

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Facultad de Recursos Naturales

Escuela de Ciencias del Mar

Valparaíso – Chile

INFORME FINAL CORREGIDO

REDISEÑO DE REDES DE ARRASTRE DE CRUSTÁCEOS

(Proyecto FIP N° 2006-20)

Valparaíso, agosto de 2008



Título: "Rediseño de redes de arrastre de crustáceos"
Proyecto FIP N° 2006-20

Requirente : Fondo de Investigación Pesquera

Contraparte : Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Facultad de Recursos Naturales

Unidad Ejecutora : Escuela de Ciencias del Mar
Avda. Altamirano 1480
Casilla 1020
Valparaíso

Investigador
Responsable : Teófilo Melo Fuentes
Escuela de Ciencias del Mar
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Fono : 56-32-274264
Fax : 56-32-274206
E-mail: tmelo@ucv.cl

EQUIPO DE TRABAJO

INVESTIGADORES	INSTITUCION	AREA DE TRABAJO
Teófilo Melo F.	PUCV	Diseño de redes y tecnología de materiales
Carlos Hurtado F.	PUCV	Diseño, armado, construcción, evaluación y análisis de redes de arrastre
Dante Queirolo P.	PUCV	Análisis y simulación de redes de arrastre, y análisis selectivo

CO-INVESTIGADORES Y COLABORADORES	INSTITUCION	AREA DE TRABAJO
Erick Gaete A.	PUCV	Construcción de modelos a escala, evaluación del desempeño de redes de arrastre y filmaciones submarinas
Roberto Escobar H.	PUCV	Análisis del desempeño de redes de arrastre
Ivonne Montenegro U.	PUCV	Análisis del estado del arte, procesamiento y análisis de información
Víctor Zamora A.	PUCV	Levantamiento de información de campo y filmaciones submarinas
José Merino D.	PUCV	Muestreos biológicos de crustáceos
Emilio Rasse O.	PUCV	Levantamiento de información de campo y modelos a escala

CONSULTORES	INSTITUCION	AREA DE TRABAJO
Arturo Gamonal S.	Euronete Sudamericana	Diseño y construcción de redes de arrastre
Luis Martini B.	Esc. Nacional de Pesca (Argentina)	Especialistas en tecnología de artes de pesca
Claudio Concha C.	Pesquera Bio-Bío	Construcción y armado de redes de arrastre
Olliver Riegel S.	Elaboradora Artic	Técnico pesquero y patrón de naves arrastreras
Roberto Bahamonde F.	Instituto de Fomento Pesquero	Investigación pesquera
Luis Anatibia S.	Instituto de Fomento Pesquero	Construcción y armado de redes de arrastre
Adrián Morales	Pesquera Harengus (Argentina)	Diseño y construcción de redes de arrastre

Distribución de ejemplares:

12	Fondo de Investigación Pesquera (4 Impresos y 8 Digitales)
1	Dirección Escuela de Ciencias del Mar – PUCV
1	Investigador Responsable

DOCUMENTOS GENERADOS A LA FECHA

Escuela de Ciencias del Mar. 2006. Pesquerías de crustáceos en Chile. Documento Técnico (Material de trabajo para Grupo de Expertos). Proyecto FIP N° 2006-20. 23 pp.

Escuela de Ciencias del Mar. 2007. Rediseño de las redes de arrastre de crustáceos. Informe de Avance Proyecto FIP N° 2006-20. Estud. Doc. N° 11/2007. 70 pp.

Escuela de Ciencias del Mar. 2008. Rediseño de las redes de arrastre de crustáceos. Pre-Informe de Final Proyecto FIP N° 2006-20. Estud. Doc. N° 04/2008. 143 pp.

Melo, T., C. Hurtado, D. Queirolo, E. Gaete, I. Montenegro, V. Zamora, J. Merino & R. Escobar. 2008. Rediseño de las redes de arrastre de crustáceos. Informe de Final Proyecto FIP N° 2006-20. Estud. Doc. N° 10/2008. 144 pp.

Melo, T., C. Hurtado, D. Queirolo, E. Gaete, I. Montenegro, V. Zamora, J. Merino & R. Escobar. 2008. Rediseño de las redes de arrastre de crustáceos. Informe de Final Corregido Proyecto FIP N° 2006-20. Estud. Doc. N° 10/2008. 144 pp.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente contiene los resultados obtenidos en el marco de la ejecución del proyecto FIP N° 2006-20 “Rediseño de redes de arrastre de crustáceos”, relacionados con la evaluación crítica del arte de pesca actual, el análisis del estado del arte a nivel mundial sobre diseño de redes de arrastre, las alternativas de diseño para la pesquería, la revisión de expertos en la materia, la evaluación de modelos a escala y de una red prototipo, y los planos técnicos de la red nueva de arrastre diseñada.

El primer objetivo se orientó a detallar las problemáticas de diseño, armado y construcción de la red de arrastre empleada en la pesquería de crustáceos. En este sentido se determinó la existencia de una serie de puntos críticos que es fundamental mejorar. Ahora bien, se reconoce que muchos de ellos se originan por la falta de evolución de dicha red, la que data de la década del '60. Algunos de estos problemas se relacionan con el peso de los materiales (paños y estructuras) y el diámetro de los paños, lo que determina el peso excesivo del arte y su baja filtración.

El contexto mundial de los artes de arrastre muestra un camino bastante diferente, en el cual se aprecia un esfuerzo permanente por la eficiencia operacional y cuidado del medio ambiente, partiendo de la base que este arte se basa intrínsecamente en el contacto con el fondo marino. En este sentido, la introducción de nuevas tecnologías en los materiales ha permitido dar un paso cualitativo adelante en términos de operación, lo que se suma al esfuerzo creciente por conocer y evaluar el desempeño selectivo y el descarte asociado a pesquerías análogas. Otro tema importante es el diseño de las redes de arrastre, las cuales presentan características disímiles que no permiten una descripción general en su conjunto, lo que se debe al comportamiento del recurso objetivo. Es así que se observa redes de 2 y 4 paneles, de baja y mediana altura, con o sin presencia de cielo (principalmente a nivel experimental), lo cual permite discutir algunos aspectos genéricos a nivel mundial.

Respecto a las alternativas de diseño, es importante señalar que si bien se pueden proponer una gran cantidad de diseños novedosos (de las más diferentes y complejas formas), las alternativas reales sólo serán válidas en la medida que respondan a los objetivos de la red, en forma práctica, que cumpla con las expectativas de captura, selectividad, reducción de fauna acompañante y menor interacción con el fondo marino. El objetivo de captura es la condición básica de cualquier alternativa, en virtud de lo cual se debe tener presente los aspectos básicos de la red, como su abertura horizontal, contacto con el fondo, tamaño de malla, etc.

El tamaño de malla tiene a su vez implicancia sobre la selectividad de la red, en particular el área interna de la malla trabajando, concepto utilizado para comparar la red actual y tomar decisiones de mejoras. Respecto a la fauna acompañante, se consideró pertinente establecer una altura mínima de la red (a nivel de la boca y a nivel del túnel), de tal manera que se ofrezca a los peces un espacio mínimo

de natación para su escape. A ello se suma la configuración que se espera adopte el túnel y copo durante la faena de pesca y su desempeño en el lance, referido específicamente a la forma cilíndrica de esta sección y su estabilidad (evitar movimientos ondulatorios que afectan al flujo).

Respecto a la interacción con el fondo marino, se reconoce que el peso excesivo de los componentes de la red genera una elevada superficie de contacto que es necesario reducir, principalmente por el contacto de la tela con el fondo. A esto se suma la posibilidad de reducir el peso lineal del brolón de la red, lo que permite una menor fuerza puntual de carga sobre el fondo.

Se generaron varios diseños asistidos utilizando el software DynamiT, los cuales en mayor o menor grado cumplirían con las expectativas definidas para de la red nueva, presentándose a expertos en la materia que contribuyeron a seleccionar la mejor alternativa. Se discutió desde diversas perspectivas (formas, materiales, configuraciones, relaciones, armado, operación, etc.) las opciones posibles y las necesidades de desarrollo, en base a lo cual resultó un nuevo diseño de red que cumplirían con los objetivos pre-establecidos. Cabe señalar que previo a la conformación de este panel, un grupo de armadores y jefes de flota y redes de la pesquería habían presentado su visión respecto al tema, incorporándose sus opiniones en el trabajo desarrollado.

El nuevo diseño de red de arrastre fue construido y evaluado a escala (1:5) en el tanque de prueba del Marine Institute dependiente de la Memorial University of Newfoundland, Canadá. Esta experiencia permitió corroborar los parámetros generales de desempeño estimados por software, junto con mostrar algunas deficiencias menores que debían ser corregidas, referidas principalmente al embande de las estructuras laterales. Hechas las modificaciones pertinentes, se concluye que la red se encuentra en condiciones de ser construida a escala real para su evaluación en terreno. En forma paralela se realizó la evaluación de algunas secciones relevantes de la red, como son túneles-copos y brolones. De este modo fue posible comprender algunos aspectos de desempeño que deben ser incorporados en el nuevo diseño o en etapas futuras de su desarrollo y adaptación.

Respecto a la metodología de trabajo planteada en esta investigación, es importante destacar que concuerda en gran parte con la metodología propuesta por van Marlen (1988), donde claramente se visualiza una secuencia de actividades como diagrama de flujo para el diseño de artes de pesca. En este sentido se incorpora experiencias de los usuarios, expertos en redes, instituciones de gobierno, simulaciones por software especializados, para luego ser monitoreados a escala en túneles o tanques de prueba de manera de poder observar algún comportamiento que el simulador no es capaz de presentar o desarrollar en pantalla. Sin lugar a dudas el conjunto de estas actividades contribuyeron significativamente a la minimización de los errores en la construcción del arte a escala real para su posterior prueba en terreno. De otro modo, la prueba y error puede ser una vía de posibles mejoras, sin embargo en términos de costos y tiempo puede sobrepasar largamente lo presupuestado.

La red de arrastre prototipo fue construida íntegramente con paños de polietileno (PE), disminuyendo el peso total sumergido de la misma. Además, se eliminaron las estructuras laterales de acero, siendo reemplazadas por cabos de polipropileno (PP) que permite mayor absorción y distribución de los esfuerzos. Esta red fue evaluada en terreno en una nave de 18 m de eslora por un capitán que participó en el desarrollo de ésta y formó parte del grupo de expertos. Se realizaron 150 lances de arrastre, en los cuales fue posible evaluar su desempeño funcional y operacional, comparándolo con el desempeño de la red actualmente usada por flota.

En términos funcionales, se verificó que la red prototipo logra una abertura de punta de alas superior a 15,5 m en promedio, llegando a superar 16,5 m de abertura, lo que corresponde plenamente con las estimaciones realizadas en el tanque de prueba y en las simulaciones por software. Operacionalmente, la red demostró que el aumento en abertura se traduce en un incremento proporcional de los rendimientos de captura de la especie objetivo por hora de arrastre. En términos estandarizados, la red nueva logra capturar la misma cantidad por área barrida.

Respecto a la selectividad a la talla en las experiencias realizadas en camarón nailon es posible señalar que no existe evidencia de diferencias significativas entre redes y entre diferentes configuraciones de malla en el túnel y copo. Si bien es cierto este hecho no es favorable respecto a los objetivos de la red nueva, se reconoce que el método utilizado (lances alternados) para evaluar la selectividad de la red no es apropiado, recomendándose en trabajos futuros emplear el método de lances con copo cubierto. Lo anterior se basa en la variabilidad en la composición de tallas de la especie objetivo entre lances de pesca, lo cual impide identificar los efectos esperados por vías indirectas.

En cuanto a la fauna acompañante, se determinó que la red nueva vulnera las mismas especies que la red actual, estando compuesta en ambos casos principalmente por merluza común, lenguado, jaiba paco y pejerrata. En las actividades de pesca comparativa llevadas a cabo en la V Región sobre el recurso camarón nailon, se determinó que la fauna acompañante representa menos del 20% de la captura total, siendo la participación relativa de merluza común un 5%, lenguado un 5% y pejerrata un 3%. A partir de ello se reconoce la necesidad de establecer los umbrales límites para diseñar dispositivos de selección de captura.

Un aspecto importante fue la disminución de las longitudes de malletas y estándares para reducir la capacidad de arreo del arte de pesca, lo cual permitió capturar menor proporción de merluza común en proporciones variables entre el 20 y 50%. De este modo, el uso de 1 m de longitud de malletas y 5 m de longitud de estándares logra aportar significativamente a la reducción de la fauna acompañante sin interferir negativamente en el desempeño funcional de la red nueva.

Por último, se destaca que la nueva red de arrastre diseñada tuvo plena aceptación por dos capitanes que la utilizaron en lances de pesca (evaluación y lances comerciales), lo que fue ratificado por los asistentes al Taller de Difusión y Discusión de Resultados. Se reconoce que esta nueva red cumple plenamente con los estándares de desempeño sobre los cuales se deberán basar a futuro los aspectos de selectividad a la especie y entre especies que conforman las capturas.

INDICE GENERAL

1	OBJETIVOS	1
	Objetivo General	1
	Objetivos Específicos	1
2	ANTECEDENTES	2
3	METODOLOGIA DE TRABAJO	8
	Objetivo 4.1.- Realizar una evaluación crítica de las principales desventajas del arte de arrastre empleado en Chile, en términos de su desempeño e impactos, contrastando con el estado del arte a nivel mundial.	8
	Objetivo 4.2.- Describir, analizar y proponer alternativas de diseño y construcción de arte de arrastre de fondo que permitan mejorar la selectividad de la especie objetivo, disminuir la fauna acompañante y reducir la interacción con el fondo marino	10
	3.2.1.- Objetivos de diseño y construcción	10
	3.2.2.- Simulación de redes de arrastre	12
	3.2.3.- Procedimiento de cálculo referencial	13
	Objetivo 4.3.- Someter a juicio experto las alternativas de diseño identificadas en el objetivo 4.2, mediante lo cual se deberá seleccionar el (los) arte(s) a construir y evaluar.	19
	3.3.1.- Nivel usuario	19
	3.3.2.- Nivel experto	20
	3.3.3.- Nivel administración pesquera	22
	Objetivo 4.4.- Evaluar la(s) mejor(es) alternativa(s) de diseño y construcción de artes de arrastre para la pesquería de crustáceos demersales.	23
	3.4.1.- Túneles y copos a escala de prueba del Instituto Nacional de Hidráulica (INH)	24
	3.4.2.- Trenes de arrastre a escala en canal de prueba	27
	3.4.3.- Red prototipo a escala en túnel de prueba (Marine Institute – Canadá)	28
	3.4.4.- Desempeño red a escala real	29
	3.4.5.- Análisis de la captura y efectos selectivos en las redes de arrastre	29
	Objetivo 4.5.- Construir los planos técnicos de la(s) alternativa(s) seleccionada(s) y documentos de divulgación que incorporen el diseño, armado y construcción de artes de arrastre de fondo para pesquería de crustáceos demersales.	35
	3.4.1.- Planos técnicos del arte de pesca	35

4 RESULTADOS

Objetivo 4.1.- Realizar una evaluación crítica de las principales desventajas del arte de arrastre empleado en Chile, en términos de su desempeño e impactos, contrastando con el estado del arte a nivel mundial.	37
4.1.1.- Estado de arte nacional	37
4.1.2.- Estado de arte a nivel mundial	42
4.1.3.- Evaluación crítica de las principales desventajas del arte empleado en Chile	47
Objetivo 4.2.- Describir, analizar y proponer alternativas de diseño y construcción de arte de arrastre de fondo que permitan mejorar la selectividad de la especie objetivo, disminuir la fauna acompañante y reducir la interacción con el fondo marino.	52
4.2.1.- Objetivos de diseño y construcción	52
4.2.2.- Simulación de redes de arrastre	56
4.2.3.- Procedimiento de cálculo referencial	59
Objetivo 4.3.- Someter a juicio experto las alternativas de diseño y identificadas en el objetivo 4.2, mediante lo cual se deberá seleccionar el (los) arte(s) a construir y evaluar	60
4.3.1.- Nivel Usuario	60
4.3.2.- Panel Experto	62
4.3.3.- Panel Administración Pesquera	68
Objetivo 4.4.- Evaluar la(s) mejor(es) alternativa(s) de diseño y construcción de artes de arrastre para la pesquería de crustáceos demersales.	69
4.4.1.- Túneles y copos a escala de prueba del Instituto Nacional de Hidráulica (INH)	69
4.4.2.- Trenes de arrastre a escala en canal de prueba	72
4.4.3.- Red prototipo a escala en túnel de prueba (Marine Institute – Canadá)	77
4.4.4.- Desempeño funcional de las redes de arrastre	86
4.4.5.- Desempeño funcional de las redes de arrastre comparada	93
Objetivo 4.5. Construir los planos técnicos de la(s) alternativa(s) seleccionada(s) y documentos de divulgación que incorporen el diseño, armado y construcción de artes de arrastre de fondo para pesquerías de crustáceos demersales.	123
4.5.1.- Planos técnicos del arte de pesca	123
4.6.- Difusión	128
4.6.1.- Taller de usuarios	128
4.6.2.- Administración	128
4.6.3.- Taller de expertos	129
4.6.4.- Publicación en Chile Pesquero	129
4.6.5.- Taller Misión tecnológica CORFO	129
4.6.6.- Difusión página WEB	130
4.6.7.- Taller de difusión y discusión de resultados	130

5	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	132
6	CONCLUSIONES	138
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Ciclo de desarrollo de artes de pesca (Winger *et al.*, 2006).
- Figura 2. Carro eléctrico.
- Figura 3. Rueda del carro.
- Figura 4. Registrador de velocidad.
- Figura 5. Soporte para las redes.
- Figura 6. Sensor de esfuerzo.
- Figura 7. Multímetro digital.
- Figura 8. Esquema de las dimensiones y configuración de los túneles empleados en el canal de prueba.
- Figura 9. Esquema general de los túneles y copos empleados en con la red prototipo (A: malla cuadrada, B: malla cuadrada con dispositivo de escape y C: malla romboidal).
- Figura 10. Frecuencia de embarcaciones por rango de BHP.
- Figura 11. Borlón embarrilado.
- Figura 12. Borlón mixto.
- Figura 13. Modelos de portalones rectangulares planos y rectangulares en V.
- Figura 14. Principales zonas de pesca de *Pandalus borealis*.
- Figura 15. Esquema preliminar del dispositivo de selección.
- Figura 16. Fotografías del Taller de Usuarios realizado en noviembre de 2006 en Coquimbo.
- Figura 17. Participantes del panel de experto realizado en diciembre de 2006.
- Figura 18. Plano de la red definida por el panel de expertos.
- Figura 19. Ejemplo del registro fotográfico de túneles y copos en canal de prueba.
- Figura 20 a. Curvas de resistencia al avance de túneles y copos de malla romboidal de 1,5", 2" y 2,5" de titulación 210/96 y de 2" de titulación 210/192.
- Figura 20 b. Curvas de resistencia al avance de túneles y copos de 2" de tamaño de malla, con configuraciones de malla romboidal, T90, cuadrada y romboidal con dispositivo de escape.
- Figura 21. Secuencia de filmación del borlón embarrilado, vista lateral.
- Figura 22. Secuencia de filmación del borlón embarrilado, vista frontal.
- Figura 23. Marcas dejadas en el sustrato del canal de prueba por el borlón embarrilado.
- Figura 24. Secuencia de filmación del borlón de caucho, vista lateral.
- Figura 25. Secuencia de filmación del borlón de caucho, vista frontal.
- Figura 26. Marcas dejadas en el sustrato del canal de prueba por el borlón de caucho.
- Figura 27. Secuencia de filmación del borlón mixto, vista lateral.
- Figura 28. Marcas dejadas en el sustrato del canal de prueba por el borlón mixto.
- Figura 29. Abertura de punta de alas y ángulo de inclinación del sensor de contacto del borlón en la red actual (PA).

- Figura 30. Distribución de frecuencia de la abertura de punta de alas de la red actual (PA).
- Figura 31. Abertura de punta de alas y ángulo de inclinación del sensor de contacto del borlón en la red nueva (PE) empleando maniobras largas (13 m de malleta y 10 m de estándares).
- Figura 32. Distribución de frecuencia de la abertura de punta de alas de la red nueva (PE) empleando maniobras largas (13 m de malleta y 10 m de estándares), según el sentido del lance.
- Figura 33. Abertura de punta de alas y ángulo de inclinación del sensor de contacto del borlón en la red nueva (PE) empleando maniobras cortas (1 m de malleta y 5 m de estándares).
- Figura 34. Distribución de frecuencia de la abertura de punta de alas de la red nueva (PE) empleando maniobras cortas (1 m de malleta y 5 m de estándares).
- Figura 35. Ángulos de inclinación del sensor de contacto de fondo en relación a la velocidad de arrastre y la longitud del cable de cala empleada en dos lances de evaluación de desempeño (A: lance 103 y B: lance 104) [velocidades de arrastre de 2, 2,5 y 3 nudos; relaciones de aspecto de 2,2 y 3,2 veces la profundidad de arrastre].
- Figura 36. Peces nadando al interior de la red (sección central) y visión del desempeño general de paños y estructuras.
- Figura 37. Vista exterior del dispositivo de escape de malla cuadrada (enfoque de proa a popa).
- Figura 38. Vista frontal de desempeño del borlón y reacciones de escape de algunas especies presentes.
- Figura 39. Captura por lance estándar (kg) en pesca comparativa entre redes de PE y PA (“o” *outliers*).
- Figura 40. Rendimiento de pesca (kg/h) en pesca comparativa entre redes de PE y PA (“o” *outliers*).
- Figura 41. Participación relativa de las principales especies que componen las capturas en pesca comparativa de camarón nailon entre redes de PE y PA.
- Figura 42. Distribución de frecuencia de tallas de camarón nailon en pesca comparativa entre redes nueva de PE (A) y actual de PA (B).
- Figura 43. Proporción relativa de retención a la talla de camarón nailon de la red de PE respecto a la captura total a la talla de ambas redes.
- Figura 44. Distribución de frecuencia de tallas de merluza común en pesca comparativa entre redes de PE (A) y PA (B).
- Figura 45. Proporción relativa de retención a la talla de merluza común de la red de PE respecto a la captura total a la talla de ambas redes.
- Figura 46. Participación relativa de las principales especies que componen las capturas en pesca comparativa de langostino colorado entre redes de PE y PA.
- Figura 47. Distribución de frecuencia de tallas de langostino colorado en pesca comparativa entre redes de PE (A) y PA (B).

- Figura 48. Distribución de frecuencia de tallas de merluza común en pesca comparativa entre redes de PE (A) y PA (B).
- Figura 49. Captura por lance estándar (kg) en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada con dispositivo y malla romboidal en la red de PE (nueva).
- Figura 50. Rendimiento de pesca (kg/h) en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada con dispositivo y malla romboidal en la red de PE (nueva). El símbolo “o” indica *outliers*. Símbolo “o” indica *outliers*.
- Figura 51. Participación relativa de las principales especies que componen las capturas en pesca comparativa de camarón nailon entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada con dispositivo de escape y malla romboidal.
- Figura 52. Distribución de frecuencia de tallas de camarón nailon en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE (A: Malla Cuadrada, B: Malla Cuadrada con dispositivo de escape, C: Malla Romboidal).
- Figura 53. Proporción relativa de retención a la talla de camarón nailon en malla cuadrada de la red de PE respecto a la captura total (A: proporción de retención a la talla con malla cuadrada respecto a la retención a la talla total obtenida con malla cuadrada y malla romboidal; B: proporción de retención a la talla con malla cuadrada con dispositivo de escape respecto a la retención a la talla total obtenida con malla cuadrada con dispositivo de escape y malla romboidal).
- Figura 54. Distribución de frecuencia de tallas de merluza común en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE [A: Malla cuadrada (CUAD), B: Malla cuadrada con dispositivo de escape (C+BRD), C: Malla romboidal (ROMB)].
- Figura 55. Proporción relativa de retención a la talla de merluza común en túnel y copo de malla cuadrada en la red de PE respecto a la captura total [A: proporción de retención a la talla con malla cuadrada (CUAD) respecto a la retención a la talla total obtenida con malla cuadrada y malla romboidal (CUAD + ROMB); B: proporción de retención a la talla con malla cuadrada y dispositivo de escape (C+BRD) respecto a la retención a la talla total obtenida con malla cuadrada con dispositivo de escape y malla romboidal (C+BRD + ROMB)].
- Figura 56. Participación relativa de las principales especies que componen las capturas en pesca comparativa de langostino amarillo entre túneles y copos de malla cuadrada (CUAD) y malla romboidal (ROMB) en la red de PE.
- Figura 57. Distribución de frecuencia de tallas de langostino amarillo en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada y malla romboidal en la red de PE (A: Malla cuadrada y B: Malla romboidal).

- Figura 58. Distribución de frecuencia de tallas de merluza común en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada y malla romboidal en la red de PE (A: Malla cuadrada y B: Malla romboidal).
- Figura 59. Composición de las capturas obtenidas con la red de PE empleando maniobras largas (10 m de malletas y 13 m de estándares) y maniobras cortas (1 m de malletas y 5 m de estándares), según especie objetivo y zona de operación.
- Figura 60. Plano de estructuras que componen la nueva red prototipo de PE.
- Figura 61. Plano de diseño (cortes y mallas) de la nueva red prototipo de PE.
- Figura 62. Representación de la longitud y ubicación de las estructuras (estándares y malletas) que componen el amarinamiento del arte de pesca.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Objetivos propuestos para cada viaje de evaluación de la red prototipo.
Tabla 2.	Materiales utilizados en la construcción de red prototipo y las alternativas de túneles y copos.
Tabla 3.	Dimensiones principales de redes de crustáceos utilizadas en las pesquerías chilenas.
Tabla 4.	Principales índices que caracterizan las redes de arrastre de crustáceos.
Tabla 5.	Dimensiones principales de redes de crustáceos utilizadas en las pesquerías internacionales.
Tabla 6.	Principales índices que caracterizan a las redes de arrastre de crustáceos a nivel mundial.
Tabla 7.	Listado de paños de red disponibles para la construcción de la red nueva.
Tabla 8.	Estimación del incremento porcentual del área interna de la malla por cuerpo, según los paños disponibles en el mercado (el área interna en la red actual se estimó a partir de mediciones directas).
Tabla 9.	Características de las redes evaluadas en simulación: Parte I.
Tabla 10.	Características de las redes evaluadas en simulación: Parte II.
Tabla 11.	Principales resultados asociados a las componentes de fuerza de la red actual y la nueva red.
Tabla 12.	Principales resultados de las componentes de abertura de la red actual y la nueva red.
Tabla 13.	Resistencia al avance (kg) de diferentes tamaños y configuraciones de malla en función a la velocidad de arrastre.
Tabla 14.	Resumen de resultados en experiencias con borlones a escala en canal de prueba.
Tabla 15.	Características generales del amarinamiento y maniobra utilizada.
Tabla 16.	Principales resultados funcionales de la evaluación de la experiencia N° 1
Tabla 17.	Características generales del amarinamiento y maniobra utilizada.
Tabla 18.	Principales resultados funcionales de la evaluación de la experiencia N° 2.
Tabla 19.	Características generales del amarinamiento y maniobra utilizada.
Tabla 20.	Principales resultados funcionales de la evaluación de la experiencia N° 3.
Tabla 21.	Características generales del amarinamiento y maniobra utilizada.
Tabla 22.	Principales resultados funcionales de la evaluación de la experiencia N° 4.
Tabla 23.	Características generales del amarinamiento y maniobra utilizada.
Tabla 24.	Principales resultados funcionales de la evaluación de la experiencia N° 5
Tabla 25.	Características generales del amarinamiento y maniobra utilizada.
Tabla 26.	Principales resultados funcionales de la evaluación de la experiencia N° 6, 7 y 8.
Tabla 27.	Principales resultados funcionales (alturas) de la evaluación de la experiencia N° 6, 7 y 8.
Tabla 28.	Características generales del amarinamiento y maniobra utilizada
Tabla 29.	Principales resultados funcionales de la evaluación N° 9.

- Tabla 30. Principales resultados funcionales (alturas) de la evaluación N° 9.
- Tabla 31. Características generales del amarinamiento y maniobra utilizada.
- Tabla 32. Principales resultados funcionales de la evaluación de las experiencias N° 10 y 11.
- Tabla 33. Tiempo de contacto real (%) según velocidad de arrastre y relación de aspecto en dos lances de evaluación de desempeño (A: lance 103 y B: lance 104).
- Tabla 34. Presencia (n° de lances), frecuencia de ocurrencia (FO%), captura (kg) y participación relativa (PR%) de las especies capturadas en pesca comparativa de camarón nylon entre redes de PE (nueva) y PA (actual).
- Tabla 35. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de la media de la captura relativa (fauna acompañante/captura total, fauna principal/captura total, captura objetivo/captura total, fauna principal/fauna acompañante) en pesca comparativa de camarón nylon entre redes de PE y PA. La fauna principal está compuesta por lenguado, merluza común y jaiba paco.
- Tabla 36. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) según clasificación de la captura (FAC: fauna acompañante; OBJ: recurso objetivo; TOT: captura total) en pesca comparativa de camarón nylon entre redes de PE y PA.
- Tabla 37. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) por especie en pesca comparativa de camarón nylon entre redes de PE y PA.
- Tabla 38. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las capturas absolutas (n° y kg) y relativas (n°/mn², kg/h y ton/mn²) de las principales especies capturadas en pesca comparativa de camarón nylon entre redes de PE y PA.
- Tabla 39. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de las tallas de retención al 25, 50 y 75% de camarón nylon en pesca comparativa entre redes de PE (nueva) y PA (actual).
- Tabla 40. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las longitudes de retención al 25, 50 y 75% de camarón nylon en pesca comparativa entre redes de PE y PA.
- Tabla 41. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de las proporciones de retención a la talla inferiores a 30 ($P_k < 30$) y 37 cm ($P_k < 37$), y de retención al 50% de merluza común en pesca comparativa entre redes de PE (nueva) y PA (actual).
- Tabla 42. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias Student) de las proporciones de retención a la talla inferiores a 30 ($P_k < 30$) y 37 cm ($P_k < 37$), y de retención al 50% de merluza común en pesca comparativa entre redes de PE y PA.
- Tabla 43. Presencia (n° de lances), frecuencia de ocurrencia (FO%), captura (kg) y participación relativa (PR%) de las especies capturadas en pesca comparativa de langostino colorado entre redes de PE (nueva) y PA (actual).
- Tabla 44. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de la media de la captura relativa (fauna acompañante/captura total, fauna principal/captura total, captura objetivo/captura total, fauna principal/fauna acompañante) en pesca comparativa de langostino colorado

entre redes de PE y PA. La fauna principal está compuesta por lenguado, merluza común y jaiba paco.

- Tabla 45. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) según clasificación de la captura (FAC: fauna acompañante; OBJ: recurso objetivo; TOT: captura total) en pesca comparativa de langostino colorado entre redes de PE y PA.
- Tabla 46. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) por especie en pesca comparativa de langostino colorado entre redes de PE y PA.
- Tabla 47. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de las tallas de retención al 25, 50 y 75% de langostino colorado en pesca comparativa entre redes de PE (nueva) y PA (actual).
- Tabla 48. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las longitudes de retención al 25, 50 y 75% de langostino colorado en pesca comparativa entre redes de PE y PA.
- Tabla 49. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de las proporciones de retención a la talla inferiores a 30 ($P_k < 30$) y 37 cm ($P_k < 37$), y de retención al 50% de merluza común en pesca comparativa entre redes de PE (nueva) y PA (actual).
- Tabla 50. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las proporciones de retención a la talla inferiores a 30 ($P_k < 30$) y 37 cm ($P_k < 37$), y de retención al 50% de merluza común en pesca comparativa entre redes de PE y PA.
- Tabla 51. Presencia (nº de lances), frecuencia de ocurrencia (FO%), captura (kg) y participación relativa (PR%) de las especies capturadas en pesca comparativa de camarón nailon entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada con dispositivo y malla romboidal en la red de PE (nueva).
- Tabla 52. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de la media de la captura relativa (fauna acompañante/captura total, fauna principal/captura total, captura objetivo/captura total, fauna principal/fauna acompañante) en pesca comparativa de camarón nailon entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE.
- Tabla 53. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) según clasificación de la captura (FAC: fauna acompañante; OBJ: recurso objetivo; TOT: captura total) en pesca comparativa de camarón nailon entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE.
- Tabla 54. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) por especie en pesca comparativa de camarón nailon entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE.
- Tabla 55. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Anova) de las capturas absolutas (nº y kg) y relativas (nº/mn², kg/h y ton/mn²) de las principales especies capturadas en pesca comparativa de camarón nailon entre túneles y copos de

malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE.

- Tabla 56. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de las tallas de retención al 25, 50 y 75% de camarón nailon en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE.
- Tabla 57. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las longitudes de retención al 25, 50 y 75% de camarón nailon en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE.
- Tabla 58. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de las proporciones de retención a la talla inferiores a 20 ($P_k < 20$), 30 ($P_k < 30$) y 37 cm ($P_k < 37$), y de retención al 50% de merluza común en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE.
- Tabla 59. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las proporciones de retención a la talla inferiores a 20 ($P_k < 20$), 30 ($P_k < 30$) y 37 cm ($P_k < 37$), y de retención al 50% de merluza común en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE.
- Tabla 60. Presencia (nº de lances), frecuencia de ocurrencia (FO%), captura (kg) y participación relativa (PR%) de las especies capturadas en pesca comparativa de langostino amarillo entre túneles y copos de malla cuadrada (CUAD) y malla romboidal (ROMB) en la red de PE (nueva).
- Tabla 61. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de la media de la captura relativa (fauna acompañante/captura total, fauna principal/captura total, captura objetivo/captura total, fauna principal/fauna acompañante) en pesca comparativa de langostino amarillo entre túneles y copos de malla cuadrada (CUAD) y malla romboidal (ROMB) en la red de PE. La fauna principal esta compuesta por lenguado, merluza común y pejerratas.
- Tabla 62. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) de langostino amarillo según clasificación de la captura (FAC: fauna acompañante; OBJ: recurso objetivo; TOT: captura total) en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada (CUAD) y malla romboidal (ROMB) en la red de PE.
- Tabla 63. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) por especie en pesca comparativa de langostino amarillo entre túneles y copos de malla cuadrada (CUAD) y malla romboidal (ROMB) en la red de PE.
- Tabla 64. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de las tallas de retención al 25, 50 y 75% de langostino amarillo en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada y malla romboidal en la red de PE.

- Tabla 65. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las longitudes de retención al 25, 50 y 75% de langostino amarillo en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada y malla romboidal en la red de PE.
- Tabla 66. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de las proporciones de retención a la talla inferiores a 20 ($P_k < 20$), 30 ($P_k < 30$) y 37 cm ($P_k < 37$), y de retención al 50% de merluza común en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE.
- Tabla 67. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las proporciones de retención a la talla inferiores a 20 ($P_k < 20$), 30 ($P_k < 30$) y 37 cm ($P_k < 37$), y de retención al 50% de merluza común en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE.
- Tabla 68. Número de lances y rendimiento promedio (kg/h) de las principales especies capturadas con la red de PE empleando maniobras largas (10 m de malletas y 13 m de estándares) y maniobras cortas (1 m de malletas y 5 m de estándares), según especie objetivo y zona de operación.
- Tabla 69. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) de merluza común capturada con la red de PE empleando maniobras largas (10 m de malletas y 13 m de estándares) y maniobras cortas (1 m de malletas y 5 m de estándares), en forma independiente a la zona de captura.
- Tabla 70. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) del rendimiento de captura (kg/h) de merluza común capturada con la red de PE empleando maniobras largas y maniobras cortas.

INDICE DE ANEXOS

- Anexo I. Personal participante por actividad
- Anexo II. Detalle de bases de datos, fotografías y filmaciones submarinas

1.- OBJETIVOS

Objetivo General

Rediseñar las redes de arrastre de fondo empleadas para la captura de crustáceos demersales, de manera que sea posible compatibilizar esto con una disminución del contacto con el fondo, la incorporación de dispositivos de escape de fauna acompañante y la protección de la fracción juvenil de los stocks.

Objetivos Específicos

- 1.1 Realizar una evaluación crítica de las principales desventajas del arte de arrastre empleado en Chile, en términos de su desempeño e impactos, contrastando con el estado del arte a nivel mundial.
- 1.2 Describir, analizar y proponer alternativas de diseño y construcción de artes de arrastre de fondo que permitan mejorar la selectividad a la talla de la especie objetivo, disminuir la fauna acompañante en las capturas y reducir la interacción con el fondo marino.
- 1.3 Someter a juicio experto las alternativas de diseño identificadas en el objetivo 4.2, mediante lo cual se deberá seleccionar el(los) arte(s) a construir y evaluar.
- 1.4 Evaluar la(s) mejor(es) alternativa(s) de diseño y construcción de artes de arrastre para las pesquerías de crustáceos demersales.
- 1.5 Construir los planos técnicos de la(s) alternativa(s) seleccionada(s) y documentos de divulgación que incorporen el diseño, armado y construcción de artes de arrastre de fondo para pesquerías de crustáceos demersales.

2.- ANTECEDENTES

Uno de los principales objetivos en el rediseño de redes de arrastre se refiere a la necesidad de reducir la incidencia sobre especies que co-habitan con la especie objetivo. La captura incidental de fauna acompañante en la pesca de crustáceos con redes de arrastre tiene un interés creciente con relación a sus estudios, análisis y evaluación. Hoy en día se encuentra abierta la discusión en torno a la cuantificación de la cantidad de pesca no objetivo que se captura con redes de arrastre para crustáceos, aumentándose sistemáticamente los esfuerzos para estimar esta incidencia. En 1994 el valor de esta captura a nivel mundial fue estimado en alrededor de 11 millones de toneladas (Alverson et al., 1994). Es reconocido que existe un efecto de estas redes sobre juveniles de especies que son descartados y que cuando crezcan podrían ser objeto de otras pesquerías comerciales o recreacionales. La mortalidad de grandes cantidades de fauna acompañante de los crustáceos capturados con redes de arrastre ha atraído la atención mundial durante estos últimos años (Saila, 1983; Andrew & Pepperell, 1992; Alverson et al., 1994; Kennelly, 1995; Campos & Fonseca, 2004; Polet et al., 2004; Broadhurst et al., 2002).

La captura de juveniles o pre-reclutas es el punto básico, debido a la posibilidad de una disminución del reclutamiento, la biomasa y el rendimiento de stock bases de otras pesquerías. Adicionalmente hay preocupación sobre los impactos ecológicos que podría producir en la estructura trófica de comunidades la captura de cantidades importantes de fauna acompañante (De Groot, 1984; Jones, 1992; Dayton et al., 1995). Las opciones disponibles de manejo para minimizar lo anterior son diversas, sin embargo la tendencia en la mayoría de las pesquerías se inclina o dirige a elegir una opción física, como lo es la modificación de las redes en su diseño y operación, buscando mejorar su selectividad. Otra opción de manejo es la restricción de áreas y fechas (espacio-temporal), permitiendo sólo la captura en áreas y fechas con baja fauna acompañante. Sin embargo no es posible esta aplicación en la práctica por la gran variabilidad espacio-temporal de la fauna acompañante, y la influencia de variables tales como las ambientales y los ciclos naturales de corto, mediano y largo plazo (High et al., 1969; Caddy, 1982).

