
22-01-2014 23:30	-54.228	-71.691	23-01-2014 23:30	-54.239	-71.689	
23-01-2014 0:30	-54.227	-71.688	24-01-2014 0:30	-54.240	-71.681	
23-01-2014 1:30	-54.225	-71.687	24-01-2014 1:30	-54.238	-71.670	
23-01-2014 2:30	-54.222	-71.686	24-01-2014 2:30	-54.243	-71.658	
23-01-2014 3:30	-54.218	-71.687	24-01-2014 3:30	-54.247	-71.655	
23-01-2014 4:30	-54.215	-71.689	24-01-2014 4:30	-54.249	-71.652	
23-01-2014 5:30	-54.212	-71.690	24-01-2014 5:30	-54.251	-71.646	
23-01-2014 6:30	-54.209	-71.690	24-01-2014 6:30	-54.253	-71.635	
23-01-2014 7:30	-54.206	-71.690	24-01-2014 7:30	-54.254	-71.622	
23-01-2014 8:30	-54.203	-71.690	24-01-2014 8:30	-54.258	-71.611	
23-01-2014 9:30	-54.200	-71.691	24-01-2014 9:30	-54.259	-71.599	
23-01-2014 10:30	-54.196	-71.694	24-01-2014 10:30	-54.261	-71.591	
23-01-2014 11:30	-54.193	-71.695	24-01-2014 12:30	-54.268627	-71.590532	
23-01-2014 12:30	-54.191	-71.695	24-01-2014 13:30	-54.272248	-71.577815	
23-01-2014 13:30	-54.190	-71.696	24-01-2014 14:30	-54.275198	-71.560768	
23-01-2014 14:30	-54.189	-71.695	24-01-2014 15:30	-54.279285	-71.549767	
23-01-2014 15:30	-54.189	-71.692	24-01-2014 16:30	-54.282085	-71.543255	



Figura III-44. Trayectoria de derivador liberado en el sector de seno Brujo a 4 metros en canal Cockburn, enero 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final. Los colores representan los diferentes segmentos realizados durante el periodo.



Descripción derivador observado a 4m en seno Brujo campaña canal Cockburn, enero 2014. Las letras indican la cantidad de segmentos que lo componen.

a١		DERIVADOR OBSERVADO (4m)	d)		DERIVADOR OBSERVADO (4m)
ч,	DISTANCIA RECORRIDA (km)	0.96	ч,	DISTANCIA RECORRIDA (km)	1.98
	DISTANCIA NETA (km)	0.91		DISTANCIA NETA (km)	1.61
	TIEMPO (horas)	4		TIEMPO (horas)	4
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	6.67		VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	13.75
ь١		DERIVADOR OBSERVADO (4m)	- 1		DERIVADOR OBSERVADO (4m)
D)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	2.76	e)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	0.49
	DISTANCIA NETA (km)	0.31		DISTANCIA NETA (km)	0.48
	TIEMPO (horas)	9		TIEMPO (horas)	1
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	8.52		VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	13.53
c١		DERIVADOR OBSERVADO (4m)	f)		DERIVADOR OBSERVADO (4m)
C)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	3.90	1)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	1.86
	DISTANCIA NETA (km)	1.62		DISTANCIA NETA (km)	1.61
	TIEMPO (horas)	12		TIEMPO (horas)	8
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	9.03		VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	6.46



Posición y hora de boyas derivadoras a 4m en seno Brujo, campaña canal Cockburn, enero 2014.

	4 metros							
fecha	latitud	longitud	fecha	latitud	longitud			
20-01-2014 4:30	-54.430	-71.682	21-01-2014 4:30	-54.439	-71.665			
20-01-2014 5:30	-54.431	-71.685	21-01-2014 5:30	-54.437	-71.665			
20-01-2014 6:30	-54.431	-71.689	21-01-2014 6:30	-54.436	-71.668			
20-01-2014 7:30	-54.432	-71.692	21-01-2014 7:30	-54.433	-71.672			
20-01-2014 8:30	-54.432	-71.696	21-01-2014 8:30	-54.429	-71.678			
20-01-2014 11:00	-54.438	-71.658	21-01-2014 9:30	-54.424	-71.682			
20-01-2014 12:00	-54.437	-71.666	21-01-2014 12:00	-54.419	-71.694			
20-01-2014 13:00	-54.436	-71.671	21-01-2014 13:00	-54.415	-71.694			
20-01-2014 14:00	-54.436	-71.675	21-01-2014 14:00	-54.411	-71.690			
20-01-2014 15:00	-54.435	-71.675	21-01-2014 15:00	-54.408	-71.689			
20-01-2014 16:00	-54.435	-71.671	21-01-2014 16:00	-54.407	-71.693			
20-01-2014 17:00	-54.435	-71.667	21-01-2014 17:30	-54.419	-71.699			
20-01-2014 18:00	-54.434	-71.664	21-01-2014 18:30	-54.420	-71.694			
20-01-2014 19:00	-54.434	-71.660	21-01-2014 20:30	-54.421	-71.698			
20-01-2014 20:00	-54.436	-71.657	21-01-2014 21:30	-54.421	-71.694			
20-01-2014 21:30	-54.434	-71.677	21-01-2014 22:30	-54.422	-71.691			
20-01-2014 22:30	-54.435	-71.674	21-01-2014 23:30	-54.423	-71.690			
20-01-2014 23:30	-54.436	-71.671	22-01-2014 0:30	-54.425	-71.686			
21-01-2014 0:30	-54.437	-71.670	22-01-2014 1:30	-54.427	-71.683			
21-01-2014 1:30	-54.438	-71.670	22-01-2014 2:30	-54.428	-71.681			
21-01-2014 2:30	-54.440	-71.669	22-01-2014 3:30	-54.430	-71.679			
21-01-2014 3:30	-54.440	-71.667	22-01-2014 4:30	-54.431	-71.680			

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. ANEXO III





Descripción derivador observado a 8m en estero Staples, bahía Inman, campaña canal Cockburn, enero 2014. Las letras indican la cantidad de segmentos que lo componen.

٦١		DERIVADOR OBSERVADO (8m)
d)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	4.45
	DISTANCIA NETA (km)	3.34
	TIEMPO (horas)	10
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	12.36
		DERIVADOR OBSERVADO (8m)
b)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	4.70

~,		4.70
	DISTANCIA NETA (km)	2.71
	TIEMPO (horas)	9
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	14.51

c)	DERIVADOR OBSERVADO (8m)				
۰,	DISTANCIA RECORRIDA (km)	7.42			
	DISTANCIA NETA (km)	6.85			
	TIEMPO (horas)	12			
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	17.18			

NIVERSARIO

Tabla III-66Posición y hora de boyas derivadoras a 8m en estero Staples, bahía Inman,
Campaña canal Cockburn, enero 2014.

8 metros							
fecha	latitud	longitud	fecha	latitud	longitud		
28-01-2014 8:00	-54.122	-71.137	29-01-2014 1:30	-54.146	-71.141		
28-01-2014 9:00	-54.119	-71.135	29-01-2014 2:30	-54.145	-71.144		
28-01-2014 10:00	-54.120	-71.135	29-01-2014 3:30	-54.142	-71.147		
28-01-2014 11:00	-54.121	-71.134	29-01-2014 4:30	-54.140	-71.150		
28-01-2014 12:00	-54.122	-71.133	29-01-2014 10:00	-54.134	-71.140		
28-01-2014 13:00	-54.123	-71.134	29-01-2014 11:00	-54.131	-71.144		
28-01-2014 14:00	-54.125	-71.134	29-01-2014 12:00	-54.128	-71.143		
28-01-2014 15:00	-54.131	-71.135	29-01-2014 13:00	-54.123	-71.141		
28-01-2014 16:00	-54.137	-71.135	29-01-2014 14:00	-54.117	-71.140		
28-01-2014 17:00	-54.142	-71.132	29-01-2014 15:00	-54.110	-71.140		
28-01-2014 18:00	-54.149	-71.130	29-01-2014 16:00	-54.104	-71.139		
28-01-2014 19:30	-54.115	-71.135	29-01-2014 17:00	-54.097	-71.139		
28-01-2014 20:30	-54.120	-71.136	29-01-2014 18:00	-54.091	-71.142		
28-01-2014 21:30	-54.125	-71.138	29-01-2014 19:00	-54.084	-71.145		
28-01-2014 22:30	-54.131	-71.139	29-01-2014 20:00	-54.079	-71.151		
28-01-2014 23:30	-54.138	-71.140	29-01-2014 21:00	-54.077	-71.158		
29-01-2014 0:30	-54.143	-71.139	29-01-2014 22:00	-54.074	-71.163		

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. ANEXO III





Figura III-46. Trayectoria de derivador liberado en el sector de Seno Bluff, 4 metros en canal Cockburn, enero 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final. Los colores representan los diferentes segmentos realizados durante el periodo.



Figura III-47. Trayectoria de derivador liberado en el sector de Seno Bluff, 8 metros en canal Cockburn, enero 2014. Los números de menor a mayor indican las posiciones desde el inicio al final. Los colores representan los diferentes segmentos realizados durante el periodo.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT- CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO III**


Tabla III- 67

Descripción derivador observado a 4 y 8m en seno Bluff campaña canal Cockburn, enero 2014. Las letras indican la cantidad de segmentos que lo componen.(a), (b) y (c) derivador a 4m. (d), (e) y (f) derivador a 8m.

a)		DERIVADOR OBSERVADO (4m)	\ ا		DERIVADOR OBSERVADO (8m)
ч,	DISTANCIA RECORRIDA (km)	0.98	a)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	1.11
	DISTANCIA NETA (km)	0.67		DISTANCIA NETA (km)	0.57
	TIEMPO (horas)	3		TIEMPO (horas)	3
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	9.07		VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	10.28
L\		DERIVADOR OBSERVADO (4m)	•		DERIVADOR OBSERVADO (8m)
D)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	2.51	e)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	2.31
	DISTANCIA NETA (km)	1.99		DISTANCIA NETA (km)	1.26
	TIEMPO (horas)	12		TIEMPO (horas)	12
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	5.81		VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	5.35
٦		DERIVADOR OBSERVADO (4m)	£)		DERIVADOR OBSERVADO (8m)
CJ	DISTANCIA RECORRIDA (km)	3.75	I)	DISTANCIA RECORRIDA (km)	2.75
	DISTANCIA NETA (km)	3.7		DISTANCIA NETA (km)	2.67
	TIEMPO (horas)	6		TIEMPO (horas)	6
	VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	17.36		VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	12.73



Tabla III-68

Posición y hora de boyas derivadoras a 4 y 8 m en seno Bluff, campaña canal Cockburn, enero 2014.

4 me	4 metros				
fecha	latitud	longitud	latitud	longitud	
25-01-2014 15:00	-54.432	-71.373	-54.432	-71.373	
25-01-2014 16:00	-54.431	-71.381	-54.432	-71.380	
25-01-2014 17:00	-54.430	-71.383	-54.430	-71.383	
25-01-2014 18:00	-54.429	-71.382	-54.429	-71.383	
25-01-2014 21:00	-54.424	-71.440	-54.424	-71.440	
25-01-2014 22:00	-54.425	-71.436	-54.424	-71.438	
25-01-2014 23:00	-54.427	-71.434	-54.425	-71.434	
26-01-2014 0:00	-54.429	-71.433	-54.427	-71.431	
26-01-2014 1:00	-54.431	-71.432	-54.428	-71.429	
26-01-2014 2:00	-54.431	-71.430	-54.429	-71.430	
26-01-2014 3:00	-54.431	-71.430	-54.429	-71.431	
26-01-2014 4:00	-54.430	-71.430	-54.429	-71.433	
26-01-2014 5:00	-54.432	-71.428	-54.430	-71.435	
26-01-2014 6:00	-54.434	-71.425	-54.431	-71.436	
26-01-2014 7:00	-54.434	-71.421	-54.432	-71.436	
26-01-2014 8:00	-54.435	-71.419	-54.431	-71.433	
26-01-2014 9:00	-54.435	-71.416	-54.432	-71.430	
26-01-2014 9:30	-54.426	-71.420	-54.427	-71.425	
26-01-2014 10:30	-54.428	-71.412	-54.428	-71.419	
26-01-2014 11:30	-54.430	-71.403	-54.429	-71.411	
26-01-2014 12:30	-54.431	-71.393	-54.430	-71.402	
26-01-2014 13:30	-54.434	-71.385	-54.431	-71.396	
26-01-2014 14:30	-54.435	-71.376	-54.433	-71.391	
26-01-2014 15:30	-54.437	-71.369	-54.435	-71.388	

ANEXO IV

Informes de campañas:

- Canal Cockburn invierno 2013
 - Chonos primavera 2013
 - Canal Cockburn-verano 2014
 - Chonos-otoño 2014

INFORME CAMPAÑA

Canal Cockburn -- invierno 2013

RESUMEN ACTIVIDADES AGOSTO 2013.

Resumen

Durante el mes de agosto de 2013 fue realizado un crucero de investigación oceanográfico a cargo del departamento de medio ambiente del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Este estudio se encuentra enmarcado dentro del proyecto modelación de patrones oceanográficos en los mares interiores de Magallanes .Las actividades fueron realizadas desde el 13 de Agosto hasta el 3 de septiembre, zarpando desde rio Verde, isla Riesco y finalizando en bahía Mansa región de Magallanes.

El crucero de investigación ubicado entre canal Cockburn y el estrecho de Magallanes, alrededor de las islas Clarence y Capitán Aracena (**figura IV-1**) contempló la instalación de 4 mareógrafos, 2 estaciones meteorológicas, lance de CTD, boyas derivadoras y medición de corrientes mediante ADCP anclado y remolcado.



Figura IV-1. Ubicación geográfica, indicando el área aproximada sujeta a mediciones de campo.

Antecedentes generales

El área de estudio abarca la zona comprendida entre las latitudes 53° 40.552'S y 54° 27,789'S y las longitudes 70° 50.188'W y 72° 16.826'S. En esta zona se encuentran las islas Clarence y Capitán Aracena rodeado por los canales Cockburn, Magdalena y el estrecho de Magallanes (Paso Froward).

La **isla Clarence** es parte del archipiélago de Tierra del Fuego, comuna de Punta Arenas, en la XII Región de Magallanes. Tiene una superficie de 1.111 km², y se encuentra justo al sur de la península de Brunswick.

La isla tiene por límites:

- al noreste, el estrecho de Magallanes, cuyas aguas la separan de la península de Brunswick, el extremo meridional de América del Sur;
- al este, la isla Aracena;
- al sur, el canal Cockburn, que la separa de gran número de pequeñas islas e islotes;
- al oeste, el canal Bárbara, que la separan de la isla Santa Inés.

La **isla Capitán Aracena** perteneciente al archipiélago de Tierra del Fuego, XII Región de Magallanes. Tiene una superficie de 1.164 km², y su punto más alto es el monte Vernal de 1.164 metros. Forma parte del Parque Nacional Alberto de Agostini, creado en 1965.La isla tiene por límites:

- al noreste, el estrecho de Magallanes, cuyas aguas la separan de la península de Brunswick, el extremo meridional de América del Sur;
- al este y al sur, el canal Magdalena y el canal Cockburn que la separan de la isla Grande de Tierra del Fuego;
- al oeste, la isla Clarence.

La campaña oceanográfica efectuada en el mes de agosto forma parte del objetivo 6 del proyecto Determinación de los patrones de circulación en los mares interiores de la Región de Magallanes.

Metodología

ADCP Remolcado: Se midieron corrientes en distintas secciones transversales para eso se empleó un ADCP RDI de 150 Khz en modo Bottom Tracking durante un periodo de 24 horas. Este equipo permite medir las corrientes durante un track de navegación a tiempo real, remolcando en una embarcación un ADCP orientado hacia el fondo marino, a una velocidad no superior a 5 nudos.

El detalle y las secciones transversales en las cuales se realizaron las mediciones de corrientes con **ADCP remolcado** durante un periodo de 24 horas se muestran en la **tabla IV-1** y **figura IV-2**.



Figura IV-2 Lugar de mediciones con ADCP en modo remolcado (en color rojo).

Lugar	latitud S	longitud W	Fecha	Tiempo	Repeticiones
Canal Pedro	-53.97128	-71.68383	13-ago-13	24	62
Seno Dyneley	-54.22429	-71.67771	16-ago-13	24	40
Seno Brujo	-54.43048	-71.68989	21-ago-13	24	82
Isla Reyes	-54.39896	-71.49939	24-ago-13	24	35
canal Magdalena	-54.32258	-70.98039	26-ago-13	24	29
Isla Peak	-54.07416	-71.17368	28-ago-13	24	38
Penla. Greenough	-53.9827	-71.39329	31-ago-13	24	48

 Tabla IV-1

 Características de las mediciones con ADCP.

ADCP Anclado: se realizaron mediciones de correntometría eulerianas en la columna de agua a través de 5 anclajes de ADCP's (Sontek de 500 Khz y RDI de 150 y 300 Khz), en los principales canales y programados para realizar una medición duración de 30 días. La preparación del instrumento de muestra en la **figura IV-3**, la **figura IV-4** y la **tabla IV-2** muestran la posición geográfica de cada equipo.





Figura 3. (a) Calibracion (b) y (c) preparacion y (d) instalacion de equipo ADCP anclado





Figura IV-4. Posición geográfica de ADCP Anclados.

Boyas derivadoras: Para medir dirección y velocidad de la corriente superficial a 4 metros y a 8 metros de profundidad en los principales canales se utilizó un flotador el cual tiene adosado un GPS que registra la posición del derivador. El aparato GPS junto con guardar la información georeferenciada, también emite una señal VHF dando la ubicación exacta en coordenadas de latitud y longitud, esto permitió monitorear el derivador y saber su localización. La funcionalidad de la profundidad se logró utilizando una vela tubular con lastre operando dentro de la profundidad deseada.

Las boyas derivadoras y la ubicación de sus lances se muestran en la figura IV-5.

Es importante mencionar que en algunos casos la medición de corrientes no alcanzo cumplir 48 horas debido a diferentes razones; una de ellas es producto del mal tiempo y la otra es la perdida en la señal VHF encargada de enviar la posición geográfica a un receptor ubicado en la embarcación.

Los derivadores que se detuvieron por mal tiempo fueron los de canal Pedro, seno Chaco y de isla Reyes mientras que el derivador de 4 metros de seno Brujo fue detenido al ocasionarse una pérdida de la señal en forma permanente.

Otro problema que presento la medición con boyas derivadoras, con GPS incorporado fue la falla en la recepción del satélite, si bien el equipo genera un archivo de datos este contiene información errónea imposibilitando el procesamiento posterior, tal fue el caso de los derivadores de 4m

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. ANEXO IV

ubicados en canal Pedro, seno Bluff, estero Staples, seno Dyneley y seno Chasco y del derivador de 8m en seno Lyell.