Las modificaciones utilizadas reflejan de cierta forma la especificidad de cada pesquería, asociadas al tipo de recurso, características del fondo, estrato de operación, condiciones ambientales imperantes, sistemas de pesca, etc., no obstante la mayoría de ellos, en términos globales, pueden clasificarse en dos categorías: a) aquellos que separan las especies por diferencia de comportamiento y b) aquellos que mecánicamente excluyen las especies no deseadas de acuerdo a su tamaño. El desarrollo de sistemas de reducción de la fauna acompañante se esquematiza a continuación, basado en la bibliografía existente, utilizando las bases de datos ASFA (Aquatic Science and Fisheries Abstracts), buscadores especializados y la consulta a algunos destacados investigadores en el área a nivel mundial. En 1998 se prueban 16 tipos diferentes de BRDs aplicados a *Penaeus* spp. en Australia; algunos de los

dispositivos fueron afectados en su desempeño por el tiempo y las condiciones de pesca (Brewer *et al.*, 1998). En 1999 se continua el estudio de panel de malla cuadrada construido de material compuesto, obteniéndose como resultado una reducción de fauna acompañante de hasta 96%, con reducción de individuos juveniles en especie objetivo (*Penaeus latisulcatus*) de hasta un 12%, estos resultados avalan la adopción voluntaria de este dispositivo por la totalidad de la flota (Broadhurst *et al.*, 1999).

Los resultados en Argentina de la aplicación de la grilla Nordmore y el diseño DISELA II, han generado reducciones de fauna acompañante que fluctúan entre 61 y 77%, y reducción en la especie objetivo (*Pleoticus muelleri*) entre un 8 y 47%, ambos diseños tienen la misma base conceptual, requiriéndose mejorar su desempeño y rendimiento con relación a la especie objetivo (Pettovello, 1999).

El uso de túneles para cambiar el flujo del agua ha sido estudiados en EE.UU., junto con las ventanas (Jones/Davis), buscando mejorar el escape de la fauna acompañante principalmente “red snapper”, sin resultados concluyentes debido a la respuesta aleatoria de esta última especie (Engaas *et al.*, 1999). La aplicación del dispositivo AusTED II en Australia a la pesquería de *Penaeus* spp. y *Metapenaeus* spp. no mostró un cambio sustancial con los resultados anteriores, lográndose reducciones de fauna acompañante entre 15 y 49%, y reducciones en las especies objetivos específicas para cada una de ellas, fluctuantes entre efecto mínimo y 45%, el desempeño marca diferencias significativas entre áreas geográficas sin clara relación causa-efecto (Robins & McGilvray, 1999).

En el año 2002, Broadhurst *et al.*, probaron la grilla Nordmore con un panel compuesto de malla cuadrada como un dispositivo secundario de fauna acompañante colocado en dos posiciones diferentes (antes del copo y en éste). Comparando el control (sin dispositivos) y las tres combinaciones (grilla Nordmore; grilla Nordmore y panel compuesto ubicado antes del copo y grilla Nordmore con panel compuesto colocado en el copo), éstas disminuyeron notablemente el by catch de la pesquería de camarón *Penaeus latisulcatus*. Sin embargo, la pérdida de captura objetivo fue superior cuando se realizaron lances con la grilla Nordmore. Los resultados de estas experiencias fueron discutidos en términos de la influencia de los diseños de éstos dispositivos, incluyendo el comportamiento de los peces en el copo, influencias hidrodinámicas de los peces cuando se escapan y la importancia de la posición de los dispositivos en el copo.

En términos de los cambios observados en los artes de pesca, es posible señalar que el sector tecnológico pesquero durante las últimas décadas ha adoptado diferentes innovaciones, a nivel de materiales, construcción, diseño y pesos de la red, para aumentar la capacidad de pesca junto con desarrollar dispositivos de escape que han reducido los impactos ambientales de la operación extractiva. Uno de los principales cambios se ha realizado en los materiales ocupados en los cuerpos de la red de arrastre, recientemente, nuevos productos como las fibras Dyneema y Spectra están reduciendo el peso

del arte, y por lo tanto la resistencia al arrastre, ayudando a reducir el consumo de combustible o en algunos casos a incrementar el tamaño de las redes.

Para mejorar la selectividad y al mismo tiempo disminuir el problema de la captura de fauna acompañante, es posible modificar, en partes de sus componentes, la construcción de la red de pesca utilizada. Estas variadas modificaciones se refieren a medidas técnicas. En el caso de redes de arrastre camaroneras que son consideradas como uno de los artes menos selectivos, es importante mencionar los cambios que se han realizado en ellas, así como también, los resultados observados con estos cambios. Uno de los cambios es el incremento en el tamaño de malla de la red, para permitir el escape de las especies no deseadas. Un ejemplo de cambio de tamaño de malla en la red fue realizado por De Alteris *et al.*, (1991) los cuales realizaron dos experimentos conducidos a investigar cual era el efecto del tamaño de malla en el cuerpo de una red de arrastre en la captura retenida en el copo en las pesquerías de atlantic cod, haddock y yellowtail flounder. El propósito de estos experimentos fue evaluar el potencial impacto en las capturas en el arrastre industrial regulando el tamaño mínimo de malla en toda la red y no sólo en el copo. Los resultados de estos experimentos indicaron que no existen diferencias significativas en las capturas de la red estándar comparadas con el arrastre de la red experimental. Estos resultados confirman observaciones anteriores que el tamaño de selección ocurre en el copo y que el cambio de tamaño de malla en otras partes del cuerpo de la red, no afecta la captura.

Otras investigaciones realizadas a una red de arrastre modificada en su construcción, es la relación entre el peso de la relinga, la captura de crustáceos y el bycatch en la pesquería de arrastre de camarones (*Pandalus jordani*) usando un nuevo diseño de inclinómetro (Hannah & Jones. 2003). Este equipo fue muy efectivo midiendo el peso de la relinga e indicando los problemas de funcionamiento de la red. Para estabilizar el peso de la línea, ésta se midió durante el arrastre y también entre lances para darle una configuración al borbón y la línea del borbón. El peso de la línea fue fácilmente ajustado con simples modificaciones en el borbón (líneas de cadenas). Los datos de inclinómetro mostraron que el peso de la línea es desigual entre redes “double-rigged” de idénticas configuraciones. La captura de camarón, el bycatch de peces planos y juveniles rockfish variaron inversamente con el peso de la línea, los autores sugirieron ajustar el peso de la línea para igualar la captura de camarón, el bycatch de peces planos y juveniles rockfish entre dos “double-rigged” redes camaroneras.

Los artes de pesca activos tales como las redes de arrastre de fondo, y las dragas alteran la estructura física del fondo marino causando un impacto en las comunidades bentónicas. Aunque se han realizado diferentes investigaciones para cuantificar el impacto de las diferentes pesquerías bajo diferentes regimenes de operación, aún son necesarias mediciones técnicas para reducir este impacto (He *et al.*, 2004). En general, las mediciones que mejoran la eficiencia de pesca, pueden reducir el tiempo de pesca y el impacto sobre el fondo en estricto control sobre las pesquerías.

Modificaciones realizadas en los artes de pesca para mejorar el impacto sobre el fondo marino han sido discutidas en varios trabajos Carr & Milliken (1998), Valdermarsen & Suuronen (2001), Rose *et al.*, (2000) y CEFAS (2003). Estas modificaciones incluyen el cambio de peso de la línea del borlón, reducir el contacto de los portalones con el suelo marino, cambiar los rodillos del borlón por cadenas, lo cual hace disminuir el contacto con el fondo. En 1999, el Fisheries and Marine Institute en St. John's (Newfoundland) y Fishery Products International Ltd. iniciaron un proyecto para evaluar y reducir el impacto de la pesquería de camarones (He & Foster, 2000). El proyecto involucró un modelo de prueba para investigar si el contacto de las redes de arrastre camaroneras podían ser reducidas a través de la reducción de bobinas en el borlón, sin alterar significativamente la ingeniería y diseño de captura del arte. La pesca fue realizada entre 270 y 367 m de profundidad. Los análisis mostraron que no hubo cambios considerables en la geometría o estabilidad de la red con el cambio de número de bobinas de 31 a 9 y que no hubo diferencias en la captura de *Pandalus borealis*.

Debido a la declinación severa de muchas pesquerías, consideradas como sobreexplotadas ocasionadas por la sobre pesca, entre los agentes involucrados en el sector pesquero, principalmente investigadores, se ha buscado opciones para minimizar la sobrecaptura y disminuir la fauna acompañante e incidental en las pesquerías, es que se están diseñando y probando redes más selectivas, facilitando el escape de las especies no objetivo, usando dispositivos de escape tales como grillas rígidas, paneles de mallas cuadradas etc, y cambiando la forma y el diseño de la red, para mejorar la captura de la especie objetivo junto con mermar el impacto del arte con el fondo marino, ejemplos de estos nuevos cambios en los diseños de red son las redes cutback y cutaway. En este sentido, King *et al.*, (2004) evaluaron la potencialidad de reducir el bycatch de rockfish (*Sebastes* spp.) en la pesquería de peces planos utilizando las diferencias en su comportamiento y movimiento en la red. Realizando lances alternados y diseño aleatorio de bloques, se comparó las capturas de las redes utilizadas comúnmente en esta pesquería y un nuevo diseño, una red de baja altura denominada "cutback". Esta red capturó entre un 25 - 59% de kilogramos más de especie objetivo que la red control, debido principalmente al aumento de longitud del borlón en la red experimental. Se observó un pequeño incremento en la captura de algunos peces pequeños de rockfish, rayas y sablefish. La captura de peces redondos y especies de sebastes de más de 25 cm de longitud se redujo entre un 34 – 97% en la red experimental. Bajo condiciones de manejo de un stock débil, en el cual el bycatch y la sobrepesca de *Sebastes* spp. está muy relacionada con la pesca de peces planos, el diseño de esta nueva red permitió que las especies no objetivo escaparan antes de entrar al copo de la red reduciendo la mortalidad de éstos y evitando cierres prematuros de áreas de pesca de peces planos.

Un ejemplo de las experiencias realizadas es las modificaciones hechas a la red Eastern 400, con ala baja y diseñada para producir una baja elevación sobre el fondo. La red diseñada "cutback" tiene una relinga que está dispuesta más atrás del borlón. Esta característica es similar a la usada por Thomsen (1993) en las Islas Faroe para incitar el escape de Atlantic cod, haddock, y pollock en la pesquería de

peces planos. Este diseño no tiene cielo y comienza más atrás de la línea del borlón, lo que permite que el pez escape hacia arriba cuando se encuentra con el borlón. Este diseño también permite que los peces naden verticalmente hacia arriba sin tener contacto con el borlón. Se colocaron flotadores sólo en los costados de las alas y no en la parte central de la relinga para minimizar alguna reacción de los peces hacia los flotadores, los que en una red convencional son dispuestos uniformemente en la relinga. La relinga mide 43 m, el borlón 31,2 m y cubierto con pequeños y delgados discos de goma de 20,3 cm de diámetro. El borlón se conectó ajustadamente a la línea de pesca mediante cadenas, dejando un espacio entre 2 y 4 cm. La red se unió directamente a la línea de pesca. Las malletas son de 91,4 m de cable y cubierta con discos de goma de 7,5 cm de diámetro. Los portalones utilizados fueron del tipo AMCO® V de 1,5 x 2,1 m tanto en la red experimental como en la control. La red control que se utilizó fue la FOUR – SEAM (4 paneles) debido a que es la más utilizada en la costa oeste de USA para la pesca de peces demersales. La relinga es de 17,3 m, el borlón de 20 m cubierto por discos de 20,3 cm de diámetro. Las malletas son de las mismas características de la red experimental.

Otro diseño propuesto para evitar la pesca de peces en la pesquería de langostinos *Nephrops* es la red cutaway, la cual podría ser potencialmente usada para reducir el descarte de los gádidos hasta cierto punto en la pesquería de *Nephrops* (Revill *et al.*, 2006). Se realizaron varias comparaciones entre la red experimental y tres diseños de redes utilizadas en la pesquería comercial de *Nephrops*. Las comparaciones se realizaron tanto en el plano biológico, como económico. La red cutaway fue diseñada para permitir el escape de peces gadiformes y evitar el descarte y bycatch en la pesquería de *Nephrops*, manteniendo las capturas de esta especie. El diseño de esta red fue hecha en base al comportamiento de las especies frente a las redes especialmente en especies de interés comercial tales como whiting y haddock. Este último en particular, cuando se enfrenta a la red, se eleva y comienza a nadar, y cuando comienza a cansarse se va quedando atrás sin posibilidad de salir de ella (Wardle, 1993). La mayoría de las redes utilizadas en la pesquería de *Nephrops* son rígidas y con una relinga ubicada sobre el borlón, lo que no permite el escape de los peces hacia arriba.

Algunas modificaciones a los artes de pesca pueden aumentar el costo de su construcción, y ser más difíciles de operar y mantener. Más aún, las capturas de las especies objetivos pueden disminuir considerablemente. Medidas y técnicas que aumenten los costos y disminuyan las ganancias no son atractivas para los agentes involucrados en la pesca. La efectividad de pesca y la viabilidad de nuevos diseños son muy importantes, porque un arte ineficiente no será usado o será “saboteado”, o quizás requerirá un esfuerzo adicional de pesca de los que actualmente se están desarrollando. Una cooperación cercana entre la industria pesquera, los investigadores e involucrados en el sector será necesaria en el proceso de desarrollo e introducción de tecnología pesquera “amigable” con el medio ambiente (Valdemarsen & Suuronen, 2001).

En forma general, el procedimiento de desarrollo de artes de pesca fue descrito por van Marlen (1988) y modificado por Winger *et al.* (2006), incluyéndose aspectos tales como la definición de objetivos, simulación asistida, construcción de modelos y pruebas en tanques, construcción y evaluación general de un prototipo a escala real, pesca comparativa, hasta llegar a la introducción en la flota (Fig. 1). De este modo, la metodología propuesta cumple con este ciclo.

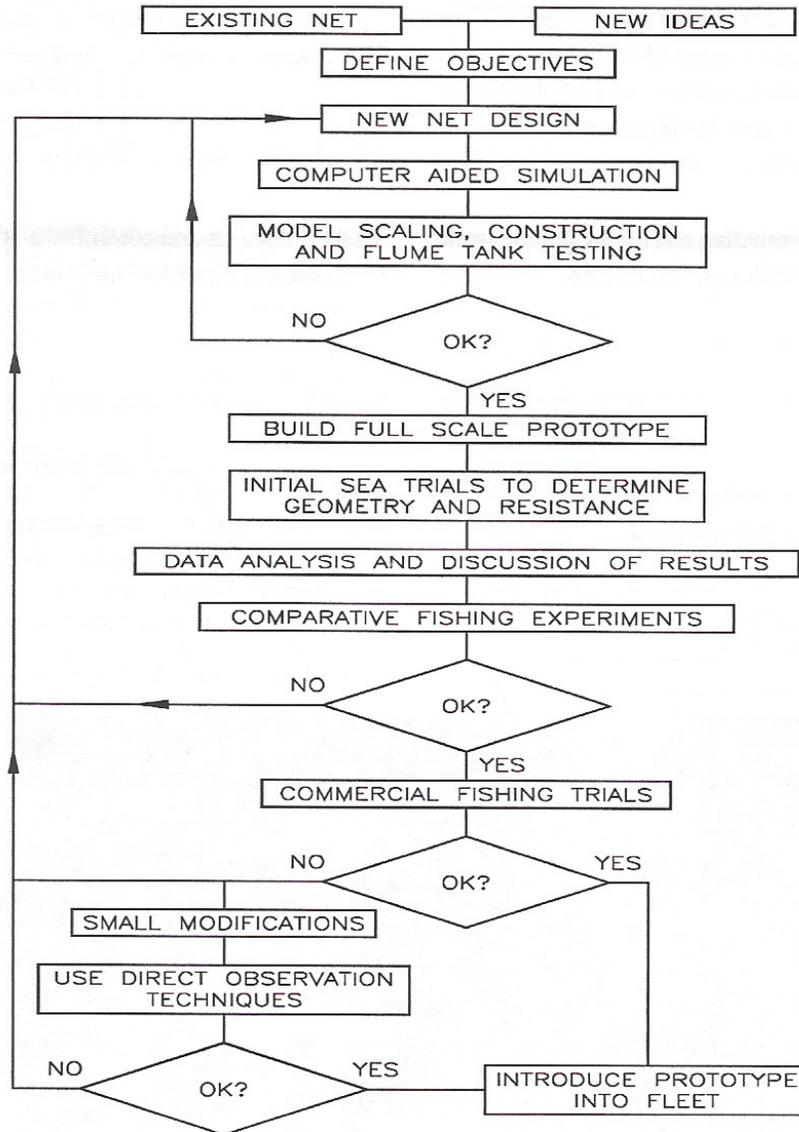


Figura 1. Ciclo de desarrollo de artes de pesca (Winger *et al.*, 2006).

3.- METODOLOGIA DE TRABAJO

Objetivo 4.1.- Realizar una evaluación crítica de las principales desventajas del arte de arrastre empleado en Chile, en términos de su desempeño e impactos, contrastando con el estado del arte a nivel mundial.

Para la evaluación de un arte de arrastre en general, es necesario comprender que éstos basan su principio funcional en el equilibrio de fuerzas entre los componentes que lo integran, y su relación con las variables externas del medio en que opera y la embarcación que lo remolca. Un primer paso fundamental en su análisis requiere la correcta definición de algunos conceptos básicos del arte de arrastre, tales como diseño, construcción y armado, los que son responsables en gran medida del logro de su objetivo principal.

El diseño de una red de arrastre se refiere a la forma que ésta posee, la cual está dada por la combinación de cortes que se realizan en los paños de cada sección (alas y cuerpo de la red), así como de la longitud de los cabos y/o cables que la estructuran, asociándose en forma genérica a formas y dimensiones. La construcción se refiere a los materiales que componen el arte de pesca, a nivel de paños, estructuras, portalones, borbón, etc. Por último, el armado corresponde a las relaciones que describen la integración de los componentes, principalmente en lo relativo a la unión de paños con estructuras, hecho que determinará en gran medida la abertura de trabajo de las mallas y el correcto desempeño hidrodinámico de la red.

Ahora bien, en términos de diseño, la red de arrastre comúnmente usada en Chile para la captura de crustáceos demersales corresponde a la del tipo “Yankee” de dos paneles, con alas inferiores de 12-14 m, las que representan más del 30% de la longitud total de la red. Se destaca su capacidad de abertura horizontal que, según mediciones con sensores de abertura, varía entre 9 y 15 m, representando cerca del 50% de la longitud de la relinga superior. De acuerdo a las relaciones de corte empleadas (cutting ratio) y la longitud de tela estirada de los cuerpos de la red, es posible determinar su ángulo de entrada, el que varía entre 12 y 16° en las redes nacionales.

La construcción de la red consiste principalmente en tela de PA de titulación superior a 210d/120 (llegando a titulaciones de 210d/240), empleándose sólo PE en el cielo de la red con el objetivo de aumentar la altura de la boca de la red. En forma global, el tamaño de malla en toda la red corresponde a 2" (\approx 5 cm), no obstante el claro de malla es muy inferior a este valor debido al diámetro de los hilos utilizados (en directa relación con la titulación del hilo que conforma el paño de red), lo cual condiciona una baja área de la malla. Esta última variable, en conjunto con las variables de armado, tiene relación

con dos elementos de relevancia en el desempeño de la red; la resistencia hidrodinámica y la selectividad.

El armado de las redes de arrastre se refiere principalmente a la forma en que se unen los componentes de la red, donde se identifican coeficientes relevantes como el de armado, que da cuenta de la relación entre la tela estirada y el cabo al cual se encabalga dicho paño. El cuerpo y las alas de las redes empleadas en Chile se caracterizan por emplear coeficientes de abertura entre 0,4 y 0,6 nivel de la boca inferior, mientras que en los túneles y copos estos coeficientes varían entre 0,1 y 0,2. Esto último indica que la abertura de la malla es relativamente baja, con lo cual el área de la malla disminuye en forma considerable respecto a su área máxima, condicionando la filtración y la selectividad de la red.

En base a lo anterior, los aspectos que requieren conocerse para una evaluación crítica del arte de arrastre, basándose en aspectos de diseño, armado y construcción, son:

- Materiales empleados
- Dimensiones y pesos
- Coeficientes y relaciones
- Áreas
- Diseño y operación
- Portalones
- Selectividad
- Resistencia hidrodinámica

Objetivo 4.2.- Describir, analizar y proponer alternativas de diseño y construcción de arte de arrastre de fondo que permitan mejorar la selectividad de la especie objetivo, disminuir la fauna acompañante y reducir la interacción con el fondo marino.

Para el cumplimiento de este objetivo se trabajó sobre la base de los puntos críticos detectados en el análisis de las redes utilizadas en la pesquería de crustáceos emanado del objetivo específico 4.1. De esta forma, mediante la comprensión de los problemas actuales y de los avances tecnológicos que se han producido a nivel mundial, sumado a la incorporación de la experiencia adquirida por investigadores y usuarios (proyectos afines y entrevistas con usuarios), se proponen alternativas de diseño, construcción y armado que mejoren el desempeño funcional y operacional del arte de pesca en términos de la selectividad a la talla de la especie objetivo, disminución de la fauna acompañante y su interacción con el fondo marino.

El primer problema detectado es que las redes de arrastre actualmente en uso por la flota presentan un desempeño inapropiado, razón por la cual no es factible avanzar en temas selectivos ni de dispositivos de escape hasta la solución definitiva de esta problemática. Por lo tanto, la primera etapa del presente objetivo consistió en levantar información precisa de las redes actuales, y luego obtener diversas alternativas de diseño que logren mostrar un desempeño sustancialmente mejor, por lo cual se fijan ciertos objetivos, tales como el desempeño pseudo-cilíndrico del túnel y copo (aumentando la altura del túnel y copo), la correcta distribución de fuerzas en los componentes (manteniendo la forma ideal del diseño) y la elevación de la sección posterior de la red desde el fondo (bellys, túnel y copo). Para ello se emplea la vía de simulación dinámica por software.

Sin embargo, previo a la elaboración de las propuestas de mejoras o modificaciones de la red actualmente utilizada, se consideraron las dos vías que establecen los criterios básicos de todo rediseño en redes de arrastre; estos son a) mantener la resistencia hidrodinámica ejercida por el arte actualmente usado, permitiendo el aumento en la dimensión global de la red (aumentando la abertura de punta de alas), y b) mantener la abertura de la red actual, permitiendo reducir la resistencia y con ello las exigencias de potencia del motor (menor consumo de combustible y mayor potencia disponible). Lo anterior se discutió en el marco del objetivo 4.3, específicamente en el denominado Taller de Juicio Experto.

3.2.1.- Objetivos de diseño y construcción

Los objetivos de diseño y construcción han sido claramente establecidos en las Bases Especiales del presente proyecto, razón por la cual es fundamental definir el alcance y las perspectivas de mejoras esperadas en la presente propuesta.

3.2.1.1.- Mejorar la selectividad

La selectividad del arte de pesca sobre la especie objetivo puede verse afectada negativamente por varios elementos, individuales o combinados. Algunos de ellos son el claro de malla, el coeficiente de abertura de la malla y el desempeño de la red durante el arrastre. El claro de malla está en directa relación con el tamaño de malla y el diámetro del hilo utilizado en su construcción, debiendo buscarse aquella combinación que permita disminuir el impacto sobre la fracción inmadura de los stocks. En este sentido la propuesta se basa en utilizar materiales que cumplan con proporcionar la resistencia a la ruptura suficiente para la actividad, sin sobredimensionar los diámetros de los hilos de la red como ocurre en la actualidad.

3.2.1.2.- Disminuir la fauna acompañante

La disminución de la fauna acompañante en las capturas es un objetivo primordial dentro del rediseño de las redes de arrastre. En este sentido, el trabajo realizado permite definir los aspectos relevantes en los cuales es posible intervenir, en particular respecto a la posición, dimensiones y composición de un dispositivo de escape eficiente, siendo indispensable contar con un diseño de red que operacionalmente funcione.

Las experiencias en Chile se han basado en el posicionamiento del panel de escape en el túnel de la red, e idealmente en la sección más posterior de éste, principalmente por los diferenciales de flujos internos dentro de ésta. Esto debe entenderse en el contexto del diseño de red utilizado y la pesquería en cuestión, no siendo factible generalizar estos resultados. Sin embargo, es prudente tener presente que un cambio en el diseño actual de las redes puede llevar a cambiar la posición del dispositivo de escape respecto a los estudios realizados (Melo *et al.*, 2003 y Melo *et al.*, 2005a).

3.2.1.3.- Reducir la interacción con el fondo marino

Los componentes que tienen contacto con el fondo marino son portalones, estructuras intermedias (malletas, estándares inferiores), borlón y red. En este sentido se analiza la importancia relativa de cada componente en términos prácticos, ya que por ejemplo los portalones para redes de fondo funcionan en contacto con éste, y no es factible suponer una disminución sustancial de su interacción con el fondo, la que se encuentra minimizada por el uso de portalones Lucketa o LooChi Hu.

Sin embargo fue posible identificar que el contacto de la red sobre el fondo puede verse disminuido al cambiar los materiales empleados y el diseño de la red. Además, las experiencias

realizadas en el marco de este proyecto permitieron verificar la interacción entre diferentes configuraciones de borbón y el fondo marino.

3.2.2.- Simulación de redes de arrastre

Como se mencionara anteriormente es fundamental contar con un software de simulación de artes de arrastre, ya que de esta forma se pudo generar un mayor número de alternativas de diseño con resultados referenciales sobre su posible desempeño en condiciones de pesca. Por esta razón, se importó el software DYNAMIT elaborado por el IFREMER.

DYNAMIT es una poderosa herramienta de apoyo para la evaluación del comportamiento mecánico-hidrodinámico del arte de arrastre (geometría funcional y fuerzas involucradas en el entramado de los paños y estructuras), permitiendo evaluar uno o varios diseños en condiciones de operación pre-establecidas (velocidad, profundidad, etc.), pudiendo realizarse mejoras y correcciones en función de los resultados preliminares de cada simulación.

La simulación permite visualizar la configuración que adopta la red durante el arrastre pudiendo observarse algunas variables relevantes para el estudio, tales como:

- sección de la red que se mantiene en contacto con el fondo
- abertura y altura de la boca de la red
- abertura de portalón
- forma que adopta la red durante el arrastre
- altura que alcanzaría el túnel y copo
- tensiones de arrastre

Estas características determinan la versatilidad del software, siendo la herramienta válida a emplear en la primera etapa de la investigación. De este modo, no es necesario un gasto excesivo en construcción y evaluación de varios modelos a escala. Es posible realizar el ingreso de todos los datos de varias redes de arrastre (por panel y cuerpo), incluyendo todas las características principales de los materiales, los cuales quedan almacenados en una base de datos.

Luego de ingresada la información del diseño de la red y sus estructuras, se procede a definir y ajustar el modelo virtual del arte de arrastre, generando un documento denominado “arte de arrastre”. Posteriormente se procede a la ejecución de la simulación para obtener los resultados operacionales, lo cual queda respaldado en un documento denominado “simulación”.

El uso de este software permitió generar varios planos de red y sus respectivas simulaciones, las cuales forman parte de la información relevante que permiten proponer 6 alternativas de redes que pueden ser utilizables en la pesquería de crustáceos en Chile. A lo anterior se suma la información de la red actualmente en uso, cuya simulación permite verificar las fallas funcionales y operacionales de su diseño, armado y construcción.

Por último, es necesario señalar que este software posee otras herramientas en su menú para el análisis de la forma de la malla en operación (lo cual podría ser de utilidad para la evaluación asociada a la selectividad de las redes), y el cálculo de stress mecánico sobre el fondo marino de cualquier parte de la red (pudiendo ser usado para evaluar la interacción con el fondo marino). Estos elementos han sido incorporados recientemente al software, estando en etapa de discusión a nivel internacional.

3.2.3.- Procedimiento de cálculo referencial

El uso de herramientas para modelación computacional es una ayuda invaluable para crear y evaluar diferentes diseños de redes a un costo relativamente bajo. En este caso particular se empleó el software DYNAMIT, no obstante es fundamental contar con valores referenciales que permitan decidir si las salidas del programa son coherentes, junto con poder acotar las alternativas de redes que son comparadas. Para ello, se propuso emplear la base general de cálculo resistivo utilizada hasta la fecha, integrando las fuerzas individuales de los componentes del sistema.

3.2.3.1.- Fuerzas de abertura y arrastre de portales

El remolque de portales genera dos componentes principales durante el arrastre; la resistencia hidrodinámica al remolque y la fuerza de abertura, siendo su interacción la responsable del correcto desempeño del arte de pesca, en particular de lograr la abertura horizontal de la red. Estas fuerzas están determinadas por:

$$\text{Fuerza de abertura} = 0.5 * C_l * \rho / g * A * v^2$$

$$\text{Fuerza de arrastre} = 0.5 * C_d * \rho / g * A * v^2$$

donde:

C_l : coeficiente de abertura

C_d : coeficiente de arrastre

ρ : densidad del agua de mar (1024 kg/m³)

g : aceleración de gravedad (9,81m/s²)

- A : área proyectada del portalón
v : velocidad de arrastre

Se habla de portalones más eficientes en la medida que la relación C_l/C_d es mayor, o sea, cuando son capaces de lograr una mayor abertura con la menor resistencia posible. Ahora bien, diferentes ángulos de ataque del portalón generan coeficientes resistivos y de abertura distintos, por lo cual se debe tener en cuenta las curvas de desempeño de los portalones a distintos ángulos de ataque, las cuales pueden ser proporcionadas por el proveedor o bien extraídas del “Otterboard performance and behaviour” desarrollado por Seafish, IFREMER & DIFTA (1993).

En términos de la influencia de la resistencia de los portalones en la resistencia total del arte de pesca, considerando su peso sumergido, es posible señalar que las experiencias en tanques de prueba indican que, para redes de arrastre de fondo en general, los portalones representarían el 25% de la resistencia total. La red en tanto corresponde al 53%, el borlón al 8%, las malletas y estándares al 7%, los cables de cala al 4% y los flotadores al 3%.

3.2.3.2.- Resistencia de los flotadores

La resultante de la resistencia de los flotadores se determina a partir de la resistencia hidrodinámica individual de cada uno de los elementos de flotación, para lo cual se consideran éstos como unidades esféricas. La resistencia unitaria de un flotador estará dada entonces por:

$$R_{flot} = 0,5 * \rho * v^2 * (\pi * df^2 / 4) * C_f$$

Mientras que la resistencia total de los flotadores corresponde a:

$$R_{flotadores} = R_{flot} * n_{flot}$$

donde:

- ρ : densidad másica del agua de mar (104,6 kg s²/m⁴)
v : velocidad de arrastre (m s⁻¹)
df : diámetro del flotador
C_f : coeficiente resistivo de la esfera (dependiente del número de Reynolds)
n_{flot} : número de flotadores que componen el sistema

3.2.3.3.- Resistencia de cables

En términos de la resistencia de los cables se emplea un procedimiento común para cables de cala, estándares y malletas, que considera tanto las características propias de los elementos como los ángulos con los cuales cada uno enfrenta el flujo. En este caso se empleó la propuesta de Ferro & Hou (1984). Es posible señalar entonces que:

$$\text{Resistencia de los cables} = 0,5 * \rho * v^2 * d_c * l_c * C_x$$

donde:

- dc : diámetro del cable
- lc : longitud del cable
- Cx : coeficiente resistivo del cable en el eje x

$$C_x = C_d * \sin^3 \phi + \pi * C_f$$

donde:

- Cd : coeficiente hidrodinámico de cables
- ϕ : ángulo respecto al eje de movimiento
- Cf : coeficiente de resistencia por efectos friccionales

3.2.3.4.- Resistencia de la red

Para la determinación de la resistencia de la red se empleó en un modelo básico de resistencia hidrodinámica (Giannotti, 1973), correspondiente a:

$$\text{Resistencia de la red} = 0,5 * \rho * v^2 * A_S * C_d$$

donde:

- AS : es el área sólida expuesta de la red
- Cd : es el coeficiente resistivo de la red

El área sólida de la red se determinó a partir del área individual de los elementos que la componen, siendo necesario considerar las características de los materiales involucrados en cada cuerpo de la red. La información relevante por cuerpo es la siguiente:

- a) Diámetro del hilo (ϕ_h) y nudo (ϕ_n)
- b) Tamaño de malla (t#)
- c) Número de mallas totales (N#) = (A + a) * d

Donde

- A : número de mallas en la parte superior del cuerpo
a : número de mallas en la parte inferior del cuerpo
d : número de mallas de altura del cuerpo

El área sólida del cuerpo i-ésimo (AS_i) para cada cuerpo de la red será entonces:

$$AS_i = N\# * [2 * ((t\#/2 - \phi n) * \phi h) + (9 * \pi) / 4 * \phi h^2]$$

Mientras que el área sólida total (AS) de la red será:

$$AS = \sum AS_i$$

3.2.3.5.-Fuerzas totales del arte de pesca

Las fuerzas totales del arte de pesca están asociadas a las estructuras y componentes que son remolcados a una cierta velocidad, por lo cual la sumatoria de las resistencias individuales permite determinar las fuerzas o resistencias totales del sistema. Esto es de gran importancia para establecer situaciones de equilibrio estático, a partir de lo cual es posible predecir los valores geométricos básicos del sistema, entre los cuales se destaca la abertura de portalones, abertura de punta de alas, ángulos de ataque de los cables, etc. Cabe señalar que la resistencia total del arte se asocia directamente con el empuje a velocidad de arrastre de la embarcación.

$$\sum F_x = R_{\text{cables_de_cala}} + R_{\text{portalón}} + R_{\text{malletas}} + R_{\text{estándares}} + R_{\text{flotadores}} + R_{\text{red}}$$

3.2.3.6.- Fuerza disponible para el arrastre

La fuerza disponible para el arrastre es una variable que depende de la potencia al freno de la embarcación (BHP), existiendo diversos métodos que se aproximan a la potencia efectiva (EHP) destinada para el arrastre. Uno de estos métodos es el indicado por Nomura y Yamazaki (1977), el cual corresponde a:

$$EHP = BHP * k1 * k2 * k3$$

donde:

EHP : potencia efectiva

BHP : potencia al freno (requerida para generar torque)

k1 : coeficiente de seguridad de uso del motor (0,85-0,9)

k2 : coeficiente de estado del mar y dimensiones de la nave (0,8-0,85)

k3 : coeficiente de eficiencia de la hélice (0,22-0,23)

Es necesario considerar además que Nomura (1977) señala la relación entre la resistencia del arte y la potencia efectiva de la nave, dada por:

$$R = (75 * EHP) / v$$

donde:

R : resistencia total de arte de pesca (ΣFx)

v : velocidad de arrastre

3.2.3.7.- Abertura de punta de alas y portalones

El análisis estático se realiza aplicando teoría de paños en función a las características propias de cada red de arrastre, determinándose principalmente el ángulo de entrada (ϕ_0) y la abertura de punta de alas según la geometría de la red, de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$\phi_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (\phi_i * l_i) + (l_{T-C} * f)}{\sum_{i=1}^n (l_i) + l_{T-C} * f}$$

donde:

ϕ_i : ángulo de entrada del cuerpo i

l_i : longitud del cuerpo i

IT-C : longitud del túnel y copo

f : factor asociado a la longitud del túnel y copo (0,75-0,85)

Mientras que la abertura de punta de alas se determina según:

$$APA_{teorico} = 2 * \mu_2 * tg(\phi_0) * l_{total}$$

donde:

μ_2 : coeficiente de altura de la malla

l_{total} : longitud total de la red, considerando el factor asociado a la longitud del túnel y copo

En tanto que la abertura del portalón será:

$$AB_Port = 2 \times sen(\phi_0) \times (Lpg + Lm + Lst + Lred)$$

Objetivo 4.3.- Someter a juicio experto las alternativas de diseño y identificadas en el objetivo 4.2, mediante lo cual se deberá seleccionar el (los) arte(s) a construir y evaluar.

En el marco del objetivo 4.2 se generaron una serie de alternativas de diseño de redes de arrastre para las pesquerías de crustáceos, las cuales buscaron integrar desde su concepción los objetivos de selectividad, reducción de fauna acompañante y disminución de la interacción con el fondo marino. Sin embargo, fue fundamental contar con la perspectiva de expertos en la materia, quienes pudieron aportar a la selección del mejor prototipo.

El juicio experto puede estar determinado por la especialización de un profesional en la materia como por el *know-how* adquirido en el tiempo respecto a un tema en particular. Sin embargo, esta visión dejaría de lado a algunos interesados en la investigación que de una u otra forma pueden también aportar a la selección del diseño de red apropiado o a la generación de normas y procedimientos que la regularán en un futuro. Por este motivo, se abordó el presente objetivo mediante la conformación de tres grupos o niveles, a saber: 1) nivel experto, 2) nivel usuario y 3) nivel administración pesquera. A continuación se procede a describir cada uno de estos niveles, su composición, metodología de trabajo y objetivos.

3.3.1.- Nivel usuario

3.3.1.1.- Objetivo

El objetivo fue interiorizar a los futuros usuarios de la red nueva de arrastre en los conceptos que la caracterizan, tanto de diseño, armado y construcción, de tal forma que puedan referirse respecto a la viabilidad funcional de su uso y las posibles limitantes operacionales. En este sentido se procuró identificar e integrar todas aquellas limitantes que pudiesen existir de manera de que fueran incorporadas al taller de expertos.

Por otra parte otro objetivo de esta actividad fue el definir la vía de dimensionamiento que se tomaría, teniendo en cuenta la incorporación del nuevo re-diseño de la red de arrastre. En este sentido las dos vías de dimensionamiento fueron:

1. Reducción en los costos de consumo de combustible, producto de la disminución de la resistencia hidrodinámica de la red (resultado en la disminución de la solidez de la red), lo que generaría un delta de potencia en HP libre, o
2. Un aumento en la dimensión de la red producto de esta potencia disponible extra para el arrastre.

3.3.1.2.- Método de trabajo

El método consistió en la realización de un taller, en el cual se establecieron los objetivos de esta actividad de manera de generar los aportes necesarios (variables de entrada y restricciones) para el posterior trabajo del grupo experto. En este taller se presentó las simulaciones de la red utilizada actualmente por la flota.

Debido a la concentración de la actividad en la IV Región, se procedió a realizar dicha actividad en las dependencias de la Asociación de Industriales Pesqueros IV Región (AIP) en Coquimbo, para lo cual se procedió a realizar una invitación ampliada a jefes de flota y redes, capitanes y armadores que participan en esta actividad de la extracción de crustáceos por medio de redes de arrastre de fondo.