Figura IV-5. a) Boyas derivadoras a 4 y 8 metros. b) posición de lance de boyas derivadoras.

Dentro del borde costero fueron instalados 4 mareógrafos para registrar las variaciones del nivel del mar durante un tiempo preferente de 30 días, configurados para realizar un registro de datos cada 10 minutos e instalados a 10 metros de profundidad. Los mareógrafos fueron proporcionados por la empresa INNOVEX. Estos instrumentos poseen un sistema de monitoreo inalámbrico y son capaces de detectar variaciones mínimas de la altura de la marea a intervalos de tiempo configurables. El equipo comprende de un sensor digital y un soporte inoxidable para la instalación.

El mareógrafo y la instalación se observan en la **figura IV-6**. La **IV-figura 7** y la **tabla IV-2** muestran la ubicación geográfica de cada mareógrafo instalado.

Tabla IV-2.

Ubicación de los equipos instalados durante la campaña efectuada en agosto de 2013.

mareógrafos		FECHA	LUGAR	LATITUD	LONGITUD
	1	13-08-2013	Pta. Ballena-isla Carlos III	-53,67406	-72,28519
	2	19-08-2013	seno chaco	-54,44069	-71,93155
	3	28-08-2013	Puerto Hope	-54,12574	-70,99924
	4	03-09-2013	Bahía del indio	-53,80531	-71,0386
E. Meteorológicas					
	1	19-08-2013	Canal Cockburn	-54,37151	-71,94559
	2	28-08-2013	isla Peak	-54,0445	-71,12358
ADCP Anclado					
ADCP RDI 300		15-08-2013	canal Pedro	-53,95115	-71,65343
		prof: 60m			
ADCP RDI 300		17-08-2013	Seno Dyneley	-54,26913	-71,62631
		prof: 65m			
ADCP RDI 300					
		18-08-2013	Seno Chaco	-54,44226	-71,86736
		prof: 70m			
ADCP sontek		25-08-2013	isla Reyes	-54,38964	-71,48798
		prof: 60m	Seno Bluff		
ADCP RDI 150		02-09-2013	Seno Lyell	-54,03454	-71,38196
		prof: 63m	-		





Figura IV-6. (a) Mareógrafo. (b) parte de la instalación de mareógrafo en el borde costero.



Figura IV-7. Ubicación geográfica de cada mareógrafo.

Para caracterizar los procesos atmosféricos se instalaron 2 estaciones meteorológicas automática modelo Davis 6152 Vantage Pro2, que es capaz de medir dirección y velocidad del viento, temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar y presión atmosférica. El tiempo de medición preferente fue de 30 días.

La figura IV-8 muestra el lugar donde se instalaron las estaciones. La figura IV-9 y la tabla IV-II exponen la ubicación de cada estación meteorológica.



Figura IV-8. (a) estación meteorológica 1, canal Cockburn isla Enderby. (b) estación meteorológica 2 en isla Peak.



Figura IV-9. Lugar de instalación de las estaciones meteorológicas.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IV**

Caracterización hidrográfica

CTD: Para obtener muestras de temperatura, salinidad oxígeno disuelto en la columna de agua fue utilizado CTD Seabird 19 plus V2, con la finalidad de realizar perfiles de distribución de estos parámetros.

Las estaciones de CTD fueron distribuidas a lo largo de los canales Cockburn, Magdalena y el paso Froward. También se ejecutaron estaciones de CTDO en los canales donde se efectuó ADCP remolcado, con 3 lances a lo ancho del canal a las 0-12 y 24 horas de la medición de corrientes. La **figura IV-10** y la **tabla IV-3** muestran la ubicación de los lances de CTDO denominados de acuerdo al número de CAST. Es importante mencionar que debido a fallas en el CTDO no fue posible registrar en todas las estaciones datos de salinidad, temperatura, oxígeno partir del Cast 34. Este desperfecto será corregido al momento de retiro de los equipos.



Figura IV-10. Estaciones de lances de CTDO.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IV**



Tabla IV-3

Posiciones geográficas y numero de Cast en las estaciones de CTDO

 <u>geeg</u> :	1 14 1	
Latitud	Longitud	Numero de Cast
-53.8232	-72.0012	1
-53.7970	-71.9252	2
-53.7671	-71.8420	3
-53.8825	-71.6149	4
-53.9713	-71.6838	5
-53.9740	-71.6652	6
-53.9763	-71.6494	7
-53.9713	-71.6838	8
-53.9740	-71.6652	9
-53.9763	-71.6494	10
-53.9713	-71.6838	11
-53.9740	-71.6652	12
-53.9763	-71.6494	13
-54.2243	-71.6777	14
-54.2278	-71.7034	15
-54.2336	-71.7279	16
-54.2243	-71.6777	17
-54.2278	-71.7034	18
-54,2336	-71.7279	19
-54,2243	-71.6777	20
-54.2278	-71.7034	21
-54.2336	-71.7279	22
-54.3441	-71,9091	23
-54.3546	-71,9276	24
-54 3663	-71 9385	25
-54,4305	-71.6899	26
-54 4277	-71 6757	27
-54.4247	-71.6662	28
-54 4305	-71 6899	29
-54 4277	-71 6757	30
-54 4247	-71 6662	31
-54 4305	-71 6899	32
-54 4277	-71 6757	33
-54 4247	-71 6662	34
-54 3682	-71 6835	35
-54,3990	-71 4994	36
-54 3841	-71 4806	37
-54 3607	_71 4661	38
-54 3001	_71 / 001	30
-54 38/1	_71/1806	<u> </u>
-54 3607	_71 <u>/</u> 661	<u>4</u> 0 Δ1
07.0007		1 71

Continuación Tabla 3.

Latitud	Lonaitud	Numero de Cast
-54,39896	-71,49939	42
-54.38407	-71,48061	43
-54.36972	-71.46611	44
-54.36244	-71.37569	45
-54.41393	-71.10180	47
-54.32258	-70.98039	48
-54.33868	70.94471	49
-54.34919	-70.92108	50
-54.32258	-70.98039	51
-54.33868	70.94471	52
-54.34919	-70.92108	53
-54.32258	-70.98039	54
-54.33868	70.94471	55
-54.34919	-70.92108	56
-54.32742	-70.92628	57
-54.19230	-70.93804	58
-54.13412	-70.87870	59
-54.10913	-70.87260	60
-54.08871	-70.86176	61
-54.00627	-71.01336	62
-54.07416	-71.17368	63
-54.08063	-71.14693	64
-54.08651	-71.12180	65
-54.07416	-71.17368	66
-54.08063	-71.14693	67
-54.08651	-71.12180	68
-54.07416	-71.17368	69
-54.08063	-71.14693	70
-54.08651	-71.12180	71
-53.97197	-71.24552	72
-53.98270	-71.39329	73
-53.98216	-71.41244	74
-53.98060	-71.42908	75
-53.98270	-71.39329	76
-53.98216	-71.41244	77
-53.98060	-71.42908	78
-53.98060	-71.42908	79
-53.98216	-71.41244	80
-53.98270	-71.39329	81
-53.86918	-70.91183	82
-53.84824	-70.93664	83
-53.82017	-71.01113	84

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. ANEXO IV



INFORME CAMPAÑA

Chonos primavera 2013

RESUMEN ACTIVIDADES OCTUBRE 2013.

Resumen

A fines de octubre del año 2013 fue realizado un crucero de investigación oceanográfico a cargo del departamento de medio ambiente del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Este estudio se encuentra enmarcado dentro del proyecto modelación de patrones oceanográficos en los mares interiores de Magallanes (código de proyecto 656052). Las actividades fueron realizadas desde el 25 de octubre hasta el 15 de noviembre, zarpando y recalando en Dalcahue, región de los Lagos.

El crucero de investigación ubicado en el Archipiélago de Chonos (**figura IV-1**) contemplo la instalación de 4 mareógrafos, 2 estaciones meteorológicas, lance de CTD, boyas derivadoras y medición de corrientes mediante ADCP anclado y remolcado.

Junto con las instalaciones de equipos en Chonos también se llevó a cabo la instalación de 2 ADCP anclados en Corcovado y 6 lances de CTD, que forman parte del proyecto de Marea Roja.



Figura IV-1. Ubicación geográfica, indicando el área aproximada sujeta a mediciones de campo.

Antecedentes generales

El área de estudio abarca la zona del archipiélago de Chonos entre las latitudes 44°10'S - 45°10'S y las longitudes 73°30'W-74°30'W en los canales Moraleda, King, Pérez sur; Ciriaco, Ninualac y Goñi. La campaña oceanográfica efectuada en el mes de octubre forma parte del objetivo número 6, del proyecto ASIPA 656052.

Metodología

ADCP Remolcado: Se midieron corrientes en distintas secciones transversales para eso se empleó un ADCP RDI de 150 Khz en modo Bottom Tracking durante un periodo de 24 horas. Este equipo permite medir las corrientes durante un track de navegación a tiempo real, remolcando en una embarcación un ADCP orientado hacia el fondo marino, a una velocidad no superior a 5 nudos.

El detalle y las secciones transversales en las cuales se realizaron las mediciones de corrientes con ADCP remolcado durante un periodo de 24 horas se muestran en la **tabla IV-1 y figura IV-2**. Para el caso del transecto efectuado en canal Moraleda sur, la duración del estudio fue solo de 9 horas, producto del mal tiempo.



	ADCP Rer	nolcado campañ		vértices						
sector	fecha	tiempo (hr)	repeticiones	tamaño celda	longitud	latitud	longitud	Latitud	longitud	latitud
Moraleda norte	26-10-2013	24	13	8	A : -73.5584	-44.3579	B :-73.4045	-44.332		
Moraleda sur	04-11-2013	9	10	8	A : -73.6476	-45.0454	B : -73.5473	-45.0399		
Ninualac	08-11-2013	24	53	8	A: -74.2769	-45.0395	B: -74.2808	-45.0699		
King-I. Izaza	30-10-2013	24	67	8	A: -74.2562	-44.5726	B: -74.2547	-44.5958		
King-Simpson	28-10-2013	24	39	4	A :-73.8986,	-44.5640,	B :-73.9003	-44.5454,	C :-73.8790	-44.5307
Ciriaco-Goñi	05-11-2013	24	20	4	A :-73.9759,	-44.8574,	B :-73.9546	-44.8923,	C :-73.9031	-44.8883
Memory-Bynon-Goñi	12-11-2013	24	12	8	A :-74.2911,	-44.8335,	B :-74.2202	-44.8116,	C :-74.1617	-44.8580

 Tabla IV-1

 Características de las mediciones con ADCP remolcado.



Figura IV-2. Lugar de mediciones con ADCP en modo remolcado (en color rojo).

ADCP Anclado: se realizaron mediciones de correntometría eulerianas en la columna de agua a través de 5 anclajes de ADCP's (Sontek de 500 Khz; RDI de 150 y 300 Khz y Flowquest de 300 y 600Khz), en los principales canales y programados para realizar una medición duración de 30 días.

Dentro del borde costero fueron instalados 4 mareógrafos para registrar las variaciones del nivel del mar durante un tiempo preferente de 30 días, configurados para realizar un registro de datos cada 10 minutos e instalados a 10 metros de profundidad. Los mareógrafos fueron proporcionados por la empresa INNOVEX. Estos instrumentos poseen un sistema de monitoreo inalámbrico y son capaces de detectar variaciones mínimas de la altura de la marea a intervalos de tiempo configurables. El equipo comprende de un sensor digital y un soporte inoxidable para la instalación.

Para caracterizar los procesos atmosféricos se instalaron 2 estaciones meteorológicas automática modelo Davis 6152 Vantage Pro2, que es capaz de medir dirección y velocidad del viento, temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar y presión atmosférica. El tiempo de medición preferente fue de 30 días.

La figura IV-3 y la tabla IV-2 muestran la posición geográfica de cada equipo instalado.





Figura IV-3. Lugar de posición de equipos de ADCP anclado (amarillo), mareógrafos (rojo) y estaciones meteorológicas (blanco).

EQUIPOS	Latitud S	Longitud W	fecha inicio
Mareógrafos			
Isla Job	-44.40735	-73.6315	28-10-2013
Isla Izaza	-44.57028	-74.25857	31-10-2013
Isla Teresa	-44.9599	-73.805	05-11-2013
Isla Kent	-45.07203	-74.28577	08-11-2013
E. Meteorológicas			
Isla Izaza	-44.5674	-74.2544	31-10-2013
Isla Kent	-45.07233	-74.29327	08-11-2013
ADCP Anclado			
canal King (Sontek 500 khz)	-44.58833	-74.22032	30-10-2013
canal Ninualac (RDI 300khz)	-45.03538	-74.2021	09-11-2013
canal Goñi (RDI 150khz)	-44.83922	-74.19652	14-11-2013
canal Pérez Sur (fquest300khz)	-44.7463	-73.79343	02-11-2013
canal Ciriaco (fquest 600khz)	-44.86315	-73.92712	06-11-2013

Tabla IV-2Posición geográfica de equipos instalados.

Boyas derivadoras: Para medir dirección y velocidad de la corriente superficial a 4 metros y a 8 metros de profundidad en los principales canales se utilizó un flotador el cual tiene adosado un GPS que registra la posición del derivador. El aparato GPS junto con guardar la información georeferenciada, también emite una señal VHF dando la ubicación exacta en coordenadas de latitud y longitud, esto permitió monitorear el derivador y saber su localización. La funcionalidad de la profundidad se logró utilizando una vela tubular con lastre operando dentro de la profundidad deseada.

La ubicación de los lances de las boyas derivadoras en la figura IV-4.





Figura IV-4. Posición de lance de boyas derivadoras.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IV**

Caracterización hidrográfica

CTD: Para obtener muestras de temperatura, salinidad oxígeno disuelto en la columna de agua fue utilizado CTD Seabird 19 plus V2, con la finalidad de realizar perfiles de distribución de estos parámetros.

Las estaciones de CTD fueron distribuidas a lo largo de los canales dentro del archipiélago de Chonos. También se ejecutaron estaciones de CTDO en los canales donde se efectuó ADCP remolcado, con 3 lances a lo ancho del canal a las 0-12 y 24 horas de la medición de corrientes. La **figura IV-5** y la **tabla IV-3** muestran la ubicación de los lances de CTDO.





Figura IV-5. Ubicación geográfica de estaciones de CTDO.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IV**



Tabla IV-3 Posición geográfica de estaciones de CTDO

1 -44.3527 -73.55	98
2 -44.3366 -73.39	91
3 -44.4074 -73.63	15
4 -44.5341 -73.87	57
5 -44,5368 -73.88	95
6 -44,5447 -73,89	82
7 -44.5539 -73.89	77
8 -44 5630 -73 89	99
9 -44 5863 -74 07	61
10 -44 4428 -74 20	90
11 -44 4435 -74 18	86
12 .44.4381 .74.16	90
12 .44 5955 .74 22	09
14 .44 5722 .74 25	44
15 44 5955 74 25	44
15	44
10 -44.5545 -74.25	47
1/ -44.0000 -/5.85	10
	10
19 -44./498 -/3./6	18
20 -44./596 -/3.//	75
21 -44.//19 -73.81	58
22 -45.0436 -73.64	84
23 -45.0399 -73.55	47
24 -45.0408 -73.55	31
25 -44.9790 -73.81	.04
26 -44.9715 -73.81	.05
27 -44.9645 -73.80	97
28 -44.9535 -73.85	79
29 -44.8867 -73.90	55
30 -44.8899 -73.92	65
31 -44.8908 -73.94	92
32 -44.8767 -73.96	46
33 -44.8591 -73.97	45
34 -44.8780 -73.93	55
35 -45.0204 -74.10	90
36 -45.0571 -74.23	68
37 -45.0839 -74.24	00
38 -45.0845 -74.24	92
39 -45.0844 -74.25	85
40 -45.0680 -74.28	17
41 -44.8565 -74.16	01
42 -44.8356 -74.19	24
43 -44.8134 -74.22	69
44 -44.8207 -74.25	28
45 -44.8317 -74.28	97
46 -44.6944 -74.43	05
47 -44.7012 -74.42	71
48 -44.7077 -74.42	12
49 -44.9546 -74.31	12
50 -44.9523 -74.31	99
51 -44.9474 -74.32	30
52 -44.8649 -74.33	04
53 -44.8612 -74.33	16
54 -44.8567 -74.32	74
55 -44.8077 -74.20	80
56 -44.7655 -74.04	54
57 -44.7076 -73.86	91
58 -45.0550 -74.27	92
25	-

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IV**

INFORME CAMPAÑA

Canal Cockburn -verano 2014

RESUMEN ACTIVIDADES Enero 2014.

Resumen

Durante el mes de Enero de 2014 fue realizado un crucero de investigación oceanográfico a cargo del departamento de medio ambiente del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Este estudio se encuentra enmarcado dentro del proyecto modelación de patrones oceanográficos en los mares interiores de Magallanes .Las actividades fueron realizadas desde el 9 de Enero hasta el 30 de Enero, zarpando desde Barranco Amarillo, Pta. Arenas y finalizando en Bahía Mansa Región de Magallanes.

El crucero de investigación ubicado entre canal Cockburn y el estrecho de Magallanes, alrededor de las islas Clarence y Capitán Aracena (**figura IV-1**) contempló la instalación de 4 mareógrafos, 2 estaciones meteorológicas, lance de CTD, boyas derivadoras y medición de corrientes mediante ADCP anclado y remolcado.



Figura IV-1. Ubicación geográfica, indicando el área aproximada sujeta a mediciones de campo.



Antecedentes generales

El área de estudio abarca la zona comprendida entre las latitudes 53° 40.552'S y 54° 27,789'S y las longitudes 70° 50.188'W y 72° 16.826'S. En esta zona se encuentran las Islas Clarence y Capitán Aracena rodeado por los Canales Cockburn, Magdalena y el Estrecho de Magallanes (Paso Froward).

La **Isla Clarence** es parte del archipiélago de Tierra del Fuego, comuna de Punta Arenas, en la XII Región de Magallanes. Tiene una superficie de 1.111 km², y se encuentra justo al sur de la península de Brunswick.

La isla tiene por límites:

- al noreste, el Estrecho de Magallanes, cuyas aguas la separan de la Península de Brunswick, el extremo meridional de América del Sur;
- al este, la Isla Aracena;
- al sur, el Canal Cockburn, que la separa de gran número de pequeñas islas e islotes;
- al oeste, el Canal Bárbara, que la separan de la Isla Santa Inés.

La **Isla Capitán Aracena** perteneciente al Archipiélago de Tierra del Fuego, XII Región de Magallanes. Tiene una superficie de 1.164 km², y su punto más alto es el Monte Vernal de 1.164 metros. Forma parte del Parque Nacional Alberto de Agostini, creado en 1965.La isla tiene por límites:

- al noreste, el Estrecho de Magallanes, cuyas aguas la separan de la Península de Brunswick, el extremo meridional de América del Sur;
- al este y al sur, el Canal Magdalena y el Canal Cockburn que la separan de la Isla Grande de Tierra del Fuego;
- al oeste, la Isla Clarence.

La campaña oceanográfica efectuada en el mes de enero forma parte del objetivo 6 del proyecto Determinación de los patrones de circulación en los mares interiores de la Región de Magallanes.



Metodología

ADCP Remolcado: Se midieron corrientes en distintas secciones transversales para eso se empleó un ADCP RDI de 150 Khz en modo Bottom Tracking durante un periodo de 24 horas. Este equipo permite medir las corrientes durante un track de navegación a tiempo real, remolcando en una embarcación un ADCP orientado hacia el fondo marino, a una velocidad no superior a 5 nudos.

El detalle y las secciones transversales en las cuales se realizaron las mediciones de corrientes con **ADCP remolcado** durante un periodo de 24 horas se muestran en la **tabla IV-1** y **figura IV-2**.



Figura IV-2 Lugar de mediciones con ADCP en modo remolcado (en color rojo).



Lugar	Latitud S	Longitud W	Fecha	Tiempo (hrs)	Repeticiones
Seno Lyell	-53,98029°	-71,42973°	10/01/2014	24	59
Canal Pedro	-53,97197°	-71,68724°	13/01/2014	24	57
Seno Brujo	-54,43027°	-71,69145°	19/01/2014	24	67
Seno Dyneley	-54,23621°	-71,72818°	22/01/2014	24	41
Seno Bluff	-54,43527°	-71,43371°	25/01/2014	24	45
Canal Magdalena	-54,32049°	-70,98158°	27/01/2014	13	17
Estero Stapler	-54,08696°	-71,12170°	28/01/2014	24	39

 Tabla IV-I

 Características de las mediciones con ADCP.

ADCP Anclado: se realizaron mediciones de correntometría eulerianas en la columna de agua a través de 5 anclajes de ADCP's (Sontek de 500 Khz y RDI de 150 y 300 Khz), en los principales canales y programados para realizar una medición duración de 30 días. La preparación del instrumento se muestra en la **figura IV-3**. La **figura IV-4** y la **Tabla IV-II** muestran la posición geográfica de cada equipo.



Figura IV-3. Instalacion de equipo ADCP anclado.





Figura IV-4. Posición geográfica de ADCP Anclados.



Ubicación de los equipos instalados durante la campaña efectuada en Enero de 2014.							
Mareógrafos	FECHA	LUGAR	LATITUD	LONGITUD			
1	10-01-2014	Bahía Escondida	-53,81699º	-71,06364º			
2	16-01-2014	Isla Wren	-53,77197º	-72,08252º			
3	16-01-2014	Seno Chasco	-54,41838º	-71,85830º			
4	29-01-2014	Estero Staples	-54,08077°	-71,10993º			
E. Meteorológicas							
1	19-01-2014	Seno Chasco	-54,41700°	-71,85757º			
2	29-01-2014	Estero Staples	-54,07927°	-71,11216º			
ADCP Anclado							
ADCP RDI 300	11-01-2014	Seno Lyell	-54,03429º	-71,38129º			
ADCP RDI 300	13-01-2014	Canal Pedro	-54,94984°	-71,6533º			
ADCP Sontek	16-01-2014	Seno Chasco	-54,44152°	-71,86693º			
ADCP RDI 300	24-01-2014	Seno Dyneley	-54,26848°	-71,62772º			
ADCP RDI 150	29-01-2014	Estero Staples	-54,08443º	-71,13682º			

Tabla IV-II

Boyas derivadoras: Para medir dirección y velocidad de la corriente superficial a 4 metros y a 8 metros de profundidad en los principales canales se utilizó un flotador el cual tiene adosado un GPS que registra la posición del derivador. El aparato GPS junto con guardar la información georeferenciada, también emite una señal VHF dando la ubicación exacta en coordenadas de latitud y longitud, esto permitió monitorear el derivador y saber su localización. La funcionalidad de la profundidad se logró utilizando una vela tubular con lastre operando dentro de la profundidad deseada.

La preparación de las boyas derivadoras y la ubicación de sus lances se muestran en la **figura IV-5** y **tabla IV-III**.

Es importante mencionar que en algunos casos la medición de corrientes no alcanzo cumplir 48 horas debido a diferentes razones; una de ellas es producto del mal tiempo y la otra es la perdida en la señal VHF encargada de enviar la posición geográfica a un receptor ubicado en la embarcación.

Los derivadores que se detuvieron por mal tiempo y/o pérdida de señal fueron los de Seno Lyell, Canal Pedro, Estero Staples y seno Brujo.

Otro problema que presento la medición con boyas derivadoras, con GPS incorporado fue la falla en la recepción del satélite, si bien el equipo genera un archivo de datos este contiene información errónea imposibilitando el procesamiento posterior.

A-





- Figura IV-5. A. Preparación de boyas con velas a profundidades de 4 y 8 metros, y boyas en el agua.
 - **B.** Posiciones en mapa de los lances de boyas derivadoras.


Tabla IV-III

Puntos de lance de boyas derivadoras durante la campaña efectuada en Enero del 2014.

Lugar	Lat/Long de	erivador 4 m	Lat/Long de	rivador 8 m	Fecha
Seno Lyell	-54° 01,51'	-71° 23,50'	-54° 01,50'	-71°23,48'	11/01/14
Canal Pedro	-53° 58,84'	-71° 40,26'	-53° 58,85'	-71° 40,24	14/01/2014
Seno Chasco	-54°28.71'	-71°45.33'	-54°28.71'	-71°45.36'	16/01/2014
Seno Brujo	-54°28.82'	-71°40.92'	-54°25.82'	-71°40.92'	20/01/2014
Seno Dyneley	-54°13.67'	-71°42.21'	-54°13.67'	-71°42.25'	22/01/2014
Seno Bluff	-54°25.94'	-71°22.35'	-54°25.94'	-71°22.37'	25/01/2014
Estero Stapler	-54° 07,06'	-71° 08,12'	-54° 07,07	-71° 08,14'	28/01/2014

Dentro del borde costero fueron instalados 4 mareógrafos, modelo HOBO U20 WATER LEVEL DATA LOGGER, para registrar las variaciones del nivel del mar durante un tiempo preferente de 30 días, configurados para realizar un registro de datos cada 10 minutos e instalados a 10 metros de profundidad. Los mareógrafos fueron proporcionados por la empresa IG3.

Los mareógrafos utilizados y la posición geográfica se observan en las **figuras IV-6 y IV-7**. La **tabla IV-II** muestra la ubicación geográfica de cada mareógrafo instalado.



Figura IV-6. Mareógrafos.





Figura IV-7. Posición geográfica de cada mareógrafo.

Para caracterizar los procesos atmosféricos se instalaron 2 estaciones meteorológicas automática modelo Davis 6152 Vantage Pro2, que es capaz de medir dirección y velocidad del viento, temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar y presión atmosférica. El tiempo de medición preferente fue de 30 días.

La **figura IV-8** muestra la instalación de una estación meteorológica. La **figura IV-9** y la **tabla IV-II** muestran la ubicación de cada estación meteorológica.





Figura IV-8. Instalación de estación meteorológica.



Figura IV-9. Lugar de instalación de las estaciones meteorológicas.



Caracterización hidrográfica

CTD: Para obtener muestras de temperatura, salinidad oxígeno disuelto en la columna de agua fue utilizado CTD Seabird 19 plus V2, con la finalidad de realizar perfiles de distribución de estos parámetros.

Las estaciones de CTD fueron distribuidas a lo largo de los canales Cockburn, Magdalena y el Paso Froward. También se ejecutaron estaciones de CTDO en los canales donde se efectuó ADCP remolcado, con 3 lances a lo ancho del canal a las 0-12 y 24 horas de la medición de corrientes. La **figura IV-10** muestra las estaciones de lance de CTDO. La **figura IV-11** muestra las estaciones de lance de CTDO. La **figura IV-11** muestra las estaciones de lance de CTDO. Y y las **tablas IV-IV** y **IV-V** muestra las coordenadas geográficas de las estaciones de CDTO mencionada anteriormente.



Figura IV-10. Estaciones de lances de CTDO.





Figura IV-11. Estaciones de lances de CTDO a lo largo de tracks de ADCP remolcado.



Coordenadas geográficas de las estaciones de CTDO de la figura 10. Latitud Longitud Waypoint gps Fecha -70,89522° -53,83036° 001 9-01-2014 002 -53,82699° -70,93578° 9-01-2014 003 -53,81725° -71,03537° 9-01-2014 -53,92862° -71,35135° 006 10-01-2014 -53,91011° -71,55170° 012 13-01-2014 -53,80616° -71,76273° 018 16-01-2014 -53,81047° -71,89265° 019 16-01-2014 -53,81715° -72,00524° 020 16-01-2014 -54,39600° -71,81239° 027 19-01-2014 028 -54,37776° -71,81229° 19-01-2014 029 -71,81297° 19-01-2014 -54,36055° -54,35132° -71,70460° 033 22-01-2014 -54,36943° -71,35580° 042 26-01-2014 043 -54,40192° -71,09724° 26-01-2014 -54,25652° -70,94790° 047 28-01-2014 -54,15733° -70,94922° 048 28-01-2014 -54,11290° -70,93941° 049 28-01-2014 -54.09606° -70.91082° 050 28-01-2014 -54,08779° -70,89014° 051 28-01-2014 -54,05517° -71,04230° 052 28-01-2014

Tabla IV-IV

Tabla IV-V

Coordenadas geográficas de las estaciones de CTDO de la figura 11.

Latitud	Longitud	Track	Fecha
-53,98029°	-71,42973°	Seno Lyell	10/01/2014
-53,98224°	-71,40929°	Seno Lyell	10/01/2014
-53,98273°	-71,39320°	Seno Lyell	10/01/2014
-53,97197°	-71,68724°	Canal Pedro	13/01/2014
-53,97492°	-71,67036°.	Canal Pedro	13/01/2014
-53,97970°	-71,65310°	Canal Pedro	13/01/2014
-54,43027°	-71,69145°	Seno Brujo	19/01/2014
-54,42777°	-71,67773°	Seno Brujo	19/01/2014
-54,42476°	-71,66487°	Seno Brujo	19/01/2014
-54,23621°	-71,72818°	Seno Dyneley	22/01/2014
-54,23008°	-71,70458°	Seno Dyneley	22/01/2014
-54,22400°	-71,67980°	Seno Dyneley	22/01/2014
-54,43527°	-71,43371°	Seno Bluff	25-01-2014
-54,42648°	-71,41457°	Seno Bluff	25/01/2014
-54,41716°	-71,39669°	Seno Bluff	25/01/2014
-54,32049°	-70,98158°	Canal Magdalena	27-01-2014
-54,33617°	-70,94844°	Canal Magdalena	27/01/2014
-54,34784°	-70,92071°	Canal Magdalena	27/01/2014
-54,08696°	-71,12170°	Estero Staples	28/01/2014
-54,07986°	-71,14888°	Estero Staples	28/01/2014
-54,07358°	-71,17369°	Estero Staples	28/01/2014



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA

INFORME CAMPAÑA

Chonos Otoño 2014

RESUMEN ACTIVIDADES MAYO 2014.

Resumen

A fines de mayo del año 2014 fue realizado un crucero de investigación oceanográfico a cargo del departamento de medio ambiente del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). Este estudio se encuentra enmarcado dentro del proyecto modelación de patrones oceanográficos en los mares interiores de Magallanes (código de proyecto 656052). Las actividades fueron realizadas desde el 19 de mayo hasta el 4 de junio, zarpando y recalando en Dalcahue, Región de Los Lagos.

El crucero de investigación ubicado en el Archipiélago de Chonos (**figura IV-1**) contempló la instalación de 4 mareógrafos, 2 estaciones meteorológicas, lance de CTDO, boyas derivadoras y medición de corrientes mediante ADCP anclado y remolcado.



Figura IV-1. Ubicación geográfica, indicando el área aproximada sujeta a mediciones de campo.

39



Antecedentes generales

El área de estudio abarca la zona del archipiélago de Chonos entre las latitudes 44°10'S - 45°10'S y las longitudes 73°30'W-74°30'W en los canales Moraleda, King, Pérez sur; Ciriaco, Ninualac y Goñi.

Metodología

ADCP Remolcado: Se midieron corrientes en distintas secciones transversales. Para esto se empleó un ADCP RDI de 150 Khz en modo Bottom, trackeando durante un periodo de 24 horas. Este equipo permite medir las corrientes durante un track de navegación a tiempo real, remolcando en una embarcación un ADCP orientado hacia el fondo marino, a una velocidad no superior a 5 nudos.

El detalle y las secciones transversales en las cuales se realizaron las mediciones de corrientes con ADCP remolcado durante un periodo de 24 horas se muestran en la **Tabla IV-1** y **Figura IV-2**. Las transectas que presentan menos horas, se debe a que las condiciones climáticas cambiaron de forma negativa, provocando el término de estas.



ADCP Remolcado campaña Chonos						vé	rtices	
sector	fecha	tiempo (hr)	repeticiones	tamaño celda	longitud	latitud	longitud	latitud
Canal King	20-05-2014	24	40	4	A : -74.17990	-44.58902	B :-74.18388	-44.55979
C.Moraleda Norte	23-05-2014	24	12	4	A : -73.53122	-44.38253	B : -73.35065	-44.37125
C.Perez Sur	25-05-2014	24	47	4	A: -73.84920	-44.68383	B: -73.81197	-44.67485
C. Goñi	27-05-2014	16	22	4	A :-73.77973,-44.8	35974, B :-73.953	29 -44.89183, C :-73	3.91451 -44.87629
C.Ninualac	29-05-2014	13	25	4	A: -74.19606	-45.04924	B: -74.21924	-45.02918
C.Bynon	02-06-2014	24	58	4	A: -74.15690	-44.79898	B: -74.15074	-44.77965
C.Memory	03-06-2014	24	59	4	A: -74.34897	-44.79316	B: -74.33064	-44.7797

Tabla IV-1. Características de las mediciones con ADCP.



Figura IV-2 Lugar de mediciones con ADCP en modo remolcado (en color rojo).

ADCP Anclado: se realizaron mediciones de correntometría eulerianas en la columna de agua a través de 5 anclajes de ADCP's (Sontek de 500 Khz y RDI de 150 y 300 Khz), en los principales canales y programados para realizar una medición de una duración de 30 días. La preparación del instrumento se muestra en la **figura IV-3**. La **figura IV-4** y la **Tabla IV-II** muestran la posición geográfica de cada equipo.





Figura IV-3. Instalacion de equipo ADCP anclado.



Figura IV-4. Posición geográfica de ADCP Anclados.

Tabla IV-2. Ubicación de los equipos instalados durante la campaña efectuada en mayo del 2014.

Mareógrafos		FECHA	LUGAR	LATITUD	LONGITUD
	1	20-05-2014	Canal King	-44,55671º	-74,17909º
	2	24-05-2014	C. Moraleda	-44,40787º	-73,63625º
	3	30-05-2014	Isla Kent	-45,08034º	-74,26964º
	4	31-05-2014	Isla Teresa	-44,96030º	-73,80513º
E. Meteorológicas					
	1	20-05-2014	Canal King	-44,55558°	-74,17835°
	2	30-05-2014	Isla Kent	-45,09069º	-74,28941º
ADCP Anclado					
ADCP RDI 300		27-05-2014	C. Pérez Sur	-44,74305°	-73,79499º
ADCP RDI 300		27-05-2014	Canal Goñi	-44,87104º	-74,03757º
ADCP RDI 300		29-05-2014	Canal Ninualac	-45,03334º	-74,20163º
ADCP SONTEK 500		03-06-2014	Isla Rowlett	-44,84767º	-74,28720º
ADCP RDI 150		04-06-2014	Canal King	-44,55991°	-74,08840º

Boyas derivadoras: Para medir dirección y velocidad de la corriente superficial a 4 metros y a 8 metros de profundidad en los principales canales se utilizó un flotador el cual tiene adosado un GPS que registra la posición del derivador. El aparato GPS junto con guardar la información georeferenciada, también emite una señal VHF dando la ubicación exacta en coordenadas de latitud y longitud, esto permitió monitorear el derivador y saber su localización. La funcionalidad de la profundidad se logró utilizando una vela tubular con lastre operando dentro de la profundidad deseada. La preparación de las boyas derivadoras y la ubicación de sus lances se muestran en la **figura 5** y **tabla 3**.

Es importante mencionar que en algunos casos la medición de corrientes no alcanzo cumplir 48 horas debido a diferentes razones; unas de ellas es producto del mal tiempo, la perdida en la señal VHF encargada de enviar la posición geográfica a un receptor ubicado en la embarcación y el varamiento de estos en la costa o con algún centro salmonero. Otro problema que presento la medición con boyas derivadoras, con GPS incorporado fue la falla en la recepción del satélite, si bien el equipo genera un archivo de datos este contiene información errónea imposibilitando el procesamiento posterior.





Figura IV-5. A. Preparación de boyas con velas a profundidades de 4 y o metros, y boyas en el agua.

B. Posiciones en mapa de los lances de boyas derivadoras.

Tabla IV-3. Puntos de lance de boyas derivadoras durante la campaña efectuada en Mayo del 2014.

Lugar	Lat/Long de	rivador 4 mts	Lat/Long de	rivador 8 mts	Fecha
Canal King	-44° 34,46'	-74° 11,00'	-44° 34,46'	-74° 11,00'	21/05/2014
Golfo Quetros	-44° 33,32'	-73° 50,35'	-44° 33,33'	-73° 50,36	22/05/2014
Canal Moraleda	-44°23.65'	-73°31.31'	-44° 23.64'	-73º 21.29'	24/05/2014
Canal Pérez Sur	-44°40.92'	-73°49.92'	-44° 40.93'	-73° 49.90'	26/05/2014
Canal Ciriaco	-44°53.96'	-73°54.98'	-44° 53.95'	-73° 55.00'	28/05/2014
Canal Ninualac	-45°00.94'	-74° 06.68'	-45° 00.95'	-74° 06.68'	30/05/2014
Canal Bynon	-44° 47,70'	-74° 10,86'	-44° 47,72	-74° 10,83'	01/06/2014

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. ANEXO IV

Dentro del borde costero fueron instalados 4 mareógrafos, modelo HOBO U20 WATER LEVEL DATA LOGGER, para registrar las variaciones del nivel del mar durante un tiempo preferente de 30 días, configurados para realizar un registro de datos cada 5 minutos e instalados a 10 metros de profundidad. Los mareógrafos fueron proporcionados por la empresa IG3.