3.3.1.3.- Composición

Este taller estuvo integrado por patrones de pesca, jefes de redes, jefes de flota y armadores, lográndose una participación de 12 personas en total. Los integrantes del equipo profesional del proyecto actuaron como moderadores en el grupo de trabajo, debiendo sintetizar las observaciones, comentarios y propuestas de los participantes.

3.3.2.- Nivel experto

3.3.2.1.- Objetivo

El objetivo de esta actividad fue conformar un grupo de expertos que asesoró al equipo de trabajo en el análisis, evaluación y selección del diseño más adecuado para las pesquerías de crustáceos. La idea fundamental fue que los expertos pudieran interiorizarse en el procedimiento de trabajo para aportar con antecedentes, comentarios y observaciones respecto a los diseños que se generen, referentes a aspectos técnicos de su hidrodinámica y geometría funcional, construcción y operatividad.

El resultado del trabajo del grupo de expertos fue la selección de una alternativa viable de manera que sea incorporada en las pesquerías de crustáceos.

3.3.2.2.- Método de trabajo

Se propuso dos métodos de trabajo con el grupo de expertos; 1) revisión y discusión a distancia vía correo electrónico, y 2) un taller de trabajo ampliado.

El primer método de trabajo permitió mantener informados a los expertos respecto al estado de avance de los diseños desarrollados, los cuales se enviaron por correo electrónico para su revisión y discusión, de tal forma de lograr hacer comentarios y observaciones para la mejora de dichos diseños. Este método resultó práctico en este caso, debido a la diversidad de los lugares en que se desempeñan laboralmente.

En este sentido para lograr lo descrito anteriormente fue necesario elaborar un informe técnico (entregado a los expertos un mes previo al taller) en el cual se describieron técnicamente el estado del arte a nivel mundial y en especial la realidad chilena en lo concerniente al arte de pesca utilizado. Para tales efectos se tomaron en cuenta tópicos como: antecedentes biológicos-pesqueros de la especie, de fauna acompañante, de la flota, del arte de pesca y finalmente investigaciones realizadas a nivel de dispositivos de fauna acompañante y experiencias de selectividad de crustáceos en Chile.

El segundo método consistió en un taller de trabajo ampliado, siguiendo la dinámica de los Working Groups que han impulsado exitosamente el International Council for the Exploration of the Sea (ICES). Este taller de trabajo tuvo una duración de dos días y se realizó en Valparaíso. Y se aplicaron dos modalidades de trabajo para responder satisfactoriamente a los objetivos planteados:

1. La primera modalidad consistió en la presentación del estado del arte a nivel mundial en todo o que se relaciona con la pesquería de crustáceos.
2. La segunda consistió en el trabajo grupal con moderadores por parte del equipo ejecutor, en el cual se optó por estructurar el trabajo en cuatro módulos, siendo estos:
 - a. Módulo I (Materiales)
 - b. Módulo II (Diseño y construcción)
 - c. Módulo III (BRD y Selectividad)
 - d. Selección del Prototipo de red

3.3.2.3.- Composición

El grupo de expertos que participó en el proyecto estuvo compuesto por profesionales y técnicos que se desempeñan en diferentes áreas del quehacer, relacionados directamente con el diseño, construcción, evaluación y operación de redes de arrastre. Este panel de experto estuvo compuesto por 7 profesionales, pudiendo integrar experiencias con profesionales con amplios conocimientos en el diseño, construcción y armado de redes de arrastre, como así también en el campo de la investigación en la pesquería de crustáceos y en la operación del arte de pesca.

3.3.3.- Nivel administración pesquera

3.3.3.1.- Objetivo

El objetivo principal del trabajo con profesionales relacionados con la administración pesquera fue exponer las alternativas de diseño seleccionadas y discutidas en el trabajo con expertos y usuarios, de tal forma de interiorizarlos en las principales características de la red de arrastre con perspectivas de manejo y fiscalización.

3.3.3.2.- Metodología

Se llevó a cabo un taller de presentación de resultados parciales, en el cual se expuso los diseños de redes evaluados por medio de simulación por software. En este taller se presentó la visión detallada de las bondades del diseño seleccionado, principalmente referida a la selectividad de las redes, reducción de la fauna acompañante y disminución de la interacción con el fondo. Este taller se llevó a cabo en la Escuela de Ciencias del Mar de la PUCV, y tuvo una duración de ½ día.

3.3.3.3.- Composición

Para la realización de esta actividad se realizó una invitación ampliada a profesionales representantes de la Subsecretaría de Pesca, del Servicio Nacional de Pesca, del Consejo de Investigación Pesquera y de las Direcciones Zonales de Pesca.

Objetivo 4.4.- Evaluar la(s) mejor(es) alternativa(s) de diseño y construcción de artes de arrastre para la pesquería de crustáceos demersales.

Es necesario recordar que en los objetivos anteriores se realizó una revisión de los principales problemas asociados al arte de pesca actual y su influencia sobre la selectividad, el escape de la fauna acompañante y la interacción con el fondo marino. También se desarrollaron una serie de alternativas de diseño que puedan ser utilizables en la pesquería, principalmente para mejorar el desempeño funcional y operacional de las redes, lo cual se consultó a expertos nacionales e internacionales para decidir la mejor opción a desarrollar. Este procedimiento permitió disminuir el espectro de opciones posibles, considerando como base los objetivos de sustentabilidad establecidos en las bases especiales.

En este objetivo en particular se plantea una metodología que permitió analizar diversos aspectos del arte de pesca, empleando tanto modelos a escala como una red de tamaño real. Según su finalidad, las pruebas a escala se realizaron en el Instituto Nacional de Hidráulica (Santiago), Laboratorio de Tecnología Pesquera (PUCV) y Marine Institute (Newfoundland-Canadá). Por su parte, las pruebas con red a escala real se realizaron directamente en el mar, en las zonas de pesca de la flota arrastrera entre la IV y V Regiones. Las actividades abordadas en este objetivo son fundamentalmente 6, correspondiendo a:

Actividad	Lugar	Objetivo principal
1. Túneles y copos a escala en canal de prueba	Instituto Nacional de Hidráulica (INH)	Análisis comparativo de: - Componente resistiva de túneles y copos - Configuración y desempeño de túneles y copos - Flujos internos en túneles y copos
2. Trenes de arrastre a escala en canal de prueba	Laboratorio Tecnología Pesquera (TECPES)	Análisis comparativo de: - Índices de penetración en el sustrato - Índices de sedimentación
3. Red prototipo a escala en túnel de prueba	Túnel de prueba del Marine Institute (Newfoundland - Canadá)	Evaluar el desempeño de la red a escala en términos de: - Configuración - Fuerzas de arrastre - Abertura y altura
4. Desempeño de red a escala real	Áreas de pesca entre la IV y V Regiones	Evaluar el desempeño de la red en términos de: - Abertura - Contacto con el fondo - Captura objetivo y rendimientos de pesca - Composición de las capturas
5. Esquema selectivo de red escala real		Determinar el esquema selectivo de diversas combinaciones de tamaño y configuración de mallas, comparando las proporciones de captura a la talla
6. Efecto de escape de red escala real		Comparar la composición de especies en las capturas debido a uso de dispositivos de escape en la red

3.4.1.- Túneles y copos a escala en canal de prueba del Instituto Nacional de Hidráulica (INH)

Los ensayos se realizaron en el Canal de Calibraciones del Instituto Nacional de Hidráulica (INH) en Peñaflores, que tiene 75 m de largo, 1,5 m de ancho y 1,5 m de profundidad. Sobre rieles perfectamente alineados y nivelados, se desplaza un carro accionado eléctricamente y controlado por un sistema Ward-Leonard (Fig. 2), que permite ajustar velocidades estables, con una fluctuación menor al 0,01%, de acuerdo a la calibración efectuada por el CESMEC.

La velocidad real del carro es medida en un registrador de papel (Fig. 3), con motor de arrastre sincrónico, que traza las marcas de una base de tiempo de cuarzo y las revoluciones de una rueda calibrada de 1,5 m de perímetro (Fig. 4), como medida de la distancia recorrida. La rueda tiene un perímetro calibrado de 1500,3 mm, incertidumbre de 0,1 mm, según calibración N° 84002 del CESMEC.

Para el montaje de las redes a ensayar, se construyó un soporte de acero (Fig. 5), que permite amarrar la red a ensayar, mediante un hilo. El esfuerzo horizontal, correspondiente al arrastre de la misma, se mide mediante dos sensores de esfuerzo conectados al hilo de amarre de la red. Se utilizaron dos sensores de esfuerzo para abarcar el rango adecuado. Se dispusieron tres toberas distribuidas en la vertical, frente a la boca de la red, para inyectar tinta (solución de Permanganato de Potasio) y observar las líneas de turbulencias del fluido.

Los sensores de esfuerzo utilizados son marca BLH Electronics, modelo Alpha Load Beam (Fig. 6), con una capacidad máxima de 50 N. Las principales características de estos sensores son su inmunidad a las variaciones de luz y a la temperatura ambiente, y una muy baja deriva del cero. Los sensores fueron calibrados individualmente mediante un peso conocido de 50,0 g. Se les asignó una equivalencia de 0.5V para 50 g. Se utilizaron dos módulos Strain-Gauge del DHI (Danish Hydraulic Institute) como unidades amplificadoras y acondicionadoras. La señal de salida de ambas unidades se conectó a un módulo de Suma y Diferencia del DHI, compuesto por un amplificador diferencial de alta velocidad, ajustado para sumar instantáneamente ambas señales de los sensores. De esta forma es posible registrar el esfuerzo total real requerido en el arrastre de cada red.

Como voltímetro se utilizó un multímetro digital marca Data Precisión modelo 1351 clase 0,1 (Fig. 7), con una velocidad de muestreo de 4 Hz, el que fue previamente calibrado con una referencia de tensión Nacional Semiconductor de 1% de deriva. Las corrientes de excitación de los sensores de esfuerzo se ajustaron utilizando como patrón de medida, una resistencia de precisión marca RCL 7010, de 200 Ω , y 0.1% de tolerancia. Debido a la estabilidad de las variables involucradas en los ensayos, no fue necesario utilizar un Data Logger, para recopilar series de datos en cada carrera.

Los ensayos se efectuaron a 1,0 metro de profundidad en el agua. Antes de cada carrera, se esperó el tiempo necesario para el reposo de cada red, la quietud del agua y se ajustó el cero de cada sensor de esfuerzo. Cada carrera de ensayo, fue fotografiada y filmada a través de una ventana lateral tanto por profesionales de la PUCV como del INH.



Figura 2. Carro eléctrico.



Figura 3. Rueda del carro.



Figura 4. Registrador de velocidad.



Figura 5. Soporte para las redes.



Figura 6. Sensor de esfuerzo.



Figura 7. Multímetro digital.

Se construyeron 7 modelos a escala de túneles y copo de redes de arrastre de 2 m de longitud y 2,5 m de perímetro. Los materiales y configuraciones de mallas utilizadas correspondieron a:

- a) Tamaño de malla de 2" – Titulación de hilo 210/96 – Malla romboidal
- b) Tamaño de malla de 1,5" – Titulación de hilo 210/96 – Malla romboidal
- c) Tamaño de malla de 2,5" – Titulación de hilo 210/96 – Malla romboidal
- d) Tamaño de malla de 2" – Titulación de hilo 210/192 – Malla romboidal
- e) Tamaño de malla de 2" – Titulación de hilo 210/96 – Malla cuadrada
- f) Tamaño de malla de 2" – Titulación de hilo 210/96 – Malla romboidal rotada T90
- g) Tamaño de malla de 2" – Titulación de hilo 210/96 – Malla romboidal con panel de escape

Para cada modelo a escala se realizó un mínimo de 4 experiencias de arrastre a diferentes velocidades, siendo el rango global de velocidades utilizadas entre 0,21 y 1,34 m/s, lo que equivale a un rango entre 0,41 y 2,61 nudos.

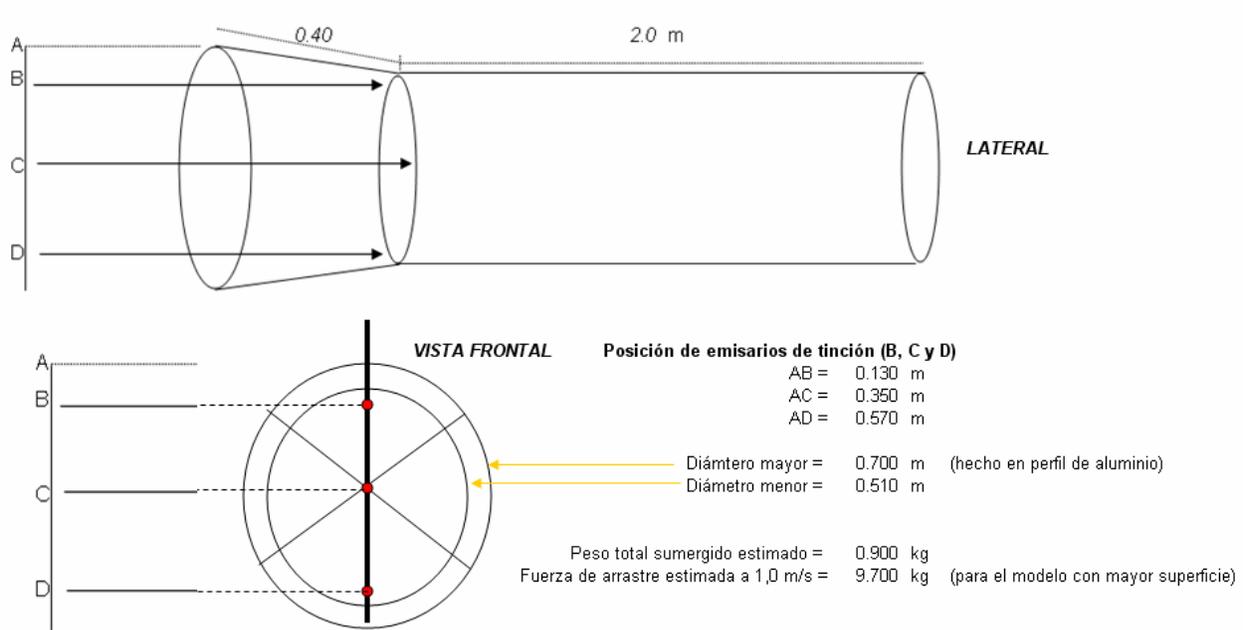


Figura 8. Esquema de las dimensiones y configuración de los túneles empleados en el canal de prueba.

3.4.2.- Trenes de arrastre a escala en canal de prueba

Para evaluar el desempeño de los trenes de arrastre empleados en la pesquería de crustáceos en Chile se diseñó y construyó un canal de pruebas de 2,5 m de longitud, 0,8 m de ancho y 0,4 m de alto, con una capacidad de 0,5 m³ de agua y 0,1 m³ de arena para simular el fondo marino. Para su construcción se utilizó madera melamina de 18 mm de espesor, uniéndose las placas con silicona transparente y tornillos tipo soberbio de 2". Se ubicaron en el canal dos ventanas de vidrio de 5 mm de espesor en las caras frontal y lateral de 0,50 x 0,20 m y 0,93 x 0,20 m respectivamente.

Se construyó un sistema de remolque sobre rieles de 2 m de longitud, los cuales fueron fijados a unos listones de madera ubicados en los bordes inferiores del canal. En los rieles se instaló una guía de plástico para permitir el libre movimiento del dispositivo durante el remolque. Lo anterior permite una distancia recorrida efectiva de 1,73 m medidos desde la guía hasta el tope del rodillo del riel.

Las características de los borlones utilizados en las experiencias son:

BORLON	LONGITUD	COMPOSICION	PESO LINEAL
Embarrilado	1,3 m	Cable + cadena + tela + cabo PA	0,45 kg/m
Caucho	1,3 m	Cable + cadena + tela + discos caucho	0,35 kg/m
Mixto	1,3 m	Cable + cadena + tela + discos caucho + cabo PA	0,38 kg/m

La totalidad de las experiencias realizadas fueron filmadas con una cámara de video digital Sony Handycam TRV17, lo que facilita su revisión posterior y digitalización. Respecto a la determinación de las velocidades de remolque, se registró el tiempo desde el inicio del remolque del borlón hasta su detención con dos cronómetros digitales, tiempos que se verificaron posteriormente con los registros digitales de las grabaciones. A esto se suma la instalación de 3 marcas a 0,98, 1,48 y 1,98 m de distancia desde la ventana frontal para verificar cualitativamente la visibilidad al interior del canal.

3.4.3.- Red prototipo a escala en túnel de prueba (Marine Institute-Canadá)

La evaluación del desempeño de la red prototipo, diseñada por el equipo de trabajo y seleccionada en conjunto con expertos y usuarios, se realizó en el túnel de prueba del Center for Sustainable Aquatic Resources (CSAR) del Fisheries & Marine Institute de la Memorial University of Newfoundland (Canadá), el cual tiene 22 metros de longitud, 8 metros de ancho y 4 metros de profundidad, con una capacidad de 1,7 millones de litros y una velocidad de flujo de hasta 1 m/s.

El plano de cortes y estructuras en detalle fue enviado con un mes de anticipación a la evaluación en el túnel de prueba, de tal manera que el equipo de ingenieros y técnicos del CSAR pudieran llevar a escala la red. Conforme a las dimensiones de la red original, la escala utilizada correspondió a:

- Escala de longitud : 1 : 5
- Escala de velocidad : 1 : 5
- Escala de área : 1 : 29,73
- Escala de fuerza : 1 : 148,67

El equipamiento utilizado en el túnel de prueba permitió registrar la siguiente información:

- Abertura de portalones
- Abertura de puntas de ala
- Altura de la boca de la red
- Altura interna del túnel
- Distancia desde el fondo hasta los cuerpos inferiores de la red
- Resistencia al avance
- Angulo de las malletas

Las pruebas realizadas consistieron básicamente en observar y registrar los parámetros generales de desempeño de la red, haciéndose variaciones y ajustes de:

- Velocidad de arrastre
- Flotación en la relinga superior
- Longitud de estándares
- Separación entre portalones
- Modificación la estructura lateral de unión entre paneles (lacha)

3.4.4.- Desempeño de red a escala real

Para evaluar el desempeño funcional de las redes de arrastre se emplearon diferentes equipos que permiten conocer:

- Abertura de punta de alas, para lo cual se emplea el sistema Trawlmaster de Notus Electronics.
- Contacto con el fondo marino, usándose en este caso un inclinómetro fabricado por Mc Marine Instruments.
- Estabilidad de la red y comportamiento de las especies capturadas, empleándose una cámara submarina de Mariscope.

3.4.5.- Análisis de la captura y efectos selectivos en las redes de arrastre

Se llevó a cabo un total de 8 mareas tendientes a evaluar desempeño de las redes de arrastre (actual y prototipo), cuantificar la captura, evaluar rendimientos de captura e identificar efectos selectivos asociados a diferentes configuraciones de malla en el túnel y copo (Tabla 1).

Tabla 1. Objetivos propuestos para cada viaje de evaluación de la red prototipo.

MAREA	OBJETIVOS DE LA MAREA	ESPECIE OBJETIVO Y ZONA
1	Probar la red nueva de polietileno en operación Verificar si existen problemas operacionales con la red nueva Evaluar el desempeño de la red nueva de polietileno	Camarón nailon IV Región
2	Realizar una pesca comparativa entre la red nueva de polietileno y la red actual de nylon Probar en dos lances maniobras de menor longitud para verificar el desempeño de la red	Camarón nailon IV Región
3	Probar uso de maniobras de menor longitud para verificar el desempeño de la red	Langostino colorado IV Región
4	Realizar una pesca comparativa entre la red nueva de polietileno y la red actual de nylon Evaluar el desempeño de la red actual	Langostino colorado IV Región
5	Evaluar selectividad mediante lances alternados de la red nueva de polietileno bajo tres configuraciones distintas en túnel y copo; a) malla romboidal de 47 mm de claro, b) malla cuadrada de 23 mm de claro de barra, c) malla cuadrada de 23 mm de claro de barra y ventana de escape de malla cuadrada de 40 mm de	Camarón nailon V Región

	longitud de barra en la sección anterior del túnel. Filmaciones submarinas del comportamiento de escape de merluza y desempeño de la red (condicionado a estado del mar)	
6	Evaluar selectividad mediante lances alternados de la red nueva de polietileno bajo tres configuraciones distintas en túnel y copo; a) malla romboidal de 47 mm de claro, b) malla cuadrada de 23 mm de claro de barra, c) malla cuadrada de 23 mm de claro de barra y ventana de escape de malla cuadrada de 40 mm de longitud de barra en la sección anterior del túnel. Filmaciones submarinas del comportamiento de escape de merluza y desempeño de la red (condicionado a estado del mar)	Camarón nailon V Región
7	Evaluar desempeño de la red nueva de polietileno bajo diferentes condiciones de velocidad y relación de cable:profundidad. Lances alternados a langostino amarillo (malla romboidal y malla cuadrada).	Langostino amarillo V Región
8	Lances alternados a camarón nailon (malla romboidal, cuadrada y con dispositivo). Evaluar selectividad mediante lances alternados de la red nueva de polietileno bajo tres configuraciones distintas en túnel y copo; a) malla romboidal de 47 mm de claro, b) malla cuadrada de 23 mm de claro de barra, c) malla cuadrada de 23 mm de claro de barra y ventana de escape de malla cuadrada de 40 mm de longitud de barra en la sección anterior del túnel. Filmaciones submarinas del comportamiento de escape de merluza y desempeño de la red (condicionado a estado del mar).	Camarón nailon IV Región

Tabla 2. Materiales utilizados en la construcción de red prototipo y las alternativas de túneles y copos.

Ubicación	Tamaño de malla (mm)	Claro de barra (mm)	Diámetro de hilo (mm)	Configuración y construcción
Panel superior	80 ⁽¹⁾	-	3,0	Romboidal PE trenzado
Panel inferior	56 ⁽¹⁾ / 47 ⁽²⁾	-	2,5	Romboidal PE trenzado
Túnel y copo tradicional	54 ⁽¹⁾ / 47 ⁽²⁾	-	3,0	Romboidal PE trenzado
Túnel y copo alternativa 1 (malla cuadrada)	-	23	3,0	Cuadrada PE trenzado
Túnel y copo alternativa 2 (malla cuadrada con dispositivo de escape)	- -	23 40 ⁽³⁾	3,0 3,0	Cuadrada PE trenzado

(1) Tamaño de malla entre nudos consecutivos

(2) Tamaño de malla interno (claro de malla) entre nudos consecutivos

(3) Claro de barra del dispositivo de escape

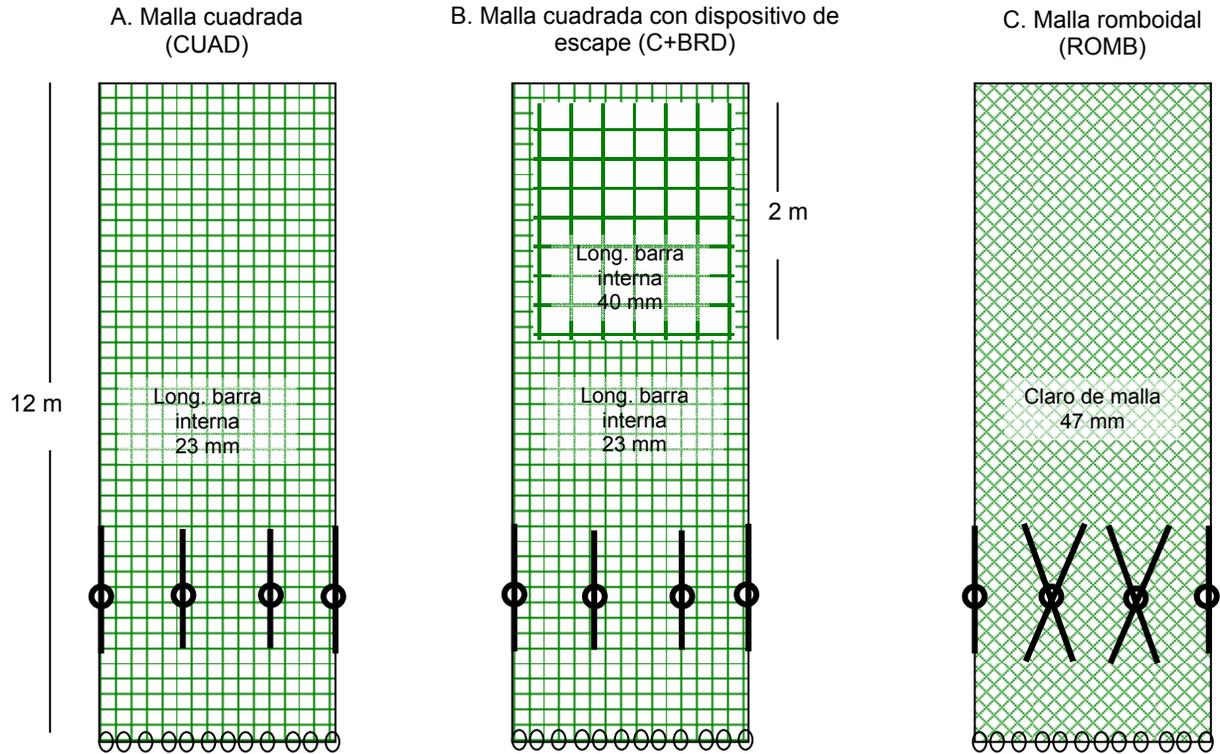


Figura 9. Esquema general de los túneles y copos empleados en con la red prototipo (A: malla cuadrada, B: malla cuadrada con dispositivo de escape y C: malla romboidal).

En el caso de los rendimientos de captura, se emplearon dos indicadores principales para evaluar y comparar el desempeño operacional en lances del nuevo diseño con respecto a lances con la red anterior. Se utilizó tanto el esfuerzo por hora de arrastre como por superficie efectiva de arrastre, empleándose en este último caso sensores de abertura de punta de alas (APA) y de contacto de fondo (BCS) para determinar ancho medio de barrido y tiempo total de arrastre efectivo. Los indicadores utilizados son:

- CPUE_fac ($Y_{fac_{id}}$): Captura en peso por unidad de esfuerzo de fauna acompañante (por especie, individuales o en su conjunto).

$$Y_{fac_{id}} = \sum_{i=1}^n \frac{C_{fac_{id}}}{f_{id}}$$

- CPUE_obj ($Y_{obj_{id}}$): Captura en peso por unidad de esfuerzo de especie objetivo.

$$Y_{obj_{id}} = \sum_{i=1}^n \frac{C_{obj_{id}}}{f_{id}}$$

donde,

i : lance de pesca

d : tipo de red o configuración utilizada

Y : captura por unidad de esfuerzo

C_i : captura en peso del lance i

fac : captura de fauna acompañante (por especie individual o en su conjunto)

obj : captura en peso de la especie objetivo

f_{id} : unidad de esfuerzo aplicado en el lance i con el tipo de red d

Por su parte, el análisis de composición de las capturas se basó tanto en términos absolutos como relativos, tanto en número como en peso, de cada especie registrada en los lances realizados con las redes de arrastre utilizadas. Junto a la participación relativa y la frecuencia de ocurrencia se emplearon también los siguientes indicadores:

- Fac_Ctot: Proporción en peso de fauna acompañante (por especie) relativo a la captura total.

$$Fac_Ctot = \frac{Cfac_{id}}{(Cfac_{id} + Cobj_{id})}$$

- Fac_Cobj: Proporción en peso de fauna acompañante (por especie) relativo a la captura objetivo del lance.

$$Fac_Cobj = \frac{Cfac_{id}}{Cobj_{id}}$$

- Cobj_Ctot: Proporción en peso de la especie objetivo relativo a la captura total.

$$Cobj_Ctot = \frac{Cobj_{id}}{(Cfac_{id} + Cobj_{id})}$$

donde,

i : lance de pesca

d : tipo de red o configuración utilizada

Cfac : captura de fauna acompañante (por especie o total)

Ctot : captura total (fauna acompañante + captura objetivo)

Cobj : captura de la especie objetivo

Respecto al análisis del esquema selectivo de las redes de arrastre utilizadas, es importante destacar que el trabajo realizado se basó en la composición por tallas de la captura objetivo en términos de la proporcionalidad de retención a la talla. Si bien es cierto el mejor método de análisis corresponde generalmente al de copo cubierto, se priorizó el desempeño operacional de la red sobre el análisis selectivo, postergándose dicho método para una etapa futura de investigación. En el análisis del esquema selectivo se consideró seleccionar al azar una submuestra de la captura, a partir de la cual se midió la longitud cefalotorácica de un mínimo de 400 ejemplares por lance ($\pm 1,0$ mm). En el caso de merluza común, se consideró una muestra mínima de 100 ejemplares con su respectiva longitud total para el análisis del esquema selectivo. La proporción de ejemplares a la talla por lance se determinó según la siguiente expresión:

$$P_{kd} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_{idk} C_{id}}{n_{id} C_d} \right)$$

donde:

- i : lance (i = 1, 2, ...)
- l : número total de lances realizados con la configuración d
- d : configuración utilizada
- k : talla
- n_k : número de ejemplares a la talla k
- N_{id} : número total de ejemplares capturados en el lance i con la configuración d
- C_d : captura total con la configuración d
- p_{kd} : proporción de ejemplares de talla k con la configuración d

Un índice importante de destacar corresponde a la relación comparativa entre proporciones de talla empleando dos tamaños o configuraciones de malla distintas (se denomina en este caso como índice relativo de proporciones a la talla o IRPT), el que está dado por:

$$IRPT_k = \frac{P_{kd1} - P_{kd2}}{P_{kd2}}$$

donde valores en torno a 0,5 indicarán que la probabilidad que un individuo de talla k es la misma en ambas redes, razón por la cual no existiría efecto selectivo.

En términos generales, los indicadores utilizados para evaluar el esquema selectivo de las redes de arrastre y poder observar efectos de escape fueron:

Especie	Indicadores	Descripción
Camarón nailon Langostino amarillo Langostino colorado	L ₂₅ L ₅₀ L ₇₅ Talla media IRPTk	Longitud de retención al 25% Longitud de retención al 50% Longitud de retención al 75% Longitud total promedio Índice relativo de proporciones a la talla
Merluza común	$p_k < 20$ $p_k < 30$ $p_k < 37$ L ₅₀ IRPTk	Proporción de ejemplares menores a 20 cm de LT Proporción de ejemplares menores a 30 cm de LT Proporción de ejemplares menores a 37 cm de LT Longitud de retención al 50% Índice relativo de proporciones a la talla

Para el análisis estadístico de la información de captura (en número y peso), rendimientos (en número por milla náutica cuadrada, en kilogramos por hora y en toneladas por milla náutica cuadrada) y tallas de retención y referenciales se empleó el test F de Levene para evaluar la igualdad de varianzas y el test t de Student para la igualdad de medias.

Objetivo 4.5.- Construir los planos técnicos de la(s) alternativa(s) seleccionada(s) y documentos de divulgación que incorporen el diseño, armado y construcción de artes de arrastre de fondo para pesquería de crustáceos demersales.

3.5.1.- Planos técnicos del arte de pesca

3.5.1.1.- Planos de red

- a) Estructuras por cuerpo
 - Diámetro
 - Longitud
 - Tipo de material/construcción
- b) Cuerpos
 - N° de mallas (superior-inferior-alto)
 - Diámetro del hilo
 - Corte
 - Tipo de material/construcción
 - Embande (boca de la red y túnel-copo)
- c) Flotación
 - N° de flotadores
 - Diámetro del flotador
 - Boyantez del flotador
 - Cabo de flotación
- d) Borlón (según tipo de borlón seleccionado)
 - N° de elementos
 - Peso lineal seco
 - Separación entre elementos
 - Dimensiones de los elementos
 - Dimensión cabo/cable/cadena

3.5.1.2.- Amarinamiento

- a) Malletas
 - Longitud
 - Material/Construcción
 - Diámetro

- b) Estándares
 - Longitud
 - N° de elementos
 - Tipo de material /construcción
 - Diámetro
- c) Portalón
 - Tipo (Modelo)
 - Dimensiones
 - Tipo de material
 - Peso
- d) Patas de gallo
 - N° de elementos
 - Longitud
 - Tipo de materia/construcción
 - Diámetro

3.5.1.3.- Dispositivos de escape

- a) Materiales utilizados
 - Tamaño de malla (o longitud de barra)
 - Configuración de la malla (romboidal o cuadrada)
 - Número de mallas (largo y ancho)
 - Diámetro de hilo
 - Flotación (si se requiere)
 - Cabos estructurales (si se requiere)
- b) Posición relativa
 - Número de mallas respecto a la lacha
 - Número de mallas respecto al inicio del cuerpo en que se encuentra instalado
 - Número de mallas respecto al fin del cuerpo en que se encuentra instalado

4.- RESULTADOS

Objetivo 4.1.- Realizar una evaluación crítica de las principales desventajas del arte de arrastre empleado en Chile, en términos de su desempeño e impactos, contrastando con el estado del arte a nivel mundial.

4.1.1.- Estado de arte nacional

Previo a la caracterización del arte de pesca en las pesquerías de crustáceos en Chile es imprescindible describir en forma general el sub-sistema buque (motor), debido a su relevancia en la determinación de la dimensión del arte de pesca en relación a la resistencia hidrodinámica que este ofrece. De acuerdo a las características geométricas es posible observar que la flota operante en esta pesquería es homogénea (industrial y artesanal), referido esto a su plantilla (americana) y forma de operación. La eslora en la flota varía entre 15 y 30 m (22 m en promedio), mientras que la potencia al freno (BHP) oscila entre 220 y 700 HP, predominando el rango de potencia entre 400-499 HP (Melo *et al*, 2003) (Fig. 10). El rango de potencia predominante permitiría generar valores de tracción o de tiro entre las 4 y 5 toneladas (asumiendo 10 kg por HP). Además, dichos motores permiten una velocidad de navegación o crucero que varía entre 8,5 y 11 nudos, mientras que la velocidad de rastreo actual varía entre 1,8 y 2,3 nudos en relación con los requerimientos de la pesquería de crustáceos.

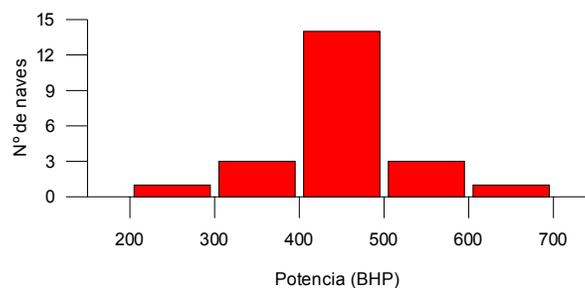


Figura 10. Frecuencia de embarcaciones por rango de BHP.

4.1.1.1.- Descripción del arte de pesca

a) Diseño

Las redes utilizadas por la flota en la pesquería en términos de su diseño poseen usualmente 2 paneles (superior e inferior), pudiendo ser de 4 paneles en la pesquería de langostino amarillo pero que en la actualidad no son empleadas. En cuanto a las características generales, el diseño de red Yankee empleado por la flota no ha sufrido cambios significativos en varias décadas, manteniendo tanto los materiales como las dimensiones en su construcción, encontrándose sólo algunas diferencias en los

cortes de las alas. Es así que las alas presentan gran longitud en comparación a otros cuerpos, característica que permite obtener mayor abertura horizontal de la boca, cubriendo una mayor área de barrido durante el arrastre.

Otra característica que presenta este tipo de redes es que el “cielo”, en términos de tela estirada, es significativamente menor a los utilizados en la pesca de peces (merluza), con longitudes que varían entre 1,5 y 2,5 m. Por su parte, la longitud de relinga superior (LRS) varía entre 20 y 30 m, no observándose una clara relación entre esta variable y la potencia al freno (BHP), lo cual se explica principalmente porque las empresas del sector emplean, por lo general, una misma red patrón o estándar (tamaño, configuración y materiales) para todas sus naves, independiente de su potencia (a menos que la diferencia en BHP sea significativa). Este criterio se utiliza para facilitar la mantención, reparación o reemplazo de cuerpos o la red en su totalidad. En relación a la longitud total de las redes (b) (sin túnel+copo), éstas oscilan entre 20 y 33 m de longitud de tela estirada. Las dimensiones de las distintas secciones y estructuras que conforman estas redes pueden observarse en la Tabla 3.

Tabla 3. Dimensiones principales de redes de crustáceos utilizadas en las pesquerías chilenas.

Nº de naves	L relinga	L borlón	L red	L túnel copo	P, b inferior	L ala inferior	L ala superior	L cielo	L cuerpo	Ancho cielo
	LRS	Lb	b	L (t+c)	a	Lai	Las	Lci	Lc	Ba
2	25,0	28,0	21,17	12,7	37,76	10,62	7,70	2,55	13,47	21,42
1	30,0	34,0	33,51	19,0	53,10	18,59	14,85	3,32	18,66	29,58
11	23,5	28,0	20,97	15,2	31,82	11,76	9,75	1,93	11,22	18,40
2	26,5	28,0	23,52	12,0	37,26	14,28	12,16	2,24	11,36	21,28
<i>Mínimo</i>	23,5	28,0	20,97	11,97	31,82	10,62	7,70	1,93	11,22	18,40
<i>Máximo</i>	30	34,0	33,51	19,04	53,10	18,59	14,85	3,32	18,66	29,58
<i>Promedio</i>	26,25	29,5	24,79	14,72	39,99	13,81	11,12	2,51	13,68	22,67

Una vez obtenidos los datos de dimensiones de cada parte o sección de la red, fue posible establecer índices de diseño y construcción entre los cuerpos, de manera de obtener los patrones característicos empleados. En la Tabla 4 podemos observar un patrón definido de diseño entre las relaciones más importantes entre las dimensiones de cada cuerpo de la red. Entre éstas se puede mencionar que la relación de aspecto de las redes (a/b) presenta un valor promedio de 1,59, fluctuando entre 1,52 y 1,79, lo cual indica que la longitud del perímetro de la boca inferior con respecto a la longitud de la red es similar entre redes.

Otro índice importante de mencionar, es la relación existente entre la longitud del ala inferior con respecto a la longitud del cielo, obteniendo un valor promedio de 5,56. Este valor puede ser explicado por la importancia de las alas inferiores en la superficie de arrastre, y la baja relevancia del cielo debido al comportamiento de los recursos objetivo. La relación existente entre la longitud del cuerpo y longitud de la red sin túnel-copo (Lc/b) fluctúa entre 0,48 y 0,64 con un valor central de 0,45, indicando que en esta pesquería la longitud del cuerpo es relativamente proporcional a la longitud de la red (Tabla 4).

Tabla 4. Principales índices que caracterizan las redes de arrastre de crustáceos.