Los mareógrafos utilizados y la posición geográfica se observan en las **figuras 6 y 7**. La **tabla 2** muestra la ubicación geográfica de cada mareógrafo instalado.



Figura IV- 6. Mareógrafos utilizados en el monitoreo.



Figura IV-7. Posición geográfica de cada mareógrafo.

Para caracterizar los procesos atmosféricos se instalaron 2 estaciones meteorológicas automática modelo HOBO micro estación, modelo H21-002, la cual cuenta con sensor de presión barométrica (modelo BPB-CM50, rango 660 a 1070 mbar), sensor de temperatura (modelo smart TMB-M002) y sensor velocidad y dirección del viento (modelo WCC- M003, veleta Young 05106). El tiempo de medición fue de 30 días.

La **figura 8** muestra la instalación de una estación meteorológica. La **figura 9** y la **tabla II** muestran la ubicación de cada estación meteorológica.





Figura IV-8. Instalación de estación meteorológica.



Figura IV-9. Lugar de instalación de las estaciones meteorológicas.

Caracterización hidrográfica

CTD: Para obtener muestras de temperatura, salinidad oxígeno disuelto en la columna de agua fue utilizado CTD Seabird 19 plus V2, con la finalidad de realizar perfiles de distribución de estos parámetros.

Las estaciones de CTD fueron distribuidas a lo largo de los principales canales de la zona estudiada. También se ejecutaron estaciones de CTDO en los canales donde se efectuaron los ADCP remolcados, con lances a lo ancho del canal a las 0-12 y 24 horas en la medición de corrientes. La **figura 10** muestra las estaciones de lance de CTDO. Las **Tablas 4** y **5** muestran las coordenadas geográficas de las estaciones de CDTO mencionadas anteriormente.



Figura IV-10. Estaciones de lances de CTDO.

	-		-	
WP GPS	FECHA	HORA LOCAL	LATITUD °S	LONGITUD °W
13	19-05-2014	19:15:24	-44.43372	-74.17239
14	19-05-2014	19:30:50	-44.44656	-74.18654
15	19-05-2014	19:47:51	-44.45701	-74.20012
16	20-05-2014	7:37:04	-44.56576	-74.08859
17	20-05-2014	7:58:10	-44.57209	-74.13385
29	23-05-2014	0:08:25	-44.40562	-73.61327
41	26-05-2014	10:09:49	-44.65493	-73.84348
42	26-05-2014	10:52:40	-44.70331	-73.82216
43	26-05-2014	11:17:50	-44.70882	-73.84609
46	27-05-2014	9:23:58	-44.76238	-73.74413
47	27-05-2014	9:43:04	-44.76696	-73.77720
50	27-05-2014	11:20:24	-44.77268	-73.82075
60	28-05-2014	21:20:43	-44.96726	-73.88336
63	29-05-2014	12:03:44	-45.03465	-74.19971
71	30-05-2014	11:41:58	-45.08752	-74.25563
74	31-05-2014	7:52:17	-45.02094	-74.08089
75	31-05-2014	9:26:25	-44.98533	-73.88380
76	31-05-2014	9:55:28	-44.97613	-73.85629
77	31-05-2014	10:17:33	-44.96574	-73.82533
85	03-06-2014	5:01:05	-44.88534	-74.22456
86	03-06-2014	5:16:49	-44.88405	-74.24040
87	03-06-2014	5:31:47	-44.88241	-74.25399
88	03-06-2014	5:56:20	-44.86100	-74.27118
89	03-06-2014	6:11:48	-44.85191	-74.28018
90	03-06-2014	6:28:29	-44.84405	-74.29011
97	04-06-2014	10:33:55	-44.70796	-74.41877
98	04-06-2014	10:43:20	-44.69715	-74.41720
99	04-06-2014	10:58:05	-44.68459	-74,41808

 Tabla IV-4. Coordenadas geográficas de las estaciones de CTDO de los principales canales de la figura 10.

 Tabla IV-5.
 Coordenadas geográficas de las estaciones de CTDO que se realizaron a lo largo de las transectas con ADCP remolcado.

				-
LOCALIDAD	WP GPS	FECHA	LAT °S	LONG °W
C. KING	18	20-05-2014	-44.58902	-74.1799
	19	20-05-2014	-44.57470	-74.1844
	20	20-05-2014	-44.55979	-74.1839
C. MORALEDA	30	23-05-2014	-44.38253	-73.5312
	31	23-05-2014	-44.37451	-73.4320
	32	23-05-2014	-44.37125	-73.3507
C. PEREZ SUR	36	25-05-2014	-44.68383	-73.8492
	37	25-05-2014	-44.67898	-73.8285
	38	25-05-2014	-44.67485	-73.8120
C. GOÑI	53	27-05-2014	-44.85974	-73.9797
	54	27-05-2014	-44.87325	-73.9662
	55	27-05-2014	-44.89183	-73.9533
	56	27-05-2014	-44.88310	-73.9306
	57	27-05-2014	-44.87629	-73.9145
C. NINUALAC	64	29-05-2014	-45.04924	-74.1961
	65	29-05-2014	-45.03994	-74.2103
	66	29-05-2014	-45.02918	-74.2192
C. BYNON	82	02-06-2014	-44.79898	-74.1569
	83	02-06-2014	-44.79043	-74.1515
	84	02-06-2014	-44.77965	-74.1507
C. MEMORY	93	03-06-2014	-44.79316	-74.3490
	94	03-06-2014	-44.78647	-74.3409
	95	03-06-2014	-44.77970	-74.3306

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IV**

ANEXO V

Evaluación del nivel del mar en modelo hidrodinámico MIKE 3 FM en el mar interior de Chiloé





Figura V-1. Series de nivel del mar observada (línea negra) y modelada (línea roja) en sector del fiordo Comau.



Figura V-2. Series de nivel del mar observada (línea negra) y modelada (línea roja) en sector de Hueihue.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO V**



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura V-3. Series de nivel del mar observada (línea negra) y modelada (línea roja) en sector de Quinchao.



Figura V-4 Series de nivel del mar observada (línea negra) y modelada (línea roja) en sector de Palvitad.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO V**





Figura V-5. Series de nivel del mar observada (línea negra) y modelada (línea roja) en sector de Putemún

Tabla V-I . Indices estadísticos de comparación de niver del mar observado y mod

	Comau	Hueihue	Palvitad	Quinchao
RMSE (m)	0,19	0,28	0,16	0,23
NRMSE (%)	4,01	5,86	4,09	5,23
COEF CORR.	0,99	0,98	0,99	0,99

ANEXO VI

Modelación hidrodinámica en el mar interior de Chiloé



Evaluación modelo hidrodinámico MIKE3

En este Anexo se presentan resultados complementarios de la evaluación del modelo hidrodinámico MIKE 3 en el Mar de Chiloé en 5 lugares distintos y en distintas fechas, basadas en la calibración realizada en los sitios de Chacao y Comau. Son desplegados resultados de series de tiempo superficiales y de fondo (del anclaje de ADCP), contrastados con series modeladas, indicando en cada caso la raíz del error cuadrático medio (RMSE [m/s]) además de la correlación (r). También se presentan rosas de corrientes para indicar la dirección predominante del flujo y los intervalos de magnitud. De igual modo son presentadas las evaluaciones de las constituyentes armónicas de la marea observada contrastándola con las modelaciones con MIKE3.



Figura VI-1: Mapa y Tabla de posiciones geográficos de perfiladores acústicos de corriente (ADCP) utilizados en la evaluación del modelo MIKE 3 para distintas épocas. Los resultados de las observaciones de Chacao y Comau son presentados en el documento principal.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO VI**



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura VI-2: Componente u_este y v_norte de la corriente a 5m del modelo MIKE3 (rojo) y la observación (negro) en Curaco de Vélez (Canal Dalcahue). Abajo, rosas de corrientes a 5m observada (izquierda) y modelada por MIKE3 (derecha). Junto a las series de tiempo aparecen los índices estadísticos RMSE (raíz de error medio cuadrático) y la correlación (r).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO VI**



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura VI-3: Componente u_este y v_norte de la corriente a 10 y 40 m del modelo MIKE3 (rojo) y la observación (negro) junto a sus respectivas rosas de corrientes observada (izquierda) y modelada (derecha) en Isla Linlin. Junto a las series de tiempo aparecen los índices estadísticos RMSE (raíz de error medio cuadrático) y la correlación (r).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO VI**





Figura VI-4: Componente u_este y v_norte de la corriente a 5 y 40 m del modelo MIKE3 (rojo) y la observación (negro) junto a sus respectivas rosas de corrientes observada (izquierda) y modelada (derecha) en Pta. Tutil . Junto a las series de tiempo aparecen los índices estadísticos RMSE (raíz de error medio cuadrático) y la correlación (r).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO VI**





Figura VI-5: Componente u_este y v_norte de la corriente a 5 y 30 m del modelo MIKE3 (rojo) y la observación (negro) junto a sus respectivas rosas de corrientes observada (izquierda) y modelada (derecha) en isla San Pedro. Junto a las series de tiempo aparecen los índices estadísticos RMSE (raíz de error medio cuadrático) y la correlación (r).



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura VI-6: Componente u_este y v_norte de la corriente a 5 y 40 m del modelo MIKE3 (rojo) y la observación (negro) junto a sus respectivas rosas de corrientes observada (izquierda) y modelada (derecha) en isla Tranqui. Junto a las series de tiempo aparecen los índices estadísticos RMSE (raíz de error medio cuadrático) y la correlación (r).



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA







Figura VI-7: Constituyentes armónicas (amplitud) de la marea modelada (Rojo) y observada (negro) en Isla Quinchao



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA







Figura VI-9: Constituyentes armónicas (amplitud) de la marea modelada (Rojo) y observada (negro) en Hueihue, bahía Manao


INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura VI-10: Constituyentes armónicas (amplitud) de la marea modelada (Rojo) y observada (negro) en boca fiordo Comau.

Tabla VI-1: Desviación entre amplitud de constituyentes armónicas modeladas y observadas

Lugar	S2	M2	N2	К1	01	Q1
Palvitad	-9,8	8,4	-2,53	6,55	-0,35	-0,79
Quinchao	1,93	10,66	2,33	4,19	0,04	-0,39
Putemún	-10,17	7	-3,56	7,11	-0,02	-1,23
Hueihue	6,27	12,1	2,27	0,67	-0,61	-1,62
Comau	5,2	12,04	-1,58	4,33	0,28	-0,78





Figura VI-11: Variación de amplitud (hacia el norte) de componente M2 modelada para el mar interior de Chiloé.



Figura VI-12: Componente u_este del viento del modelo GFS (azul) y componente u_este de corriente a 5m (negro), en golfo Ancud



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura VI-13: Componente v_norte del viento del modelo GFS (azul) y componente v_norte de corriente a 5m (negro) en golfo Ancud.



Figura VI-14: Rosa de viento en isla Tabón observado en estación meteorológica (izquierda) y modelo GFS con (derecha).

ANEXO VII

Base de Datos





Abril, 2015

ANEXO VIII

Evaluación modelo ROMS





Figura VIII-1. Series de tiempo de la componente U de la corriente en canal Darwin, correspondientes a la campaña de Aysén primavera 2011, denotando en azul, los datos observados y en rojo las series simuladas en ROMS. Sobre las series crudas se encuentran las series filtradas. Las profundidades presentadas de arriba abajo son 5, 10, 20 y 40 metros.





Figura VIII – 2 Series de tiempo de la componente V de la corriente en canal Darwin, correspondiente a la campaña de Aysén primavera 2011, denotando en azul, los datos observados y en rojo las series simuladas en ROMS. Sobre las series crudas se encuentran las series filtradas. Las profundidades presentadas de arriba abajo son 5,10,20 y 40 metros.





Figura VIII-3. Series de tiempo de la componente U de la corriente en canal Chacabuco, correspondiente a la campaña de Aysén primavera 2011, denotando en azul, los datos observados y en rojo las series simuladas en ROMS. Sobre las series crudas se encuentran las series filtradas. Las profundidades presentadas de arriba abajo son 5, 10, 20 y 40 metros.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura VIII-4. Series de tiempo de la componente V de la corriente en canal Chacabuco, correspondiente a la campaña de Aysén primavera 2011, denotando en azul, los datos observados y en rojo las series simuladas en ROMS. Sobre las series crudas se encuentran las series filtradas. Las profundidades presentadas de arriba abajo son 5, 10, 20 y 40 metros.





Figura VIII-5. Series de tiempo de la componente U de la corriente en canal Casma, correspondiente a la campaña de Aysén primavera 2011, denotando en azul, los datos observados y en rojo las series simuladas en ROMS. Sobre las series crudas se encuentran las series filtradas. Las profundidades presentadas de arriba abajo son 5, 10, 20 metros.





Figura VIII-6. Series de tiempo de la componente V de la corriente en canal Casma, correspondiente a la campaña de Aysén primavera 2011, denotando en azul, los datos observados y en rojo las series simuladas en ROMS. Sobre las series crudas se encuentran las series filtradas. Las profundidades presentadas de arriba abajo son 5, 10, 20 metros.





Figura VIII-7. Series de tiempo de la componente U de la corriente en Bahía Beaufort, correspondiente a la campaña de Magallanes primavera 2012, denotando en azul, los datos observados y en rojo las series simuladas en ROMS. Sobre las series crudas se encuentran las series filtradas. Las profundidades presentadas de arriba abajo son 5, 10, 20, y 40 metros.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO VIII**





Figura VIII-8. Series de tiempo de la componente V de la corriente en Bahía Beaufort, correspondiente a la campaña de Magallanes primavera 2012, denotando en azul, los datos observados y en rojo las series simuladas en ROMS. Sobre las series crudas se encuentran las series filtradas. Las profundidades presentadas de arriba abajo son 5, 10, 20, y 40 metros.





Figura VIII-9. Series de tiempo de la componente U de la corriente en golfo Xaltegua, correspondiente a la campaña de Magallanes primavera 2012, denotando en azul, los datos observados y en rojo las series simuladas en ROMS. Sobre las series crudas se encuentran las series filtradas. Las profundidades presentadas de arriba abajo son 5, 10, 20, y 40 metros.



Figura VIII-10. Series de tiempo de la componente V de la corriente en Golfo Xaltegua, correspondiente a la campaña de Magallanes primavera 2012, denotando en azul, los datos observados y en rojo las series simuladas en ROMS. Sobre las series crudas se encuentran las series filtradas. Las profundidades presentadas de arriba abajo son 5, 10, 20, y 40 metros.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO VIII**

ANEXO IX

Dispersión de partículas modelo regional Chiloé – Aysén.



Figura IX-1. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 24 horas en el escenario de verano-otoño, sicigia a 5 metros de profundidad. King Sur-Oeste (
), King Norte-Este (
), Pérez Sur (
), Moraleda Oeste (
), Ninualac (
) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (
).



Figura IX-2. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 48 horas en el escenario de verano-otoño, sicigia a 5 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IX**



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura IX-3. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 72 horas en el escenario de verano-otoño, sicigia a 5 metros de profundidad. King Sur-Oeste (
), King Norte-Este (
), Pérez Sur (
), Moraleda Oeste (
), Ninualac (
) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (
).



Figura IX-4. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 24 horas en el escenario de verano-otoño, sicigia a 25 metros de profundidad. King Sur-Oeste (
), King Norte-Este (
), Pérez Sur (
), Moraleda Oeste (
), Ninualac (
) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (
).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IX**



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura IX-5. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 48 horas en el escenario de verano-otoño, sicigia a 25 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).



Figura IX-6. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 72 horas en el escenario de verano-otoño, sicigia a 25 metros de profundidad. King Sur-Oeste (
), King Norte-Este (
), Pérez Sur (
), Moraleda Oeste (
), Ninualac (
) y unión canales Memory, Bynon y Goñi
(
).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IX**



Figura IX-7. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 24 horas en el escenario de verano-otoño, cuadratura a 5 metros de profundidad. King Sur-Oeste (
), King Norte-Este (
), Pérez Sur (
), Moraleda Oeste (
), Ninualac (
) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (
).



Figura IX-8. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 48 horas en el escenario de verano-otoño, cuadratura a 5 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IX**



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura IX-9. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 72 horas en el escenario de verano-otoño, cuadratura a 5 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).



Figura IX-10. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 24 horas en el escenario de verano-otoño, cuadratura a 25 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IX**



Figura IX-11. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 48 horas en el escenario de verano-otoño, cuadratura a 25 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).



Figura IX-12. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 72 horas en el escenario de verano-otoño, cuadratura a 25 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IX**



Figura IX-13. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 24 horas en el escenario de invierno-primavera, sicigia a 5 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).



Figura IX-14. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 48 horas en el escenario de invierno-primavera, sicigia a 5 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IX**



Figura IX-15. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 72 horas en el escenario de invierno-primavera, sicigia a 5 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).



Figura IX-16. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 24 horas en el escenario de invierno-primavera, sicigia a 25 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IX**



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura IX-17. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 48 horas en el escenario de invierno-primavera, sicigia a 25 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).



Figura IX-18. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 72 horas en el escenario de invierno-primavera, sicigia a 25 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IX**



Figura IX-19. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 24 horas en el escenario de invierno-primavera, cuadratura a 5 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).



Figura IX-20. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 48 horas en el escenario de invierno-primavera, cuadratura a 5 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IX**



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura IX-21. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 72 horas en el escenario de invierno-primavera, cuadratura a 5 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).



Figura IX-22. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 24 horas en el escenario de invierno-primavera, cuadratura a 25 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IX**



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura IX-23. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 48 horas en el escenario de invierno-primavera, cuadratura a 25 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).



Figura IX-24. Dispersión en el modelo de alta resolución Chiloé-Aysén tras 72 horas en el escenario de invierno-primavera, cuadratura a 25 metros de profundidad. King Sur-Oeste (●), King Norte-Este (●), Pérez Sur (●), Moraleda Oeste (●), Ninualac (●) y unión canales Memory, Bynon y Goñi (●).

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO IX**



Evaluación modelo hidrodinámico de alta resolución Cockburn invierno




Figura X-1. Series observadas (azul) y modeladas (rojo) de la componente U de la corriente en seno Chasco del modelo de Cockburn invierno.





Figura X-2. Espectro de la componente U de la corriente en Seno Chasco, izquierda, series modeladas, derecha series observadas en ADCP.





Figura X-3. Series observadas (azul) y modeladas (rojo) de la componente U de la corriente en seno Dyneley del modelo de Cockburn invierno.





Figura X-4. Espectro de la componente U de la corriente en Seno Dyneley, izquierda, series modeladas, derecha series observadas en ADCP.





Figura X-5. Series observadas (azul) y modeladas (rojo) de la componente V de la corriente en Canal Pedro del modelo de Cockburn invierno.





Figura X-6. Espectro de la componente V de la corriente en Canal Pedro, izquierda, series modeladas, derecha, series observadas en ADCP.





Figura X-7. Series observadas (azul) y modeladas (rojo) de la componente V de la corriente en Seno Bluff del modelo de Cockburn invierno.





Figura X-8. Espectro de la componente V de la corriente en Seno Bluff, izquierda, series modeladas, derecha, series observadas en ADCP.



Figura X-9. (Arriba) Transecto del flujo residual de corriente obtenido de ADCP remolcado en Seno Lyell, campaña invierno. (Abajo), transecto del flujo residual e la corriente modelada.

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO X**



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura X-10. (Arriba) Transecto del flujo residual de corriente obtenido de ADCP remolcado en Canal Pedro, campaña invierno. (Abajo), transecto del flujo residual e la corriente modelada.





Figura X-11. (Arriba) Transecto del flujo residual de corriente obtenido de ADCP remolcado en Seno Brujo, campaña invierno. (Abajo), transecto del flujo residual e la corriente modelada.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura X-12. (Arriba) Transecto del flujo residual de corriente obtenido de ADCP remolcado en Seno Dyneley, campaña invierno. (Abajo), transecto del flujo residual e la corriente modelada.





Figura X-13. (Arriba) Transecto del flujo residual de corriente obtenido de ADCP remolcado en Seno Bluff, campaña invierno. (Abajo), transecto del flujo residual e la corriente modelada.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura X-14. (Arriba) Transecto del flujo residual de corriente obtenido de ADCP remolcado en Canal Magdalena, campaña invierno. (Abajo), transecto del flujo residual e la corriente modelada.



Dispersión de partículas modelo regional Cockburn.





Figura XI-1. Dispersión de partículas a 5 metros de profundidad en Estero Estaples, en cuadratura, modelo Cockburn invierno.



Figura XI-2. Dispersión de partículas a 25 metros de profundidad en Estero Estaples, en cuadratura, modelo Cockburn invierno.





Figura XI-3. Dispersión de partículas a 5 metros de profundidad en Estero Estaples, en sicigia, modelo Cockburn invierno.



Figura XI-4. Dispersión de partículas a 25 metros de profundidad en Estero Estaples, en sicigia, modelo Cockburn invierno.





Figura XI-5. Dispersión de partículas a 5 metros de profundidad en Seno Lyell, en cuadratura, modelo Cockburn invierno.



Figura XI- 6. Dispersión de partículas a 25 metros de profundidad en Seno Lyell, en cuadratura, modelo Cockburn invierno.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura XI-7. Dispersión de partículas a 5 metros de profundidad en Seno Lyell, en sicigia, modelo Cockburn invierno.





4





Figura XI-9. Dispersión de partículas a 5 metros de profundidad en Seno Chasco, en cuadratura, modelo Cockburn invierno.









Figura XI-11. Dispersión de partículas a 5 metros de profundidad en Seno Chasco, en sicigia, modelo Cockburn invierno.



Figura XI-12. Dispersión de partículas a 25 metros de profundidad en Seno Chasco, en sicigia, modelo Cockburn invierno.





Figura XI-13. Dispersión de partículas a 5 metros de profundidad en Seno Brujo, en cuadratura, modelo Cockburn invierno.



 Figura XI-14.
 Dispersión de partículas a 25 metros de profundidad en Seno Brujo, en cuadratura, modelo Cockburn invierno.

 7



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura XI-15. Dispersión de partículas a 5 metros de profundidad en Seno Brujo, en sicigia, modelo Cockburn invierno.



Figura XI-16. Dispersión de partículas a 25 metros de profundidad en Seno Brujo, en sicigia, modelo Cockburn invierno.





Figura XI-17. Dispersión de partículas a 5 metros de profundidad en Estero Estaples, en cuadratura, modelo Cockburn verano.



Figura XI-18. Dispersión de partículas a 25 metros de profundidad en Estero Estaples, en cuadratura, modelo Cockburn verano.

9





Figura XI-19. Dispersión de partículas a 5 metros de profundidad en Estero Estaples, en sicigia, modelo Cockburn verano.



Figura XI-20. Dispersión de partículas a 25 metros de profundidad en Estero Estaples, en sicigia, modelo Cockburn verano.





Figura XI-21. Dispersión de partículas a 5 metros de profundidad en Seno Lyell, en cuadratura, modelo Cockburn verano.



Figura XI-22. Dispersión de partículas a 25 metros de profundidad en Estero Seno Lyell, en cuadratura, modelo Cockburn verano.





Figura XI-23. Dispersión de partículas a 5 metros de profundidad en Seno Lyell, en sicigia, modelo Cockburn verano.



Figura XI-24. Dispersión de partículas a 25 metros de profundidad en Seno Lyell, en sicigia, modelo Cockburn verano.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura XI-25. Dispersión de partículas a 5 metros de profundidad en Seno Chasco, en cuadratura, modelo Cockburn verano.



Figura XI-26. Dispersión de partículas a 25 metros de profundidad en Seno Chasco, en cuadratura, modelo Cockburn verano.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura XI-27. Dispersión de partículas a 5 metros de profundidad en Seno Chasco, en sicigia, modelo Cockburn verano.



Figura XI-28. Dispersión de partículas a 25 metros de profundidad en Seno Chasco, en sicigia, modelo Cockburn verano.









Figura XI-30. Dispersión de partículas a 25 metros de profundidad en Seno brujo, en cuadratura, modelo Cockburn verano.





Figura XI-31. Dispersión de partículas a 5 metros de profundidad en Seno Brujo, en sicigia, modelo Cockburn verano.



Figura XI-32. Dispersión de partículas a 25 metros de profundidad en Seno Brujo, en sicigia, modelo Cockburn verano.

ANEXO XII

Implementación, evaluación del modelo atmosférico WRF para la zona Sur Austral de Chile.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO II: IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO WRF	3
	3
SIMULACIONES	5
<u>CAPÍTULO III: CONFIGURACIÓN DEL MODELO WRF, PARA LA ZONA SU</u>	R-AUSTRAL DE CHILE 6
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL MODELO WRF	11
FUENTES DE DATOS	
CONSTRUCCIÓN DE LAS SERIES DE DATOS.	12
CAPITULO V: RESULTADOS	13
ESTACIÓN METRI	13
CORRELACIÓN	
RAÍZ DEL ERROR CUADRÁTICO MEDIO	
SESGO	
ESTACIÓN PUQUELDÓN	22
Correlación	
RAÍZ DEL ERROR CUADRÁTICO MEDIO	
SESGO	
ESTACIÓN RAÚL MARÍN BALMACEDA	
CORRELACIÓN	
ERROR CUADRÁTICO MEDIO	
SESGO	
ESTACIÓN PUERTO AGUIRRE	
CORRELACIÓN	
ERROR CUADRÁTICO MEDIO	
SESGO	
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN FINAL	



CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El modelo atmosférico Weather Research & Forecast (WRF) es un modelo meteorológico de mesoescala euleriano, no-hidrostático y completamente compresible. WRF ha sido desarrollado por un conjunto de universidades y organizaciones gubernamentales, principalmente de Estados Unidos, lideradas por el National Center for Atmospheric Research (NCAR) quien da soporte a través del correo electrónico WRFhelp@ucar.edu

El modelo WRF es utilizado como herramienta de pronóstico, por los principales servicios meteorológicos del mundo. En Chile, es utilizado de manera operativa, tanto en la Dirección Meteorológica de Chile como en el Servicio Meteorológico de la Armada. Dentro de las instituciones que utilizan el modelo WRF para fines de investigación, se cuenta a la Universidad de Chile, Universidad de Concepción, Universidad de La Frontera, Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA) y la Universidad de Valparaíso, entre otros.

Este modelo ha sido diseñado con una estructura de software que propicia el aporte de nuevo código fuente. Esto ha facilitado que en WRF se implementen la mayor parte de los nuevos conocimientos generados acerca de la modelación atmosférica. Los balances de masa, momentum y energía, en un volumen control, se representan por ecuaciones diferenciales que son resueltas numéricamente. Existen procesos, de escalas inferiores al tamaño de grilla, que no pueden ser representados explícitamente en el núcleo del modelo, a estos procesos se los representa a través de paraMetrizaciones.

Por otra parte, la zona Sur-Austral de Chile presenta una de las topografías más complejas del país, caracterizada por la presencia de archipiélagos, canales y fiordos. En estos canales se desarrolla una fuerte actividad acuícola, siendo esta una de las principales actividades productivas de la zona y una actividad económicamente importante para el país. Según la clasificación de Köppen la zona de interés presenta un clima templado húmedo con precipitaciones durante todo el año (Cf). Las precipitaciones provienen principalmente del paso de sistemas frontales, estos sistemas también tienen una gran influencia en los patrones de circulación atmosférica y se ven perturbados por la topografía.

La implementación de modelos de mesoescala a alta resolución presenta grandes desafíos debido a la compleja topografía del lugar, los bruscos cambios tierra/mar y la dinámica de los sistemas frontales. Por lo anterior es necesario un cuidadoso análisis de diferentes configuraciones del modelo, para establecer la sensibilidad de este y así encontrar la configuración que mejor represente la meteorología de la zona.

El capítulo II de este documento está dedicado a la instalación e implementación del modelo WRF. En el capítulo III se describen las características de las distintas configuraciones utilizadas en el modelo WRF, el capítulo IV describe la metodología de evaluación. En el capítulo V se muestran los principales resultados de esta evaluación y finalmente en el capítulo VI se discuten algunas conjeturas sobre los problemas detectados y se resumen las principales conclusiones obtenidas.


CAPÍTULO II: IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO WRF

La implementación del modelo WRF, se compone esencialmente de 3 pasos: la instalación del modelo, la obtención de los datos de entrada y la configuración de las simulaciones, los que se describen en las secciones siguientes.

Instalación del modelo WRF

A la fecha de realización del presente estudio, la versión estable y más reciente del modelo WRF corresponde a la 3.6.1, si bien existen 2 núcleos dinámicos del modelo en este trabajo se utilizó el Advanced Research WRF (ARW). El proceso de instalación del modelo requiere de la descarga de diferentes paquetes de código fuente que se encuentran disponibles en el sitio web de la University Corporation for Atmospheric Research (UCAR), a la cual se puede acceder desde el vínculo <u>http://www2.mmm.ucar.edu/WRF/users/download/get_source.html</u>. La Tabla 1 lista los componentes requeridos.

Componente	Descripción
WRF-ARW	Código fuente del modelo WRF con el núcleo dinámico ARW
WPS	Código fuente del Sistema de Pre-procesamiento de WRF, permite el procesamiento de los datos de entrada al modelo.
WPS Geography Data	Datos geográficos globales para la inicialización de WRF. Es requerido por WPS e incluye datos como topografía y uso de suelo.
JasPer	Código fuente de la librería de compresión (JPEG 2000), necesaria para procesar archivos de datos en formato GRIB2.
PNG	Código fuente de la librería de compresión, necesaria para procesar archivos de datos en formato GRIB2.
Zlib	Código fuente de otra librería de compresión necesaria para procesar archivos en formato GRIB2.
NetCDF	Código fuente de librería para la lectura/escritura de archivos en formato NetCDF. El formato NetCDF es el utilizado por WRF para todas sus salidas. Disponible en http://www.unidata.ucar.edu/downloads/netcdf.

TABLA 1: Componentes requeridos para la instalación del modelo WRF.



En dependencia del sistema de cómputo se debe escoger un compilador para los lenguajes C, C++ y Fortran, también puede ser necesaria una librería para el paso de mensajes (MPI), como OpenMPI o MPICH.

El primer paso es compilar las librerías JasPer, PNG y zlib. Para ello se deben extraer los archivos, dentro del directorio creado se debe ejecutar el comando ./configure (en caso de no tener permisos de superusuario, ejecutar ./configure –prefix=/home/user/base*) luego ejecutar make, make check, make install.

Luego se debe compilar la librería NetCDF. Es necesario recalcar que la compilación de esta librería debe realizarse con el mismo juego de compiladores que será utilizado para WRF. El proceso sigue el mismo estándar que las librerías JasPer, PNG y zlib.

Una vez que estén compiladas e instaladas estas librerías es necesario asignar las variables de entorno JASPERLIB (*export JASPERLIB=/home/user/base/lib*) JASPERINC (*export JASPERINC=/home/user/base/include*) y NETCDF (*export NETCDF=/home/user/base*)

La compilación de WRF se realiza extrayendo los archivos y luego, dentro del directorio descomprimido, se debe ejecutar ./configure, donde se debe seleccionar la opción adecuada de Sistema Operativo, Compilador y Paralelismo. También se debe escoger la opción adecuada al tipo de anidamiento (basic: 1, en este caso). Finalmente se debe ejecutar el script ./compile em_real, lo que compila el núcleo dinámico ARW de WRF.

Para la compilación de WPS se sigue el mismo procedimiento que para WRF, pero con el comando *./configure* sólo se elige el tipo de S.O., compilador y paralelismo (se recomienda utilizar modo serial, para WPS). Finalmente se debe ejecutar el comando *./compile* (sin argumentos).

Como último paso es necesario descomprimir el archivo con los datos geográficos.

Las simulaciones realizadas en este trabajo se realizaron con la versión 3.6.1 del modelo WRF, en 2 sistemas de cómputo distintos. En uno de ellos se usaron los compiladores GNU sobre procesadores AMD (64 núcleos) y en el otro los compiladores Intel (180 núcleos). En ambos se utilizó la librería OpenMPI para el paso de mensajes.



Datos de inicialización

En este trabajo se utilizaron como condiciones iniciales y de contorno datos del NCEP Climate Forecast System Version 2 (CFSv2) que se encuentran disponibles con una resolución horizontal de 0.5° geográficos, una resolución vertical de 34 niveles de presión y una resolución temporal de 6 horas. Para una simulación se utilizarán como condiciones iniciales y de contorno el Análisis Final de NCEP (FNL), que se encuentra disponible a una resolución horizontal de 1° geográfico y 27 niveles verticales cada 6 horas.

Simulaciones

Para cada simulación se creará un directorio donde se generarán vínculos simbólicos a los archivos necesarios de WPS y WRF y se deben adaptar los archivos de configuración namelist.wps y namelist.input y ejecutar secuencialmente los programas de pre-proceso y el modelo WRF.



CAPÍTULO III: CONFIGURACIÓN DEL MODELO WRF, PARA LA ZONA SUR-AUSTRAL DE CHILE

Debido a las limitaciones de tiempo de cómputo disponibles para la ejecución del modelo se decidió realizar múltiples simulaciones, con el fin de encontrar la configuración con el mejor ajuste, para los primeros 6 días del periodo de estudio. Las simulaciones fueron realizadas utilizando el núcleo ARW de WRF versión 3.6.1. Las diferencias entre las distintas configuraciones están descritas en la Tabla 2.

La configuración de control corresponde a cfs3km, la cual posee 3 dominios anidados (FIGURA X-1), con resoluciones horizontales de 27, 9 y 3 kilómetros (61x66, 85x109 y 139x184 puntos de grilla respectivamente), con la opción de retroalimentación entre dominios activada (2-way nesting). En la vertical cuenta con 60 niveles que siguen el terreno (FIGURA X- 2, izq.). Las condiciones iniciales y de contorno fueron tomadas del NCEP Climate Forecast System Version 2 (CFSv2) que se describe en Saha et al. (2014) y se encuentra disponible a una resolución horizontal de 0.5º geográficos con 34 niveles verticales y cada 6 horas.





FIGURA XII- 1: Dominios utilizados en las simulaciones con el modelo WRF. El dominio 4, sólo es utilizado en la configuración cfs1km.

La paraMetrización encargada de los procesos convectivos (paraMetrización de cúmulos) utilizada en la configuración de control (cfs3km) fue Tiedtke (Tiedtke, 1989 y Zhang et al., 2011), para los procesos de microfísica la paraMetrización escogida fue WRF Single-Moment 6-class scheme (WSM6) que es descrita en Hong and Lim (2006), para las paraMetrizaciones de radiación de onda corta y larga se utilizó el nuevo esquema Rapid Radiative Transfer Model (RRTMG) descritas en lacono et al. (2008). Para la representación de la capa límite planetaria la paraMetrización de la simulación control fue Mellor-Yamada Nakanishi and Niino Level 2.5 PBL (MYNN2.5) y su homónimo esquema para la capa superficial (Nakanishi and Niino, 2006). Noah fue utilizado como modelo de suelo en la configuración de control (Chen et al., 1996).





FIGURA XII- 2: Altura (msnm) aproximada de los niveles verticales utilizados en el modelo para las configuraciones cfs3km (izq.), cfs80lv (centro) y cfs14lbl (der.)

Parámetro	cfs3km	cfs2km	cfs1km	cfs24h	cfs80lv	Cfs14l bl	fnl3km	cfsKF	cfs5sl	cfsQNS E
Cantidad de dominios	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3
Resolución de los dominios más fino	27km 9km 3 km	18km 6km 2 km	27km 9km 3km 1 km	27km 9km 3km	27km 9km 3km	27km 9km 3km	27km 9km 3km	27km 9km 3km	27km 9km 3km	27km 9km 3km
Tamaño de los dominios	61x66 85x109 139x18 4	92x99 127x16 3 208x27 7	61x66 85x109 139x18 4 160x20 2	61x66 85x109 139x18 4	61x66 85x109 139x18 4	61x66 85x109 139x18 4	61x66 85x109 139x18 4	61x66 85x109 139x18 4	61x66 85x109 139x18 4	61x66 85x109 139x18 4
Niveles Verticales	60	60	60	60	80	67 con 14 bajo los primeros 1000m	60	60	60	60
Condición	CFSv2	CFSv2	CFSv2	CFSv2	CFSv2	CFSv2	FNL	CFSv2	CFSv2	CFSv2
					8					

Tabla 2: Parámetros	s de configu	iración de la	is diferentes	simulaciones	realizadas	con el modelo	WRF.
---------------------	--------------	---------------	---------------	--------------	------------	---------------	------

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO XII**



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA

Inicial (CI)										
Resolución temporal de las Cl	6 horas	6 horas	6 horas	24 horas	6 horas	6 horas				
Param. de cúmulos	Tiedtke	Kain- Fritsch	Tiedtke	Tiedtke						
Param. de suelo	Noah LSM	5-layer termal diffusion	Noah LSM							
Param. de capa límite/superfici al	MYNN 2.5 / MYNN	QNSE / QNSE								

Considerando la compleja topografía de la zona, se realizaron simulaciones a partir de la configuración control modificando sólo la resolución horizontal. La configuración cfs2km mantiene las dimensiones geográficas de cfs3km, pero sus resoluciones aumentan a 18, 6 y 2 km, para ello fue necesario aumentar la cantidad de puntos de cada dominio a 92x99, 127x163 y 208x277, respectivamente; todos los demás parámetros de configuración se mantuvieron inalterados. La configuración cfs1km mantiene la misma configuración que la control, pero agrega un cuarto dominio de 1km de resolución horizontal conteniendo 160x202 puntos; dado que la opción de retroalimentación se encuentra activada, se evaluarán los dominios con resoluciones de 3 y 1 km de esta simulación.