Nº de naves	Lr/b	Lb/b	L(t+c)/b	Lr/Lb	a/b	Lai/Lci	Las/Lci	Lr/a	Las/Lai	b/Las	Lc/b
2	1,18	1,32	0,60	0,89	1,78	4,16	3,02	0,66	0,73	2,75	0,64
1	0,78	1,01	0,57	0,76	1,58	5,61	4,48	0,49	0,80	2,26	0,56
11	1,12	1,33	0,72	0,84	1,52	6,09	5,05	0,74	0,83	2,15	0,54
2	1,13	1,19	0,51	0,95	1,58	6,38	5,43	0,71	0,85	1,93	0,48
Mínimo	0,78	1,01	0,51	0,76	1,52	4,16	3,02	0,49	0,73	1,93	0,48
Máximo	1,18	1,33	0,72	0,95	1,78	6,38	5,43	0,74	0,85	2,75	0,64
Promedio	1,04	1,22	0,60	0,84	1,59	5,56	4,36	0,65	0,78	2,33	0,45

b) Construcción

El material empleado en las alas, cuerpo, túnel y copo de la red corresponde principalmente a poliamida (PA), fibra sintética desechada por empresas cerqueras que lo venden a un precio considerablemente inferior (respecto al precio real de mercado como material nuevo). Este material, producto de su densidad y capacidad de absorción de agua, hace que la red se arrastre “sentada” en el fondo, considerándose una desventaja funcional para el arte. Sin embargo, entre sus ventajas se destaca la alta resistencia a la abrasión, cualidad muy importante ya que esta red sufre desgaste al trabajar en contacto con el fondo.

El tipo de paño utilizado en su construcción es principalmente braided (trenzado) y en menor proporción torcido, ambos con nudo, con titulaciones que oscilan entre 210/42 y 210/240, o su equivalente en diámetro entre 2 y 5 mm de acuerdo principalmente a la sección de la red. En secciones puntuales de la red como alas superiores y cielo se acostumbra utilizar paños de PE de construcción torcida. En cuanto a los tamaños de malla de estas redes, es posible señalar que varían entre los 40 y 60 mm a lo largo de la red, empleando comúnmente en el túnel y copo un tamaño de malla de 50 mm, obteniéndose valores de solidez¹ que oscilan entre 30 y 36%.

c) Análisis individual

A continuación se presentan 4 redes seleccionadas como representativas del rango observado en el sector arrastrero de crustáceos en Chile, denominándose según un número que representa la cantidad de mallas totales en el perímetro de la red, tomando como punto de referencia la boca inferior.

Red 869

Perímetro de boca: 34,7 m

Área sólida: 71,3 m²

Red armada de acuerdo a la siguiente regla práctica: “12 m de cabo por 14 m de tela”. En el sentido

¹ Solidez: Es la relación existente entre el área sólida de la malla y el área total de la malla. Mientras mayor es la solidez, menor es la filtración.

<p>longitudinal, equivale a un $\mu_2=0,86$, por lo que el μ_1 es igual a 0,5, que es el embande más utilizado en Chile. Boca ancha en relación al largo de la red. Con alas muy largas, respecto al cuerpo de la red. El material corresponde a PA en prácticamente toda la red a excepción del cielo. Hilos muy gruesos sobre todo en el vientre.</p>
<p>Red 836 Perímetro de boca: 33,4 m Área sólida: 69,9 m²</p> <p>Es la red más pequeña de las nacionales, con un área sólida menor, y perímetro más pequeño. Utiliza PE en las alas superiores, cielo y una fracción del cuerpo. No posee corte AB en el cielo (que es el tradicionalmente utilizado). También es la única que tiene un paño de refuerzo en las alas para suavizar la entrada hacia la boca. Su embande es 0,54 en ambos paneles. Presenta cambio en el tamaño de mallas en el centro del panel superior, lo que debería ayudar a mantener las mallas abiertas.</p>
<p>Red 944 Perímetro de boca: 37,8 m Área sólida: 79,4 m²</p> <p>Red de características similares a las anteriores. Red armada de acuerdo a la siguiente regla práctica: “1,15 m de paño por cada 1 m de cabo”. En el sentido longitudinal, equivale aproximadamente a un $\mu_2=0,87$, por lo que el μ_1 es cercano a 0,5.</p>
<p>Red 1328 Perímetro de boca: 53,1 Área sólida: 149,1 m²</p> <p>Red con el mismo diseño que la Red 944, pero a una escala mayor (misma empresa). Es un 40% mayor en el perímetro de la boca, sin embargo, es un 87% mayor en área sólida. Las alas son proporcionalmente más largas y posee un corte ligeramente más pronunciado en el cuerpo.</p>

d) Estructuras utilizadas en la construcción de la red de arrastre

- **Relinga superior:** Como estructura de relinga superior se utiliza cable de acero Tonina 6x19 AF 1/2” con un peso lineal 0,61 kg/m.
- **Relinga Inferior:** Consiste en un cabo torcido de PP 5/8”, al cual se encabalga la tela. A su vez, esta estructura es unida al borlón.
- **Lacha:** Para estructurar en términos de armado de la red y soportar los esfuerzos durante el rastreo se utiliza un cable de acero Tonina 6x19 AF 5/8” de 0,95 kg/m peso lineal.

- **Borlón:** Existen 2 clases de borlones los que pueden corresponder a:
 - I. **Embarrilado**, compuesto por un cable de acero Tonina 6x19 AF 3/4" con un peso lineal 1,4 kg/m, el cual se envuelve en paño anchovetero y embarrilado finalmente por un cabo compuesto por PA-PP de 2" de dos cordones de 0,68 kg/m de peso lineal. En la sección central (dependiendo de la red) se coloca una cadena de 13 ó 16 cm de eslabón medio de 2,7 kg/m de peso lineal, embarrilado con el mismo cabo (Figura 11).
 - II. **Mixto**, que utiliza embarrilado en la sección central y discos de caucho en las alas (tipo Rockhopper). El borlón mixto (asociado al ala inferior) está constituido por discos de caucho de 10 y 15 cm de diámetro y 1,5 cm de espesor, unidos por medio de un cable de acero Tonina 6x19 AF 3/4". Mientras que para la sección central o boca inferior de la red, está configurada por un embarrilado (cadena). Esta estructura (borlón) es unida a la relinga inferior por medio de un "pertrecho" o "gabinza" de 2 eslabones (Figura 12).



Figura 11. Borlón embarrilado.



Figura 12. Borlón mixto.

- **Flotación:** Se utilizan flotadores de material plástico antichoque y antitérmico, con alta resistencia a la presión. El número utilizado de flotadores varía entre 12 y 15 dependiendo del tamaño de la red. Las dimensiones de los flotadores varían según la ubicación. En la sección central se utilizan habitualmente flotadores de 11" de 8 Kg de boyantez y en las alas flotadores con orificio central de 8" con una boyantez de 3 Kg.
- **Amarinamiento:** Respecto al amarinamiento utilizado en esta pesquería, se puede indicar que los portalones utilizados corresponden a modelos rectangulares planos y rectangulares en V, construidos en acero, con un peso individual que fluctúa entre 280 y 540 kg, estando relacionado en forma directa con la potencia de la embarcación (1 a 1,2:1 kg por BHP). Con respecto a su área, la flota presenta portalones que varían entre 2 y 4,2 m² (Fig. 13).



Figura 13. Modelos de portales rectangulares planos y rectangulares en V.

Por su parte, el cable de cala corresponde principalmente a construcciones Seale 6x19 de diámetros 3/4 o 5/8", cuyas longitudes llegan hasta 1200 m por tambor de winche. Las malletas varían en longitud entre 7 y 15 m, fluctuando su diámetro entre 3/4 y 5/8". Por su parte, los estándares son ajustados continuamente por los contra maestres de acuerdo a la operación, pero en términos generales su longitud varía entre 12 y 15 m (3 estándares de igual longitud (borlón-lacha-relinga flotadores), con diámetros de 3/4, 5/8 y 1/2".

e) *Desempeño funcional*

El desempeño funcional corresponde al comportamiento que muestra el arte de arrastre durante la faena de pesca, permitiendo evaluar si los objetivos de diseño, armado y construcción se han cumplido durante los lances. Entre los más relevantes se puede mencionar la abertura de punta de alas, distancia que en la actualidad representa como valor medio un 42% de la longitud de la relinga superior (Arana *et al.*, 2003). Respecto de la abertura vertical de la red (Melo *et al.*, 2003) indican que por diseño no debería superar 1,5 m, lo cual se ve ratificado mediante el uso de filmaciones submarinas. En este último caso queda en evidencia que la altura a nivel del túnel y copo no supera los 0,6 m.

4.1.2.- Estado de arte a nivel mundial

Previo a la descripción de algunos artes de pesca utilizados a nivel mundial, se procede a describir la pesquería de la especie *Pandalus borealis*, especie que se asemeja al camarón nailon *Heterocarpus reedi*.

4.1.2.1.- Pesquería de *Pandalus borealis*

Este recurso conocido vulgarmente como camarón del norte presenta una amplia distribución en el hemisferio norte (Fig. 14). Esta especie habita preferentemente entre los 200 a 600 m de profundidad con mayores capturas entre los 350 y 500 m de profundidad. Según Parsons *et al.*, (1986) esta especie habita preferentemente en fondos blandos como arcilla o fango.



Figura 14. Principales zonas de pesca de *Pandalus borealis*.

Esta especie es un hermafrodita, madurando primero como macho a temprana edad (1 año), permaneciendo con sexo masculino por uno o más años. Posteriormente en una fase de transformación se convierte en hembra, estado en el cual permanece hasta su muerte. Las hembras alcanzan tamaños superiores a los machos 24-26 mm y 22-24 mm de LC (longitud cefalotorácica) respectivamente. En lo que respecta a los rendimientos de captura (CPUE), esta pesquería presenta valores promedio entre los 150-280 kg/hora de arrastre para toda la zona de pesca (Parsons *et al.*, 1986).

Una característica importante de la especie es la gran migración vertical asociada a hábitos alimentarios, pudiendo ser capturado hasta 6 m de altura respecto al fondo. *Heterocarpus reedi* en cambio alcanzaría una altura máxima que no supera 1,5 m respecto al fondo (Arana *et al.*, 2003).

4.1.2.2.- Redes de arrastre utilizadas a nivel internacional

En el contexto internacional se pudo obtener información de planos de redes de las principales empresas que fabrican redes para camarones como son Cosmos (Hampidjan) y Dantrawl, a lo cual se suman otras redes utilizadas en países como Vietnam y México para diferentes especies de camarones.

a) Diseño

La gran diferencia respecto a las redes utilizadas en Chile es que casi la totalidad corresponden a redes de 4 paneles, construidas con paños de polietileno (PE) o materiales derivados producidos con mejores tecnologías, como son Dyneema, Spectra y Magnet. Sin embargo, el material más utilizado

corresponde a polietileno, el cual es utilizado tanto en el panel inferior, superior como en los laterales. En lo que respecta a materiales de mayor tecnología éstos se utilizan preferentemente en el panel superior, en la parte o sección anterior de la red.

Una diferencia fundamental respecto a las redes nacionales es el diámetro de los hilos utilizados en los distintos cuerpos que conforman las redes extranjeras estudiadas. Es así como redes extranjeras utilizan indistintamente el Polietileno con diámetros de 1,8 mm en el panel superior como inferior, lográndose valores de solidez de la red entre 12 y 16%. En las redes chilenas en tanto, se emplean diámetros de hilos bastante superiores, llegando incluso a 5 mm, lo que sin lugar a dudas afecta la filtración de la red y su selectividad. En la Tabla 5 se puede apreciar las principales dimensiones de los cuerpos que conforman las redes.

Tabla 5. Dimensiones principales de redes de crustáceos utilizadas en las pesquerías internacionales.

Red	L relinga	L borlón	L red	P, b inferior	L ala inferior	L ala superior	L cielo	L cuerpo	Ancho cielo
	Lr	Lb	b	a	Lai	Las	Lci	Lc	Ba
Red 3790# 2p	84,80	94,70	104,00	151,56	41,88	35,82	6,00	72,22	76,08
Bastard 2330 4p	45,40	35,40	66,20	93,36	15,53	19,55	3,99	42,70	47,28
Cosmos 3460# 4p	63,00	72,00	92,60	138,40	27,79	19,87	7,92	64,80	69,12
Dantrawl 2480# 4p	35,08	45,72	51,61	99,20	17,90	14,00	3,70	37,61	44,00
Islandesa 3200# 4p	52,80	65,40	100,10	127,04	29,20	21,37	8,17	70,60	61,88
Vietnamita 2560# 2p	32,20	38,00	57,28	102,40	17,92	14,56	3,36	39,36	54,56
Mínimo	32,20	35,40	51,61	93,36	15,53	14,00	3,36	37,61	44,00
Máximo	84,80	94,70	104,00	151,56	41,88	35,82	8,17	72,22	76,08
Promedio	52,21	58,54	78,63	118,66	25,04	20,86	5,52	54,55	58,82

A partir de esta información es posible establecer algunos índices comparativos, como por ejemplo la relación de aspecto de las redes (a/b) fluctúa entre 1,27 y 1,92 con un valor central de 1,56, lo cual muestra que el perímetro de la boca inferior con respecto a la longitud de la red es similar entre redes. Otro índice importante de mencionar es la relación existente entre la longitud del ala inferior con respecto a la longitud del cielo, obteniendo un valor promedio de 4,69. Este valor puede ser explicado por la importancia de las alas inferiores en la superficie de arrastre, y la baja relevancia del cielo debido al comportamiento de los recursos objetivo (Tabla 6). La relación existente entre la longitud del cuerpo y longitud de la red (Lc/b), presentó un valor de 0,69 lo cual indica que en esta pesquería la longitud del cuerpo a diferencia de las redes nacionales tiene una mayor longitud respecto a las alas (Tabla 6).

Tabla 6. Principales índices que caracterizan a las redes de arrastre de crustáceos a nivel mundial.

Red	Lr/b	Lb/b	Lr/Lb	a/b	Lai/Lci	Las/Lci	Lr/a	Las/Lai	b/Las	Lc/b
Red 3790# 2p	0,82	0,91	0,90	1,46	6,98	5,97	0,56	0,86	2,90	0,69
Bastard 2330 4p	0,69	0,53	1,28	1,41	3,89	4,90	0,49	1,26	3,39	0,65
Cosmos 3460# 4p	0,68	0,78	0,88	1,49	3,51	2,51	0,46	0,72	4,66	0,70
Dantrawl 2480# 4p	0,68	0,89	0,77	1,92	4,84	3,78	0,35	0,78	3,69	0,73
Islandesa 3200# 4p	0,53	0,65	0,81	1,27	3,58	2,62	0,42	0,73	4,68	0,71
Vietnamita 2560# 2p	0,56	0,66	0,85	1,79	5,33	4,33	0,31	0,81	3,93	0,69
Mínimo	0,53	0,53	0,77	1,27	3,51	2,51	0,31	0,72	2,90	0,65

Máximo	0,82	0,91	1,28	1,92	6,98	5,97	0,56	1,26	4,68	0,73
Promedio	0,66	0,74	0,91	1,56	4,69	4,02	0,43	0,86	3,88	0,69

b) *Análisis individual*

Red 2480

Perímetro de boca: 99,2 m

Área sólida: 185,8 0

Red de forma cónica. Mallas muy grandes en primeros paños del panel superior. Cambio muy brusco en solidez entre cielo1 y cielo2, lo que podría generar turbulencias. No se dispone de los diámetros exactos de hilo para cada paño.

El coeficiente de armado del panel superior en la boca es de 0,38, lo que es muy bajo comparado con otras redes camaroneras. Este μ_1 , debería estar pensado como una reserva de apertura de las mallas para formar una bolsa y una visera mayor.

Además de este bajo μ_1 , tiene un corte en ala 2 con mallas volantes o “fly meshes”, que permitirían una mayor abertura vertical, por la penetración de líneas de tensión.

El μ_1 del panel inferior también es bajo; 0,45, pero mayor que el cielo, lo que concuerda con la idea de no presentar tela suelta, para evitar las trabas. Esto motiva que los altos de mallas entre los paneles superior e inferior no sean iguales.

La punta de ala inferior podría ser alternativa, debido a que puede provocar roturas para fondos malos.

Red 2330

Perímetro de boca: 93,4 m

Área sólida: 289,5 m²

Mallas grandes en las alas, teniendo un ala superior de gran área, la que, en el diseño original de Hampidjan, se encabalga a un cabo de Dyneema de 18 mm.

Entre el cielo1 y el cielo2 hay un cambio de número de mallas, que tiene por objetivo el aumento del embande real en esa altura de la red, facilitando el paso del flujo.

Los coeficientes de armado tanto en el panel superior como en el inferior son bajos, con un valor de 0,33. Esto para permitir una reserva de paño para abrir la red, aunque también significa mallas más cerradas para conducir al recurso hacia el copo.

Otra característica distintiva de este diseño, es que presenta un paño de Nylon a la altura de la boca inferior y por todo el perímetro. Este paño tiene una función de amortiguador de tensiones, al absorber los impactos en el tren de arrastre, característica que lo hace superior al PE.

Se aprecia un antecopo bastante angosto, con cierto estrangulamiento al final del lateral. La punta de ala inferior podría ser alternativa.

Red 2424

Perímetro de boca: 97 m

Área sólida: 165,5 m²

Los coeficientes de armado de ambos paneles presentan un valor de 0,4. Red totalmente cónica, con un solo tipo de corte, salvo en el cielo para permitir una pequeña ganancia en altura. Ambos cuerpos son idénticos, sólo reforzando los primeros bellies y las alas inferiores.

Las alas superiores tienen un corte con alas volantes y por la longitud de éstas, permiten una penetración importante de las líneas de tensión, ayudando a la abertura vertical.

Red 2560**Perímetro de boca: 102,4 m****Área sólida: 91,9 m²**

Los coeficientes de ambos paneles presentan un valor de 0,4. Red cónica con cortes parejos en todo el cuerpo y sólo cortes a la barra en ambas alas. Esto no permite una penetración de líneas de tensión muy grande. Tiene un cambio de número de mallas en el centro del cuerpo que debería aumentar el coeficiente de armado real en ese sector. Es posible la presencia de enmalles en este sector si el cambio de solidez es demasiado pronunciado. Se aprecia un antecopo muy angosto, además que se acompaña de un cambio de número de mallas en la conexión, lo que podría provocar un freno en el flujo hacia el copo, con la consiguiente pérdida de eficiencia en la captura. La red presenta hilos muy finos, lo que la hace muy liviana, con una baja área sólida, pero no la hace apropiada para la pesca en fondos difíciles.

Red 3200**Perímetro de boca: 127 m****Área sólida: 438,6 m²**

Los coeficientes de ambos paneles presentan un valor de 0,49. Red cónica de forma muy estilizada, muy larga en relación al ancho de la boca. Lateral muy amplio y de gran longitud, llegando hasta el final de la red. Boca muy ancha gracias a los cortes de los paños superiores y las alas, permitiendo una amplia penetración de líneas de tensión. Hilos muy delgados, pero un área sólida muy grande dado lo grande de la red.

Red 3460**Perímetro de boca: 138,4 m****Área sólida: 450 m²**

Coefficiente de armado aproximado de 0,5. Al igual que la red 3200, es muy estilizada, muy larga y de gran área sólida. El plano original incluye paños de dyneema en los paños laterales y del cielo a la altura de la boca. Esto permite no incrementar mayormente el área sólida. El lateral no tiene el largo total de la red, finalizando un paño anterior, lo que se compensa con un cambio de número de mallas en el antecopo. Grandes líneas de tensión, debido a los cortes de las alas superiores.

Red 3790**Perímetro de boca: 151,6 m****Área sólida: 530,7 m²**

Los coeficientes de ambos paneles presentan un valor de 0,5. Red muy grande con forma de trompeta, cortes muy sencillos, muy ancha en la boca y de poca altura, dado que es de 2 paneles (ángulo de entrada muy grande). La penetración de las líneas de tensión se produce gracias a lo ancho de la red, aunque no posee grandes cortes con mallas volantes. El Cielo 1 está apenas por sobre la boca inferior. Grandes alas, casi tan largas como el cuerpo de la red.

4.1.3.- Evaluación crítica de las principales desventajas del arte empleado en Chile

En función a los antecedentes recopilados a través de la literatura científica, informes técnicos y de la proveniente del levantamiento in situ del arte de pesca, es posible generar la siguiente evaluación crítica de las principales desventajas del arte actual en términos de su desempeño y posibles impactos.

4.1.3.1.- Diseño

Del análisis de la información es posible observar que las redes de arrastre de fondo en sus características de diseño son de 2 paneles a diferencia de lo observado internacionalmente, donde la mayoría de las redes de arrastre de fondo presentan 4 paneles en pesquerías de crustáceos similares a las de nuestro país (*Pandalus borealis*). Sin embargo, esto es así principalmente como respuesta al comportamiento de la especie, ya que a diferencia de camarón nylon, el *Pandalus borealis* tiene un comportamiento más dinámico y se distribuye a una mayor altura con respecto al fondo, pudiendo alcanzar alturas por sobre los 5 metros (Winger, *com pers.*), lo que hace imprescindible emplear 4 paneles para lograr mayor altura. En el caso nacional, las redes operan a baja altura (inferior a 1,0 en la boca de la red, lo cual puede ser mejorado sustancialmente sin la necesidad de agregar cuerpos laterales, sino que combinando aspectos mejorados de diseño y construcción.

En las redes nacionales no se debería aumentar la altura de la boca de la red por vía de la incorporación de paneles laterales, ya que considerando la distribución vertical del recurso (que no supera los 1,5 m de altura) y las modificaciones que se pueden realizar al actual diseño, es factible cumplir con los requerimientos para capturar la especie. Por otra parte, un aumento de la red por sobre 2 metros de altura podría ser contraproducente respecto a la probabilidad de una mayor captura de peces, en particular el caso de la merluza común. Mediante observaciones submarinas en la red, Melo *et al.*, (2003) extrapolaron que la altura al nivel de la boca de la red era de 1,5 m y no superior a los 0,6 m al

nivel del túnel y copo. Además, se observó una gran cantidad de senos tanto en el panel superior como inferior, que sin lugar a dudas resta altura necesaria a los peces para poder escapar a través del dispositivo seleccionado. Lo anterior puede explicarse por el peso que generan las lachas y refuerzos (túnel y copo) construidos de acero, junto al paño utilizado (PA de altas titulaciones) y del armado en este cuerpo, características que sin duda dificultan el buen desempeño a bajas velocidades de rastreo (2-2,2 nd).

Desde la perspectiva del ejecutor, en términos de la selección de un diseño apropiado para la captura de crustáceos, se hace imprescindible investigar y analizar el comportamiento de éstos frente al arte de pesca, en términos de la respuesta (si existiese) y su dirección de escape. Este comportamiento en sí entrega el input necesario para la selección de los paneles a utilizar y que corresponde según el orden lógico al primer paso para el diseño de una red. En este sentido el comportamiento de la especie nos define claramente el diseño que debe adoptar el cabezal de la red (Alas-Cielo). Posteriormente se debe de analizar el comportamiento de la especie al interior de la red, ya que de esta manera se puede enfrentar con mayor claridad cual debe de ser el dispositivo de escape de fauna acompañante y su posible ubicación, de manera tal de no generar pérdidas durante el rastreo. Para este caso en particular son de gran utilidad los trabajos realizados por Melo *et al.*, (2003) y Escuela de Ciencias del Mar (2006). En dichos trabajos fue posible observar a través de las filmaciones submarinas el comportamiento que adoptan los crustáceos demersales al interior del túnel y copo, y la configuración de estos durante el arrastre (formación de pliegues en el paño y baja altura). Arana *et al.*, (2003) proporciona información adicional de la respuesta del camarón nailon frente a la red de arrastre, registrándose que no nadaría más allá de 1,5 m de altura respecto del fondo marino. En este sentido el conjunto de esta información es clave en el momento de tomar la decisión en el panel de experto, en relación a los requerimientos de la red en términos de su altura al nivel de alas y boca, características que definen de manera sustancial el diseño de la misma (configuración frontal de la red).

Otra característica de diseño importante de mencionar son las alas, ya que los diseños nacionales se caracterizan por poseer cortes a la barra (AB) en la sección interna del ala superior, en comparación a cortes T (T:B) en redes extranjeras. Los cortes T:B permiten mejorar la dirección de las líneas de tensión, lo que se traduce en una mejora importante en altura de la red a nivel del cielo, producto de las mallas que quedan libres de tensión (fly-mesh). En la sección externa, los cortes de las alas de las redes extranjeras son en su mayoría cortes a la barra (AB) permitiendo una mayor abertura por diseño que las redes nacionales (cortes N:B)

Respecto a su longitud, el ala superior en las redes nacionales tiene una gran longitud en relación a la longitud de la red (b/Las) a diferencia de las redes extranjeras. Sin embargo, esta gran longitud de las alas no asegura una buena abertura o área de barrido si no va acompañado de cortes a la barra en la

sección externa de las alas. Es por tal motivo que las redes extranjeras sin poseer alas de gran longitud presentan valores de abertura estática mayores comparativamente a las nacionales.

4.1.3.2.- Construcción

En términos de su construcción, los materiales que se utilizan casi en la totalidad de las redes nacionales corresponden a poliamida (PA) y en algunos casos polietileno (PE) al nivel del cielo y alas. Por su parte, en las redes extranjeras analizadas el material utilizado corresponde casi en su totalidad a polietileno tradicional (PE) o polietileno de alta densidad (PEHD), preferentemente este último en la construcción del panel superior y lateral. Esta construcción de paños de PA, producto de sus características técnicas, presentan una red de mayor peso (densidad de los materiales PA=1140 kg/m³, PE=930 kg/m³) y mayor absorción de agua en comparación al polietileno. Lo anterior incide directamente en el desempeño de la red, condicionando la densidad y la absorción sobre la capacidad de altura de redes durante el arrastre.

En lo que respecta al diámetro de los hilos, preferentemente al panel inferior (panel más expuesto al desgaste o roturas) se puede observar que en redes nacionales el diámetro oscila entre 4 y 5 mm de manera de proteger la red del constante contacto con el fondo marino. Mientras que para las redes extranjeras estas varían entre 1,8 y 2,5 mm. Estos valores altos del diámetro de los hilos traen como consecuencia una menor filtración de la red (60-64%) y por ende una mayor resistencia hidrodinámica, influyendo fuertemente en el consumo de combustible. Para redes extranjeras los valores de filtración oscilan entre 84 y 88%. Por otra parte, para minimizar o evitar el efecto de contacto con el fondo, redes como las de la empresa Vonin (Islandia) incorporan el uso de flotación intermedia a nivel de la lacha y cabo de refuerzo.

Por último, en términos del tamaño de malla, se puede observar que la totalidad de las redes nacionales presentan valores entre 60 y 50 mm desde el ala al túnel y copo. Esta situación podría aminorar la salida de los peces a través de los paneles de escape, producto posiblemente de la inexistencia de cambios de flujo que pudiesen ser captados por éstos y favorecer este escape. En redes extranjeras los valores de tamaño de malla oscilan entre 165 y 50 mm. (desde las secciones frontales hasta el túnel y copo). Sin embargo, esto último es posible de realizar debido a la mayor longitud de las redes, hecho que favorece el cambio gradual en los tamaños de malla en los distintos cuerpos de la red.

Respecto a la posible modificación del borlón de arrastre, tendiente a generar en lo posible la menor interferencia o impacto con el fondo marino, el grupo de expertos tomó la determinación de continuar con la misma configuración y peso de éste, considerando los antecedentes disponibles de comportamiento de los recursos (recurso se distribuye muy apegado al fondo) y la configuración del

borlón utilizado actualmente (buen contacto con el fondo pero sin presentar en su construcción rockhopper o bolones de acero).

4.1.3.3.- Armado

En lo que respecta al armado, las redes nacionales se configuran preferentemente con un coeficiente de armado² cercano a 0,5 a diferencia de las redes extranjeras donde lo más habitual son valores menores a 0,4. Esta condición de valores menores observados en redes extranjeras permite tener una mayor cantidad de paño por unidad de estructura, que sumado al efecto de las fly-mesh (líneas de tensión) permite potenciar el incremento de altura a nivel de la boca de la red. Sin embargo, este efecto no se generaría en el mismo grado en las redes nacionales producto que las velocidades de rastreo no superan los 2,2 nudos, por lo que los vectores generados a dicha velocidad no serían capaces de levantar este paño de mallas libres.

Respecto al armado utilizado a nivel de las lachas o cabos de refuerzo, las redes nacionales se destacan por poseer recortes en la estructura de hasta un 15% respecto a la longitud de la tela estirada encabalgada, situación que en otros países como Canadá no presentan recorte en la estructura respecto al paño, por lo que la colgadura es 1:1 (un metro de cabo por un metro de tela estirada). En la pesquería de camarones en Argentina simplemente no existen lachas, tomándose 3 a 4 mallas de cada panel que hacen la función de estructura lateral (estas mallas se denominan en inglés como “selvedge”). Es necesario tener presente que en el caso argentino la operación de virado es distinta que en Chile, ya que la operación rutinaria durante el día no se realiza izando la red en cubierta (entre lances), por lo que se minimiza el efecto o problemas que conllevan los esfuerzos producidos por la inercia de la embarcación.

El porcentaje de recorte de las estructuras laterales en Chile puede generar senos o tela suelta, perjudicando el correcto desempeño del paño a lo largo de la red. A nivel del túnel y copo esta situación se agrava pensando en la incorporación de paneles de escape, ya que el dispositivo instalado podría funcionar incorrectamente, disminuyendo la superficie de escape del pez y por lo tanto reduciendo su efectividad.

A los aspectos señalados anteriormente se suma que tanto en lachas como estructuras de refuerzo se emplea cables de acero, lo que impide el buen levante de la red contribuyendo fuertemente al contacto de la red en el fondo, minimizando además la configuración cilíndrica al inicio del túnel (boca del túnel). Esto provoca que la configuración real de las redes actuales sea elíptica, con relaciones de aspecto altas (1:8, equivalente a alto por ancho) impidiendo el desempeño esperado de paneles de

² Coeficiente de armado: Es la relación entre la longitud de la estructura en la cual se encabalgua la tela en la boca de la red, y la longitud de esta tela estirada.

escape, ya que su altura sería mínima dificultaría la capacidad natatoria y de escape de los peces, en particular referido a la merluza común.

En resumen, lo mencionado anteriormente respecto a la utilización de paños de alta titulación (baja filtración), cables de acero como estructura en la unión de paneles y problemas con el armado en el recorte de la estructura al paño encabalgado, contribuyen a que la situación actual de la red no sea la correcta, y menos aún lo esperado, y que sin lugar a dudas el arte de pesca como sistema no tenga un adecuado desempeño funcional, menor interferencia o contacto con el fondo marino y una respuesta selectiva intra e inter-específica.

Objetivo 4.2.- Describir, analizar y proponer alternativas de diseño y construcción de arte de arrastre de fondo que permitan mejorar la selectividad de la especie objetivo, disminuir la fauna acompañante y reducir la interacción con el fondo marino.

4.2.1.- Objetivos de diseño y construcción

4.2.1.1.- Mejorar la selectividad

La selectividad intraespecífica en función a la talla de las especies objetivo es posible abordarla por dos vías principales; el tamaño de malla y la configuración de la malla. En ambos aspectos está involucrada el área de la malla trabajando, esto es, el área interna de la malla. En gádidos y peces planos el concepto de la configuración de la malla es fundamental con fines selectivos, ya que la forma del cuerpo de ambos grupos de peces es distinta. En crustáceos la relación no es tan clara, por lo cual se propone trabajar con un área interna de la malla superior a la empleada actualmente, y además, trabajar con diferentes configuraciones de malla (cuadrada y romboidal).

A modo de ejemplo, se presenta a continuación algunas alternativas de materiales con que se puede construir la red de arrastre propuesta, para luego estimar el área interna de las mallas de la red actual y de la red nueva por cuerpo, estimándose el aumento porcentual de esta variable. En forma general, el emplear paños de PE de 80 mm en el panel superior, permitirá aumentar el área interna de la malla de 214 mm² a más de 750 mm², lo que equivale a un incremento del 250% respecto a los paños actuales. De la misma forma, se incrementará el área interna de las mallas en toda la red, con porcentajes entre 22 y 38% en el panel inferior, 110 y 144% en el panel superior y 61 a 82% en el túnel y copo.

Tabla 7. Listado de paños de red disponibles para la construcción de la nueva red.

CUERPO	MATERIAL	CLARO DE MALLA (mm)	DIAMETRO DEL HILO (mm)	PROVEEDOR
Panel superior (alas, cielo y bellys)	PE retorcido	73,1	2,3	Moscuzza (Argentina)
	PE trenzado	72,5	2,5	Euronete (Portugal)
Panel inferior (alas y bellys)	PE retorcido	50,0	2,3	Moscuzza (Argentina)
	PE Euroline trenzado	47,0	2,5	Euronete (Portugal)
Túnel y copo	PE trenzado	50,0	3,0	Moscuzza (Argentina)
	PE Euroline trenzado	47,0	3,0	Euronete (Portugal)

Tabla 8. Estimación del incremento porcentual del área interna de la malla por cuerpo, según los paños disponibles en el mercado (el área interna en la red actual se estimó a partir de mediciones directas).

SECCION	CUERPOS	AREA INTERNA DE LA MALLA (mm2)		PROVEEDOR	AUMENTO DE AREA (%)
		RED ACTUAL	NUEVA RED		
PANEL SUPERIOR	ALAS Y CIELO SUPERIOR	214,3	764,62	MOSCUZZA (Arg.)	257%
			752,12	EURONETE (Port.)	251%
PANEL SUPERIOR	BELLYS SUPERIOR	357,7	764,62	MOSCUZZA (Arg.)	114%
			752,12	EURONETE (Port.)	110%
PANEL INFERIOR	ALAS Y BELLYS INFERIOR	258,5	357,7	MOSCUZZA (Arg.)	38%
			316,09	EURONETE (Port.)	22%
COPO	TUNEL Y COPO	196,9	357,7	MOSCUZZA (Arg.)	82%
			316,09	EURONETE (Port.)	61%

A esto se suma las experiencias de selectividad que se realizarán en el marco del objetivo 4.4, en el cual se espera evaluar a priori paños de 50 mm romboidal, 75 mm romboidal y 50 mm cuadrada. Cabe señalar que estas experiencias están condicionadas al resultado de captura de la red nueva, ya que si bien es factible experimentar con paños de 75 mm romboidal, esto puede generar una excesiva pérdida de captura objetivo. Por esta razón, se realizaron muestreos de talla con la red nueva, y junto a ello se hizo una pesca comparativa para establecer la composición a la talla de las capturas de la red actual y de la red nueva. Con estos resultados será posible orientar las experiencias futuras de selectividad.

4.2.1.2.- Disminuir la fauna acompañante

La disminución de la fauna acompañante requiere en primer lugar que la red de arrastre presente un desempeño apropiado en términos de altura, estabilidad operacional y flujos internos que estimulen y/o faciliten la salida de la pesca no objetivo. En particular, los antecedentes disponibles indican que la red actual presenta una altura de la boca inferior a 0,7 m, mientras que la altura en la sección inicial del túnel es aproximadamente 0,3 m, aspectos que impiden la natación de los peces para lograr escapar. Respecto a la estabilidad operacional, es fundamental que la red se mantenga en esta condición respecto al flujo sin presentar ondulaciones o “saltos” que atentarían sobre la conducta de la fauna acompañante y probablemente sobre su escape y supervivencia. Por último, se debe propiciar la estabilidad de los flujos internos de la red, de tal manera que al instalar un dispositivo de escape los peces puedan detectar los cambios de flujos hidrodinámicos (peces con línea lateral desarrollada) y logren escapar.

Los aspectos discutidos en el desarrollo del proyecto y el diseño propuesto como resultado de los objetivos 2 y 3, permiten augurar que la red nueva presente un desempeño acorde a las necesidades de operación de un dispositivo de escape. Ahora bien, las posibilidades de dispositivos de escape son fundamentalmente dos; ventanas de escape o grillas rígidas. Las ventanas de escape poseen la virtud de aprovechar el comportamiento de las especies no objetivo, ofreciéndoles una salida que evita su daño físico. Por su parte, las grillas rígidas son consideradas como un método mecánico de selección, razón por la cual existe mayor probabilidad de causar daños a la fauna acompañante, generando un nivel

importante de mortalidad post-escape. Si bien es cierto que este último caso es el menos deseado, es necesario considerar que no todas las especies tienen la capacidad de detectar vías para poder escapar exitosamente (por su propio comportamiento), lo que permite a emplear grillas rígidas de selección.

Si se considera en forma parcial los resultados de los proyectos Informes Técnicos FIP N° 2001-23 y 2004-46, es posible identificar que la principal especie componente de la fauna acompañante (merluza común) presenta reacciones frente a dispositivos de malla cuadrada. Lo anterior es ratificado por las filmaciones submarinas realizados por Melo *et al.* (2005b) en las cuales se aprecia su comportamiento de escape en redes de arrastre merluceras, incluso a velocidades de arrastre significativamente mayores a las que se emplean en crustáceos. Por esta razón, la idea preliminar es establecer el uso de una ventana de escape en la sección final del último cuerpo con corte o en la sección anterior del túnel. Para ello se diseñará una ventana de escape que deberá responder a los siguientes aspectos:

- Configuración de la malla (malla cuadrada, romboidal, hexagonal)
- Tamaño y/o claro de malla
- Material de construcción
- Diámetro de hilo
- Longitud mínima (en número de mallas y longitud lineal)
- Ancho mínimo (en número de mallas y ancho lineal)
- Posición respecto a 3 puntos de referencia (p. ej. respecto al inicio del túnel, al último cuerpo y a la estructura lateral)

La ventana de escape a utilizar dependerá en gran medida de los resultados (captura) obtenidos durante los lances de prueba de la red nueva, ya que la composición de la fauna acompañante puede variar respecto a la captura de la red actual. Si bien es cierto es necesario contemplar esta posibilidad, se propone en forma preliminar emplear una ventana de escape con las siguientes características (Fig. 15):

- | | | |
|-----------------------------|---|-------------------------------------------|
| - Configuración de la malla | : | Cuadrada |
| - Claro de malla | : | 100 mm |
| - Claro de barra | : | 50 mm |
| - Material de construcción | : | PE con nudo |
| - Diámetro del hilo | : | Igual o menor a 3 mm |
| - Longitud mínima | : | 3 m o 60 barras |
| - Ancho mínimo | : | 90% del ancho del cuerpo en que se ubique |
| - Posición | : | Por definir |

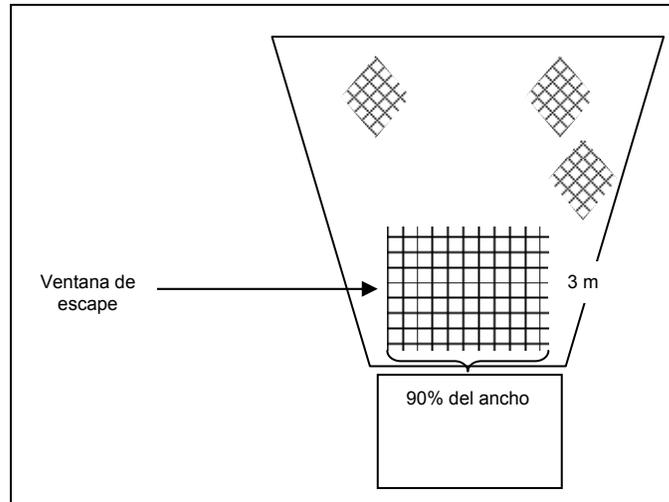


Figura 15. Esquema preliminar del dispositivo de selección.

4.2.1.3.- Reducir la interacción con el fondo marino

En la propuesta técnica se propuso revisar 4 aspectos principales de interacción con el fondo; a) los portalones, b) los materiales empleados en la red, c) el peso lineal del borlón y d) la configuración del borlón. Una revisión de estos aspectos permite contribuir a la disminución de la interacción del arte de pesca con el fondo marino, ya sea por fuerza puntual (peso), superficie de contacto o penetración (configuración).

a) Portalones: La función principal de los portalones o puertas de arrastre es permitir la abertura horizontal de la red. Sin embargo, un portalón presenta múltiples componentes de fuerza, en sentido de los 3 ejes de movimiento. En la vertical el portalón posee un peso determinado en función a la potencia del barco (generalmente se cumple una relación de 1 kg por BHP de motor). En la horizontal, presenta dos componentes; de abertura y de resistencia, siendo la primera de éstas fundamental para el éxito de pesca. Respecto a la posibilidad de modificar el diseño y/o peso del portalón, se consideró pertinente consultarlo con el grupo de expertos, razón por la cual las observaciones en este sentido se incluyen en el objetivo 4.3.

b) Materiales de la red: Una revisión preliminar de los componentes de la red y las estructuras de unión entre paneles (lanchas), determinó la opinión unánime de proponer al grupo de expertos la eliminación de paños de PA, reemplazándolos por PE (material de menor densidad másica). Además, se propuso también eliminar las estructuras de acero innecesarias en la red, puntualmente la lancha de unión entre paneles, ya que su peso sumergido genera una condición desfavorable para el desempeño esperado de la red. Una consecuencia directa de estos cambios, sumado a las modificaciones de diseño, permitirán

minimizar el contacto de los paños con el fondo marino, en particular los cuerpos del panel inferior como las alas, bellys, túnel y copo. Los cuerpos finales de la red tendrán mayor probabilidad de contacto según el nivel de captura que logren, sin embargo se minimizará el efecto sobre el fondo marino.

c) Configuración del brolón: Los componentes del brolón pueden generar diferentes niveles de interacción con el fondo marino, principalmente dado por el peso unitario de éstos y por su forma. Como se mencionó anteriormente, en Chile se emplean dos configuraciones básicas de brolón, uno de cable o cadena cubierta con cabo denominado “embarrilado”, y uno mixto formado por una combinación del “embarrilado” en la sección de la boca de la red y tren de gomas en las alas. El brolón embarrilado tiene la cualidad que por su forma no posee elementos que penetren en el fondo, razón por la cual sería mejor que uno mixto.

d) Peso lineal del brolón: Considerando las dos configuraciones de brolones empleados en la pesquería de crustáceos (embarrilado y mixto), se discutió la posibilidad de mantener el peso total del brolón en la red nueva de arrastre, lo que corresponde entonces a una disminución del peso lineal (kg/m) del brolón dada su nueva longitud. En la medida que se pueda corroborar que esta disminución de peso lineal no incide mayormente sobre los rendimientos de pesca, será posible evaluar nuevamente una disminución de peso lineal. En este nivel de la investigación se considera apropiado no modificar mayormente el brolón por la incertidumbre de las consecuencias, dado que corresponde a una variable fundamental en la capturabilidad del arte y un error de diseño podría atentar en los resultados generales de la red sin que pudiera dilucidarse la causa por las múltiples variables involucradas y modificadas.

4.2.2.- Simulación de redes de arrastre

Se realizó la simulación dinámica de 8 redes de arrastre para la pesquería, comenzando con una red tipo empleada en la actualidad por la flota arrastrera, siguiendo luego con modificaciones menores a dicha red, para luego realizar algunas propuestas diferentes que significarían una mejora en los principales parámetros funcionales de desempeño. Una síntesis de las redes simuladas y sus principales características se presentan a continuación:

- Red 1 (red tipo de la pesquería): Corresponde a una red construida principalmente con paños de nylon de 2,5 mm. de diámetro o superiores. La diferencia de materiales empleados, fundamentalmente en su tamaño de malla, produce que la longitud de los paneles superior e inferior sea distinta. Sumado a esto, se utiliza cables de acero en la unión de paneles.
- Red 2 (red tipo con cambios): A la red anterior se le procedió a realizar algunos cambios menores para evaluar el efecto de éstos sobre su desempeño. Manteniendo el diseño general (con sus problemas originales de dimensiones) se procede a reemplazar secciones de nylon (PA) por

material de polietileno (PE). Además, se aumentó al doble la flotación (de 14 a 28 boyas) y se emplearon estándares de mayor longitud (de 13 a 20 m).

- Red 3 (red tipo con cambios): Esta red mantiene el concepto original de la red anterior, sin embargo incorpora correcciones en el diseño (que naturalmente se desvirtuaron en el tiempo). Junto con modificar cortes y longitudes de los cuerpos de la sección anterior de la red, mantiene materiales (PA) y flotación originales, similares a la Red 1.
- Red 4 (Red sin cielo): La red sin cielo, o también llamada internacionalmente como “topless” o “cutaway”, es una propuesta que está siendo evaluada para favorecer el escape de peces por el panel superior, más aún en pesquerías como las de crustáceos que no requieren presencia de cielo. La red diseñada posee paneles superior e inferior idénticos, construidos con PE. Los cuerpos de popa en tanto (túnel y copo), se mantienen con material de PA, lo cual queda a discusión en el taller de expertos.
- Red 5 (Red de cuatro paneles) y Red 6 (Red de cuatro paneles con cambios): El diseño de ambas redes es similar, presentando cuatro paneles. Los materiales empleados consisten en telas de PE de bajo diámetro de hilo, los que varían entre 1,2 y 2,5 mm según su funcionalidad.
- Red 7 (Red propuesta a los expertos): Considerando algunos conceptos de las redes anteriores, e incluyendo algunas innovaciones en materiales livianos de bajo diámetro, se realiza la simulación de esta red para ser discutida en el Grupo de Expertos. Esta red combina tamaños de malla distintos entre paneles para aumentar la filtración y mejorar la selectividad, lo cual le otorga una baja área sólida.
- Red 8 (Red final taller expertos): Si bien es cierto que esta red es un resultado del Objetivo 4.3, específicamente del trabajo del Grupo de Expertos, se incluye en el presente objetivo para mantener el formato y la secuencia comparativa de los resultados obtenidos. En este contexto, esta red incluye combinaciones de cortes en las alas superior e inferior para optimizar su abertura, con paños formados por hilos delgados y livianos (PE), y con panel inferior más angosto que el superior para mejorar la capacidad de despegarse del fondo.

En términos comparativos, las primeras redes poseen una superficie de tela mayor que las restantes redes, lo que se explica por el diámetro de los hilos utilizados en su construcción (Tabla 9). Esto explica en gran medida la mayor resistencia o tensión total de estas redes bajo condición de operación a 2 nudos (Tabla 8).

Las redes 1, 2 y 3 correspondieron a la simulación de la red actual con algunas modificaciones menores para evaluar las mejoras en los indicadores de desempeño. Es así que modificando algunos materiales y cortes, cambiando la longitud de los estándares y agregando flotación es posible mejorar la altura de la Red 1 de 0,6 m a 2,8 m en la Red 3, llegando al valor límite de su capacidad de altura según diseño. Las redes siguientes (4 a 8) no son comparables directamente ya que hay conceptos de diseño muy disímiles como es el caso de una red sin cielo (Red 4), redes de 4 paneles (Redes 5 y 6) y redes de 2 paneles (Red 7 y 8), por lo tanto los resultados de las Tablas 9 y 10 deben ser considerados con bastante cuidado para no cometer errores de percepción.

La Red 8 fue consensuada por los expertos, y si bien no se destaca por ser la mejor red en todos sus parámetros, logra el objetivo de ubicarse dentro de los rangos confiables de altura, resistencia, abertura, ángulo de cables y relación APA/LRS. La red ideal debía tener una altura aproximada de 1,8 m con lo cual se podría esperar un desempeño apropiado de un dispositivo de escape, mejorando notablemente respecto a la condición inicial. La resistencia debía disminuir drásticamente en función al área sólida total de la red nueva debido a materiales de menor titulación, llegándose a un arte que genera una tensión total de 1.256 kg (628 kg por cada banda), considerablemente inferior a los 1.925 kg de la red actual (962 kg por cada banda).

La abertura de la red debía ser coherente con la longitud de la relinga, cumpliendo con mantenerse el indicador APA/LRS entre un 55% y 60%. Junto con ello, el ángulo de los cables debería ubicarse idealmente entre 17 y 20°, ya que valores inferiores significarían subutilización de la abertura mientras que valores superiores podría causar roturas en la red y disminuir su capacidad de altura. En este sentido, la abertura de 16,8 m entre puntas de alas equivale al 58% de la longitud de relinga, mientras que el ángulo formado por los cables (dependiente de la abertura de los portalones y de las puntas de alas) es 20,3°.

Tabla 9. Características de las redes evaluadas en simulación: Parte I.

RED	Superficie (m ²)	Peso seco (kg)	Longitud relinga (m)	Malletas + Estándares (m)	Angulo de cables (grados)
Red tipo (Red 1)	68,7	93	23,5	21	13,3
Red tipo con cambios (Red 2)	68,7	93	23,5	28	15,3
Red tipo con cambios (Red 3)	67,3	91,6	24,6	28	14,9
Red sin cielo (Red 4)	57,3	110,7	27,9	28	20,7
Red 4 paneles (Red 5)	40,9	40,7	29,2	32	21,2
Red 4 paneles con cambios (Red 6)	51,6	40,7	27,8	32	17,6
Red propuesta a los expertos (Red 7)	37,3	37,7	28,8	32	22,1
Red final taller expertos (Red 8)	54,3	56,6	28,8	22	20,3

Tabla 10. Características de las redes evaluadas en simulación: Parte II.

RED	Abertura portalones (m)	Abertura punta de alas (m)	Altura en la boca (m)	Tensión total de arrastre (kg)	APA/LRS
Red tipo (Red 1)	22,4	12,3	0,6	1.925	52%

Red tipo con cambios (Red 2)	26,3	11,5	1,3	1.937	49%
Red tipo con cambios (Red 3)	26,4	12	2,8	1.810	49%
Red sin cielo (Red 4)	36,1	16,3	1,9	1.456	58%
Red 4 paneles (Red 5)	42,9	19,8	1,1	1.391	68%
Red 4 paneles con cambios (Red 6)	36,7	17,4	2	1.318	63%
Red propuesta a los expertos (Red 7)	42,9	18,8	1,3	1.170	65%
Red final taller expertos (Red 8)	32,1	16,8	1,7	1.256	58%

4.2.3.- Procedimiento de cálculo referencial

Se llevó a cabo un cálculo referencial de los principales elementos de la red actual en paralelo con los de la red nueva, de tal forma de poder corroborar tener valores aproximados de los parámetros entregados en la simulación dinámica. En este sentido, se determinó que las fuerzas resistivas totales de la red actual corresponden a 1.923 kg en la red actual, valor cercano a lo establecido por simulación, sin embargo en el caso de la red nueva este valor se encuentra sobrestimado, pero cumpliendo su función referencial (Tabla 11).

Tabla 11. Principales resultados asociados a las componentes de fuerza de la red actual y la nueva red.

COMPONENTES		Red actual	Red propuesta
Portalones	Fuerza abertura (kg)	160	160
	Fuerza arrastre (kg)	100	100
Flotadores	Resistencia total (kg)	21	26,3
Cables	Resistencia estándares (kg)	6	7
	Resistencia malletas (kg)	32	20
	Resistencia cables de cala (kg)	146	146
Red	Área sólida (m ²)	67	56
	Resistencia total (kg)	1.617 (84,1%)	1.352 (81,8%)
FUERZAS TOTALES EN EJE x (ΣF_x)		1.923	1.652

Por su parte, los indicadores de abertura de punta de alas y de portalones son similares a los proporcionados por software, lo cual valida tanto las aproximaciones matemáticas como las herramientas de simulación dinámica para obtener la abertura de la red (Tabla 12). La red actual abre 12,1 m mientras que la red nueva abriría 16,9 m, aumentando casi en un 40% el área frontal de rastreo.

Tabla 12. Principales resultados de las componentes de abertura de la red actual y la nueva red.

ASPECTO		Red actual	Red propuesta
Abertura	Punta de alas (m)	12,1	16,9
	Portalones (m)	25,4	32,5

Objetivo 4.3.- Someter a juicio experto las alternativas de diseño e identificadas en el objetivo 4.2, mediante lo cual se deberá seleccionar el (los) arte(s) a construir y evaluar.

Conforme a lo estipulado en los Términos Básicos de Referencia y según la Oferta Técnica aprobada por el Consejo de Investigación Pesquera, la Escuela de Ciencias del Mar llevó a cabo los tres tipos de grupos o niveles de trabajo (usuario-experto-administración pesquera), con la finalidad de integrar desde su concepción los objetivos de selectividad, reducción de fauna acompañante y disminución de la interacción con el fondo marino. Por tal motivo, se describen a continuación las tres actividades realizadas:

4.3.1.- Nivel Usuario

De acuerdo con la metodología de trabajo expuesto en los Términos Básicos de Referencia, el día 30 de noviembre del 2006 en la ciudad de Coquimbo en dependencias de la Asociación de Industriales Pesqueros de la IV Región, se realizó el grupo de trabajo a nivel de usuario, en el cual intervinieron armadores, jefes de flota, jefes de redes y capitanes de pesca. Los objetivos de la actividad fueron:

- Presentar los alcances del proyecto
- Captar las distintas opiniones y/o aprensiones referente a este nuevo diseño
- Definir cual sería la vía de dimensionamiento de la red (aumentar el tamaño de la red o disminuir la tracción)

La invitación a este taller fue extensiva a gran parte de las empresas del sector, atendiendo y asistiendo a ésta las siguientes personas (Fig. 16):

a) Asistentes

- | | |
|-----------------------|-----------------------------------------------------|
| - Osciél Velásquez | – Bracpesca |
| - Ricardo Cáceres | – Bracpesca |
| - Rodrigo Álvarez | – Bracpesca |
| - Alejandro Velásquez | – Bracpesca |
| - Guillermo Donoso | – Pesquera Isla Damas |
| - Paul Bavestrello | – Pesquera Isla Damas |
| - Atlio Reyes B. | – Armador María I |
| - Christian Egarf | – Inversiones y Alimentos Intermark LTDA. |
| - Bernardo Ullico | – Baycic Baycic María |
| - Ana María Kemp | – Baycic Baycic María |
| - Jorge Garrido P. | – Asociación Industriales Pesqueros IV Región (AIP) |

b) Equipo de investigación

- Teófilo Melo F.
- Felipe Hurtado F.

En este sentido, los objetivos del proyecto y los resultados esperados tuvieron una buena aceptación por parte de los asistentes, concordando en el estancamiento en que se ha mantenido el arte de pesca desde los inicios de la pesquería, lo que ha llevado en el tiempo a generar una red que tal cual se desempeña hoy en día, no permite los objetivos de selectividad, reducción de fauna acompañante y disminución de la interacción con el fondo marino.

Por otra parte, tomando en cuenta el estado de la pesquería, las distintas opiniones vertidas apuntaron a que se tomara en consideración el costo de los materiales a seleccionar, ya que en la actualidad la red tiene un valor no superior a los \$2.000.000.

Finalmente, respecto a la vía de dimensionamiento, fue unánime la opinión respecto a la reducción de costos de combustible, esto como consecuencia de la disminución de la resistencia hidrodinámica al mejorar la filtración de la red. Sin embargo, otro aspecto relevante a mencionar que contribuyó a esta decisión fue que el tamaño que tiene la red es la adecuada tanto en la operación, en el proceso de virado y en la operación de rastreo, lo cual la hace muy maniobrable para trabajar.



Figura 16. Fotografías del Taller de Usuarios realizado en noviembre de 2006 en Coquimbo.

4.3.2.- Panel Experto

El taller de juicio experto, o simplemente Panel Experto, fue realizado el 19 y 20 de diciembre del 2006 en las dependencias de la Escuela de Ciencias del Mar en Valparaíso (Fig. 17). A dicho taller asistieron:

a) Grupo de expertos

- Luis Martini B. – Escuela Nacional de Pesca (Argentina)
- Roberto Bahamonde F. – Instituto de Fomento Pesquero
- Luis Anatibia – Instituto de Fomento Pesquero
- Claudio Concha C. – Pesquera Bio-Bío
- Olliver Riegel – Elaboradora Artic
- Adrián Morales – Pesquera Harengus (Argentina)
- Arturo Gamonal S. – Euronete Sudamericana

b) Equipo de investigación y tesistas

- Teófilo Melo F.
- Felipe Hurtado F.
- Dante Queirolo P.
- Ivonne Montenegro U.
- Erick Gaete A.
- Roberto Escobar H.
- José Merino D.
- Emilio Rasse O.
- Víctor Zamora A.



Figura 17. Participantes del panel de experto realizado en diciembre de 2006.

El programa temático del panel de experto permitió captar las distintas opiniones, llegando casi totalmente a consensos. En orden secuencial, y respondiendo a las distintas actividades realizadas en dicho taller, los principales resultados fueron los siguientes:

4.3.2.1. Módulo I (Materiales)

a) Paños

En forma unánime se concluye que el material apropiado para construir la red de arrastre tipo para la pesquería de crustáceos es el Polietileno (PE). Respecto a su construcción, ésta debe ser de material trenzado en todas las secciones o partes de la red.

Justificación: Este material en términos de sus propiedades técnicas es un material boyante de menor peso que la poliamida (PA) y que cumple con los requerimientos para este tipo de pesquería como lo es la resistencia a la abrasión, resistencia a la ruptura y elongación, entre los principales. A su vez es ampliamente utilizado en otras pesquerías de arrastre de fondo, incluso en condiciones de arrastre de mayores exigencias en cuanto a desgaste y roturas (pesquería de alfonsino-orange roughy).

b) Estructuras

Relinga superior: Se definió que el material a utilizar debería ser un cable mixto (tipo hércules) de 14 mm de diámetro.

Justificación: El material mixto permite entregar mayor flexibilidad a la relinga superior en comparación con el acero, disminuyendo además su peso. Respecto a su diámetro de 14 mm, éste entrega una resistencia a la ruptura aproximadamente de 4 toneladas según proveedores, valor que supera ampliamente los esfuerzos esperados en arrastre.

Relinga inferior: Se concordó que el material a utilizar en la construcción debe mantenerse de acuerdo a lo utilizado actualmente y que corresponde a un cabo torcido de polipropileno (PP) de 5/8" de diámetro.

Justificación: El cabo a utilizar cumple actualmente con los requerimientos de estructuración de la red. Se debe considerar que además es un material disponible en el mercado local.

Lacha y cabo de refuerzo: Se logró un consenso en el cual el material de esta estructura debe ser un cabo trenzado de PE (6 componentes) de 16 mm de diámetro, con un coeficiente de recorte entre el 2 y 5% (menor) respecto a la longitud de la tela (unión).

Justificación: El material y dimensiones obtenidas en consenso en el taller cumplen con los requerimientos en la operación de la red, ya que durante el arrastre esta estructura no debería soportar altas tensiones. Las exigencias de resistencia a la ruptura deben aplicarse en el momento del lavado e izado de la red en cubierta, preferentemente por los esfuerzos provocados por la inercia de la embarcación. Los cables utilizados en la actualidad (construcción 6x19, $\frac{3}{4}$ " de diámetro) superan ampliamente lo requerido, generando un peso excesivo en la red. Se debe además considerar que el cable de acero no presenta una elasticidad que permita absorber los esfuerzos generados por el movimiento de la embarcación, propiedad que sí cumple el cabo.

Borlón: Se concluyó que esta estructura debería ser construida con cable de acero de construcción 6x24 y $\frac{3}{4}$ " diámetro al nivel de las alas (de mayor flexibilidad que el 6x19), y cadena de 16 mm (tipo de eslabón de acuerdo a la disponibilidad) en la sección central con un conector en sus extremos de cadena de 13 mm (rematador). En términos de su armado éste debe ser, a lo menos, de igual longitud que la relinga inferior. Respecto a su embarrilado, éste debe mantener su configuración y tipo de material utilizado en la actualidad, logrando así mantener el peso lineal seco que oscila entre 4 y 6 kg por metro de longitud de borlón.

Justificación: En la actualidad se utiliza preferentemente cables de acero 6x19 de $\frac{3}{4}$ " de diámetro y cadena de 16 mm en algunos casos en la boca de la red, sin la presencia de conectores o rematadores que en casos de trabaduras permiten no perder la totalidad del arte de pesca. Se hace imperativo el uso de conectores de menor resistencia a la ruptura. El cable debiera ser de una construcción más flexible como 6x24 o 6x36, dependiendo de la disponibilidad del mercado, lo que permitirá un mejor desempeño de las alas sobre el fondo. En cuanto al largo del borlón, este debe ser a lo menos igual a la relinga inferior para asegurar el buen contacto con el fondo. También es posible probar con longitudes de borlón ligeramente superiores lo que permite que la red se "siente" aún más.

4.3.2.2. Módulo II (Diseño y construcción)

Número de paneles: En forma unánime y considerando el comportamiento de los crustáceos en Chile y la configuración deseada de la red para propósitos de captura y selectividad por medio de dispositivos de escape, se concluyó que la red debe ser diseñada en 2 paneles.

Justificación: La opción a tomar en el diseño de la red, respecto al número de paneles se centró principalmente en considerar que cualquiera sea la opción, ésta debe permitir durante el desarrollo del arrastre una mejor configuración de la red, respecto de la actual, que permita por un lado un menor contacto del cuerpo de la red con el fondo y por otro lado, un área de filtrado

óptima (aumento en la abertura y altura de la boca de la red). Estos cambios permiten un mejor desempeño y configuración al nivel del túnel y copo, característica que debe darse para un mejor funcionamiento del panel de escape, condición que en la actualidad no se logra. Se considera apropiado también que el panel inferior sea aproximadamente un 20% más angosto que el panel superior, lo cual permitirá disminuir la superficie de contacto y mejorar la configuración de la red respecto al flujo.

Coefficiente de armado: Se concibe que el trabajar con un coeficiente de armado de 0,5 (calculado a nivel de la boca de la red) es prudente y eficiente para este tipo de pesquerías y de acuerdo a las modificaciones efectuadas en el prototipo de red.

Justificación: Tomando en cuenta que en el taller de trabajo existían tres experiencias opuestas en el armado a nivel de la boca de la red ($\mu_1 = 0,5$ en redes chilenas, 0,3 en redes islandesas y 0,7 en redes argentinas), se tomó la decisión de seguir con la tendencia utilizada actualmente en la pesquería de crustáceos en Chile. Trabajar con un coeficiente de armado de 0,7 (máxima área de la malla) logra una buena filtración, característica que tiende a mantener una estructura muy poco flexible, disminuyendo de por sí la capacidad de embolsamiento y por ende la capacidad de obtener una mayor altura de la boca de la red por la mejora de las líneas de tensión (Cortes T:B - fly meshes). Por otro lado, trabajar con coeficientes de armado cercanos a 0,3 es una condición que permite un mayor embolsamiento en la parte superior de la red, lo que no podría generar un impacto tal de altura de la red, debido principalmente a la baja de la velocidad de arrastre que se utiliza en Chile (cerca a los 2 nudos).

Tamaños de malla: En esta componente y considerando todos los aspectos relevantes (cambios de flujos-estructura de tallas del recurso objetivo y principio de captura) se concluyó que todo el panel superior (sin túnel y copo) debe ser de 80 mm de tamaño de malla y el panel inferior de 50 mm, mientras que el túnel y copo deberá ser construido en 50 mm.

Justificación: El tamaño de malla de 80 mm que representa la mayor dimensión en la construcción de la red en el panel superior, representa un tamaño adecuado para que no permita el escape involuntario del recurso objetivo, considerando que esta sección de la red tiene el menor contacto con el recurso objetivo. Además este tamaño de malla permite una mejor filtración de la red y un cambio de flujo al pasar a la sección posterior de la red (túnel y copo, menor tamaño de malla), favoreciendo así el escape de peces por el panel de escape. Por otro lado el panel inferior será construido en su totalidad de 50 mm de claro de malla ya que es la sección en el cual se logra el mayor contacto con el recurso objetivo.

Diámetro de los hilos: En esta componente se concluyó que de acuerdo a los esfuerzos producidos en el arrastre y al tipo de fondo, el diámetro de los hilos en el panel superior e inferior deben ser de alrededor de 2,2 mm y de 3,2-3,5 mm al nivel del túnel y copo, siempre considerando las disponibilidades de material en el mercado.

Justificación: Con el presente diseño de red se logrará un menor contacto con el fondo marino, por lo que se generará una menor probabilidad de trabamientos o desgaste con el fondo marino, lo que sugiere que emplear un diámetro de 2,2 mm en la red cumpliría perfectamente con los requerimientos técnicos propios de un arrastre de fondo (resistencia a la abrasión, resistencia a la ruptura y elongación; entre los principales). Respecto a la sección posterior de la red denominada túnel y copo, este será de 3,2-3,5 mm de diámetro de los hilos para darle una mayor resistencia a la ruptura y abrasión a la sección de la red que retiene la captura y que por condiciones extremas o no deseadas pueden tener contacto con el fondo.

Alas: Respecto a esta sección de la red se recomendó mantener las dimensiones actuales (12-14 m de alas inferiores), siempre y cuando se mantenga la proporción que esta sección de la red debe ser igual o menor al cuerpo de la red en términos de su longitud para lograr un buen ángulo de entrada. Respecto a los cortes en el ala superior, ésta debe comenzar con cortes a la barra (AB), suavizando posteriormente con cortes T, lo que se traduce en una mejora en las direcciones de las líneas de tensión, produciéndose una mayor cantidad de mallas libres (fly-meshes) en la boca superior de la red (cielo), lográndose así una mayor capacidad de altura de la red.

4.3.2.3. Amarinamiento

Portalones: En este componente se concluyó que los portalones rectangulares planos en V deben mantenerse en operación en la pesquería de arrastre de fondo de crustáceos en Chile.

Justificación: Con la gran cantidad de variables que fueron modificadas en el nuevo prototipo de red seleccionada, el portalón sería una nueva variable más a evaluar y que algún cambio en su diseño provocaría cambios no sólo en el arte de pesca sino también al nivel del sistema buque. Por lo que se determinó que esta posible modificación se abordará en otra investigación, ya que por el momento la mantención del actual portalón en la pesquería de arrastre de fondo de crustáceos es compatible con el nuevo prototipo de red seleccionada y no altera sustancialmente las bondades de éste.

4.3.2.4. Dispositivos de reducción de fauna acompañante (BRD) y selectividad

En este punto en particular, y tomando en cuenta la información proporcionada en las exposiciones al inicio del taller, el panel de experto indicó que no sería prudente el modificar desde un inicio los paneles de escape y construcción de los túneles, sino más bien que ésta sea replanteada en caso que las experiencias in situ demuestren resultados negativos. De acuerdo a los resultados obtenidos en el Proyecto FIP N° 2001-23, el Panel de Escape Compuesto II tuvo buenos resultados en lances experimentales (30 minutos de arrastre), sin embargo en el Proyecto FIP N° 2004-46 se constató que en lances comerciales (2 horas de arrastre) existían problemas en el desempeño del panel debido a los volúmenes y rendimientos de captura, generándose pérdidas de recurso objetivo durante el proceso de virado e izado de la captura. En este sentido, los asistentes recomendaron alargar el túnel en aproximadamente 4 m de longitud si el problema de la pérdida del recurso objetivo persistiese.

4.3.2.5. Propuesta de red

Tomando en cuenta los resultados emanados del taller en sus módulos I y II, el equipo técnico del taller y ejecutor del proyecto en cuestión, sometió a discusión sus propuestas de red, convergiendo a una red de dos paneles, cuyo plano es el siguiente (Fig.18):

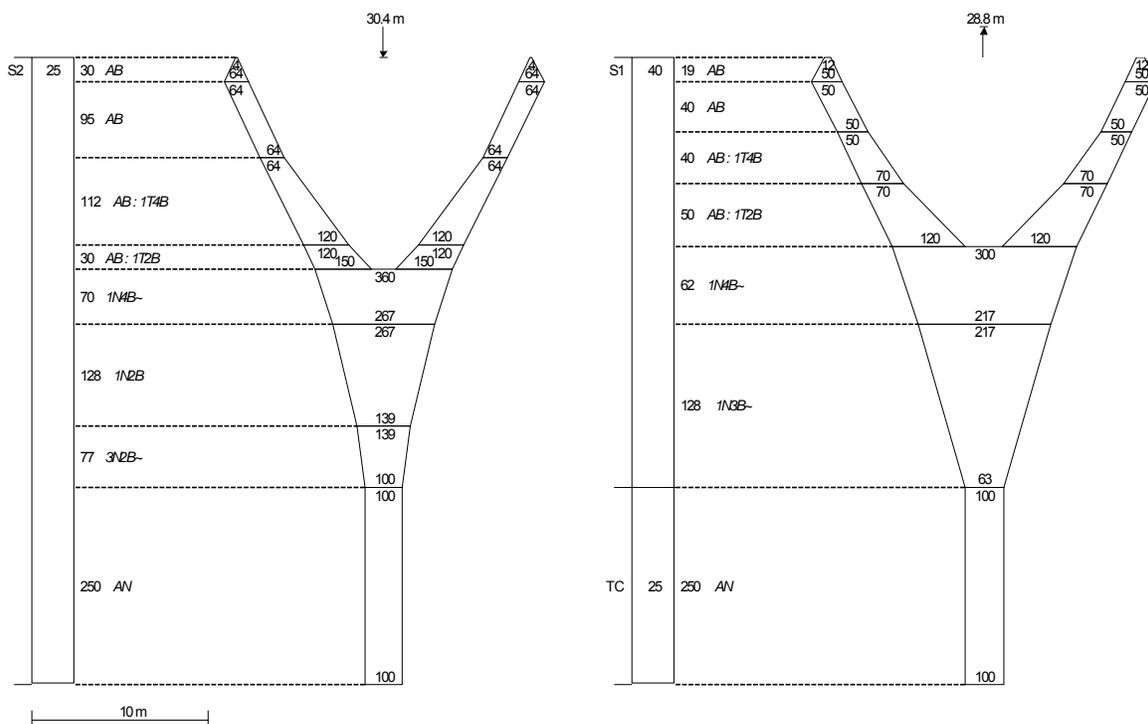


Figura 18. Plano de la red definida por el panel de expertos.

4.3.3.- Panel Administración Pesquera

Dicha actividad se realizó el 14 de marzo en las dependencias de la Escuela de Ciencias del Mar con el objetivo de exponer la alternativa de diseño de red seleccionada y discutidas en el trabajo con expertos y usuarios, de manera de interiorizar a la administración pesquera con perspectivas al manejo y fiscalización.

Por tal motivo se realizó una invitación abierta a Instituciones de Gobierno como Subsecretaría de Pesca, Servicio Nacional de Pesca y Fondo de Investigación Pesquera. En el Taller de Presentación de Resultados Parciales se expuso el diseño de red evaluada, presentando la visión detallada de las bondades del diseño seleccionado y evaluado en las distintas instancias de trabajo. En este taller participaron:

a) Administración Pesquera

- Vilma Correa A. – Servicio Nacional de Pesca
- Claudio Castañer – Servicio Nacional de Pesca
- Alejandro Karstegl – Subsecretaría de Pesca
- Eduardo Alzamora – Fondo de Investigación Pesquera

b) Equipo de investigación

- Guillermo Martínez G. (Director de la Escuela de Ciencias del Mar)
- Teófilo Melo F.
- Felipe Hurtado F.
- Dante Queirolo P.
- Ivonne Montenegro U.
- Erick Gaete A.
- Emilio Rasse O.

Objetivo 4.4.- Evaluar la(s) mejor(es) alternativa(s) de diseño y construcción de artes de arrastre para la pesquería de crustáceos demersales.

4.4.1.- Túneles y copos a escala en canal de prueba del Instituto Nacional de Hidráulica (INH)

Se realizaron 42 experiencias de medición y registro de la resistencia al avance de 7 configuraciones distintas de túneles y copos, empleándose distintas velocidades de remolque entre 0,21 y 1,34 m/s. Junto a la resistencia al avance, cada experiencia fue filmada y fotografiada para una revisión cualitativa del desempeño de los túneles y copos en el canal de prueba (Fig. 19), adjuntándose a las bases de datos del proyecto.



Figura 19. Ejemplo del registro fotográfico de túneles y copos en canal de prueba.

En la Tabla 13 se señala el resultado de las corridas a que fueron sometidas las diferentes configuraciones de túneles y copos, determinándose que los valores resistivos son coherentes con el conocimiento teórico en este materia. De acuerdo a las curvas resistivas, La figura muestra que entre paños de misma titulación (210/96) y misma configuración (romboidal), el menor tamaño de malla (1,5") es el que presenta mayor resistencia, seguido del paño de 2". El paño de 2,5" por tener menor área sólida es aquel con menor resistencia al avance. Al incluir un paño de 2" romboidal y titulación 210/192 (mayor diámetro de hilo), es posible observar que la resistencia al avance es levemente superior que la titulación 210/96. La figura 20 (a y b) muestra en forma comparativa las resistencias al avance de diferentes configuraciones de malla (T90, cuadrada y romboidal con dispositivo de escape) respecto a un paño patrón que corresponde a malla romboidal de 2" y titulación 210/96. En este caso se aprecia que el paño en T90 presenta la misma resistencia que el paño patrón, mientras que paños de malla cuadrada y de malla romboidal con dispositivo de escape (de malla cuadrada), presentan notables disminuciones de resistencia asociadas a su menor área sólida.

Tabla 13. Resistencia al avance (kg) de diferentes tamaños y configuraciones de malla en función a la velocidad de arrastre.

PRUEBA DE ARRASTRE N°	TAM_MALLA (pulgadas)	TITULACION DEL HILO	CONFIGURACION DE MALLA	VELOCIDAD (m/s)	RESISTENCIA (kg)
1				0,22	0,7
2				0,40	1,7
3				0,65	3,8
4	2	210/96	ROMBOIDAL	0,80	5,0
5				1,06	10,5
6				0,87	7,0
7				1,12	10,5
8				0,21	0,7
9				0,55	2,0
10	2,5	210/96	ROMBOIDAL	0,77	3,6
11				0,89	5,2
12				1,13	10,0
13				0,54	1,0
14				0,74	3,1
15				0,87	4,5
16	1,5	210/96	ROMBOIDAL	0,80	5,0
17				0,80	5,9
18				0,96	8,9
19				0,98	9,0
20				0,53	2,5
21				0,68	4,0
22				0,69	4,0
23	2	210/96	CUADRADA	0,79	2,8
24				0,79	2,9
25				0,99	4,7
26				1,34	5,3
27				0,48	2,5
28	2	210/192	ROMBOIDAL	0,66	4,3
29				0,76	5,8
30				0,96	8,9
31				0,53	2,3
32				0,69	4,0
33	2	210/96	ROTADA T90	0,79	5,0
34				0,99	8,4
35				0,78	6,0
36				0,99	8,6
37				0,50	1,8
38				0,67	2,8
39	2	210/96	ROMBOIDAL C/BRD	0,77	3,6
40				0,98	5,3
41				0,68	2,7
42				0,67	2,6

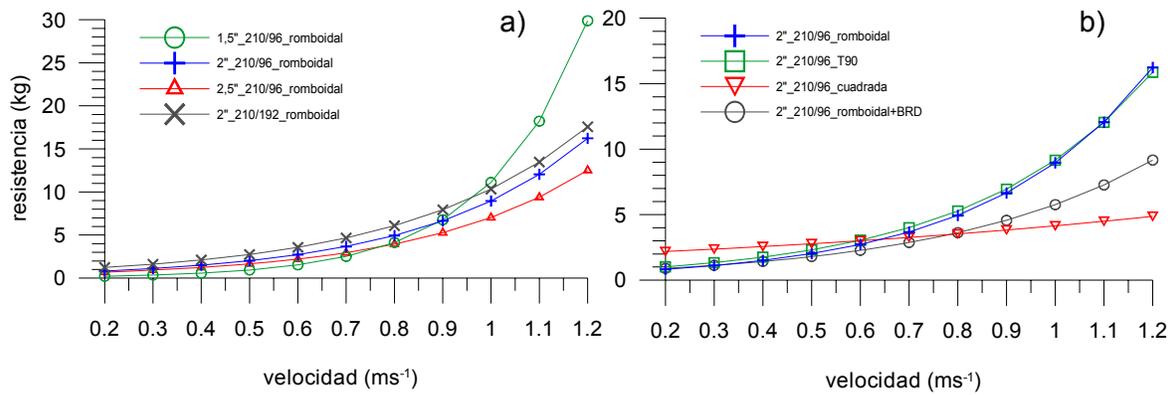


Figura 20. Curvas de resistencia al avance: a) túneles y copos de malla romboidal de 1,5", 2" y 2,5" de titulación 210/96 y de 2" de titulación 210/192 y b) túneles y copos de 2" de tamaño de malla, con configuraciones de malla romboidal, T90, cuadrada y romboidal con dispositivo de escape.

4.4.2.- Trenes (borlones) de arrastre a escala en canal de prueba

Se construyó un canal de prueba para estudiar el desempeño de tres configuraciones de borlones de arrastre utilizados por la flota arrastrera, permitiendo trabajar a una escala 1:16 respecto a la longitud. Las variables relevantes a considerar durante las experiencias fueron el tiempo de sedimentación y la penetración en el sustrato, no obstante esta última sólo se consideró en términos cualitativos en base a observación visual directa y registros de filmaciones. Los resultados principales según tipo de borlón son:

a) *Borlón embarrilado*

Se realizaron 10 corridas en el túnel de prueba con velocidades de remolque entre 0,15 y 0,56 m/s. Se observa que al aumentar la velocidad de remolque se incrementa la cantidad de material removido desde el fondo y consecuentemente la turbidez del agua aumenta. En forma comparativa, el tiempo de sedimentación del material en suspensión es mayor que al utilizar borlones de caucho y mixto. Este borlón genera remoción de sedimentos en toda la extensión del borlón (Fig. 21), tanto en los extremos como en la sección central (Fig. 22), remueve la capa fina superficial de sedimento y genera pequeños surcos en el sustrato (Fig. 23).



Figura 21. Secuencia de filmación del borlón embarrilado, vista lateral.