Para evaluar el impacto de la resolución vertical se realizó una simulación (cfs80lv) con la misma configuración cfs3km, pero con 80 niveles en la vertical a diferencia de los 60 utilizado en la simulación de control, también se realizó una simulación con 67 niveles verticales (cfs14lbl) que agrega 7 niveles explícitamente en los primeros 1000m respecto de la configuración control.

Con el fin de analizar la sensibilidad del modelo a las condiciones iniciales y de borde se realizó una simulación (fnl3km) con la misma configuración base utilizando el análisis final de NCEP (FNL) que asimila datos globales del Global Data Assimilation System (GDAS) mediante el modelo GFS. Estos datos se encuentran disponibles a una resolución horizontal de 1º geográfico, 27 niveles en la vertical y cada 6 horas. La simulación cfs24h, inicializada con CFSv2 y la configuración base, incluye las condiciones de borde sólo cada 24 h, con el fin de determinar la habilidad del modelo sin una influencia tan marcada de las condiciones de borde.

Finalmente, las configuraciones cfsKF, cfs5sl y cfsQNSE mantienen la configuración base, exceptuando la paraMetrización de cúmulos, modelo de suelo y paraMetrizaciones de capa límite/superficial, respectivamente. cfsKF utiliza el esquema Kain Fritsch (Kain, 2004) para cúmulos,



cfs5sl utiliza el modelo de difusión termal de 5 capas para la paraMetrización de suelo y cfsQNSE utiliza la paraMetrización Quasi-Normal Scale Elimination (QNSE) para capa límite y superficial (Sukoriansky, Galperin and Perov, 2005).

Se almacenaron los datos de cada simulación en el dominio más fino cada 1 hora (en el caso de cfs1km, se almacenaron cada 1 hora los datos de los dominios 3 y 4).



CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL MODELO WRF

Fuentes de Datos

Para la evaluación del modelo se utilizarán los datos de cuatro estaciones meteorológicas automáticas (EMA) HOBO-H21-002, las cuales cuentan con sensor de presión barométrica (modelo BPB-CM50, rango 660 a 1070 mbar), sensor de temperatura (modelo Smart TMB-M002) y sensor velocidad y dirección del viento (modelo WCC-M003, veleta Young 05106). Estas EMAs fueron instaladas por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) por un periodo de 3 meses en la zona de estudio, la tabla 3 muestra las coordenadas geofráficas de su ubicación y fecha de inicio de las mediciones de cada estación, en la FIGURA XII- 3 se muestra un mapa esquemático con la ubicación de las estaciones.

Los datos se encuentran disponibles con una resolución temporal de 10 minutos. Es importante señalar que el sensor de viento fue instalado a 2m de altura sobre la superficie.



FIGURA XII- 3: Mapa con ubicación de las estaciones meteorológicas instaladas por IFOP



Estación	Latitud (°N)	Longitud (°E)	Altitud (msnm)	Inicio mediciones
Metri	-41.59474	-72.70452	12	22/08/2013 13:07
Puqueldón	-42.59927	-73.65849	118	23/08/2013 10:02
Raúl Marín Balmaceda (RMB)	-43.77393°	-72.95559	15	30/08/2013 11:09
Puerto Aguirre	-45.16459	-73.52145	8	03/09/2013 10:02

Tabla 3: Ubicación y fecha de inicio de mediciones de las estaciones instaladas por IFOP.

Datos de los modelos globales CFSv2 y FNL fueron utilizados para inicializar el modelo WRF y también se compararon con las estaciones meteorológicas de IFOP.

Construcción de las series de datos.

Dado que desde el modelo WRF se almacenan los datos cada una hora, es necesario calcular medias horarias de los datos obtenidos de las EMAs. Para ello, se consideran las 6 observaciones que contienen el mayor intervalo dentro de cada periodo horario. Los datos de los modelos Globales CFSv2 y FNL se interpolaron a una resolución de 1km mediante sixteen_pt+four_pt+average_4pt, utilizando metgrid, estos datos se encuentran disponibles cada 6 horas.

Considerando las limitaciones impuestas por los instrumentos, se descartó el valor la variable dirección de viento cada vez que la intensidad fue menor a 0.5 m/s como media del periodo de 10 minutos observados. Para las observaciones válidas, se descompuso la intensidad y dirección del viento en las componentes zonal y meridional. Si en un periodo horario, existen al menos 4 observaciones con intensidad de viento superior a 0.5m/s se calcularon la media de las componentes, en caso contrario se deja al periodo horario sin datos para las componentes del viento.

Estas variables fueron comparadas con los datos de las simulaciones, los que fueron interpolados al punto de grilla más cercano con el software NCAR Command Language (NCL).

Se analizó la raíz del error cuadrático medio, sesgo y correlación entre las series simuladas por el modelo WRF con las distintas configuraciones y las observaciones, para las variables presión atmosférica en superficie (a 2m sobre el suelo), temperatura del aire a 2m, intensidad y componentes zonal y meridional del viento, con los datos horarios para los que exista información en ambas series. Lo mismo se realizó con los datos de CFSv2 y FNL.



CAPÍTULO V: RESULTADOS

Estación Metri:

En esta sección se muestran los principales resultados de las simulaciones realizadas con el modelo WRF, comparándolas con los valores observados en la estación meteorológica Metri y con los datos del modelo global CFS y del análisis final de NCEP (FNL). La estación Metri se encuentra en el extremo norte del dominio 3, y queda fuera del área de simulación para la configuración con 1km de resolución.

En la FIGURA XII- 4 se muestra el entorno de la estación Metri, donde se aprecia que la estación tiene una alta representatividad espacial.



FIGURA XII- 4: Imagen satelital sobre la estación Metri (Google Earth) y perfil de elevación en el sentido oeste-este (la ubicación de la estación se encuentra marcada con una línea vertical.



Correlación

01-09-13 03:00 01-09-13 06:00 00:00 21-00-10 01-09-13 12:00 01-09-13 15:00 01-09-13 18:00 01-09-13 21:00 02-09-13 00:00 02-09-13 03:00 02-09-13 06:00 02-09-13 09:00 02-09-13 12:00 02-09-13 15:00 02-09-13 18:00 02-09-13 21:00 03-09-13 00:00 03-09-13 03:00 03-09-13 06:00 03-09-13 09:00 03-09-13 12:00 03-09-13 15:00 03-09-13 18:00

01-09-13 00:00

Las correlaciones de las distintas simulaciones y de los modelos globales se muestran en la Tabla 4.

Todas las simulaciones muestran altos valores de coeficiente de correlación para la presión atmosférica en superficie (2m). Las menores correlaciones, para presión, se obtienen en las simulaciones fnl3km (FIGURA XII- 5a) y cfs2km (FIGURA XII- 5b) con valores de 0.95 y 0.968, respectivamente; el resto de las simulaciones muestra correlaciones cercanas a 0.99.



04-09-13 18:00 04-09-13 21:00 05-09-13 00:00 05-09-13 03:00 05-09-13 06:00 05-09-13 09:00 05-09-13 18:00 05-09-13 21:00 06-09-13 00:00

05-09-13 12:00 05-09-13 15:00

04-09-13 05:00 04-09-13 09:00 04-09-13 12:00 04-09-13 15:00

03-09-13 21:00 04-09-13 00:00 04-09-13 03:00 P (cfs1km)

P (cfs1km_d03)



Para la temperatura del Aire a 2m, la variabilidad del coeficiente de correlación es más alta que para la presión, variando en un rango que va desde 0.587 a 0.915, siendo la mayor la del modelo global CFS y la menor la de la configuración fnl3km. En la FIGURA XII- 6 se muestran las series de tiempo



de temperatura para las observaciones, la configuración control de WRF y configuraciones con cambios en parametrizaciones físicas; se puede observar que el mínimo de temperaturas que ocurre el 3/09/13 entre las 03 UTC y las 12 UTC no es representada por WRF salvo en la configuración cfsKF, en donde se cambia la parametrización de cúmulos, lo que ayuda a que esta simulación alcance un coeficiente de correlación de 0.84, para esta variable.

Para el viento la correlación es aún más débil, aunque significativa. En el caso de la intensidad del viento las correlaciones se encuentran entre 0.7 y 0.8, exceptuando las configuraciones fnl3km y cfs2km (0.555 y 0.599, respectivamente). Para la componente zonal, la mayor parte de las simulaciones muestra valores del coeficiente de correlación entre 0.5 y 0.6 aproximadamente, las que son menores que para la componente meridional que obtiene coeficientes de correlación cercanos a 0.7, en la mayoría de las simulaciones con WRF.

La diferencia en el ajuste de las componentes del viento se podría explicar por la proximidad de un elemento topográfico con mayor altura que la estación en el sentido oeste-este, lo que perturbaría los flujos observados por la estación en una escala espacial muy inferior que la resolución del modelo, por lo que este no sería capaz de representarlo.



FIGURA XII- 6: Series de tiempo de temperatura en la estación meteorológica Metri, para las observaciones (azul con marcadores) y las simulaciones con el modelo WRF cfs3km (celeste), cfskf (rojo), cfs5sl (verde) y cfsqnse (lila).



Tabla 4: Coeficiente de correlación de las variables modeladas con las distintas configuraciones de WRF y modelos globales con las observaciones obtenidas en la estación Metri.

Simulación	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del aire	Componente zonal del viento (U)	Componente meridional del viento (V)
cfs3km	0.990	0.751	0.834	0.588	0.722
cfs2km	0.968	0.599	0.636	0.470	0.808
cfs1km		E	stación fuera del de	ominio	
cfs1km_d03	0.991	0.744	0.845	0.514	0.719
cfs24h	0.986	0.729	0.737	0.619	0.549
cfs80l	0.990	0.715	0.843	0.540	0.710
cfs14lbl	0.991	0.760	0.823	0.613	0.716
fnl3km	0.950	0.555	0.587	0.627	0.618
cfsKF	0.990	0.755	0.842	0.610	0.726
cfs5sl	0.991	0.737	0.814	0.507	0.726
cfsqnse	0.990	0.801	0.823	0.472	0.732
cfs	0.993	0.715	0.915	0.796	0.585
fnl	0.991	0.754	0.801	0.726	0.532

En la **FIGURA XII- 7** se muestran las series de tiempo para la intensidad de viento y sus componentes, de las simulaciones realizadas con WRF con configuraciones que modifican la resolución vertical, la configuración control y las observaciones. En ella se observa que el modelo muestra un mejor ajuste para la componente zonal, respecto de la componente meridional, la magnitud de esta componente es claramente sobreestimada para los instantes en que es más intensa (sobre 2m/s), pero el modelo WRF es capaz de representar la dirección predominante y los periodos de mayor intensidad de viento. Es importante destacar que dadas las limitaciones de los instrumentos que miden dirección de viento, no es posible calcular las componentes del viento observado cuando su intensidad es menor a 0.5m/s.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



FIGURA XII- 7: Intensidad y componentes de viento observado (marcas azules), simulación control (celeste) y simulaciones que aumentan la resolución vertical del modelo.

Raíz del error cuadrático medio

Se analizó la raíz del error cuadrático medio (RECM) para cuantificar la distancia entre las series de tiempo simuladas y la observada, los valores se encuentran en la tabla 5.



Para la presión atmosférica en superficie, vemos que la RECM tiene valores entre 2.7hPa y 3 hPa para las simulaciones con WRF exceptuando a la inicializada con FNL (fnl3km) que tiene un error de aproximadamente 4hPa. El modelo global CFS y el análisis final de NCEP muestran un mayor error que las simulaciones con WRF (3.75hPa y 35.7hPa, respectivamente).

Los valores simulados para temperatura del aire tienen una RECM entorno a los 2°C, para todas las configuraciones de WRF a excepción de fnl3km que tiene un error cercano a los 4°C. El error cuadrático medio para la temperatura obtenida del modelo global CFS se encuentra en el mismo rango que las simulaciones con WRF, pero para FNL la RECM alcanza los 3.4°C. El menor valor de RECM, para temperatura, lo obtiene la configuración cfsKF (1.85°C).

Para la intensidad de viento, los valores de RECM son inferiores a 3.7m/s para todas las simulaciones realizadas con el modelo WRF, exceptuando fnl3km quien tiene un error de 6.87m/s y cfsQNSE con un RECM de 4.28m/s. Por su parte, los modelos globales presentan un ajuste levemente peor para la velocidad del viento, considerando que el valor de RECM se encuentra entorno a los 4m/s para CFS y FNL. Estos valores se explican por un alto error en la componente meridional del viento (V), con valores de RECM que van entre 2.81m/s (cfs2km) y 5.09m/s (cfsQNSE), con la mayor frecuencia cerca de los 4m/s. Los modelos globales (CFS y FNL) tienen un valor de la raíz del error cuadrático medio, cercanos a 5m/s para la componente V del viento. La componente zonal del viento muestra valores para la RECM menores que la componente meridional, exceptuando la configuración fnl3km. Esto se puede explicar en parte por la mayor magnitud que presenta la componente V respecto de la U en las observaciones. También es importante destacar que debido al roce, la rugosidad del suelo provoca que normalmente la velocidad del viento sea menor a 2m que a 10m, lo que podría explicar parte del error observado.

Simulación	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del aire	Componente zonal del viento (U)	Componente meridional del viento (V)
cfs3km	2.773	3.679	2.019	2.094	4.059
cfs2km	3.075	3.170	2.199	2.634	2.811
cfs1km			Estación fuera del d	ominio	
cfs1km_d03	2.709	3.411	2.038	2.054	3.818
cfs24h	2.949	3.735	2.406	1.494	4.719
cfs80l	2.677	3.502	2.004	2.066	3.838
cfs14lbl	2.732	3.111	1.975	1.864	3.523
fnl3km	4.028	6.866	4.076	6.250	5.213

 Tabla 5: Raíz del error cuadrático medio de las variables modeladas con las distintas

 configuraciones de WRFy modelos globales con las observaciones obtenidas en la estación Metri.



cfsKF	2.800	3.360	1.850	1.481	3.978
cfs5sl	2.677	3.509	2.189	2.055	3.895
cfsqnse	2.745	4.278	2.402	1.889	5.088
cfs	3.748	4.007	1.976	2.036	4.988
fnl	35.747	3.949	3.421	2.541	5.038

Sesgo

En la tabla 6 se muestran los valores del sesgo para las distintas simulaciones con el modelo WRF y los modelos globales respecto de las observaciones. Dada la alta correlación que mostraron todas las simulaciones, para la variable presión atmosférica, el sesgo tiene magnitudes muy similares a los valores de la raíz cuadrática media, vale la pena mencionar que salvo por la configuración fnl3km, todas las simulaciones subestiman las observaciones de presión. También es importante notar que todas las simulaciones con WRF presentan sesgos menores que los modelos globales para esta variable. En la FIGURA XII- 8 vemos las series de tiempo de presión para las observaciones, la configuración control de WRF y los modelos globales, en ella se aprecia que el sesgo de FNL es mucho mayor que para CFS y cfs3km, subestimando en poco más de 35hPa las observaciones, aunque su coeficiente de correlación era cercano a 0.99.



FIGURA XII- 8: Series de tiempo de presión atmosférica en superficie en la estación Metri, correspondientes a las observaciones (azul), configuración control de WRF(lila), modelo global cfs (rojo) y análisis final de ncep (verde) entre el 01/09/13 a las 0 utc y el 06/09/13 a las 0 utc.



Para la temperatura, vemos que los valores de sesgo son muy bajos, para casi todas las simulaciones. Sólo la simulación cfs2km muestra una sobreestimación significativa (0.57°C) y fnl3km una subestimación significativa de 2.65°C. El modelo global CFS subestima en 0.76°C las observaciones y el análisis final de NCEP lo hace en -2.4°C.

La intensidad del viento es sobreestimada por todas las simulaciones con WRF y los modelos globales con valores entre 2.4m/s y 3.5m/s, exceptuando la configuración fnl3km que sobreestima la intensidad en más de 6.2m/s. Esto puede explicarse en gran parte por la diferencia de altura entre las observaciones (2m) y los datos simulados (10m). La componente zonal del viento es subestimada por todas las configuraciones de WRF y el modelo global CFS, con valores de sesgo que varían entre 0.5m/s y 1.4m/s, exceptuando la configuración fnl3km quien sobreestima en más de 2m/s esta componente. El análisis final de NCEP es el único que subestima la componente U del viento (0.88m/s). La componente meridional es subestimada ampliamente por todas las configuraciones de WRF y los modelos globales, esto se explica por una exageración del valor de la componente V que representa vientos del norte.



TABLA 6: Sesgo de las variables modeladas con las distintas configuraciones de WRF y modelos globales con las observaciones obtenidas en la estación Metri.

Simulación	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del aire	Componente zonal del viento (U)	Componente meridional del viento (V)
cfs3km	-2.564	3.065	0.015	1.081	-3.018
cfs2km	-2.907	2.403	0.567	1.370	-1.772
cfs1km			Estación fuera del	dominio	
cfs1km_d03	-2.501	2.792	0.036	1.046	-2.789
cfs24h	-2.728	3.158	0.302	0.590	-3.676
cfs80l	-2.460	2.789	-0.032	1.047	-2.646
cfs14lbl	-2.519	2.546	-0.202	0.853	-2.496
fnl3km	0.762	6.273	-2.652	2.140	-0.888
cfsKF	-2.585	2.664	-0.298	0.732	-3.050
cfs5sl	-2.468	2.754	0.055	1.005	-2.820
cfsqnse	-2.548	3.493	0.316	0.606	-4.085
cfs	-3.310	3.115	-0.767	0.512	-4.086
fnl	-35.731	3.367	-2.407	-0.881	-4.293

En general, las simulaciones usando el modelo WRF muestran un mejor ajuste a las observaciones que los modelos globales, considerando los tres estadísticos analizados. Dentro de las simulaciones con el modelo WRF, las que aparecen más reiteradamente entre los mejores valores para todos los estadísticos, considerando todas las variables destacan las configuraciones cfs80l y cfsKF. La configuración fnl3km, aparece consistentemente con las peores evaluaciones. Si se consideran sólo las variables del viento, las configuraciones cfs14lbl y cfsKF aparecen repetitivamente entre las mejor evaluadas.



Estación Puqueldón

La estación Puqueldón se encuentra al este de la isla grande de Chiloé, en una isla separada de esta por un canal de tan sólo 1km. La FIGURA XII- 9 muestra el entorno de la estación, donde se aprecia la compleja topografía circundante.