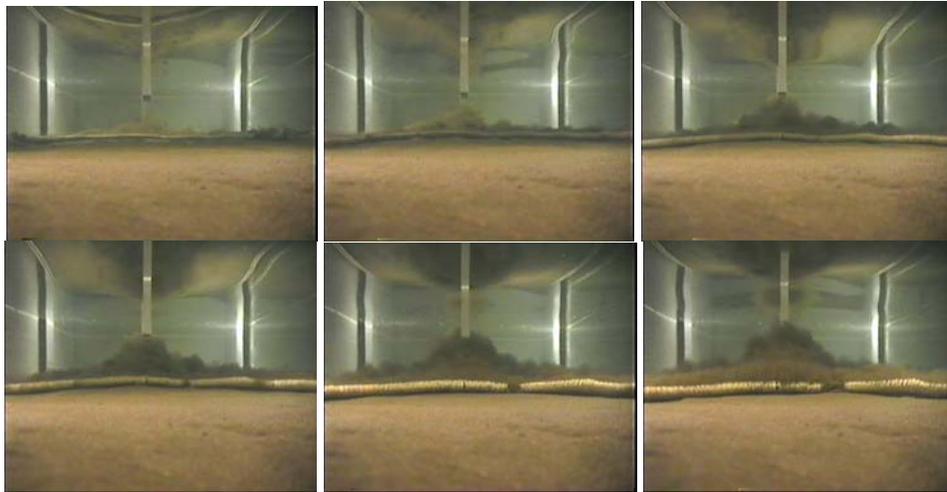


Figura 22. Secuencia de filmación del borlón embarrilado, vista frontal.

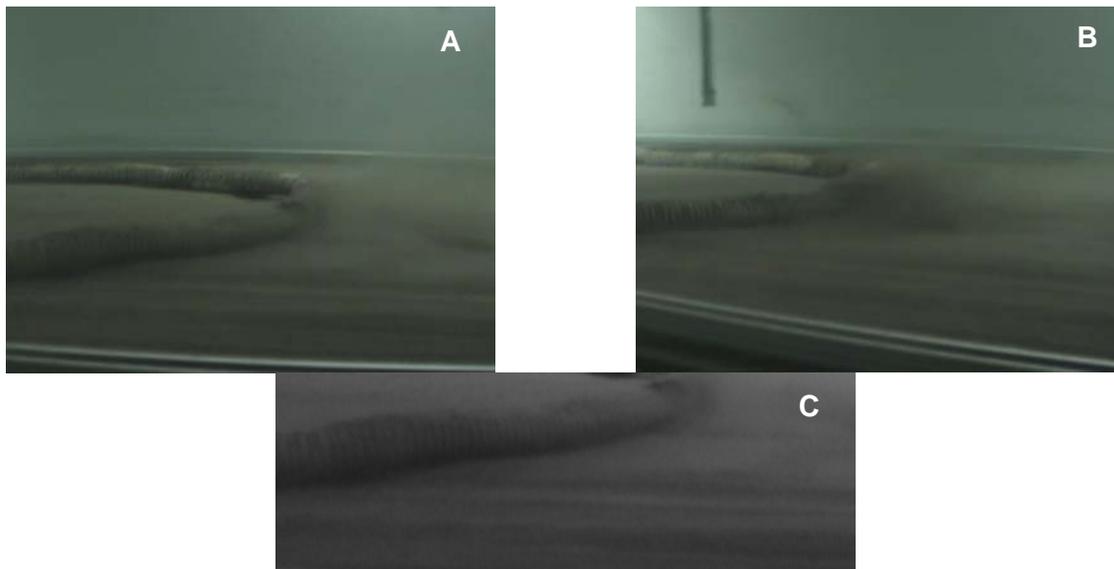


Figura 23. Marcas dejadas en el sustrato del canal de prueba por el borlón embarrilado.

b) *Borlón de caucho*

Se realizaron 8 corridas en el túnel de prueba con velocidades de remolque entre 0,16 y 0,57 m/s. Al igual que en el caso anterior se observa que al aumentar la velocidad de remolque se incrementa la cantidad de material removido desde el fondo y consecuentemente la turbidez del agua aumenta, aunque en forma comparativa, el tiempo de sedimentación del material en suspensión es menor que al utilizar borlón embarrilado y es mayor que al utilizar borlón mixto. Este borlón genera baja remoción de sedimentos (Fig. 24), principalmente en la sección central (Fig. 25), generando surcos en toda su extensión (Fig. 26).



Figura 24. Secuencia de filmación del borlón de caucho, vista lateral.



Figura 25. Secuencia de filmación del borlón de caucho, vista frontal.

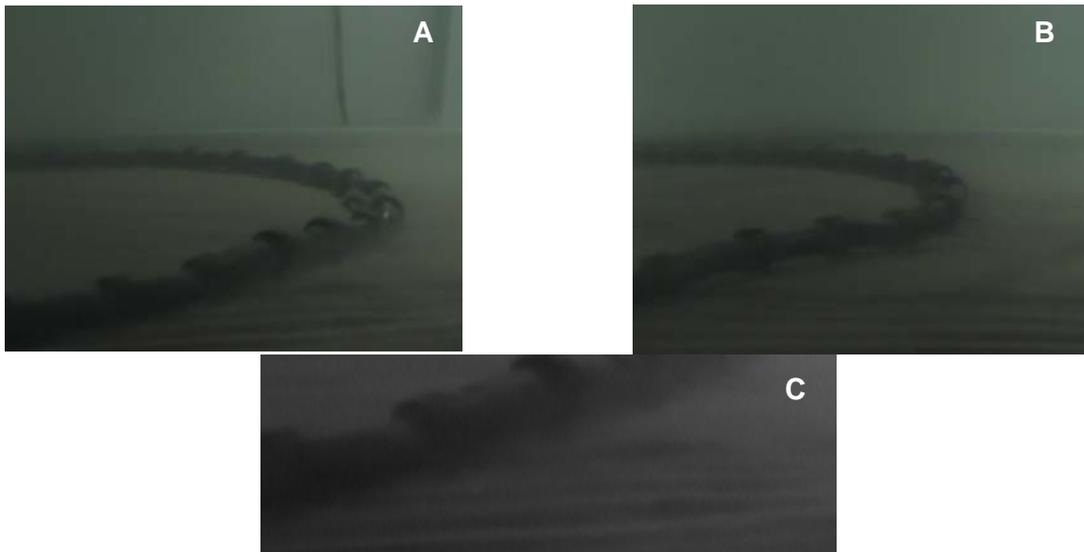


Figura 26. Marcas dejadas en el sustrato del canal de prueba por el borlón de caucho.

c) *Borlón mixto*

Se realizaron 8 corridas en el túnel de prueba con velocidades de remolque entre 0,21 y 0,58 m/s. En este caso no se aprecia un aumento proporcional de la turbidez en función a la velocidad, permaneciendo prácticamente constante entre experiencias. En forma comparativa, el tiempo de sedimentación del material en suspensión es menor que al utilizar borlones embarrilado y de caucho. Este borlón genera remoción moderada de sedimentos (Fig. 27), principalmente en la sección central de la boca compuesta por un embarrilado tradicional, lo que genera surcos en las alas (Fig. 28).



Figura 27. Secuencia de filmación del borlón mixto, vista lateral.

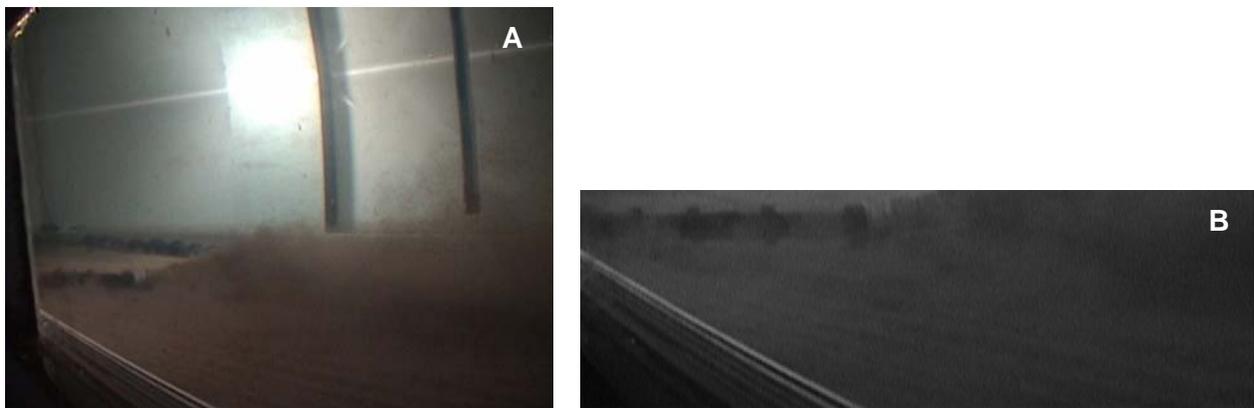


Figura 28. Marcas dejadas en el sustrato del canal de prueba por el borlón mixto.

Tabla 14. Resumen de resultados en experiencias con borlones a escala en canal de prueba.

Tipo	Velocidad (m/s)		Corridas	Percepción general y comparativa
	Mínima	Máxima		
<i>Embarrilado</i>	0,15	0,56	10	1.- A mayor velocidad aumenta la turbidez 2.- Mayor tiempo de sedimentación que borlones de caucho y mixto 3.- Genera surcos leves en el sustrato, pero remueve la capa fina superficial de sedimento 4.- Genera alto levantamiento de sedimentos tanto en alas (extremos) como en la boca (centro)
<i>Caucho</i>	0,16	0,57	8	1.- A mayor velocidad aumenta la turbidez 2.- Menor tiempo de sedimentación que borlón embarrilado y mayor que borlón mixto 3.- Produce surcos en toda su longitud (alas y boca) 4.- Genera bajo levantamiento de sedimentos, y sólo en la boca (centro)
<i>Mixto</i>	0,21	0,58	8	1.- No se aprecia un aumento proporcional de la turbidez en función a la velocidad 2.- Menor tiempo de sedimentación que borlones embarrilado y de caucho 3.- Produce surcos en las alas 4.- Genera levantamiento moderado de sedimentos, principalmente en la boca (centro)

4.4.3.- Red prototipo a escala en túnel de prueba (Marine Institute-Canadá)

4.4.3.1.- Evaluación del desempeño general de la red

Para el cumplimiento de esta actividad que contempló la evaluación del desempeño general de la red, es importante mencionar que la abertura de portales por lo general se mantuvo principalmente fija ya sea por la incapacidad de abrir libremente los portales producto que éstos se encontraban fijados a la estructura del túnel de prueba o simplemente en aquellas experiencias en las cuales no se utilizaron portales por lo que la maniobra fue fijada a la estructura fija del túnel de prueba. Maniobra en sí no produce efectos en el desempeño de la red, ya que a priori la abertura de portales fue estimada considerando la maniobra utilizada (longitud de estándares, malletas y patas de gallo), por lo que ésta no debería de exceder los 40 m. Entonces, todas las evaluaciones y experiencias se realizaron a distintas aberturas con la restricción de los 40 m.

En este contexto se realizaron un total de 11 experiencias en las cuales se evaluó distintas variables de funcionalidad de la red de manera de poder evaluar su respuesta en función a parámetros como la abertura de portales, velocidad de arrastre, flotación total y longitud del estándar superior. En este contexto a continuación se presentan los principales resultados.

a) Evaluación N° 1

Para la primera evaluación de la red prototipo se utilizó un amarinamiento y maniobra estándar que consistió principalmente en portales Morgere vertical de 2,8 m², patas de gallo de 3 m, malletas de 10 m, estándares de 12 m (2 estándares) y una flotación total de 43,2 kgf (Tabla 15).

Tabla 15. Características generales del amarinamiento y maniobra utilizada.

Tipo Portalón	Área Portalón (m ²)	Abertura Portalón (m)	Patas de gallo (m)	Malleta (m)	Estándar superior (m)	Estándar Inferior (m)	Boyantez Unitaria (kgf)	Boyantez Total (16 u) (kgf)
Morgere	2,88	32,0	3,0	10,0	12,0	12,0	2,7	43,2

De los resultados de la primera evaluación, se realizaron 4 experiencias a velocidades entre los 1,8 y 2,4 kn, pudiéndose observar que la abertura punta de alas se mantuvo en valores cercanos a 16 m (52% de la LRS), mientras que la altura de la boca varió desde 2,0 a 1,6 m a velocidades de 1,8 y 2,4 kn; respectivamente. Respecto a la resistencia del arte, ésta presentó un comportamiento que fue incrementándose con la velocidad de arrastre desde 0,97 a 1,5 ton, lo cual representó un aumento de 1,5 veces a velocidad de 2,4 kn. Finalmente, en lo que respecta al ángulo de ataque funcional de la red este

presentó valores cercano a los 19 grados, pudiéndose visualizar un leve incremento de la velocidad de arrastre (Tabla 16).

Tabla 16. Principales resultados funcionales de la evaluación de la experiencia N° 1.

Velocidad de arrastre (kn)	Abertura Pta. Alas (m)	Altura del ala (m)	Altura boca red (m)	Resistencia Total (ton)	Angulo ataque red (grados)
1,8	16,0	0,7	2,0	0,97	18,9
2,0	16,1	0,7	1,8	1,13	19,3
2,2	16,2	0,7	1,7	1,30	19,0
2,4	16,0	0,7	1,6	1,50	20,0

b) Evaluación N° 2

Para la segunda evaluación de la red prototipo se utilizó un amarinamiento y maniobra estándar que consistió principalmente en malletas de 10 m, estándares de 12 m (2 estándares) y una flotación total de 43,2 kgf. Sin embargo a diferencia de la evaluación descrita anteriormente, no se utilizaron portalones, por lo que la abertura de portalón (ficticia) fue dada por la estructura fija que posee el túnel de prueba al cual se le fijan los portalones (Tabla 17).

Tabla 17. Características generales del amarinamiento y maniobra utilizada.

Tipo Portalón	Área Portalón (m ²)	Abertura Portalón (m)	Patas de gallo (m)	Malleta (m)	Estándar superior (m)	Estándar Inferior (m)	Boyantez Unitaria (kgf)	Boyantez Total (16 u) (kgf)
-	-	32,6	-	10,0	12,0	12,0	2,7	43,2

De los resultados de la segunda evaluación, se realizaron 4 experiencias a velocidades entre los 1,8 y 2,4 kn, pudiéndose observar que la abertura punta de alas se mantuvo en valores de 16,5 m (54% de la LRS), mientras que la altura de la boca varió desde 2,0 a 1,6 m a velocidades de 1,8 y 2,4 kn; respectivamente. Respecto a la resistencia del arte, éste presentó un comportamiento que fue incrementándose con la velocidad de arrastre desde 0,75 a 1,2 ton, lo cual representó un aumento de 1,6 veces a velocidad de 2,4 kn, respecto a la velocidad inicial (1,8 kn) Finalmente en lo que respecta al ángulo de ataque funcional de la red éste presentó valores en torno a 21,5 grados (Tabla 18).

Tabla 18. Principales resultados funcionales de la evaluación de la experiencia N° 2.

Velocidad de arrastre (kn)	Abertura Pta. Alas (m)	Altura del ala (m)	Altura boca red (m)	Resistencia Total (ton)	Angulo ataque red (grados)
1,8	16,5	0,8	2,0	0,75	21,5
2,0	16,5	0,8	1,8	0,88	21,4
2,2	16,5	0,8	1,7	1,00	21,5
2,4	16,5	0,8	1,6	1,20	21,5

c) Evaluación N° 3

Para la tercera evaluación de la red prototipo se utilizó un amarinamiento y maniobra estándar que consistió principalmente en malletas de 10 m, estándares de 12 m (2 estándares) y una flotación total de 43,2 kgf. Al igual que la experiencia anterior, no se utilizaron portalones, por lo que la abertura de portalón (ficticia) fue de 28 m (Tabla 19).

Tabla 19. Características generales del amarinamiento y maniobra utilizada.

Tipo Portalón	Área Portalón (m ²)	Abertura Portalón (m)	Patas de gallo (m)	Malleta (m)	Estándar superior (m)	Estándar inferior (m)	Boyantez Unitaria (kgf)	Boyantez Total (16 u) (kgf)
-	-	28,0	-	10,0	12,0	12,0	2,7	43,2

De los resultados de la tercera evaluación, se realizaron 4 experiencias a velocidades entre los 1,8 y 2,4 kn, a una abertura de portalón fija de 28 m, pudiéndose observar que la abertura punta de alas se mantuvo en valores en torno a 14,9 m (49% de la LRS), mientras que la altura de la boca varió desde 2,2 a 1,7 m a velocidades de 1,8 y 2,4 kn; respectivamente. Respecto a la resistencia del arte, éste presentó un comportamiento que fue incrementándose con la velocidad de arrastre desde 0,75 a 1,2 ton, lo cual representó un aumento de 1,6 veces a velocidad de 2,4 kn, respecto a la velocidad inicial (1,8 kn). Finalmente en lo que respecta al ángulo de ataque funcional de la red éste presentó valores en torno a los 17,3 grados (Tabla 20).

Tabla 20. Principales resultados funcionales de la evaluación de la experiencia N° 3.

Velocidad de arrastre (kn)	Abertura Pta. Alas (m)	Altura del ala (m)	Altura boca red (m)	Resistencia Total (ton)	Angulo ataque red (grados)
1,8	14,9	0,8	2,2	0,75	17,3
2,0	15,0	0,8	2,0	0,9	17,2
2,2	14,9	0,8	1,9	1,0	17,3
2,4	14,9	0,8	1,7	1,2	17,3

d) Evaluación N° 4

Para la cuarta evaluación de la red prototipo se utilizó un amarinamiento y maniobra estándar que consistió principalmente en malletas de 10 m, estándares de 12 m (2 estándares) y una flotación total de 43,2 kgf. Al igual que la experiencia anterior, no se utilizaron portalones, por lo que la abertura de portalón (ficticia) fue de 35 m (Tabla 21).

Tabla 21. Características generales del amarinamiento y maniobra utilizada.

Tipo Portalón	Área Portalón (m ²)	Abertura Portalón (m)	Patas de gallo (m)	Malleta (m)	Estándar superior (m)	Estándar inferior (m)	Boyantez Unitaria (kgf)	Boyantez Total (16 u) (kgf)
-	-	35,0	-	10,0	12,0	12,0	2,7	43,2

De los resultados de la cuarta evaluación, se realizaron 4 experiencias a velocidades entre 1,8 y 2,4 kn, a una abertura de portalón fija de 35 m, pudiéndose observar que la abertura punta de alas se mantuvo en valores en torno a 17,4 m (56% de la LRS), mientras que la altura de la boca varió desde 1,8 m a 1,6 m a velocidades de 1,8 y 2,4 kn; respectivamente. Respecto a la resistencia del arte, éste presentó un comportamiento que fue incrementándose con la velocidad de arrastre desde 0,76 ton a 1,2 ton, lo cual representó un aumento de 1,6 veces a velocidad de 2,4 kn, respecto a la velocidad inicial (1,8 kn). Finalmente en lo que respecta al ángulo de ataque funcional de la red éste presentó valores en torno a los 23,6 grados (Tabla 22).

Tabla 22. Principales resultados funcionales de la evaluación de la experiencia N° 4.

Velocidad de arrastre (kn)	Abertura Pta. Alas (m)	Altura del ala (m)	Altura boca red (m)	Resistencia Total (ton)	Angulo ataque red (grados)
1,8	17,4	0,9	1,8	0,76	23,6
2,0	17,4	0,8	1,7	0,89	23,6
2,2	17,4	0,8	1,6	1,0	23,6
2,4	17,3	0,8	1,6	1,2	23,7

e) Evaluación N° 5

Para la quinta evaluación de la red prototipo se utilizó un amarinamiento y maniobra estándar que consistió principalmente en malletas de 10 m, estándares de 12 m (2 estándares) y una flotación total de 43,2 kgf. Al igual que la experiencia anterior, no se utilizaron portalones, por lo que la abertura de portalón (ficticia) fue de 39 m (Tabla 23).

Tabla 23. Características generales del amarinamiento y maniobra utilizada.

Tipo Portalón	Área Portalón (m ²)	Abertura Portalón (m)	Patas de gallo (m)	Malleta (m)	Estándar superior (m)	Estándar inferior (m)	Boyantez Unitaria (kgf)	Boyantez Total (16 u) (kgf)
-	-	39,0	-	10,0	12,0	12,0	2,7	43,2

De los resultados de la quinta evaluación, se realizaron 4 experiencias a velocidades entre 1,8 y 2,4 kn, a una abertura de portalón fija de 39 m, pudiéndose observar que la abertura punta de alas se mantuvo en valores en torno a 18,8 m (61% de la LRS), mientras que la altura de la boca varió desde 1,8 m a 1,5 m a velocidades de 1,8 y 2,4 kn; respectivamente. Respecto a la resistencia del arte, éste presentó un comportamiento que fue incrementándose con la velocidad de arrastre desde los 0,76 ton a 1,2 ton, lo cual representó un aumento de 1,6 veces a velocidad de 2,4 kn, respecto a la velocidad inicial (1,8 kn) Finalmente en lo que respecta al ángulo de ataque funcional de la red éste presentó valores en torno a los 27,4 grados (Tabla 24).

Tabla 24. Principales resultados funcionales de la evaluación de la experiencia N° 5

Velocidad de arrastre (kn)	Abertura punta de alas (m)	Altura del ala (m)	Altura boca red (m)	Resistencia Total (ton)	Angulo ataque red (grados)
1,8	18,8	0,9	1,8	0,76	27,4
2,0	18,8	0,9	1,7	0,90	27,3
2,2	18,8	0,9	1,6	1,10	27,3
2,4	18,7	0,9	1,5	1,20	27,5

4.4.3.2.- Modificación de la longitud del estándar superior y de la estructura lateral de unión entre paneles (lacha)

a) Evaluaciones N° 6, 7 y 8

Para las evaluaciones N° 6, 7 y 8 de la red prototipo se utilizó un amarinamiento y maniobra estándar con portalones Morgere vertical de 2,8 m², patas de gallo de 3 m, malletas de 10 m y una flotación total de 43,2 kgf. Sin embargo la diferenciación de estas evaluaciones se visualizaron sólo a nivel del estándar superior, al cual se le realizó una extensión de 0,3 m, de manera de observar el cambio producido a nivel de la configuración de la boca de la red (altura) (Tabla 25).

Simultáneamente para las evaluaciones N° 7 y 8 la lacha o cabo de refuerzo a nivel del túnel y copo fue removida, para que el paño a esa sección de la red trabajase libremente sin la formación de pliegues, modificación que no afecta las características funcionales de la red.

Tabla 25. Características generales del amarinamiento y maniobra utilizada.

Evaluación N°	Tipo Portalón	Área Portalón (m ²)	Abertura Portalón (m)	Patas de gallo (m)	Malleta (m)	Estándar superior (m)	Estándar Inferior (m)	Boyantez Unitaria (kgf)	Boyantez Total (16 u) (kgf)
6 (1)	morgere	2,88	32,3	3	10,0	12,3	12,0	2,7	43,2
7 (2)	morgere	2,88	32,6	3	10,0	12	12,0	2,7	43,2
8 (2)	morgere	2,88	32,0	3	10,0	12,3	12,0	2,7	43,2

(1) red prototipo con lacha en toda su extensión, (2) lacha removida a nivel del túnel y copo

De los resultados de las evaluaciones 6, 7 y 8, se realizaron experiencias a una misma velocidad de rastreo de 2 kn y con aberturas de portalón entorno a 30 m, se puede apreciar que las experiencias 6 y 8, arrojaron valores de abertura de puntas de ala y altura en torno a 15,6 m y 2,2 m; respectivamente, en comparación con los 16 m de abertura de punta de alas y 1,9 de altura de red para la experiencia 7 (sin extensión del estándar superior). Respecto a las resistencias del arte, las experiencias 6 y 8 presentaron valores en torno a 1,2 ton, lo que significa un incremento en 1,1 veces a lo obtenido en la experiencia N° 7. Mientras que para los valores del ángulo de ataque funcional de la red se puede observar una similitud, en torno a los 19 grados (Tabla 26).

Tabla 26. Principales resultados funcionales de la evaluación de la experiencia N° 6, 7 y 8.

Evaluación N°	Velocidad de arrastre (kn)	Abertura Pta. Alas (m)	Altura del ala (m)	Altura boca red (m)	Resistencia Total (ton)	Angulo ataque red (grados)
6	2,0	15,6	0,9	2,2	1,22	19,5
7	2,0	16,0	0,8	1,9	1,10	19,4
8	2,0	15,8	0,9	2,2	1,20	19,0

Por otra parte, simultáneamente a las mediciones de las características funcionales de la red, se midieron las distancias desde el fondo al panel inferior y superior de los cuerpos bellys (2 y 3) y al inicio del túnel y copo, de manera de corroborar el despegue de la red del fondo y de la altura del cuerpo a la sección objetivo. En este sentido los resultados de las evaluaciones 6, 7 y 8 presentan un despegue de la red del fondo en todas las secciones evaluadas. Respecto a la sección túnel y copo, la altura mínima de despegue del cuerpo respecto al fondo se presentó en la experiencia 7 con una altura de 0,6 m y una altura de sección de 1,4 m. Por otra parte las experiencias 6 y 8 (con extensión en el estándar superior) muestran que la red prototipo a una velocidad de rastreo de 2 kn presenta un leve distanciamiento superior a la de la experiencia 7 respecto del fondo (5-7%) y una mayor altura de la sección de la red evaluada en sus tres secciones, permitiéndose así alturas superiores a los 1,45 m a nivel del inicio del túnel y copo (Tabla 27).

Tabla 27. Principales resultados funcionales (alturas) de la evaluación de la experiencia N° 6, 7 y 8.

Experiencia	Sección	Belly 2	Belly 3	Túnel/Copo
6	Superior (m)	2,25	2,30	2,10
	Inferior (m)	0,20	0,45	0,65
	Altura Sección (m)	2,05	1,85	1,45
7	Superior (m)	1,95	2,05	2,00
	Inferior (m)	0,20	0,40	0,60
	Altura Sección (m)	1,75	1,65	1,40
8	Superior (m)	2,30	2,40	2,15
	Inferior (m)	0,20	0,45	0,65
	Altura Sección (m)	2,10	1,95	1,50

b) Evaluación N° 9

Para la novena evaluación de la red prototipo se utilizó un amarinamiento y maniobra estándar cual consistió principalmente en portales Morgere vertical de 2,8 m², patas de gallo de 3 m, malletas de 10 m, estándares de 12 m (2 estándares) y una flotación total de 43,2 kgf (Tabla 28).

Tabla 28. Características generales del amarinamiento y maniobra utilizada

Tipo Portalón	Área Portalón (m ²)	Abertura Portalón (m)	Patas de gallo (m)	Malleta (m)	Estándar superior (m)	Estándar Inferior (m)	Boyantez Unitaria (kgf)	Boyantez Total (16 u) (kgf)
Morgere	2,88	32,0	3	10,0	12,0	12,0	2,7	43,2

De los resultados de la novena evaluación, se realizaron 5 experiencias a velocidades entre 1,8 y 3,0 kn, a una apertura de portalón fija de 32 m, pudiéndose observar que la apertura punta de alas se mantuvo en valores en torno a 15,9 m (52% de la LRS), mientras que la altura de la boca varió desde los 2,0 m a 1,4 m a velocidades de 1,8 y 3,0 kn; respectivamente. Respecto a la resistencia del arte, éste presentó un comportamiento que fue incrementándose con la velocidad de arrastre desde 0,93 ton a 2,0 ton, lo cual representó un aumento de 2 veces a velocidad de 3,0 kn, respecto a la velocidad inicial (1,8 kn) Finalmente en lo que respecta al ángulo de ataque funcional de la red, éste presentó valores en torno a los 20,0 grados (Tabla 29).

Tabla 29. Principales resultados funcionales de la evaluación N° 9.

Velocidad de arrastre (kn)	Abertura Pta. Alas (m)	Altura del ala (m)	Altura boca red (m)	Resistencia Total (ton)	Angulo ataque red (grados)
1,8 (1)	15,8	0,9	2,0	0,93	19,8
2,0 (1)	15,9	0,9	1,9	1,07	19,8
2,2 (1)	15,9	0,9	1,7	1,2	20,0
2,4 (1)	15,9	0,9	1,6	1,4	20,4
3,0 (1)	16,1	0,8	1,4	2,0	21,0

(1) lacha removida desde el túnel y copo hasta la sección cielo.

Respecto a las mediciones de altura en las tres últimas secciones de la red a una velocidad de 2 kn se observa un despegue de la red respecto al fondo y principalmente al nivel del inicio del túnel y copo, éste presentó un valor de 0,55 m y una altura de 1 m (Tabla 30).

Tabla 30. Principales resultados funcionales (alturas) de la evaluación N° 9.

Experiencia	Sección	Belly 2	Belly 3	Túnel/Copo
9	Superior (m)	1,75	1,60	1,55
	Inferior (m)	0,15	0,30	0,55
	Altura Sección (m)	1,60	1,30	1,00

c) Evaluaciones N° 10 y 11

Para las evaluaciones N° 10 y 11 de la red prototipo se utilizó un amarinamiento y maniobra estándar con portalones Morgere vertical de 2,8 m², patas de gallo de 3 m, malletas de 10 m y estándares de 12 m. La flotación total, a diferencia de las experiencias descritas anteriormente, presentó un aumento en las evaluaciones N° 10 y 11 de un 22 y 44% respectivamente, frente los 43,2 kgf iniciales (Tabla 31).

Tabla 31. Características generales del amarinamiento y maniobra utilizada.

Evaluación N°	Tipo Portalón	Área Portalón (m ²)	Abertura Portalón (m)	Patas de gallo (m)	Malleta (m)	Estándar superior (m)	Estándar Inferior (m)	Boyantez Unitaria (kgf)	Boyantez Total (16 u) (kgf)
10 (1)	morgere	2,88	32,0	3	10,0	12,0	12,0	2,7	52,8
11 (1)	morgere	2,88	32,0	3	10,0	12,0	12,0	2,7	62,5

(1) lacha removida a nivel del túnel y copo hasta sección cielo de la red

De los resultados de estas evaluaciones, en la N° 10 se realizaron experiencias a velocidades de rastreo de 2 y 2,2 kn, mientras que para la evaluación N° 11, sólo se evaluó a 2 kn. En ambas experiencias se usó aberturas de portalón en torno a los 32 m y con resultados de aberturas de punta de alas muy similares en torno a los 15,6 m. Por otra parte, los resultados de abertura de la boca de la red presentaron valores entre 2,1 y 2,0 m (1,9 m de altura de boca de la red a 43,2 kgf de flotación total) para una flotación de 52,8 kgf a velocidades de 2,0 y 2,2 kn; respectivamente. Mientras que para la evaluación N° 11 con flotación total de 62,5 kgf y velocidad de rastreo de 2 kn, la red presentó una altura de boca de red de 2,4 m. Respecto a la resistencias del arte, las experiencias 10 y 11 presentaron valores 1,12 y 1,20 ton; respectivamente, respecto a 1,07 ton a igual velocidad de rastreo (2 kn) pero con una flotación total de 43,2 kgf, lo que significa un incremento en un 12 y 15% (Tabla 32).

Tabla 32. Principales resultados funcionales de la evaluación de las experiencias N° 10 y 11.

Evaluación N°	Velocidad de arrastre (kn)	Abertura Pta. Alas (m)	Altura del ala (m)	Altura boca red (m)	Resistencia Total (ton)	Angulo ataque red (grados)
10	2,0	15,6	1,0	2,1	1,12	19,7
10	2,2	15,7	1,0	2,0	1,30	20,2
11	2,0	15,5	1,1	2,4	1,20	20,1

4.4.4.- Desempeño funcional de las redes de arrastre

4.4.4.1.- Abertura de punta de alas y contacto con el fondo

a) Red actual (PA) con maniobras tradicionales (13 m de malleta y 10 m de estándares)

Las mediciones directas realizadas en la red actual (PA) permitieron estimar que la abertura de punta de alas presenta una media de 11,7 m con una desviación estándar de 1,41 m, lo cual es coincidente con los registros históricos de abertura en este tipo de redes. En cuanto al contacto con el fondo, es posible observar variaciones en el ángulo de inclinación principalmente asociadas a la irregularidad del fondo marino, constatándose algunos máximos de inclinación mayor a la tendencia que podrían relacionarse con levantamientos del borlón, los cuales son coincidentes con las disminuciones de abertura de punta de alas (Figuras 29 y 30).

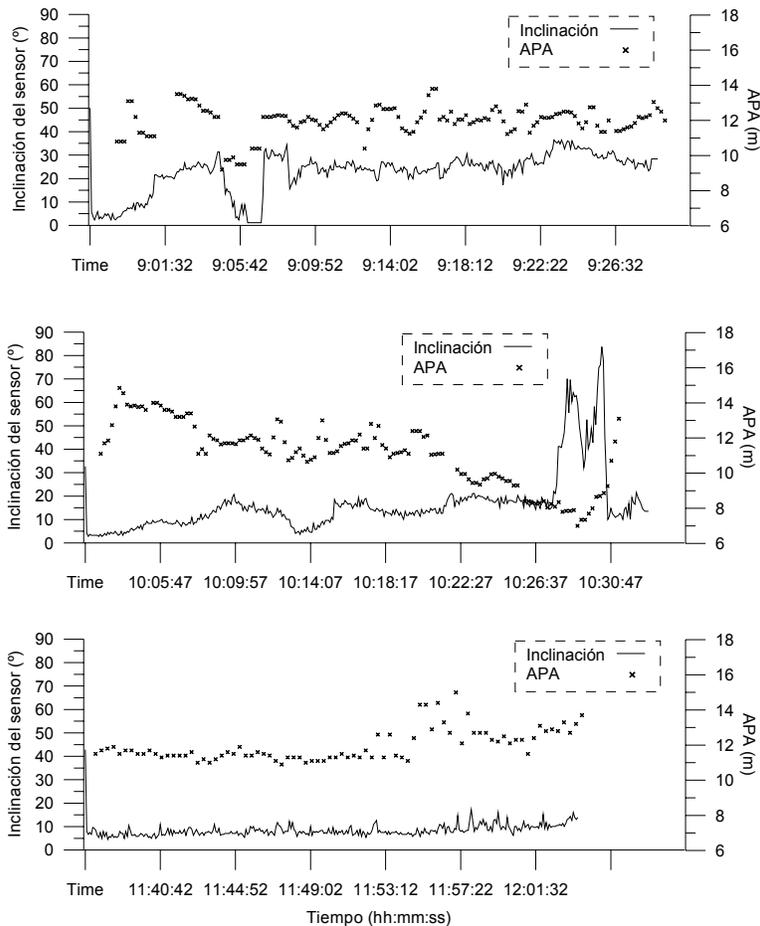


Figura 29. Abertura de punta de alas y ángulo de inclinación del sensor de contacto del borlón en la red actual (PA).

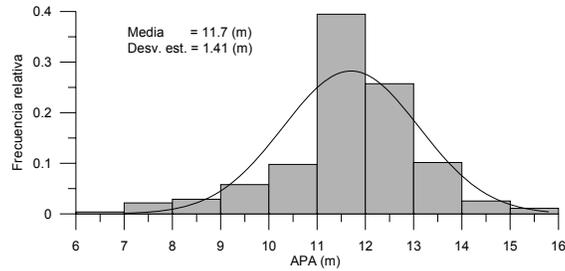


Figura 30. Distribución de frecuencia de la abertura de punta de alas de la red actual (PA).

b) Red nueva (PE) con maniobras largas (13 m de malleta y 10 m de estándares)

La red nueva (PE) presentó una abertura de punta de alas mayor que la red actual (PA), lográndose el desempeño esperado para este nuevo diseño. En términos generales, la red presentó una abertura que puede llegar a superar 16 m entre punta de alas (Fig. 31), sin embargo se constató que la condición del ambiente, en particular el estado del mar, influye sobre la abertura, registrándose valores medios de 15,6 m de abertura con rumbo norte y 13,3 m con rumbo sur (Fig. 32).

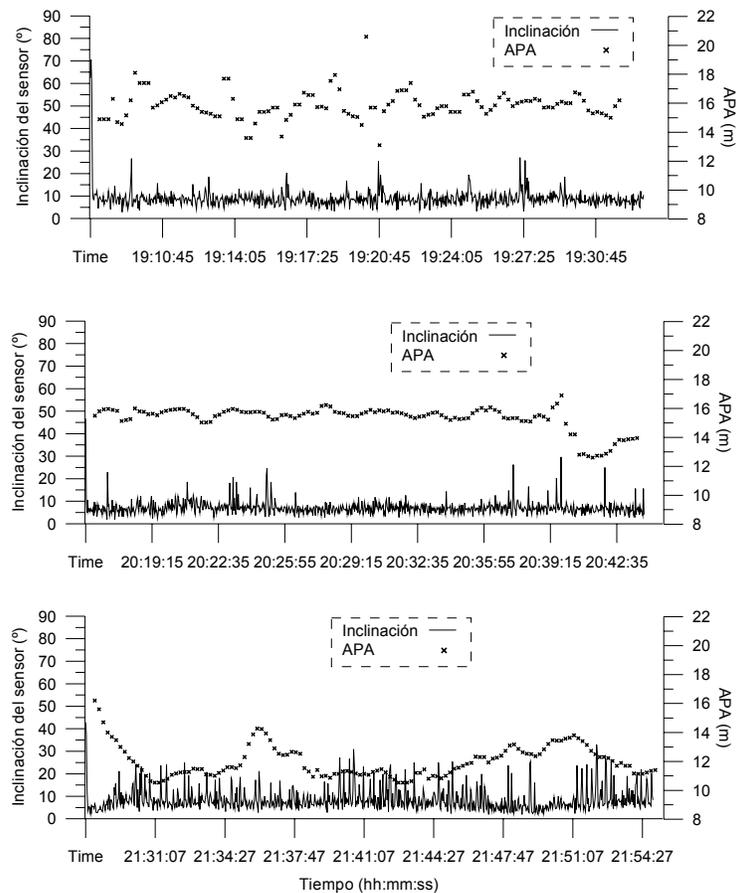


Figura 31. Abertura de punta de alas y ángulo de inclinación del sensor de contacto del borlón en la red nueva (PE) empleando maniobras largas (13 m de malleta y 10 m de estándares).

La diferencia en las aberturas medias de la red según el rumbo no corresponde a una propiedad que se asocie exclusivamente a la red nueva, ya que es esperable que la red actual también presente el mismo desempeño debido al uso de bajas relaciones de cable de cala respecto a la profundidad de arrastre. Es importante destacar que el efecto de la condición de mar, asociada en este caso al rumbo o sentido del lance, se detectó durante el análisis de la información, sin que esto fuese considerado inicialmente como una actividad comparativa en los objetivos del proyecto.

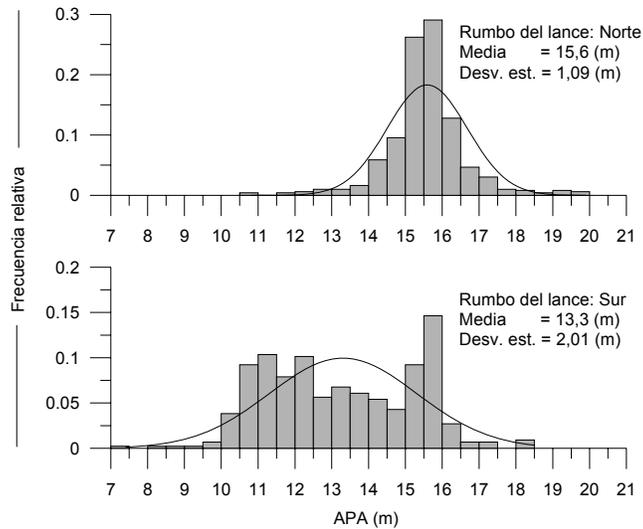


Figura 32. Distribución de frecuencia de la abertura de punta de alas de la red nueva (PE) empleando maniobras largas (13 m de malleta y 10 m de estándares), según el sentido del lance.

c) Red nueva (PE) con maniobras cortas (1 m de malleta y 5 m de estándares)

El uso de maniobras cortas tiene por finalidad disminuir la abertura de los portalones y con esto reducir la capacidad de arreo del arte para minimizar la captura de fauna acompañante. Se destaca que la captura de las especies objetivo se relaciona directamente con la abertura de punta de alas y, por lo tanto, mientras más cerca estén los portalones de las puntas de ala, menor es la captura de fauna acompañante.

Ahora bien, se realizaron mediciones para verificar si el cambio en las maniobras podría reducir la abertura de punta de alas, constatándose que esta variable presenta un desempeño similar al caso con maniobras largas, con un abertura media de 15,9 m y una desviación estándar de 2,04 m. El desempeño del borlón fue estable con bajo nivel de variación del ángulo de inclinación, lo cual indicaría que la capturabilidad de la red no se ve afectada por el uso de menor longitud de malletas y estándares (Figuras 33 y 34).

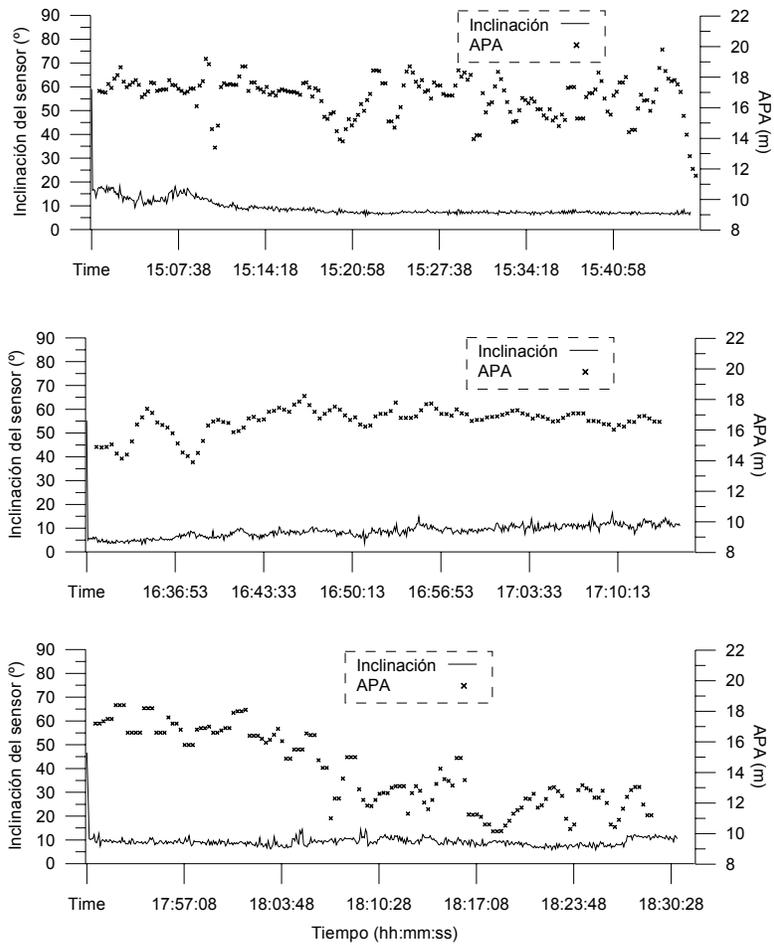


Figura 33. Abertura de punta de alas y ángulo de inclinación del sensor de contacto del borlón en la red nueva (PE) empleando maniobras cortas (1 m de malleta y 5 m de estándares).

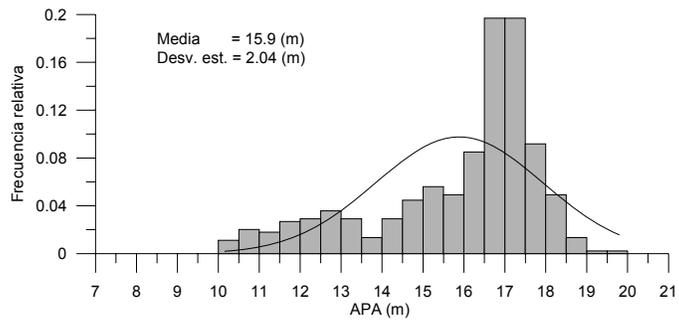


Figura 34. Distribución de frecuencia de la apertura de punta de alas de la red nueva (PE) empleando maniobras cortas (1 m de malleta y 5 m de estándares).

4.4.4.2.- Efecto de velocidades y relaciones cable/profundidad (LCC:Prof) sobre el contacto del borlón

Se realizaron dos lances de aproximadamente 2 horas de duración en los cuales se registró el ángulo de inclinación del borlón usando 2 relaciones distintas de cable/profundidad (2,2:1 y 3,2:1) y 3 velocidades de arrastre (2, 2,5 y 3 nudos), totalizando 6 experiencias en cada lance (diferenciados en cada figura con letras “a” a la “f”). Los lances fueron realizados con rumbos opuestos de tal manera de poder tener una idea general del desempeño de la red en condiciones “favorables” y “desfavorables” para el contacto del borlón.

Los resultados de esta experiencia indican que usando una relación de cable 2,2:1 se obtiene un mejor desempeño del borlón con 2 nudos de velocidad de arrastre (103a y 104a). Al aumentar la relación de cable a 3,2:1, es posible lograr un desempeño adecuado del borlón con 2 y 2,5 nudos de velocidad de arrastre (103d, 103e, 104d y 104e). Sin embargo, independiente de la relación de cable utilizada, una velocidad de arrastre de 3 nudos presenta bajo contacto del borlón con el fondo, indicando que la red no estaría capturando (Tabla 33).

Tabla 33. Tiempo de contacto real (%) según velocidad de arrastre y relación de aspecto en dos lances de evaluación de desempeño (A: lance 103 y B: lance 104).

Lance	Longitud de Cable de Cala (m)	Profundidad (m)	Relación de aspecto (LCC:Prof)	Velocidad (nudos)	Tiempo de Contacto Real (%)
103a	550	250	2,2	2,0	94,7
103b	550	250	2,2	2,5	96,9
103c	550	250	2,2	3,0	67,6
103d	800	250	3,2	2,0	97,4
103e	800	250	3,2	2,5	94,2
103f	800	250	3,2	3,0	88,7
104a	550	250	2,2	2,0	91,8
104b	550	250	2,2	2,5	74,4
104c	550	250	2,2	3,0	17,4
104d	800	250	3,2	2,0	96,7
104e	800	250	3,2	2,5	91,0
104f	800	250	3,2	3,0	60,6

El desempeño del borlón puede observarse gráficamente en función al ángulo de inclinación del sensor de contacto (Fig. 35), el cual muestra grandes oscilaciones y ángulos elevados en los lances 103c, 103f, 104b, 104c y 104f, los que corresponden en general a lances con baja relación de cable y altas velocidades.

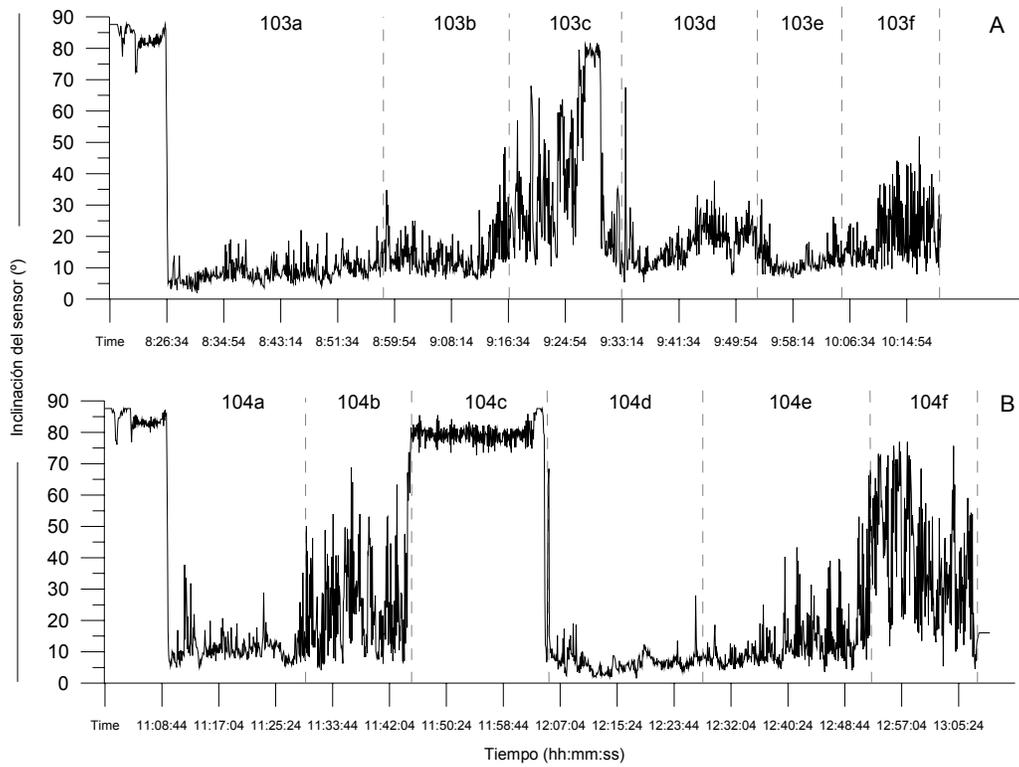


Figura 35. Ángulos de inclinación del sensor de contacto de fondo en relación a la velocidad de arrastre y la longitud del cable de cala empleada en dos lances de evaluación de desempeño (A: lance 103 y B: lance 104) [velocidades de arrastre de 2, 2,5 y 3 nudos; relaciones de aspecto de 2,2 y 3,2 veces la profundidad de arrastre].

4.4.4.3.- Observación directa

Con el uso de la observación directa mediante una cámara submarina instalada en la red de arrastre prototipo fue posible verificar el correcto desempeño de paños y estructuras, junto con ratificar el valor mínimo de altura de diseño de la red. Junto a lo anterior fue posible observar algunas especies al interior de la red (Fig. 36), saliendo por el dispositivo de escape de malla cuadrada (Fig. 37) y nadando adelante del borlón (Fig. 38). Una síntesis de las filmaciones fue editada en formato DVD, adjuntándose al presente informe.



Figura 36. Peces nadando al interior de la red (sección central) y visión del desempeño general de paños y estructuras.

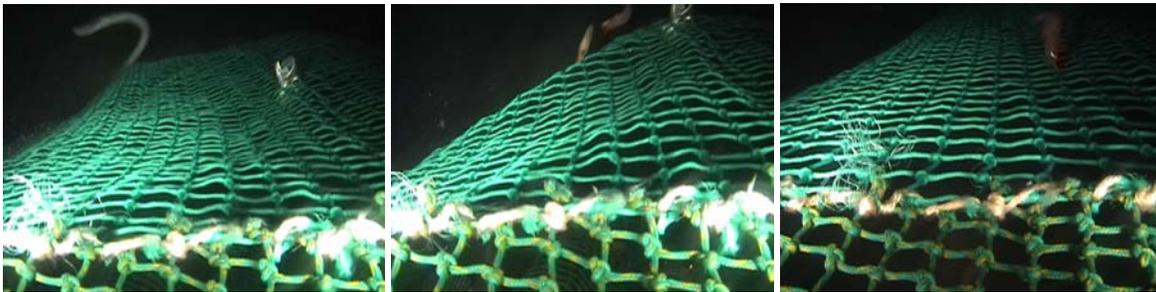


Figura 37. Vista exterior del dispositivo de escape de malla cuadrada (enfoque de proa a popa).



Figura 38. Vista frontal de desempeño del borlón y reacciones de escape de algunas especies presentes.

4.4.5.- Desempeño operacional de las redes de arrastre comparada

4.4.5.1.- Pesca comparativa de camarón nailon entre redes de PE (nueva) y PA (actual)

a) Captura, rendimientos y fauna acompañante

Las experiencias de pesca comparativa entre redes se llevó a cabo frente a las costas de la IV Región (29° 25' - 29° 40' LS), mediante lo cual es posible establecer que en general tanto la captura (kg) como los rendimientos (kg/h) de la fauna principal es similar entre redes, destacándose el mayor rango de ambas variables en camarón nailon en la red nueva (PE) y el aumento relativo de éstas en merluza común y lenguado (Figuras 39 y 40).

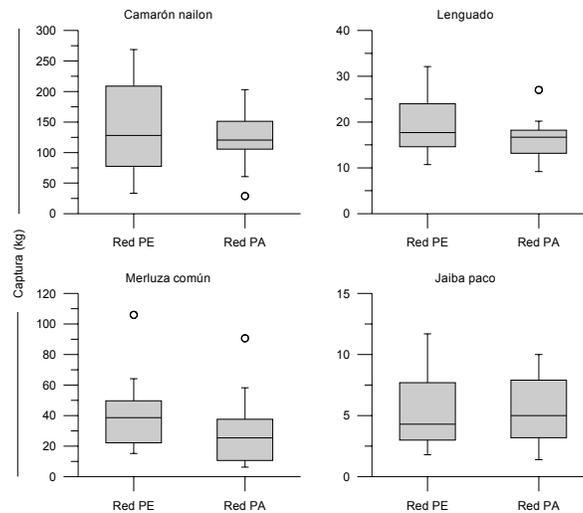


Figura 39. Captura por lance estándar (kg) en pesca comparativa entre redes de PE y PA (“o”outliers).

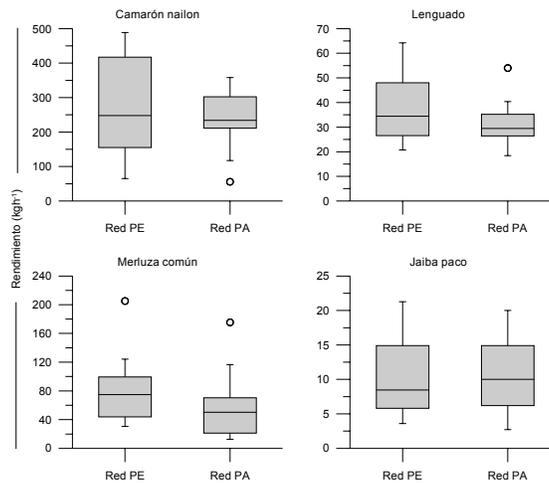


Figura 40. Rendimiento de pesca (kg/h) en pesca comparativa entre redes de PE y PA (“o”outliers).

Las especies capturadas corresponden principalmente a camarón nailon, merluza común, lenguado y jaiba paco, las que presentan frecuencias de ocurrencia sobre el 90% respecto a los lances realizados con ambas redes. Si bien es cierto se capturaron más de 10 especies distintas, la participación relativa en peso está determinada por las 4 especies señaladas anteriormente, siendo camarón nailon el que explica aproximadamente el 70% de las capturas, mientras que merluza común representa entre el 16 y 19% de la captura total en peso con la red nueva y la red actual respectivamente (Tabla 34; Figura 41).

Tabla 34. Presencia (nº de lances), frecuencia de ocurrencia (FO%), captura (kg) y participación relativa (PR%) de las especies capturadas en pesca comparativa de camarón nailon entre redes de PE (nueva) y PA (actual).

ESPECIE	RED PE (NUEVA)				RED PA (ACTUAL)			
	Presencia (nº de lances)	FO%	Captura (kg)	PR%	Presencia (nº de lances)	FO%	Captura (kg)	PR%
Camarón nailon (<i>Heterocarpus reedi</i>)	15	100%	2.158,1	69%	15	100%	1798,3	71%
Merluza común (<i>Merluccius gayi gayi</i>)	15	100%	605,3	19%	15	100%	414,3	16%
Lenguado (<i>Hipoglossina sp.</i>)	15	100%	288,3	9%	15	100%	241,1	9%
Jaiba paco (<i>Mursia gaudichaudii</i>)	14	93%	75,9	2%	15	100%	81,3	3%
Anguila común (<i>Ophichthus pacifici</i>)	5	33%	5,0	0%		0%		0%
Langostino colorado (<i>Pleuroncodes monodon</i>)	2	13%	1,2	0%	1	7%	0,0	0%
Pejegato (<i>Halaelurus canescens</i>)	2	13%	0,9	0%	2	13%	1,0	0%
Besugo (<i>Epigonus crassicaudus</i>)	2	13%	0,8	0%	1	7%	0,8	0%
Jaiba limón (<i>Cancer porteri</i>)	5	33%	0,6	0%		0%		0%
Pejerrata s/i (<i>Macrouridae sp.</i>)	3	20%	0,4	0%	5	33%	4,6	0%
Langostino amarillo (<i>Cervimunida johni</i>)	1	7%	0,1	0%	1	7%	0,1	0%
Torito (<i>Argyroleleus gigas</i>)	3	20%	0,1	0%	2	13%	0,1	0%
Pez pato (<i>Lycenchelys scaurus</i>)		0%		0%	1	7%	0,2	0%
Torpedo (<i>Torpedo tremens</i>)		0%		0%	1	7%	2,7	0%
Zapateador (<i>Pterygosquilla armata</i>)		0%		0%	1	7%	0,0	0%

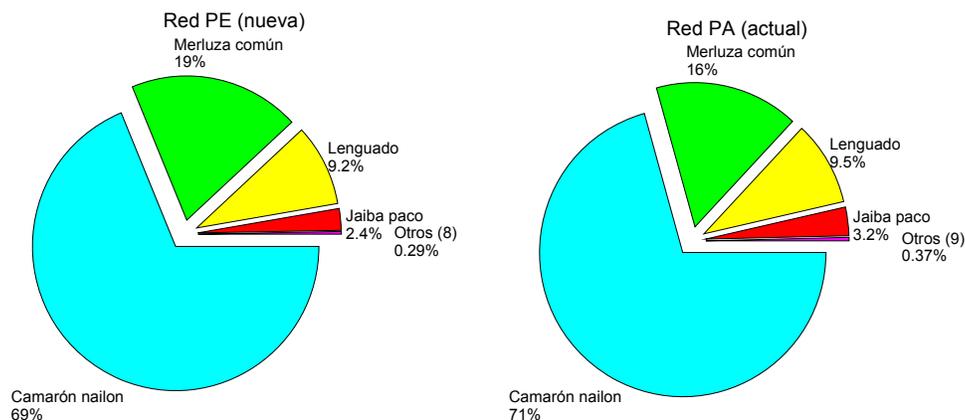


Figura 41. Participación relativa de las principales especies que componen las capturas en pesca comparativa de camarón nailon entre redes de PE y PA.

De acuerdo a las capturas obtenidas según su clasificación, la fauna principal compuesta por merluza común, lenguado y jaiba paco explica cerca del 99% de la fauna acompañante total en ambas redes. Sin embargo, se observa que la red nueva presenta mayor captura de fauna principal respecto a la captura total (35%) en relación a la red actual, en la cual la fauna principal corresponde al 30% de la captura total (Tabla 35).

Tabla 35. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de la media de la captura relativa (fauna acompañante/captura total, fauna principal/captura total, captura objetivo/captura total, fauna principal/fauna acompañante) en pesca comparativa de camarón nailon entre redes de PE y PA. La fauna principal esta compuesta por lenguado, merluza común y jaiba paco.

Indicador	Red	n	Media	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
Fauna acompañante	PE (nueva)	15	0,35	0,14	0,27	0,42	0,16	0,65
Captura total	PA (actual)	15	0,30	0,13	0,23	0,38	0,19	0,65
Fauna principal	PE (nueva)	15	0,35	0,14	0,27	0,42	0,15	0,65
Captura total	PA (actual)	15	0,30	0,13	0,23	0,37	0,17	0,65
Captura objetivo	PE (nueva)	15	0,65	0,14	0,58	0,73	0,35	0,84
Captura total	PA (actual)	15	0,70	0,13	0,62	0,77	0,35	0,81
Fauna principal	PE (nueva)	15	0,99	0,02	0,98	1,00	0,96	1,00
Fauna acompañante	PA (actual)	15	0,98	0,03	0,97	1,00	0,91	1,00

En términos de rendimientos de captura estandarizados, se observa que la red nueva capturó 127,2 kg/h de fauna acompañante mientras que con la red actual fue inferior, con un valor central de 97,2 kg/h. En cuanto a la captura objetivo, la red nueva obtuvo un rendimiento medio de 279,9 kg/h de camarón nailon, mientras que con la red actual se obtuvo 234 kg/h, lo que corresponde a una diferencia del 20% (Tabla 36).

Tabla 36. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) según clasificación de la captura (FAC: fauna acompañante; OBJ: recurso objetivo; TOT: captura total) en pesca comparativa de camarón nailon entre redes de PE y PA.

Especie	Red	n	Media (kg/h)	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
CPUE_FAC	PE (nueva)	15	127,2	50,8	99,1	155,4	72,4	277,9
	PA (actual)	15	97,2	45,7	71,9	122,5	55,4	219,8
CPUE_OBJ	PE (nueva)	15	279,9	149,3	197,2	362,6	65,0	488,7
	PA (actual)	15	234,0	81,4	188,9	279,0	55,7	358,2
CPUE_TOT	PE (nueva)	15	407,1	165,6	315,4	498,8	163,6	643,4
	PA (actual)	15	331,2	93,9	279,2	383,2	127,4	495,8

Al analizar esta situación por especie, se observa que tanto en camarón nailon como en lenguado el aumento del rendimiento medio fue del 20% en la red nueva, mientras que en jaiba paco prácticamente no existen diferencias entre redes. Por su parte, la especie merluza común fue la que mayor diferencia presentó, aumentando más del 40% los rendimientos de captura con la red nueva, lo cual se considera un aspecto crítico a resolver (Tabla 37).

Tabla 37. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) por especie en pesca comparativa de camarón nailon entre redes de PE y PA.

Especie	Red	n	Media (kg/h)	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
Camarón nailon	PE (nueva)	15	279,9	149,3	197,2	362,6	65,0	488,7
	PA (actual)	15	234,0	81,4	188,9	279,0	55,7	358,2
Lenguado	PE (nueva)	15	37,6	12,9	30,5	44,8	20,7	64,2
	PA (actual)	15	31,5	8,6	26,7	36,2	18,4	54,0
Merluza común	PE (nueva)	15	78,6	45,6	53,4	103,8	30,4	205,2
	PA (actual)	15	53,8	43,8	29,6	78,1	12,6	175,5
Jaiba paco	PE (nueva)	14	10,5	6,1	7,0	14,0	3,6	21,3
	PA (actual)	15	10,6	5,5	7,6	13,6	2,7	20,0

Si bien es cierto se detectaron diferencias absolutas en los rendimientos de captura entre redes, la estandarización de la captura por área barrida, tanto en número como en peso, no presenta diferencias significativas ($\alpha=0,05$) en las cuatro especies principales (Tabla 38). Esto se explica por la mayor abertura de punta de alas de la red nueva, logrando un área barrida mayor que la red actual. No obstante lo anterior, uno de los objetivos del nuevo diseño de red es disminuir la fauna acompañante en términos absolutos, razón por la cual se considera tanto la duración del lance como el área barrida para la comparación entre redes. Por lo tanto, la existencia de diferencias significativas en la captura de merluza común debe ser remediada en las siguientes experiencias de trabajo.

Tabla 38. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las capturas absolutas (nº y kg) y relativas (nº/mn2, kg/h y ton/mn2) de las principales especies capturadas en pesca comparativa de camarón nailon entre redes de PE y PA ("Sig." es el *p*-valor asociado al estadístico de contraste, y "*" destaca las diferencias significativas).

Variable	Camarón nailon		Lenguado		Merluza común		Jaiba paco	
	Test Levene	Test Student	Test Levene	Test Student	Test Levene	Test Student	Test Levene	Test Student
	F (Sig.)	t (Sig.)	F (Sig.)	t (Sig.)	F (Sig.)	t (Sig.)	F (Sig.)	t (Sig.)
ln (nº)	2,92 (0,09)	0,53 (0,59)	0,25 (0,61)	0,86 (0,39)	2,63 (0,11)	2,29 (0,02*)	0,00 (0,99)	0,21 (0,83)
ln (nº/mn2)	2,65 (0,11)	-0,28 (0,77)	0,87 (0,35)	-0,72 (0,47)	2,30 (0,14)	1,52 (0,13)	0,01 (0,89)	-0,79 (0,43)
ln (kg)	2,88 (0,10)	0,48 (0,63)	0,69 (0,40)	1,69 (0,10)	1,61 (0,21)	2,20 (0,03*)	0,00 (0,98)	-0,05 (0,95)
ln (kg/h)	2,81 (0,10)	0,41 (0,68)	1,14 (0,29)	1,48 (0,14)	2,26 (0,14)	2,09 (0,04*)	0,03 (0,86)	-0,06 (0,95)
ln (ton/mn2)	2,90 (0,09)	-0,45 (0,65)	0,56 (0,45)	-0,35 (0,72)	2,05 (0,16)	1,31 (0,19)	0,02 (0,88)	-0,83 (0,4)

b) *Estructuras de talla camarón nailon*

La composición de la captura de camarón nailon por tallas no presenta diferencias significativas entre ambas redes, lo cual se ve reflejado en las estructuras de talla ponderadas a la captura (Fig. 42) y en la proporción relativa a la talla entre redes (Fig. 43) que presenta valor en torno a 0,5, o sea, la misma probabilidad que un individuo de talla *k* sea retenido con una u otra red.

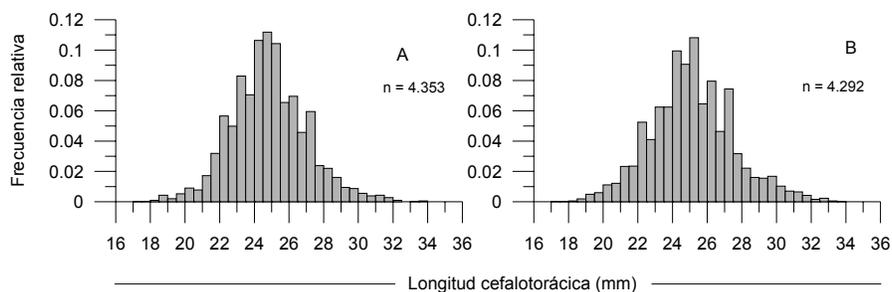


Figura 42. Distribución de frecuencia de tallas de camarón nailon en pesca comparativa entre redes nueva de PE (A) y actual de PA (B).

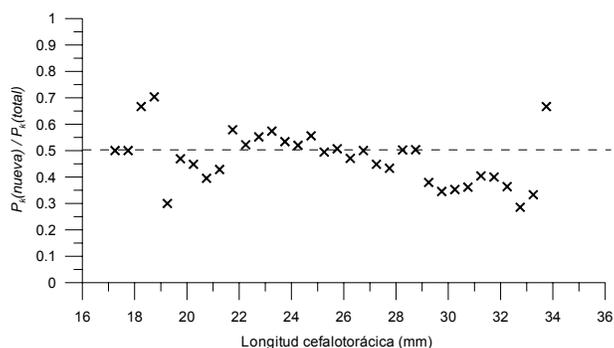


Figura 43. Proporción relativa de retención a la talla de camarón nailon de la red de PE respecto a la captura total a la talla de ambas redes.

La similitud entre ambas distribuciones de frecuencias de talla se ve también reflejada en las tallas de retención al 25, 50 y 75% (Tabla 39), con valores medios que son estadísticamente iguales (Tabla 40). En ambos casos la talla de retención al 25% corresponde a ejemplares de 23,4 mm de longitud cefalotorácica, mientras que al 50% la talla de retención es de 24,7 y 24,9 mm en la red nueva y red actual respectivamente.

Tabla 39. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de las tallas de retención al 25, 50 y 75% de camarón nailon en pesca comparativa entre redes de PE (nueva) y PA (actual).

	Red	n	Media	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
L25	PE (nueva)	15	23,4	0,49	23,1	23,6	22,5	24,1
	PA (actual)	15	23,4	0,42	23,1	23,6	22,7	24,2
L50	PE (nueva)	15	24,7	0,49	24,4	24,9	23,8	25,4
	PA (actual)	15	24,9	0,42	24,6	25,1	24,1	25,7
L75	PE (nueva)	15	26,0	0,52	25,7	26,3	25,0	26,7
	PA (actual)	15	26,3	0,48	26,1	26,6	25,5	27,2

Tabla 40. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las longitudes de retención al 25, 50 y 75% de camarón nailon en pesca comparativa entre redes de PE y PA (“Sig.” es el *p*-valor asociado al estadístico de contraste, y “*” destaca las diferencias significativas).

	Test Levene F (Sig.)	Test Student t (Sig.)
L25	0,74 (0,39)	-0,11 (0,9)
L50	0,75 (0,39)	-1,12 (0,27)
L75	0,11 (0,74)	-1,96 (0,05)

c) *Estructuras de talla merluza común*

La estructura de tallas de merluza común no presenta diferencias significativas entre ambas redes, lo cual se ve reflejado en las estructuras de talla ponderadas a la captura (Fig. 44). La proporción relativa a la talla de merluza común entre redes presenta valores levemente superiores a 0,5, lo que se explica por la mayor captura de la especie con la red nueva respecto a la red actual, sin embargo no se aprecia un efecto selectivo asociado (Fig. 45).

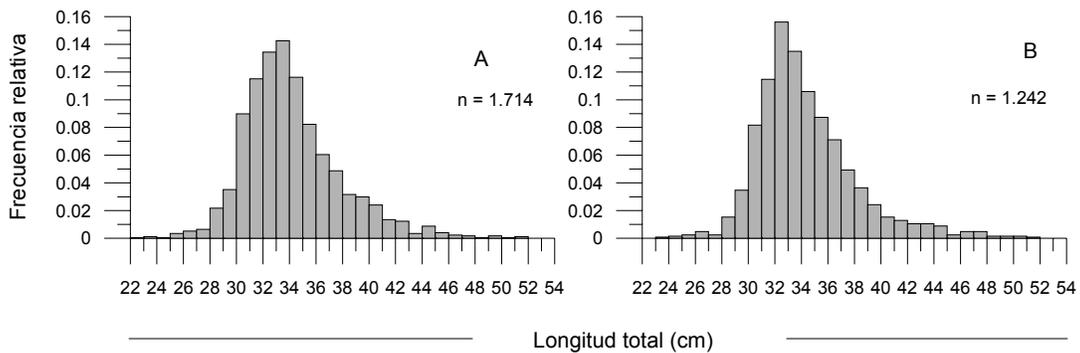


Figura 44. Distribución de frecuencia de tallas de merluza común en pesca comparativa entre redes de PE (A) y PA (B).

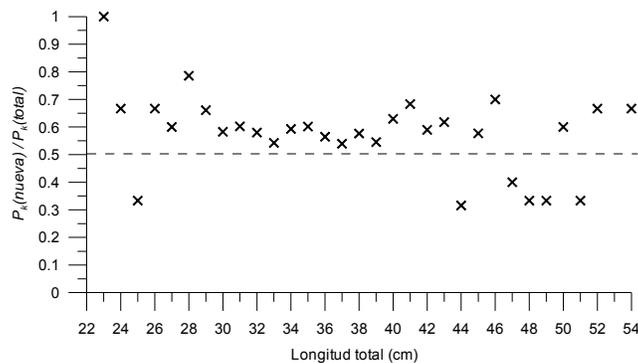


Figura 45. Proporción relativa de retención a la talla de merluza común de la red de PE respecto a la captura total a la talla de ambas redes.

Tal como se mencionó anteriormente, la representación de merluza común en las capturas no se encuentra asociada a un efecto selectivo, lo cual se explica también por la participación relativa de ejemplares menores a 30 cm de longitud total similar, inferior al 5% en ambas redes. Además, la proporción de ejemplares menores de 37 cm también es estadísticamente igual, con participación en torno al 75% de la captura total en ambas redes. Por último, la talla media de retención corresponde a 34,7 cm de longitud total en la red nueva, mientras que en la red actual corresponde a 34,8 cm siendo estadísticamente igual (Tablas 41 y 42).

Tabla 41. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de las proporciones de retención a la talla inferiores a 30 ($P_k < 30$) y 37 cm ($P_k < 37$), y de retención al 50% de merluza común en pesca comparativa entre redes de PE (nueva) y PA (actual).

	Red	n	Media	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
Pk<30	PE (nueva)	15	4%	2%	2%	5%	1%	8%
	PA (actual)	15	3%	4%	1%	5%	0%	13%
Pk<37	PE (nueva)	15	76%	11%	70%	82%	49%	86%
	PA (actual)	15	75%	12%	69%	82%	46%	91%
L50	PE (nueva)	15	34,7	1,30	34,0	35,4	33,6	38,0
	PA (actual)	15	34,8	1,39	34,0	35,6	33,2	37,5

Tabla 42. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las proporciones de retención a la talla inferiores a 30 ($P_k < 30$) y 37 cm ($P_k < 37$), y de retención al 50% de merluza común en pesca comparativa entre redes de PE y PA (“Sig.” es el *p*-valor asociado al estadístico de contraste, y “*” destaca las diferencias significativas).

	Test Levene	Test Student
	F (Sig.)	t (Sig.)
Pk<30	1,26 (0,27)	0,46 (0,65)
Pk<37	0,08 (0,78)	0,14 (0,89)
L50	0,34 (0,57)	-0,17 (0,86)

4.4.5.2.- Pesca comparativa de langostino colorado entre redes de PE (nueva) y PA (actual)

a) Captura, rendimientos y fauna acompañante

Se realizó una segunda experiencia de pesca comparativa entre redes, la cual se orientó a langostino colorado en la IV Región (29° 50' - 30° 10' LS). Debido a la cuota disponible y los elevados rendimientos de pesca sólo fue posible realizar 7 lances en total, 4 con la red nueva y 3 con la red actual, determinándose que la fauna con mayor frecuencia de ocurrencia correspondió a la especie objetivo, lenguado, jaiba paco y merluza común, presentes en todos los lances realizados. Con menor frecuencia se observó la presencia de camarón nailon, jaiba limón, jaiba mora y pejegato (Tabla 43).

Tabla 43. Presencia (n° de lances), frecuencia de ocurrencia (FO%), captura (kg) y participación relativa (PR%) de las especies capturadas en pesca comparativa de langostino colorado entre redes de PE (nueva) y PA (actual).

ESPECIE	RED PE (NUEVA)				RED PA (ACTUAL)			
	Presencia (n° de lances)	FO%	Captura (kg)	PR%	Presencia (n° de lances)	FO%	Captura (kg)	PR%
Langostino colorado (<i>Pleuroncodes monodon</i>)	4	100%	3141,6	91%	3	100%	3404,5	93%
Lenguado (<i>Hipoglossina sp.</i>)	4	100%	179,2	5%	3	100%	84,7	2%
Jaiba paco (<i>Mursia gaudichaudi</i>)	4	100%	30,8	1%	3	100%	76,4	2%
Camarón nailon (<i>Heterocarpus reedi</i>)					1	33%	54,3	1%
Merluza común (<i>Merluccius gayi gayi</i>)	4	100%	104,0	3%	3	100%	47,8	1%
Jaiba limón (<i>Cancer porteri</i>)	2	50%	0,5	0%	2	67%	0,5	0%
Jaiba mora (<i>Homalapsis plana</i>)					1	33%	0,5	0%
Pejegato (<i>Halaelurus canescens</i>)	1	25%	0,3	0%				

La participación relativa de langostino colorado correspondió al 91 y 93% de la captura total con la red nueva y la red actual respectivamente. La segunda especie con mayor participación fue lenguado con un 5% en la red nueva y un 2% en la red actual, mientras que merluza común correspondió al 3 y 1% respectivamente (Fig. 46).

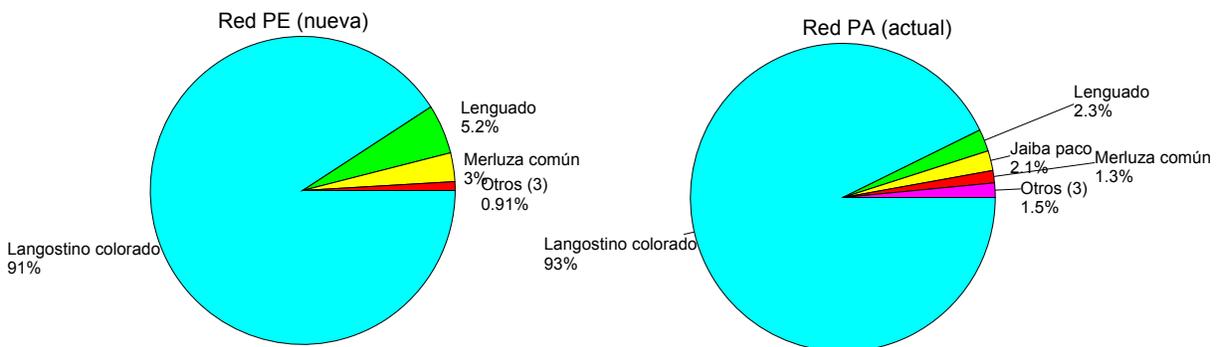


Figura 46. Participación relativa de las principales especies que componen las capturas en pesca comparativa de langostino colorado entre redes de PE y PA.

En términos centrales, la fauna acompañante representó en ambas redes el 10% de la captura total, mientras que la fauna principal (lenguado, jaiba paco y merluza común) representó el 10% de la captura total en la red nueva y el 7% en la red actual (Tabla 44).

Tabla 44. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de la media de la captura relativa (fauna acompañante/captura total, fauna principal/captura total, captura objetivo/captura total, fauna principal/fauna acompañante) en pesca comparativa de langostino colorado entre redes de PE y PA. La fauna principal esta compuesta por lenguado, merluza común y jaiba paco.

Indicador	Red	n	Media	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
Fauna acompañante	PE (nueva)	4	0,10	0,05	0,03	0,18	0,07	0,17
Captura total	PA (actual)	3	0,10	0,10	-0,16	0,36	0,04	0,22
Fauna principal	PE (nueva)	4	0,10	0,05	0,03	0,18	0,07	0,17
Captura total	PA (actual)	3	0,07	0,06	-0,07	0,22	0,04	0,14
Captura objetivo	PE (nueva)	4	0,90	0,05	0,82	0,97	0,83	0,93
Captura total	PA (actual)	3	0,90	0,10	0,64	1,16	0,78	0,96
Fauna principal	PE (nueva)	4	1,00	0,01	0,99	1,00	0,99	1,00
Fauna acompañante	PA (actual)	3	0,87	0,22	0,33	1,41	0,62	1,00

Si bien es cierto el número de lances es bajo para realizar inferencia, es posible indicar en términos descriptivos que los rendimientos de pesca fueron levemente superiores con la red actual, sin embargo los rangos de esta variable pueden considerarse similares entre redes (Tabla 45). Los máximos observados para langostino colorado fueron 2.516 kg/h con la red nueva y 3.006 kg/h con la red actual (Tabla 46).