FIGURA XII- 9: Imagen satelital del entorno de la estación Puqueldón y el perfil de elevación en el sentido oeste-este correspondiente a la sección marcada por la línea blanca. La ubicación aproximada de la estación, en el perfil, se encuentra marcada con una línea vertical.



Correlación

La **Tabla 7** resume los valores de correlación para cada una de las simulaciones realizadas con el modelo WRF y los datos de los modelos globales CFS y FNL, respecto de las observaciones en la estación Puqueldón.

Las correlaciones para la variable presión atmosférica en superficie son levemente mejores en la estación Puqueldón que en Metri, todos los valores superan 0.99 (incluyendo los modelos globales) excepto para las configuraciones de WRF cfs2km y fnl3km, quienes presentan un valor de 0.98.

La temperatura también presenta valores altos de coeficiente de correlación (sobre 0.83) para todas las simulaciones con WRF, exceptuando la configuración fnl3km que tiene un valor de 0.49. Las correlaciones de los modelos globales, para temperatura, también son significativas con coeficientes de 0.72 para CFS y 0.87 para FNL.

Respecto de la intensidad del viento, las correlaciones de las simulaciones con WRF respecto de las observaciones son más débiles que en la estación Metri, con valores que no superan 0.6, salvo en las configuraciones cfsKF (0.61) y cfsQNSE (0.65), también destaca el hecho que los modelos globales presentan mayores correlaciones que las simulaciones con WRF con un valor de 0.79 para ambos modelos. Lo anterior es consistente con las bajas correlaciones para la componente zonal del viento. Estas correlaciones pueden explicarse porque probablemente el modelo no es capaz de representar el canal que separa a la estación de la isla grande de Chiloé.

Los valores del coeficiente de correlación son superiores para la componente meridional del viento que para la componente zonal, aunque no supera 0.75 en las distintas simulaciones con WRF salvo en fnl3km que tiene un valor de 0.83. Lo que se podría asociar a que en el sentido norte-sur los cambios tierra-mar pueden ser mejor representados por el modelo WRF.



Tabla 7: Coeficiente de correlación de las variables modeladas con las distintas configuraciones de wrf y modelos globales con las observaciones obtenidas en la estación Puqueldón.

Simulación	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del aire	Componente zonal del viento (U)	Componente meridional del viento (V)
cfs3km	0.994	0.587	0.876	0.545	0.749
cfs2km	0.980	0.570	0.831	0.620	0.554
cfs1km	0.994	0.500	0.851	0.469	0.696
cfs1km_d03	0.994	0.395	0.869	0.393	0.675
cfs24h	0.991	0.588	0.847	0.444	0.568
cfs80l	0.994	0.557	0.870	0.471	0.753
cfs14lbl	0.995	0.550	0.860	0.443	0.736
fnl3km	0.980	0.427	0.485	0.672	0.832
cfsKF	0.995	0.612	0.882	0.452	0.737
cfs5sl	0.994	0.521	0.890	0.444	0.724
cfsqnse	0.993	0.653	0.903	0.499	0.742
cfs	0.994	0.786	0.720	0.642	0.853
fnl	0.997	0.787	0.865	0.545	0.645

Raíz del error cuadrático medio

Los valores de la raíz del error cuadrático medio (RECM) para todas las simulaciones con el modelo WRF y los modelos globales son presentados en la tabla 8, para todas las variables.

En la estación Puqueldón, los valores para la raíz del error cuadrático medio de la variable presión atmosférica en superficie, para las simulaciones con WRF, son significativamente más altos que en la estación Metri con valores entre 10.8hPa y 12.64hPa, exceptuando la configuración cfs2km (9.42hPa) que es la que presenta el menor error. Estos valores también son superiores a los obtenidos con la presión de los modelos globales CFS (4.95hPa) y FNL (2.05hPa). Los valores más altos se obtienen en los dominios de 1km (12.54hPa) y 3km (12.64hPa) de resolución en la simulación cfs1km.

Los valores de la raíz del error cuadrático medio para la temperatura del aire son menores a 2°C para la mayor parte de las simulaciones con el modelo WRF, las configuraciones cfs24h y fnl3km presentan los mayores valores de RECM: 2.34°C y 2.31°C, respectivamente, muy por debajo del modelo global CFS.

La variable velocidad del viento, muestra errores cuadráticos medios levemente menores que en la estación Metri. Respecto del análisis de las componentes del viento, estas muestran valores de RECM levemente menores para la componente meridional que para la zonal, la mayor parte de las



configuraciones del modelo WRF muestran valores menores que los presentados por los modelos globales para la componente zonal y meridional, como se puede apreciar en la FIGURA XII- 10.



FIGURA XII- 10: Series de tiempo de velocidad de viento para la estación Puqueldón.

TABLA 8: Raíz del error cuadrático medio de las variables modeladas con las distintas configuraciones de wrf y modelos globales con las observaciones obtenidas en la estación Puqueldón.

Simulación	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del aire	Componente zonal del viento (U)	Componente meridional del viento (V)
cfs3km	11.938	2.344	1.928	2.432	1.716
cfs2km	9.423	2.629	1.640	2.945	1.668
cfs1km	12.547	2.558	1.945	2.702	1.813
cfs1km_d03	12.638	2.970	1.586	3.029	2.010
cfs24h	11.442	2.687	2.344	2.480	2.619
cfs80l	12.013	2.299	1.854	2.413	1.670
cfs14lbl	12.009	2.463	1.887	2.557	1.797
fnl3km	10.831	8.934	2.305	6.700	4.684
cfsKF	11.833	2.161	1.893	2.236	1.783
cfs5sl	11.981	2.288	1.562	2.324	1.742
cfsqnse	11.943	3.608	1.449	3.327	2.868
cfs	4.951	7.266	2.246	5.562	6.021
fnl	2.050	3.789	1.353	2.833	4.244



Sesgo

En la tabla 9 se muestran los valores del sesgo para las distintas variables, modelos y configuraciones, lo que se discute en los párrafos siguientes.

La presión atmosférica es sobreestimada en todos los casos, para la estación Puqueldón, con valores de magnitud similares a los de RECM, debido a la alta correlación que presenta esta variable.

La temperatura es sobreestimada entre 0.45°C (cfsKF) y 1.05°C (cfs24h) excepto en la simulación cfs2km, quien se muestra asesgada (-0.08°C). El modelo CFS es quien presenta la mayor sobreestimación con un valor de 1.22°C.

Todas las simulaciones sobreestiman la velocidad del viento. La simulación fnl3km es quien presenta el sesgo más alto, sobreestimando en 8.46m/s las observaciones, lo sigue el modelo global CFS quien las sobreestima en 6.77m/s. Las configuraciones cfsKF y cfs5sl presentan las menores sobreestimaciones con valores de 1.66m/s y 1.67m/s, respectivamente. Para la componente zonal del viento el análisis final de NCEP FNL subestima levemente las observaciones con un valor de - 0.1m/s lo que lo hace no significativo, el resto de las simulaciones la sobreestima levemente. La simulación fnl3km, es quien presenta la mayor sobreestimación de la variable U con un valor de 2.55m/s. La componente meridional es subestimada por todas las simulaciones con WRF siendo el sesgo cercano a 1m/s excepto para el dominio 3 (3km de resolución) de la simulación cfs1km quien subestima en 1.93m/s y cfsQNSE quien subestima e n1.78m/s. Los modelos globales subestiman en mayor medida las observaciones de la componente meridional, alcanzando valores de casi 5m/s para CFS y 3.65m/s para FNL.



TABLA 9: Sesgo de las variables modeladas con las distintas configuraciones de wrf y modelos globales con las observaciones obtenidas en la estación Puqueldón.

Simulación	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del aire	Componente zonal del viento (U)	Componente meridional del viento (V)
cfs3km	11.903	1.760	0.585	0.863	-0.897
cfs2km	9.377	1.963	-0.075	1.211	-0.845
cfs1km	12.513	1.809	0.644	0.870	-0.870
cfs1km_d03	12.605	2.235	0.772	0.954	-1.036
cfs24h	11.392	2.002	1.059	0.517	-1.933
cfs80l	11.978	1.705	0.656	0.753	-0.908
cfs14lbl	11.973	1.919	0.648	0.795	-0.898
fnl3km	10.645	8.460	0.760	2.549	-1.001
cfsKF	11.800	1.657	0.475	0.604	-1.042
cfs5sl	11.945	1.669	0.949	0.624	-0.880
cfsqnse	11.903	3.028	0.651	1.225	-1.781
cfs	4.775	6.770	1.217	2.771	-4.987
fnl	1.956	3.328	0.269	-0.099	-3.653

La configuración control (cfs3km) es quien presenta mayor frecuencia de valores favorables para los tres estadísticos analizados en todas las variables, si se considera sólo el viento aparece también la simulación cfsKF.



Estación Raúl Marín Balmaceda

Al igual que en las estaciones precedentes, se realizará un análisis de los coeficientes de correlación, raíz del error cuadrático medio y el sesgo, para las distintas variables meteorológicas simuladas, respecto de las observadas en la estación Raúl Marín Balmaceda (RMB).

En la **FIGURA XII- 11**, se muestra la ubicación de la estación RMB en la imagen satelital provista por Google Earth, la que se encuentra en la costa oriental de una península de poco más de 1km de ancho y adyacente a un canal que tiene 600m de ancho, ambos casi paralelos al eje norte-sur. En el otro lado del canal se encuentra una abrupta pendiente (63%) que se eleva hasta los 244msnm en menos de 200m. Menos de 5km al norte se encuentra una colina de más de 600m de altitud y hacia el sur sur-este se encuentra la desembocadura del río Palena.



FIGURA XII- 11: Imagen satelital (Google Earth) del entorno de la estación meteorológica Raúl Marín Balmaceda y perfil de elevación en el sentido oeste-este sobre la estación.



Correlación

En la tabla 10, se muestran los valores del coeficiente de correlación para los datos simulados con las distintas configuraciones de WRF y los modelos globales.

Al igual que en las estaciones anteriores, las correlaciones para la variable presión atmosférica en superficie, son muy altas. Las configuraciones cfs2km y fnl3km presentan valores de 0.98 y 0.96, respectivamente. Las demás configuraciones presentan valores para el coeficiente de correlación, superiores a 0.99.

Los coeficientes de correlación, para la variable temperatura del aire en la estación RMB, son más bajos que para las estaciones Metri y Puqueldón, lo que se puede deber a una pobre representación de la línea de costa, representando puntos de tierra como mar, o viceversa. La simulación fnl3km es la que tiene la correlación más débil con un valor de 0.41, la configuración cfs2km muestra el mejor ajuste, de entre las simulaciones con WRF, con un valor de 0.81. El modelo global CFS tiene un valor del coeficiente de correlación levemente bajo los valores de las simulaciones con WRF (0.62), mientras que el análisis final de NCEP tiene el valor más alto alcanzando 0.84.

Para la intensidad de viento vemos coeficientes de correlación tan bajos que no pueden considerarse significativos, salvo para la simulación cfsQNSE, quien alcanza un valor de 0.58, la que aún es baja. Los modelos globales muestran valores más altos que las simulaciones con WRF alcanzando 0.62 el modelo global CFS y 0.53 el análisis final de NCEP, lo que se puede explicar por las barreras orográficas que se encuentran al norte y oriente de la estación, lo que provoca ascensos forzados por topografía (o descensos) de las masas de aire lo que agrega una alta variabilidad en la vertical (las observaciones se encuentra a 2m y los datos simulados a 10m).

La componente zonal no muestra correlaciones significativas, ya que se tienen coeficientes tan bajos como 0.01 para la configuración cfs2km, siendo el valor más alto 0.34 alcanzado por la configuración cfs14lbl. Los modelos globales tampoco muestran correlación significativa para la componente U del viento. Esto se puede explicar porque ninguno de los modelos logra representar la península en la que se encuentra la estación (principal obstáculo orográfico para la componente zonal), tal como se puede apreciar en la FIGURA XII- 10 que muestra la representación de la topografía en el dominio de 1km de resolución.





FIGURA XII- 12: Representación de la topografía del entorno de la estación meteorológica raúl marín balmaceda (en el extremo de la flecha) del modelo wrf en el dominio de 1km de resolución. Zonas naranjas corresponden a tierra, las curvas de nivel muestran la altura de la topografía.

La componente meridional es la única variable del viento que presenta valores de correlación significativos, alcanzando coeficientes de correlación de hasta 0.69 (cfs1km), esto puede deberse a que si bien el eje norte-sur sobre la estación muestra una compleja topografía, esta es mejor representada en el modelo WRF.

TABLA 10: Coeficiente de correlación de las variables modeladas con las distintas configuraciones de wrf y modelos globales con las observaciones obtenidas en la estación raúl marín balmaceda (rmb).

Simulación	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del aire	Componente zonal del viento (U)	Componente meridional del viento (V)
cfs3km	0.992	0.298	0.673	0.237	0.587
cfs2km	0.980	0.249	0.813	Sin datos s	uficientes
cfs1km	0.992	0.213	0.674	0.319	0.694
cfs1km_d03	0.992	0.237	0.677	0.325	0.642
cfs24h	0.992	0.286	0.690	0.269	0.460
cfs80l	0.993	0.376	0.686	0.254	0.579
cfs14lbl	0.993	0.325	0.684	0.338	0.518
fnl3km	0.963	0.430	0.412	0.295	0.257
cfsKF	0.992	0.360	0.700	0.267	0.620
cfs5sl	0.992	0.306	0.715	0.249	0.628
cfsqnse	0.991	0.576	0.671	0.294	0.409
cfs	0.995	0.619	0.615	0.186	0.347
fnl	0.996	0.523	0.843	0.239	0.772

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO XII**



Error cuadrático medio

En la **Tabla 11**, se muestran los valores de la raíz del error cuadrático medio para las diferentes variables en la estación Raúl Marín Balmaceda (RMB).

Vemos que en esta estación, para la presión atmosférica, la variabilidad del error cuadrático medio es mucho mayor que en las estaciones Metri y Puqueldón. Los valores más bajos se obtienen con las configuraciones de resolución más fina cfs2km (1.1hPa), cfs1km (2.5hPa) y el tercer dominio de cfs1km (5.1hPa). También destaca el bajo error de fnl3km (3.9hPa) el resto de las simulaciones presentan valores para RECM superiores a 11hPa. El modelo global CFS presenta un error de 5.9hPa, en contraposición al análisis final de NCEP quien tiene un valor de 32.7hPa.

Los errores para la temperatura del aire se encuentran cerca de los 2°C para las simulaciones con WRF. Los errores más bajos los presentan las simulaciones cfs2km (1.7°C) y cfs5sl (1.8°C). Los modelos globales presentan un error levemente mayor que las simulaciones con WRF alcanzando los 2.8°C para el caso del modelo CFS.

Consistentemente con la baja correlación en las variables relacionadas al viento, se pueden ver altos valores de error cuadrático medio. Para la intensidad de viento, la RECM supera los 5m/s en todas las simulaciones alcanzando incluso los 9.8m/s para el caso de la simulación fnl3km, lo que es consistente con los errores de representación de la topografía. Para las componentes los errores se encuentran entre los 4m/s y 6m/s para la mayoría de las simulaciones. Los modelos globales también muestran errores de magnitudes muy alta. Si se considera que los valores observados de viento no superan los 2m/s.



TABLA 11: Raíz del error cuadrático medio de las variables modeladas con las distintas configuraciones de wrf y modelos globales con las observaciones obtenidas en la estación raúl marín balmaceda (rmb).

Simulación	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del aire	Componente zonal del viento (U)	Componente meridional del viento (V)
cfs3km	11.841	5.469	2.050	4.584	4.935
cfs2km	1.142	5.186	1.672	4.896	4.061
cfs1km	2.473	6.145	2.246	5.023	5.130
cfs1km_d03	5.140	6.521	2.159	5.313	5.597
cfs24h	11.987	5.353	2.162	3.246	5.422
cfs80l	11.753	5.451	2.028	4.395	5.171
cfs14lbl	11.741	5.853	2.105	4.795	5.243
fnl3km	3.902	9.765	2.498	7.977	6.370
cfsKF	11.938	5.408	2.041	3.823	5.467
cfs5sl	11.782	5.616	1.829	4.499	5.132
cfsqnse	11.873	7.752	2.072	5.291	8.433
cfs	5.852	8.972	2.822	6.332	9.729
fnl	32.653	4.752	2.208	3.492	5.257

Sesgo

Los valores de sesgo se encuentran en la tabla 12. En el caso de la presión atmosférica los valores de sesgo son de magnitudes similares a los de RECM, debido a la alta correlación entre las simulaciones y las observaciones, siendo subestimada por todas las configuraciones del modelo WRF.

Las simulaciones con WRF muestran valores de sesgo muy bajos para la temperatura del aire. La simulación cfs14lbl se puede considerar asesgada (+0.03°C). El mayor sesgo lo presenta la simulación cfs1km (1.2°C), la configuración fnl3km es la única que subestima la temperatura (0.4°C). Los modelos globales muestran magnitudes del sesgo de casi 2°C donde CFS sobreestima y FNL subestima las medidas.

La intensidad de viento es sobreestimada en más de 4m/s por todas las simulaciones. Para las componentes los sesgos también son muy altos. En el caso de la componente zonal, esta es sobreestimada por todos los datos analizados, mientras que la meridional es subestimada.



TABLA 12: Sesgo de las variables modeladas con las distintas configuraciones de wrf y modelos globales con las observaciones obtenidas en la estación raúl marín balmaceda (rmb).

Simulación	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del aire	Componente zonal del viento (U)	Componente meridional del viento (V)
cfs3km	-11.793	4.629	0.189	3.418	-4.182
cfs2km	-0.484	4.396	0.746	3.448	-3.151
cfs1km	-2.204	5.214	1.190	3.310	-4.033
cfs1km_d03	-5.014	5.547	1.032	3.778	-4.708
cfs24h	-11.934	4.699	0.434	2.345	-4.685
cfs80l	-11.704	4.487	0.140	3.191	-4.315
cfs14lbl	-11.694	4.961	0.030	3.554	-4.488
fnl3km	-2.728	9.180	-0.432	4.697	-3.746
cfsKF	-11.884	4.521	0.223	2.867	-4.704
cfs5sl	-11.731	4.661	0.104	3.196	-4.285
cfsqnse	-11.819	6.667	0.345	4.096	-7.330
cfs	5.728	8.182	1.937	0.096	-8.900
fnl	-32.643	4.203	-1.746	0.219	-4.752

Las simulaciones cfsKF y cfs3km (configuración control) son las que más se repiten entre los mejores resultados de los 3 indicadores para todas las variables.

Estación Puerto Aguirre

La estación Puerto Aguirre comienza su operación el día 13/09/13 a las 15UTC, por lo que los estadísticos fueron calculados con una menor cantidad de datos que para el resto de las estaciones analizadas. En el caso de la simulación cfs2km, la cantidad de datos comparados es tan pequeña que no es posible otorgarle significancia a ningún estadístico. Esta estación se encuentra fuera del dominio de 1km de resolución, por lo que tampoco hay análisis para esta simulación.

En la **FIGURA XII- 13** se muestra el entorno de la estación meteorológica Puerto Aguirre, tomada desde Google Earth. Se incluye también el perfil de elevación correspondiente a la ruta marcada por la línea blanca. En esta FIGURA XII- se puede apreciar la compleja topografía de la zona. La distancia entre la isla donde se encuentra la estación y la que se ubica al suroeste no supera los 700m, y entre esta última y la ubicada al sur de P. Aguirre, no supera los 500m.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



FIGURA XII- 13: Imagen satelital sobre la zona donde se ubica la estación P. Aguirre. También se muestra el perfil de elevación en el sentido oeste-este. La ubicación de la estación en el perfil de elevación se encuentra marcada por la línea vertical.

Correlación

Los coeficientes de correlación se muestran en la Tabla 13 y se discuten a continuación.

Como en todas las estaciones, los coeficientes de correlación entre la presión atmosférica simulada y las observaciones presentan valores muy cercanos a 1. Nuevamente, fnl3km es la simulación con el menor coeficiente de correlación, aunque aún es muy alto (0.985). El modelo global CFS presenta un valor inferior a todas las simulaciones con WRF (0.978).



La temperatura del aire no muestra correlaciones significativas para ninguna simulación. Sólo el análisis final de NCEP muestra una correlación significativa, con un coeficiente de 0.64. Esto se puede explicar porque el modelo global CFS presenta un desfase temporal en las mínimas temperaturas ocurridas entre las 6 y 18 UTC del 4/9/14 y estos datos son los que se utilizan como condiciones de borde para la simulación. Este efecto se puede ver en mayor medida en esta estación producto de lo cercana al borde del dominio.

Para la intensidad de viento en Puerto Aguirre, todos los coeficientes de correlación son superiores a 0.6. La simulación con WRF que tiene el mayor coeficiente de correlación, para la intensidad de viento, es cfsKF que obtiene 0.71. Los valores del coeficiente de correlación para la componente zonal presentan poca variabilidad entre las distintas simulaciones con WRF, exceptuando la simulación fnl3km que presenta un valor de 0.06, las demás se encuentran en torno a 0.48, siendo las más altas cfs24h y cfsKF quienes presentan un valor de 0.5, aunque por debajo de los valores que obtienen los modelos globales (0.64 para CFS y 0.7 para FNL).

En todos los casos, la correlación de la variable U (componente zonal del viento) no es significativa. Los valores de correlación para la componente meridional también muestran poca variabilidad y se encuentran en torno a 0.6 para todas las simulaciones, valores que son similares a los obtenidos por el modelo CFS. El análisis final de NCEP tiene un coeficiente de correlación de 0.82.

Simulación	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del aire	Componente zonal del viento (U)	Componente meridional del viento (V)
cfs3km	0.992	0.604	0.109	0.472	0.600
cfs2km			Datos Insuficientes	6	
cfs1km		E	stación fuera del do	minio	
cfs1km_d03	0.993	0.637	0.126	0.431	0.581
cfs24h	0.991	0.611	0.084	0.504	0.559
cfs80l	0.993	0.612	0.105	0.496	0.604
cfs14lbl	0.994	0.694	0.163	0.493	0.639
fnl3km	0.985	0.613	0.463	0.064	0.697
cfsKF	0.993	0.711	0.095	0.501	0.657
cfs5sl	0.993	0.619	0.177	0.469	0.600
cfsqnse	0.992	0.673	0.029	0.481	0.607
cfs	0.978	0.769	0.232	0.636	0.655
fnl	0.995	0.789	0.641	0.695	0.815

TABLA 13: Coeficiente de correlación de las variables modeladas con las distintas configuraciones de wrf y modelos globales con las observaciones obtenidas en la estación puerto Aguirre.



Error cuadrático medio

Para el análisis del error cuadrático medio se discuten los valores presentados en la Tabla 14.

Todas las simulaciones con WRF muestran valores pequeños de RECM para la presión en superficie, siendo inferiores a 2hPa exceptuando la configuración fnl3km que tiene un error de 4.46hPa. Los modelos globales por su parte presentan un mayor error cuadrático, con valores para RECM de 5.09hPa y 32.01hPa para CFS y FNL, respectivamente.

El error cuadrático medio, para la temperatura del aire, muestra valores en torno a 1.5°C para las simulaciones con WRF, exceptuando la configuración fnl3km, que tiene un valor para RECM de 4.6°C, el modelo global CFS presenta un valor en el mismo rango que las simulaciones de WRF y FNL un valor levemente mayor (2.3°C)

Para la intensidad de viento también se muestran valores relativamente bajos de error cuadrático medio, para la mayoría de las simulaciones la RECM es inferior a 2.5m/s, siendo la que presenta el menor error, cfs14lbl con 2.15m/s y el mayor valor es alcanzado por la configuración fnl3km que es de 4.81m/s (la configuración cfsQNSE también presenta un valor elevado (4.58m/s). Ambos modelos globales muestran valores superiores a la mayoría de las configuraciones, CFS alcanza los 7.5m/s y FNL 3.76m/s. Esto es consistente con los similares valores que se presentan para ambas componentes del viento.

TABLA 14: Raíz del error cuadrático medio de las variables modeladas con las distintas configuraciones de wrf y modelos globales con las observaciones obtenidas en la estación puerto Aguirre.

Simulación	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del aire	Componente zonal del viento (U)	Componente meridional del viento (V)
cfs3km	1.899	2.332	1.631	2.459	2.168
cfs2km			Datos Insuficientes	3	
cfs1km		Es	tación fuera del don	ninio	
cfs1km_d03	1.818	2.450	1.636	2.182	2.476
cfs24h	1.537	2.425	1.525	2.277	2.476
cfs80l	1.791	2.494	1.715	2.180	2.509
cfs14lbl	1.785	2.150	1.613	2.287	2.134
fnl3km	4.462	4.809	4.600	5.621	3.544
cfsKF	1.982	2.311	1.616	1.935	2.330
cfs5sl	1.804	2.472	1.505	2.145	2.429
cfsqnse	1.773	4.582	1.551	3.009	4.330
cfs	5.091	7.485	1.511	6.477	5.429
fnl	32.009	3.762	2.328	3.738	2.663



Sesgo

Al igual que en las otras estaciones, debido a la alta correlación, la presión atmosférica presenta magnitudes del sesgo (tabla 15) con órdenes muy similares a la raíz del error cuadrático medio, donde todas las configuraciones del modelo WRF subestiman las observaciones al igual que los modelos globales.

Para la temperatura del aire, la mayor parte de las simulaciones con WRF muestra sesgos cercanos a cero, exceptuando la configuración fnl3km que subestima en casi 4°C las observaciones. El modelo global CFS muestra una tendencia a sobreestimar la temperatura en una magnitud de 0.41°C mientras que FNL subestima las observaciones en 2.1°C.

Los sesgos para la intensidad de viento muestran que las simulaciones con WRF sobreestiman la velocidad del viento observada en cerca de 1.6m/s para la mayoría de las configuraciones. Las simulaciones fnl3km y cfsQNSE sobreestiman las observaciones de velocidad en un valor cercano a 3.7m/s, mismo orden en que se encuentra el análisis final de NCEP (+3.46m/s), la mayor sobreestimación la presenta FNL (+7.2m/s).

La componente zonal presenta valores de sesgo, para la mayoría de las configuraciones, inferiores a +0.7m/s, la simulación cfsKF sobreestimó en tan solo 0.13m/s las observaciones y cfs24h en tan solo 0.18m/s; el modelo global CFS presenta una sobreestimación de 0.15m/s, mientras que FNL subestima en 0.62m/s las observaciones de la variable U. La componente meridional del viento, de la mayoría de las simulaciones con WRF subestima las observaciones en cerca de 1m/s, siendo cfsQNSE la configuración que más subestima las observaciones, haciéndolo en 2.8m/s. FNL subestima la componente meridional en casi 2m/s, mientras que el modelo CFS lo hace en poco más de 4.5m/s.



TABLA 15: Sesgo de las variables modeladas con las distintas configuraciones de wrf y modelos globales con las observaciones obtenidas en la estación puerto Aguirre.

Simulación	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del aire	Componente zonal del viento (U)	Componente meridional del viento (V)
cfs3km	-1.552	1.594	0.127	0.684	-0.938
cfs2km			Datos Insuficientes	5	
cfs1km		Est	tación fuera del dom	ninio	
cfs1km_d03	-1.439	1.618	0.086	0.472	-1.114
cfs24h	-1.146	1.682	0.435	0.183	-0.949
cfs80l	-1.419	1.571	0.028	0.664	-0.972
cfs14lbl	-1.435	1.468	0.208	0.496	-0.840
fnl3km	-1.209	3.764	-3.833	2.740	-1.074
cfsKF	-1.609	1.606	0.223	0.128	-1.163
cfs5sl	-1.427	1.559	0.083	0.642	-1.113
cfsqnse	-1.408	3.688	-0.117	0.467	-2.830
cfs	-4.864	7.224	0.408	0.154	-4.548
fnl	-31.998	3.455	-2.104	-0.620	-1.953

La configuración cfsKF es la que aparece más repetidamente entre los mejores resultados para todas las variables.


CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

La evaluación de las simulaciones con WRF se realizó utilizando tres estadísticos básicos: Coeficiente de Correlación, Raíz del Error Cuadrático Medio y Sesgo comparando cada simulación con las observaciones. También se realizó la misma comparación con los datos interpolados, desde el modelo global CFS y el análisis final de NCEP al punto geográfico de cada una de las estaciones.

Todas las simulaciones y los modelos globales muestran una alta correlación para la variable presión atmosférica en las 4 estaciones, aunque los errores cuadráticos medios y el sesgo muestran comportamientos diferentes en cada estación. La temperatura no muestra un comportamiento regular entre las diferentes estaciones ni entre los estadísticos evaluados, a pesar de ello al observar las series de tiempo del anexo 4, las simulaciones con WRF logran representar las variaciones de temperatura significativas. El viento también muestra un ajuste variable entre las diferentes estaciones y estadísticos, pero en general las simulaciones con WRF mostraron un mejor ajuste que los modelos globales.

Los problemas de ajuste se pueden explicar en gran medida por 3 factores:

- La compleja topografía de la zona, compuesta por islas de tamaños variables, canales y
 mares interiores, requiere de una resolución espacial muy alta para ser representada por
 el modelo WRF, en ocasiones podemos encontrar en un mismo punto de grilla (incluso a
 1km de resolución) parte de un canal parte de una isla con bosque nativo y una baja
 altitud y parte de otra isla con fuertes pendientes. Probablemente se requiera de una
 resolución cercana a los 200m para tener una topografía representativa en el modelo.
- Esta misma complejidad de la topografía hace que la representatividad de las estaciones meteorológicas se encuentre limitada a sólo unos cientos de metros, por lo que no es razonable esperar un ajuste muy preciso de un modelo con resolución del orden de kilómetros.
- El último factor importante es la diferencia de altura entre el sensor de viento de las estaciones, que se encuentra instalado a 2m sobre el suelo en comparación a los 10m sobre el suelo que es la altura a la que se obtienen los datos de superficie del modelo. En general, los vientos a 10m son más intentos que a 2m, debido al mayor roce con la superficie en los niveles más bajos, la misma razón influye en la dirección del viento (analizada desde el punto de vista de sus componentes).

De entre las configuraciones analizadas, la configuración cfsKF parece mostrar un buen ajuste en la mayor parte de las estaciones y para la mayor parte de las variables. Sin embargo, estas pruebas mostraron que es importante analizar distintas configuraciones para encontrar la que tenga el mejor



ajuste. En este trabajo se consideró una configuración base a la que se le cambió sólo un parámetro a la vez, probar configuraciones con nuevos parámetros y/o una combinación de ellos podría lograr un mejor ajuste.

A pesar de las debilidades detectadas en las simulaciones con el modelo WRF, se puede afirmar que estas presentan un mejor ajuste a las observaciones que los modelos globales. Adicionalmente nos permiten obtener información con una mayor resolución temporal que los modelos globales.

Sería de gran ayuda contar con estaciones meteorológicas en la zona de estudio, instaladas en ubicaciones con gran representatividad espacial, para tener mayor claridad del ajuste del modelo frente a los factores de gran escala.

ANEXO XIII

Modelos lagrangianos de transportes de partículas en golfo Almirante Montt



EVALUACIÓN DEL MODELO LAGRANGIANO DE TRANSPORTE MEDIANTE BOYAS DERIVADORES EN GOLFO ALMIRANTE MONTT

Se realizaron simulaciones para verificar el comportamiento el modelo lagrangiano de dispersión de partículas versus la observación de boyas derivadoras. Los resultados son proyectados mediante mapas y tablas.

a) Seno Ultima Esperanza (Figura XIII-1): La boya derivadora observada en esta zona se desplazó 22.9 Km. por un periodo de 30 horas alcanzando una velocidad media de 21.2 cm/s. Su dirección predominante fue a lo largo de canal hacia el SE. La simulación muestra una buena concordancia en lo relativo a la dirección predominante que es explicado el flujo de agua dulce proveniente del sistema de glaciares en aquel sector. El modelo tiende a subestimar la velocidad media en alrededor de 5 cm/s



	DERIVADOR OBSERVADO	DERIVADOR MODELADO
DISTANCIA RECORRIDA(Km)	22.91	17.34
DISTANCIA NETA(Km)	15.9215	14.44
TIEMPO (horas)	30	30
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	21.21	16.05
DIRECCIÓN MEDIA (hacia donde)	SE	SE

Figura XIII-1 Derivador Observado (negro) vs Modelado (rojo) en Seno Ultima Esperanza

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT - CONVENIO I: ASESORÍA INTEGRAL PARA LA PESCA Y ACUICULTURA, 2013. INFORME FINAL: PROYECTO 1.2: DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE CIRCULACIÓN EN LOS MARES INTERIORES DE LA REGIÓN DE MAGALLANES. **ANEXO XIII**



b) Canal Señoret: (Figura XIII-2): La boya derivadora observada en esta zona se desplazó 13 Km. por un periodo de 22 horas alcanzando una velocidad media de 15.2 cm/s. Su dirección predominante fue a lo largo de canal hacia el SE. La simulación muestra una buena concordancia en lo relativo a la dirección predominante que es explicado el flujo de agua dulce proveniente del sistema de glaciares en aquel sector. El modelo tiende a subestimar la velocidad media en alrededor de 7 cm/s.



	DERIVADOR OBSERVADO	DERIVADOR MODELADO
DISTANCIA RECORRIDA(Km)	13.05	16.62
DISTANCIA NETA(Km)	11.68	13.2
TIEMPO (horas)	22.1	48
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	15.23	7.6
DIRECCIÓN MEDIA (hacia donde)	SE	SE

Figura XIII-2 Derivador Observado (negro) vs Modelado (rojo) en Canal Señore



c) Seno Obstrucción (Figura XIII-3): La boya derivadora observada en esta zona se desplazó 17.5 Km. por un periodo de 45 horas alcanzando una velocidad media de 10.9 cm/s. Su dirección predominante fue siguiendo la línea de costa hacia el Oeste. La simulación muestra una buena concordancia en lo relativo a la dirección predominante, pero tiende a generar velocidades menores recorriendo aproximadamente la mitad de recorrido del observado en la misma cantidad de tiempo. El modelo subestima la velocidad media en alrededor de 5 cm/s.



	DERIVADOR OBSERVADO	DERIVADOR MODELADO
DISTANCIA RECORRIDA(Km)	17.55	8.43
DISTANCIA NETA(Km)	14.78	6.92
TIEMPO (horas)	44.8	44
VELOCIDAD MEDIA(cm/s)	10.92	5.3
DIRECCIÓN MEDIA (hacia donde)	W	W

Figura XIII-3 Derivador Observado (negro) vs Modelado (rojo) en Obstrucción



DISPERSION DE PARTICULAS POR ESCENARIOS EN GOLFO ALMIRANTE MONTT

Se presentan a continuación un set de escenarios de hidrodinámica y dispersión de partículas simulados en el sector de Golfo Almirante Montt por un periodo de 72 horas. Los puntos de liberación de partículas obedecen a centros de cultivo de salmónidos actualmente operativos (**Figura XIII-4**).

Los escenarios básicamente se basan en cambios en condiciones de marea, viento y flujos de agua dulce. Para fijar una condición de viento extremo (tormenta) se utilizó información climatológica de la Dirección Meteorológica de Chile, bajo lo cual se estimó que el predominio en la dirección de los vientos máximos era NW - W para el Golfo Almirante Montt. Las condiciones de marea fueron fijadas en términos de periodos de sicigias y cuadraturas para cada dominio, mientras que los flujos de agua dulce se establecieron como caudales máximos o mínimos anuales (periodo deshielo y no deshielo) basados en la única fuente de información disponible (Rio Serrano).



Figura XIII- 4. Centros de cultivos de salmones en el Golfo Almirante Montt.





Figura XIII- 5. Dispersión de partículas para 12, 24, 48 y 72 horas en Golfo Almirante Montt con escenario de deshielo, tormenta NW-W, sicigias.





Figura XIII- 6. Dispersión de partículas para 12, 24, 48 y 72 horas en Golfo Almirante Montt con escenario de NO deshielo, tormenta NW-W, sicigias.





Figura XIII-7. Dispersión de partículas para 12, 24, 48 y 72 horas en Golfo Almirante Montt con escenario de deshielo, tormenta NW-W, cuadraturas.





Figura XIII-8. Dispersión de partículas para 12, 24, 48 y 72 horas en Golfo Almirante Montt con escenario de NO deshielo, tormenta NW-W, cuadraturas.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura XIII-9. Dispersión de partículas para 12, 24, 48 y 72 horas en Golfo Almirante Montt con escenario de deshielo, sin viento y sicigias.





Figura XIII-10. Dispersión de partículas para 12, 24, 48 y 72 horas en Golfo Almirante Montt con escenario sin deshielo, sin viento y sicigias.





Figura XIII-11. Dispersión de partículas para 212, 24, 48 y 72 horas horas en Golfo Almirante Montt con escenario de deshielo, sin viento y cuadraturas.





Figura XIII-12. Dispersión de partículas para 12, 24, 48 y 72 horas en Golfo Almirante Montt con escenario sin deshielo, sin viento y cuadraturas.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO Sección Ediciones y Producción Almte. Manuel Blanco Encalada 839, Fono 56-32-2151500 Valnaraíso, Chile

Valparaíso, Chile www.ifop.cl

www.ifop.cl