Tabla 45. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) según clasificación de la captura (FAC: fauna acompañante; OBJ: recurso objetivo; TOT: captura total) en pesca comparativa de langostino colorado entre redes de PE y PA.

Especie	Red	n	Media (kg/h)	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
CPUE_FAC	PE (nueva)	4	152,8	61,5	55,0	250,6	66,9	199,9
	PA (actual)	3	163,4	86,2	-50,7	377,5	110,7	262,9
CPUE_OBJ	PE (nueva)	4	1.526,3	913,9	72,0	2.980,6	729,3	2.516,1
	PA (actual)	3	2.154,4	1.081,1	-531,1	4.839,9	938,2	3.006,0
CPUE_TOT	PE (nueva)	4	1.679,2	964,7	144,1	3.214,2	836,4	2.716,1
	PA (actual)	3	2.317,9	996,6	-157,8	4.793,5	1.201,1	3.116,7

Tabla 46. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) por especie en pesca comparativa de langostino colorado entre redes de PE y PA.

Especie	Red	n	Media (kg/h)	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
Langostino colorado	PE (nueva)	4	1.526,3	913,9	72,0	2.980,6	729,3	2.516,1
	PA (actual)	3	2.154,4	1.081,1	-531,1	4.839,9	938,2	3.006,0
Lenguado	PE (nueva)	4	86,9	50,8	6,2	167,7	30,0	138,9
	PA (actual)	3	52,7	5,7	38,7	66,8	46,2	56,0
Merluza común	PE (nueva)	4	50,5	16,7	24,0	77,0	27,0	66,3
	PA (actual)	3	30,1	15,5	-8,4	68,6	12,4	41,3
Jaiba paco	PE (nueva)	4	15,0	11,4	-3,1	33,0	1,7	25,7
	PA (actual)	3	47,1	19,9	-2,4	96,6	26,6	66,4

b) *Estructuras de talla de langostino colorado*

La composición de tallas de langostino colorado no presenta diferencias significativas entre ambas redes, lo cual se ve reflejado en las estructuras de talla ponderadas a la captura (Fig. 47).

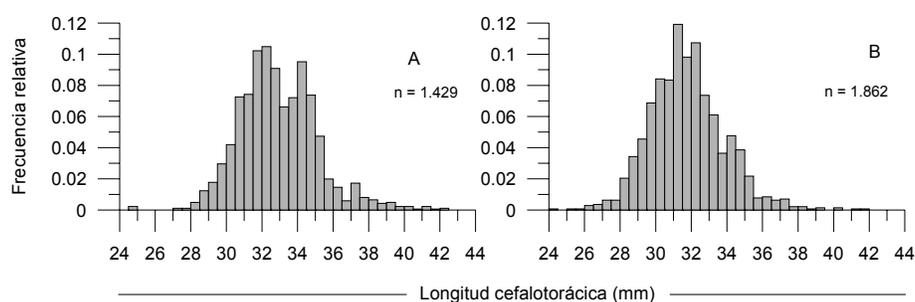


Figura 47. Distribución de frecuencia de tallas de langostino colorado en pesca comparativa entre redes de PE (A) y PA (B).

La similitud entre distribuciones de frecuencias de talla se ve también reflejada en las tallas de retención al 25, 50 y 75% (Tabla 47), con valores medios que son estadísticamente iguales (Tabla 48). En la red nueva la talla de retención al 25% corresponde a ejemplares de 24,5 mm de longitud cefalotorácica, mientras que en la red actual corresponde a 23,3 mm. Al 50% la talla de retención es de 25,8 y 24,5 mm en la red nueva y red actual respectivamente (Tabla 47).

Tabla 47. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de las tallas de retención al 25, 50 y 75% de langostino colorado en pesca comparativa entre redes de PE (nueva) y PA (actual).

	Red	n	Media	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
L25	PE (nueva)	4	24,5	0,56	23,6	25,4	23,7	25,0
	PA (actual)	3	23,3	0,71	21,6	25,1	22,6	24,0
L50	PE (nueva)	4	25,8	0,62	24,8	26,8	25,0	26,5
	PA (actual)	3	24,5	0,81	22,5	26,6	23,6	25,2
L75	PE (nueva)	4	27,1	0,67	26,1	28,2	26,3	28,0
	PA (actual)	3	25,8	0,92	23,5	28,0	24,7	26,5

Tabla 48. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las longitudes de retención al 25, 50 y 75% de langostino colorado en pesca comparativa entre redes de PE y PA (“Sig.” es el *p-valor* asociado al estadístico de contraste, y “*” destaca las diferencias significativas).

	Test Levene F (Sig.)	Test Student t (Sig.)
L25	0,24 (0,64)	2,37 (0,06)
L50	0,47 (0,52)	2,34 (0,06)
L75	0,63 (0,46)	2,3 (0,06)

c) Estructuras de talla merluza común

La estructura de tallas de merluza común no presenta diferencias significativas entre ambas redes, lo cual se ve reflejado en las estructuras de talla ponderadas a la captura (Fig. 48). La moda en la red nueva correspondió a 33,5 cm de longitud total, mientras que en la red actual la moda fue de 32,5 cm.

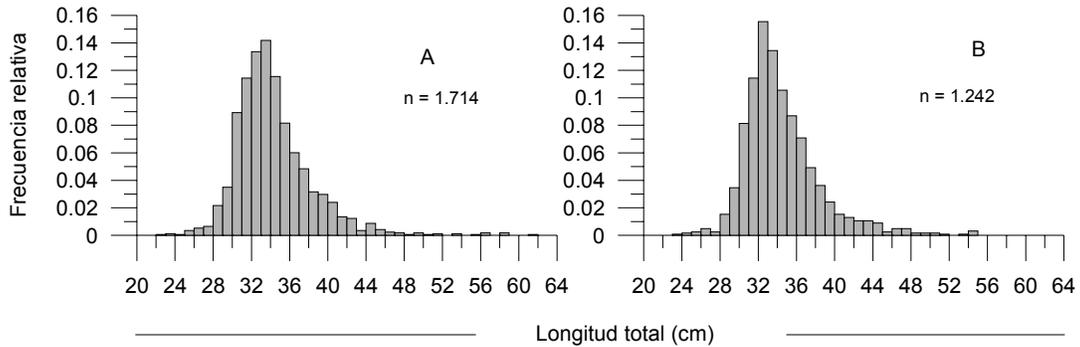


Figura 48. Distribución de frecuencia de tallas de merluza común en pesca comparativa entre redes de PE (A) y PA (B).

Tal como se mencionó anteriormente, la representación de merluza común en las capturas no se encuentra asociada a un efecto selectivo, lo cual se explica también por la participación relativa de ejemplares menores a 30 cm de longitud total similar, equivalente al 18% en la red nueva y el 11% en la red actual. Además, la proporción de ejemplares menores de 37 cm también es estadísticamente igual, con participación en torno al 84% de la captura total en ambas redes. Por último, la talla media de retención corresponde a 32,6 cm de longitud total en la red nueva y a 33,8 cm en la red actual, no existiendo diferencias significativas (Tablas 49 y 50).

Tabla 49. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de las proporciones de retención a la talla inferiores a 30 ($P_k < 30$) y 37 cm ($P_k < 37$), y de retención al 50% de merluza común en pesca comparativa entre redes de PE (nueva) y PA (actual).

	Red	n	Media	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
Pk<30	PE (nueva)	4	18%	4%	11%	24%	12%	21%
	PA (actual)	4	11%	14%	-11%	34%	2%	32%
Pk<37	PE (nueva)	4	87%	7%	75%	98%	78%	94%
	PA (actual)	4	81%	14%	59%	103%	63%	97%
	PE (nueva)	4	32,60	0,89	31,20	34,00	31,80	33,80
	PA (actual)	4	33,80	2,10	30,50	37,10	31,00	36,00

Tabla 50. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las proporciones de retención a la talla inferiores a 30 ($P_k < 30$) y 37 cm ($P_k < 37$), y de retención al 50% de merluza común en pesca comparativa entre redes de PE y PA (“Sig.” es el p -valor asociado al estadístico de contraste, y “*” destaca las diferencias significativas).

	Test Levene F (Sig.)	Test Student t (Sig.)
Pk<30	3,29 (0,12)	0,85 (0,43)
Pk<37	0,47 (0,52)	0,74 (0,49)
L50	1,17 (0,32)	-1,03 (0,34)

4.4.5.3.- Pesca comparativa de camarón nailon entre diferentes configuraciones de túnel y copo

a) Captura, rendimientos y fauna acompañante

Las experiencias de pesca comparativa entre diferentes configuraciones de túnel y copo (malla cuadrada, malla cuadrada con panel de escape y malla romboidal) se llevaron a cabo frente a las costas de la V Región (32° 00' - 32° 55' LS), determinándose que tanto la captura (kg) como los rendimientos (kg/h) de la fauna principal son similares entre redes, destacándose el mayor rango de distribución al emplear malla romboidal en la captura de camarón nailon, lenguado y merluza común (Figuras 49 y 50). Se destaca que todos los lances de pesca comparativa fueron realizados con menor longitud de malletas (1 m) y estándares (5 m), de tal manera de reducir la abertura de los portalones y con ello disminuir la captura de fauna acompañante.

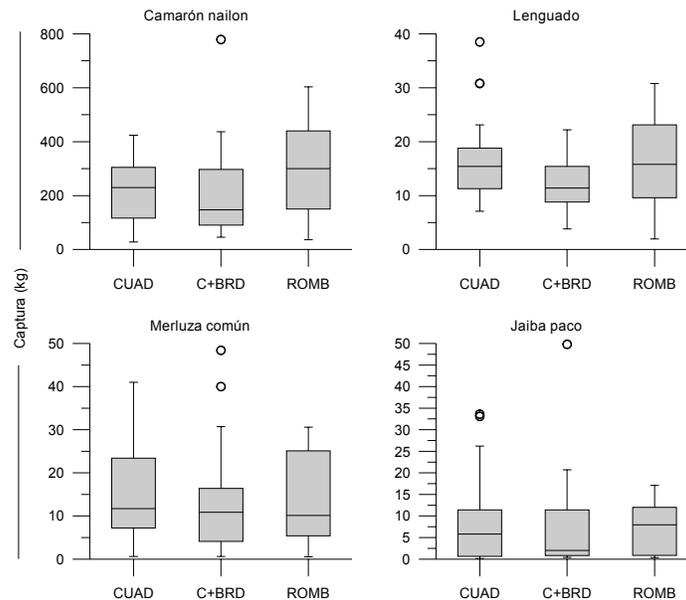


Figura 49. Captura por lance estándar (kg) en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada con dispositivo y malla romboidal en la red de PE (nueva). El símbolo “o” indica outliers.

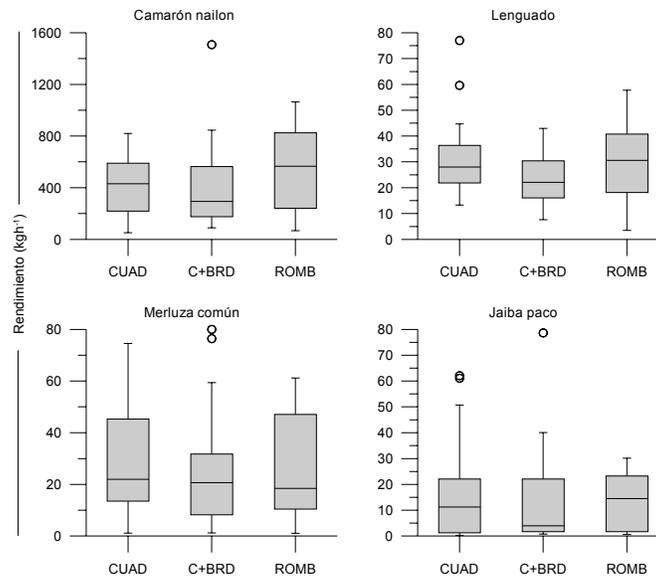


Figura 50. Rendimiento de pesca (kg/h) en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada con dispositivo y malla romboidal en la red de PE (nueva). El símbolo “o” indica *outliers*.

No se observan diferencias significativas en la composición total en peso de las capturas entre las diferentes configuraciones de túneles y copos utilizadas. La participación de camarón nailon fluctúa entre 80 y 85% de la captura total, mientras que merluza común fluctúa entre 3,8 y 5,3% de la captura total (Fig. 51).

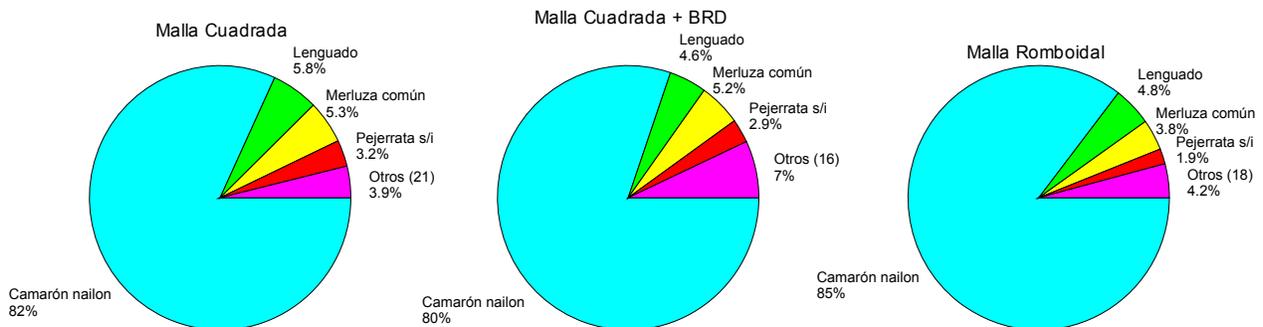


Figura 51. Participación relativa de las principales especies que componen las capturas en pesca comparativa de camarón nailon entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada con dispositivo de escape y malla romboidal.

Las especies que presentan mayor frecuencia de ocurrencia (> a 80%) son camarón nailon, lenguado, merluza común, pejerratas y jaiba paco. Junto a ellas se presentaron otras 22 especies que en su conjunto no superan el 7% de participación en peso respecto a la captura total, destacando la presencia de langostino amarillo, pejegato, raya volantín, raya tigre, centolla falsa, besugo y jaiba limón con frecuencia de ocurrencia entre 38 y 80% de los lances (Tabla 51).

Tabla 51. Presencia (nº de lances), frecuencia de ocurrencia (FO%), captura (kg) y participación relativa (PR%) de las especies capturadas en pesca comparativa de camarón nailon entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada con dispositivo y malla romboidal en la red de PE (nueva).

ESPECIE	Malla Cuadrada		Malla Cuadrada + BRD		Malla Romboidal	
	Presencia en nº de lances (FO%)	Captura en kg (PR%)	Presencia en nº de lances (FO%)	Captura en kg (PR%)	Presencia en nº de lances (FO%)	Captura en kg (PR%)
Camarón nailon (<i>Heterocarpus reedi</i>)	19 (100%)	4339.4 (81.8%)	18 (100%)	3966.7 (80.2%)	18 (100%)	5361.7 (85.4%)
Lenguado (<i>Hipoglossina sp.</i>)	18 (94.7%)	307.7 (5.8%)	18 (100%)	229.1 (4.6%)	18 (100%)	300.5 (4.7%)
Merluza común (<i>Merluccius gayi gayi</i>)	19 (100%)	278.4 (5.2%)	18 (100%)	258.6 (5.2%)	18 (100%)	237.9 (3.7%)
Pejerrata s/i (<i>Macrouridae sp.</i>)	19 (100%)	171.9 (3.2%)	18 (100%)	143.5 (2.9%)	16 (88.8%)	116.5 (1.8%)
Langostino amarillo (<i>Cervimunida johni</i>)	12 (63.1%)	29 (0.5%)	11 (61.1%)	133.1 (2.6%)	14 (77.7%)	84.5 (1.3%)
Pejegato (<i>Halaelurus canescens</i>)	13 (68.4%)	52.8 (0.9%)	12 (66.6%)	47.8 (0.9%)	10 (55.5%)	27.2 (0.4%)
Raya volantin (<i>Raja chilensis</i>)	10 (52.6%)	43.8 (0.8%)	10 (55.5%)	40.7 (0.8%)	9 (50%)	42.1 (0.6%)
Jibia (<i>Dosidicus gigas</i>)	1 (5.2%)	13.7 (0.2%)	1 (5.5%)	20 (0.4%)	2 (11.1%)	43.2 (0.6%)
Raya tigre (<i>Bathyrja sp.</i>)	9 (47.3%)	12.3 (0.2%)	7 (38.8%)	18.4 (0.3%)	10 (55.5%)	11.5 (0.1%)
Jaiba paco (<i>Mursia gaudichaudi</i>)	16 (84.2%)	14.8 (0.2%)	16 (88.8%)	16.9 (0.3%)	15 (83.3%)	9.1 (0.1%)
Centolla falsa (<i>Libidoclaea granaria</i>)	11 (57.8%)	17.1 (0.3%)	8 (44.4%)	20.5 (0.4%)	11 (61.1%)	2.8 (0%)
Besugo (<i>Epigonus crassicaudus</i>)	9 (47.3%)	7.4 (0.1%)	7 (38.8%)	11.6 (0.2%)	9 (50%)	17.2 (0.2%)
Torpedo (<i>Torpedo tremens</i>)			3 (16.6%)	26.6 (0.5%)	3 (16.6%)	9.4 (0.1%)
Tollo (<i>Aculeola nigra</i>)	5 (26.3%)	7.2 (0.1%)	4 (22.2%)	4.8 (0%)	3 (16.6%)	4.2 (0%)
Jaiba limón (<i>Cancer porteri</i>)	14 (73.6%)	3.2 (0%)	12 (66.6%)	3.2 (0%)	14 (77.7%)	3.6 (0%)
Anguila común (<i>Ophichthus pacifici</i>)	2 (10.5%)	1 (0%)	1 (5.5%)	0.5 (0%)	4 (22.2%)	2.5 (0%)
Anguila babosa (<i>Eptatretus polytrema</i>)	1 (5.2%)	0.6 (0%)			2 (11.1%)	1.2 (0%)
Raya (<i>Psammobatis sp.</i>)					2 (11.1%)	1.2 (0%)
Congrio negro (<i>Genypterus maculatus</i>)	4 (21%)	0.8 (0%)			1 (5.5%)	0.2 (0%)
Pulpo (<i>Mollusca-Cephalopoda</i>)	1 (5.2%)	0.1 (0%)	1 (5.5%)	0.3 (0%)	1 (5.5%)	0.4 (0%)
Zapateador (<i>Pterygosquilla armata</i>)	4 (21%)	0.04 (0%)	4 (22.2%)	0.1 (0%)	2 (11.1%)	0.1 (0%)
Estrella (<i>Echinodermata-Asteroidea</i>)	1 (5.2%)	0.01 (0%)	1 (5.5%)	0.01 (0%)	1 (5.5%)	0.01 (0%)
Esponja (<i>Porifera</i>)	1 (5.2%)	0.01 (0%)	1 (5.5%)	0.01 (0%)		
Actinia s/i (<i>cnidaria-Anthozoa</i>)	1 (5.2%)	0.01 (0%)				
Cangrejo ermitaño (<i>Pagurus sp.</i>)	1 (5.2%)	0.01 (0%)				
Caracol s/i (<i>Mollusca-Gastropoda</i>)	1 (5.2%)	0.01 (0%)				
Gamba (<i>Haliporoides diomedeeae</i>)	1 (5.2%)	0.01 (0%)				

Al considerar las relaciones medias de captura es posible señalar que la fauna acompañante es similar entre las diversas configuraciones utilizadas, representando el 21% de la captura total al emplear malla cuadrada, 22% al emplear malla cuadrada y dispositivo de escape, y 19% al emplear malla romboidal. La presencia de una mayor diversidad de especies en las capturas hizo disminuir levemente la participación relativa de la fauna acompañante principal (lenguado, merluza común y pejerrata) en comparación con las experiencias realizadas en la IV Región, sin embargo entre las diferentes configuraciones de túnel y copo no hay diferencias significativas (Tabla 52).

Los rendimientos de captura indican que no existiría un efecto de escape asociado a la malla cuadrada y al dispositivo de escape sobre la fauna acompañante (CPUE_FAC), ya que se observa que tanto el valor medio de CPUE, como el límite superior del intervalo de confianza de la media y el máximo observado en las experiencias son menores al emplear malla romboidal (Tabla 21). Para el recurso objetivo en tanto, la media del rendimiento de pesca fue superior al utilizar malla romboidal respecto a las otras dos alternativas, lo que podría sugerir un efecto de selectividad a la talla. Ahora bien, el máximo observado correspondió a la red con malla cuadrada y dispositivo de escape, alcanzando 1.507,7 kg/h de camarón nailon (Tabla 53).

Tabla 52. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de la media de la captura relativa (fauna acompañante/captura total, fauna principal/captura total, captura objetivo/captura total, fauna principal/fauna acompañante) en pesca comparativa de camarón nailon entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE.

Indicador	Túnel-Copo	n	Media	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
<u>Fauna acompañante</u>	CUAD	19	0,21	0,14	0,14	0,28	0,09	0,68
Captura total	C+BRD	18	0,22	0,14	0,15	0,29	0,11	0,67
	ROMB	18	0,19	0,12	0,13	0,26	0,08	0,55
<u>Fauna principal</u>	CUAD	19	0,17	0,13	0,11	0,23	0,05	0,65
Captura total	C+BRD	18	0,15	0,09	0,11	0,20	0,06	0,35
	ROMB	18	0,15	0,12	0,09	0,21	0,05	0,53
<u>Captura objetivo</u>	CUAD	19	0,79	0,14	0,72	0,86	0,32	0,91
Captura total	C+BRD	18	0,78	0,14	0,71	0,85	0,33	0,89
	ROMB	18	0,81	0,12	0,74	0,87	0,45	0,92
<u>Fauna principal</u>	CUAD	19	0,79	0,13	0,73	0,85	0,47	0,95
Fauna acompañante	C+BRD	18	0,72	0,18	0,63	0,81	0,35	0,96
	ROMB	18	0,73	0,19	0,64	0,83	0,25	0,97

Tabla 53. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) según clasificación de la captura (FAC: fauna acompañante; OBJ: recurso objetivo; TOT: captura total) en pesca comparativa de camarón nailon entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE.

Especie	Túnel-Copo	n	Media (kg/h)	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
CPUE_FAC	CUAD	19	95,5	44,0	74,3	116,7	32,6	174,2
	C+BRD	18	102,2	77,3	63,8	140,7	18,2	327,9
	ROMB	18	94,8	27,6	81,1	108,6	50,3	155,4
CPUE_OBJ	CUAD	19	431,6	218,4	326,4	536,9	51,1	820,7
	C+BRD	18	421,2	349,9	247,2	595,2	90,0	1.507,7
	ROMB	18	559,5	337,4	391,7	727,3	67,5	1.064,5
CPUE_TOT	CUAD	19	527,2	240,3	411,3	643,0	159,2	903,9
	C+BRD	18	523,4	405,4	321,8	725,0	109,2	1.835,7
	ROMB	18	654,3	355,0	477,8	830,8	149,3	1.219,9

Si bien se observa una diferencia absoluta de la CPUE de camarón nailon entre las configuraciones utilizadas, el análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas de esta variable. Además, mediante el mismo procedimiento se contrastó el logaritmo natural de la captura en número, en número por unidad de superficie, la captura en peso y en peso por unidad de superficie, obteniéndose la misma conclusión en cuanto a diferencias estadísticamente no significativas (Tablas 54 y 55).

La especie lenguado presentó rendimientos de captura de 32,0 kg/h al emplear malla cuadrada, 30,6 kg/h con malla romboidal y 24,6 kg/h con malla cuadrada y dispositivo de escape, siendo estadísticamente iguales según el análisis de varianza realizado. Similar es el caso en merluza común, observándose valores medios de CPUE variables entre 25,0 y 27,7 kg/h empleando malla romboidal y cuadrada respectivamente, mientras que al utilizar malla cuadrada con dispositivo de escape la CPUE fue de 26,9 kg/h, lo cual evidencia la inexistencia de efecto selectivo o de escape del recurso (Tabla 22). Lo anterior se refleja en el análisis de varianza (Tabla 23), el que indica que el uso de diferentes configuraciones en el túnel y copo no produce diferencias significativas en la captura absoluta y relativa en dichas especies.

Tabla 54. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) por especie en pesca comparativa de camarón nailon entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE.

Especie	Túnel-Copo	n	Media (kg/h)	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
Camarón nailon	CUAD	19	431,6	218,4	326,4	536,9	51,1	820,6
	C+BRD	18	421,2	349,8	247,2	595,1	90,0	1.507,7
	ROMB	18	559,5	337,4	391,7	727,3	67,5	1.064,5
Lenguado	CUAD	18	32,0	16,0	24,0	39,9	13,3	77,0
	C+BRD	18	24,6	10,2	19,5	29,6	7,6	43,0
	ROMB	18	30,6	14,3	23,5	37,6	3,5	57,7
Merluza común	CUAD	19	27,7	20,0	18,0	37,3	1,2	74,5
	C+BRD	18	26,9	24,2	14,9	39,0	1,2	80,0
	ROMB	18	25,0	20,1	15,0	35,0	1,1	61,2
Pejerrata	CUAD	19	17,1	20,0	7,5	26,8	0,2	62,1
	C+BRD	18	14,4	20,3	4,3	24,5	0,8	78,6
	ROMB	16	13,7	10,2	8,2	19,1	0,6	30,2

Tabla 55. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Anova) de las capturas absolutas (n° y kg) y relativas (n°/mn^2 , kg/h y ton/ mn^2) de las principales especies capturadas en pesca comparativa de camarón nailon entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE (“Sig.” es el *p*-valor asociado al estadístico de contraste, y “**” destaca las diferencias significativas).

Variable	Camarón nailon		Lenguado		Merluza común		Pejerrata	
	Test Levene F (Sig.)	Anova F (Sig.)	Test Levene F (Sig.)	Anova F (Sig.)	Test Levene F (Sig.)	Anova F (Sig.)	Test Levene F (Sig.)	Anova F (Sig.)
ln (n°)	0,14 (0,86)	0,83 (0,44)	0,66 (0,51)	1,17 (0,31)	0,18 (0,83)	0,40 (0,67)	2,44 (0,09)	0,62 (0,53)
ln (n°/mn^2)	0,75 (0,47)	0,68 (0,50)	0,66 (0,51)	0,13 (0,87)	0,45 (0,63)	0,17 (0,83)	1,00 (0,37)	0,27 (0,76)
ln (kg)	0,21 (0,80)	0,37 (0,69)	0,23 (0,79)	1,45 (0,24)	0,15 (0,85)	0,18 (0,83)	0,30 (0,73)	0,14 (0,86)
ln (kg/h)	0,49 (0,61)	0,92 (0,40)	1,90 (0,15)	0,45 (0,63)	0,87 (0,42)	0,53 (0,58)	1,82 (0,17)	0,40 (0,67)
ln (ton/ mn^2)	0,85 (0,43)	0,78 (0,45)	0,13 (0,87)	0,35 (0,70)	0,53 (0,58)	0,02 (0,97)	0,86 (0,42)	0,03 (0,96)

b) Estructuras de talla camarón nailon

La composición de la captura de camarón nailon por tallas no presenta diferencias significativas entre las configuraciones evaluadas, lo cual se ve reflejado en las estructuras de talla ponderadas a la captura (Fig. 52) y en la proporción relativa a la talla entre configuraciones (Fig. 53) que presenta valor en torno a 0,5, o sea, la misma probabilidad que un individuo de talla k sea retenido con una u otra.

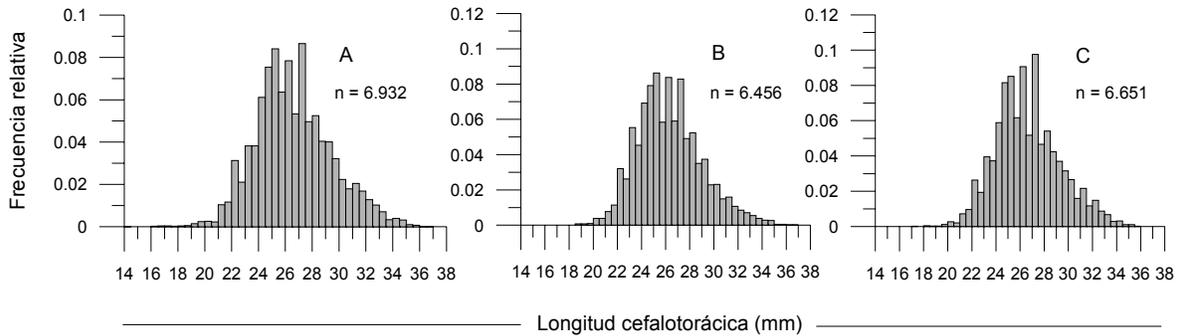


Figura 52. Distribución de frecuencia de tallas de camarón nailon en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE (A: Malla Cuadrada, B: Malla Cuadrada con dispositivo de escape, C: Malla Romboidal).

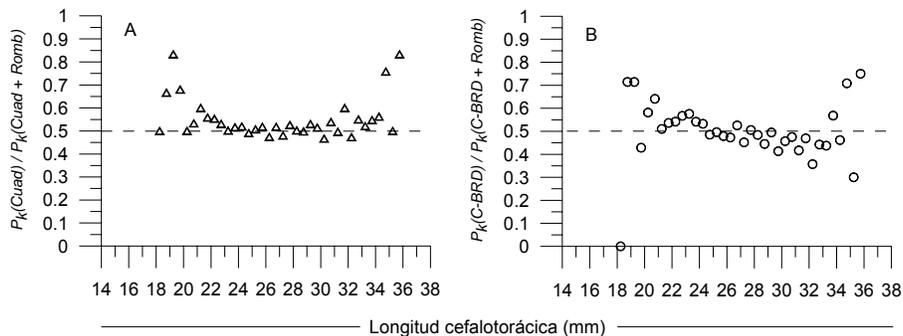


Figura 53. Proporción relativa de retención a la talla de camarón nailon en malla cuadrada de la red de PE respecto a la captura total (A: proporción de retención a la talla con malla cuadrada respecto a la retención a la talla total obtenida con malla cuadrada y malla romboidal; B: proporción de retención a la talla con malla cuadrada con dispositivo de escape respecto a la retención a la talla total obtenida con malla cuadrada con dispositivo de escape y malla romboidal).

La similitud entre distribuciones de frecuencias de talla se ve también reflejada en las tallas de retención al 25, 50 y 75% (Tabla 56), con valores medios que no evidencian diferencias significativas (Tabla 57). En las tres configuraciones utilizadas la talla de retención al 25% corresponde a ejemplares entre 24,6 y 24,8 mm de longitud cefalotorácica, mientras que al 50% la talla de retención varía entre 26,2 y 26,4 mm.

Tabla 56. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de las tallas de retención al 25, 50 y 75% de camarón nailon en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE.

Red	n	Media	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo	
				L. Inferior	L. Superior			
L25	CUAD	19	24,8	1,52	24,0	25,5	22,6	28,8
	C+BRD	18	24,7	0,97	24,2	25,2	23,1	26,4
	ROMB	18	24,6	1,00	24,1	25,1	22,6	26,4
L50	CUAD	19	26,4	1,54	25,6	27,1	24,6	30,4
	C+BRD	18	26,4	1,02	25,8	26,9	24,7	28,2
	ROMB	18	26,2	1,05	25,7	26,7	24,2	28,1
L75	CUAD	19	28,0	1,56	27,2	28,8	26,3	32,0
	C+BRD	18	28,0	1,09	27,5	28,6	26,4	29,9
	ROMB	18	27,8	1,12	27,2	28,3	25,8	29,9

Tabla 57. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las longitudes de retención al 25, 50 y 75% de camarón nailon en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE (“Sig.” es el *p*-valor asociado al estadístico de contraste, y “*” destaca las diferencias significativas).

Variable	CUAD vs C+BRD		CUAD vs ROMB		C+BRD vs ROMB	
	Test Levene	Test Student	Test Levene	Test Student	Test Levene	Test Student
	F (Sig.)	t (Sig.)	F (Sig.)	t (Sig.)	F (Sig.)	t (Sig.)
L25	2,88 (0,09)	0,19 (0,84)	3,18 (0,08)	0,43 (0,66)	0,06 (0,79)	0,31 (0,75)
L50	2,51 (0,12)	0,08 (0,93)	2,7 (0,1)	0,45 (0,64)	0,03 (0,84)	0,47 (0,63)
L75	2,07 (0,15)	-0,03 (0,97)	2,07 (0,15)	0,47 (0,64)	0,003 (0,94)	0,61 (0,54)

c) *Estructuras de talla merluza común*

La composición de tallas de merluza común presenta una estructura similar entre las configuraciones utilizadas, sin embargo se aprecia que al utilizar malla romboidal (Fig. 54c) hay una mayor participación relativa de ejemplares menores a 22 cm respecto al uso de malla cuadrada. En términos generales, se destaca la presencia de dos modas principales en 18 y 35 cm (Fig. 54).

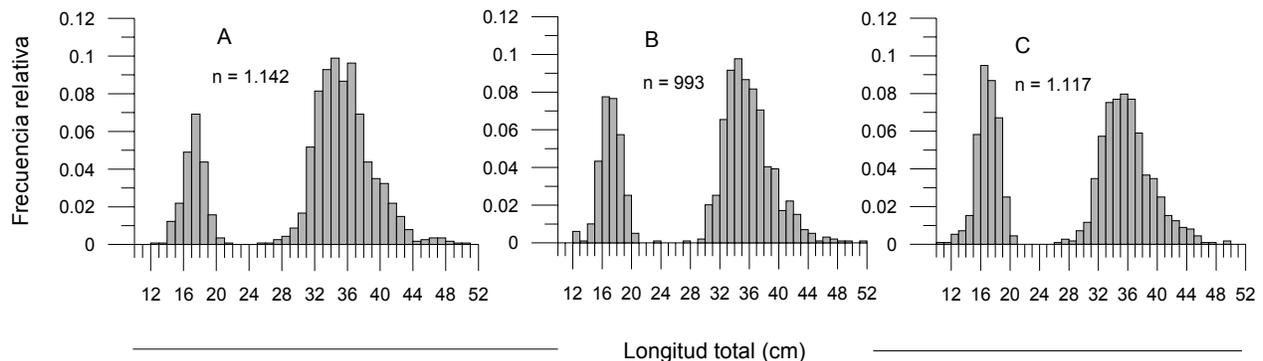


Figura 54. Distribución de frecuencia de tallas de merluza común en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE [A: Malla cuadrada (CUAD), B: Malla cuadrada con dispositivo de escape (C+BRD), C: Malla romboidal (ROMB)].

Tal como se mencionó anteriormente, el uso de malla cuadrada (sin y con dispositivo de escape) produciría un efecto selectivo sobre la fracción más pequeña de las capturas (<a 22 cm de longitud total), lo que se aprecia gráficamente en las proporciones relativas de captura a la talla de esta configuración respecto a la captura con malla romboidal (Fig. 55 a y b), destacándose que dicha proporción es inferior a 0,5 en ejemplares menores a 22 cm. Si bien es cierto estos resultados son auspiciosos, es importante señalar que en ejemplares mayores no se evidencia un efecto selectivo debido al uso de dispositivo de escape de malla cuadrada.

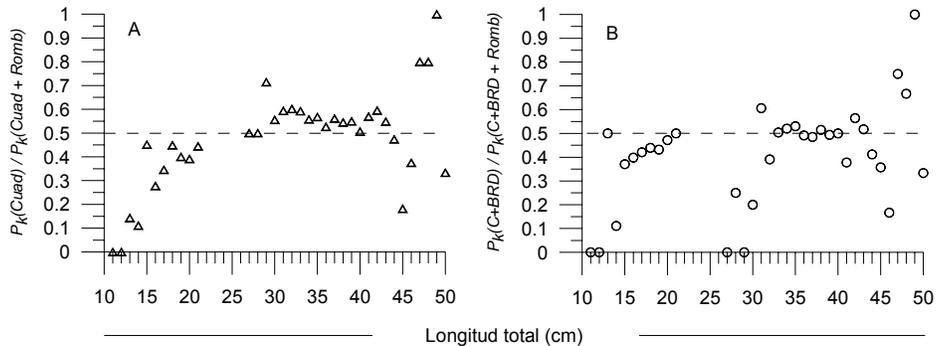


Figura 55. Proporción relativa de retención a la talla de merluza común en túnel y copo de malla cuadrada en la red de PE respecto a la captura total [A: proporción de retención a la talla con malla cuadrada (CUAD) respecto a la retención a la talla total obtenida con malla cuadrada y malla romboidal (CUAD + ROMB); B: proporción de retención a la talla con malla cuadrada y dispositivo de escape (C+BRD) respecto a la retención a la talla total obtenida con malla cuadrada con dispositivo de escape y malla romboidal (C+BRD + ROMB)].

En términos relativos, el uso de malla cuadrada (de 46 mm de claro de malla y 23 mm de longitud interna de barra) determinó que la captura de ejemplares menores a 20 cm sea significativamente inferior respecto al uso de malla romboidal (de 46 mm de claro de malla). Lo anterior también se refleja en la proporción de ejemplares menores a 30 cm de longitud total, con participación relativa del 25% al usar malla cuadrada y 41% al usar malla romboidal. No obstante lo anterior, la talla media de las capturas no es capaz de reflejar el efecto selectivo, determinándose que esta variable fluctúa entre 29,0 y 31,8 cm de longitud total para malla romboidal y cuadrada respectivamente (Tabla 58).

Se destaca sin embargo que existen diferencias significativas en las proporciones de retención al 25 y 50% de la malla cuadrada respecto a la malla romboidal, así como de la talla media de retención (L50). Por su parte, el uso de malla cuadrada con dispositivo de escape no evidencia el mismo efecto respecto al uso de malla romboidal, lo que dificulta el análisis general de la selectividad sobre merluza común (Tabla 59).

Tabla 58. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de las proporciones de retención a la talla inferiores a 20 ($P_k < 20$), 30 ($P_k < 30$) y 37 cm ($P_k < 37$), y de retención al 50% de merluza común en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE.

	Túnel-Copo	n	Media	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
Pk<20	CUAD	19	23%	19%	13%	32%	0%	64%
	C+BRD	18	29%	21%	19%	40%	0%	74%
	ROMB	17	37%	22%	26%	49%	0%	72%
Pk<30	CUAD	19	25%	21%	16%	35%	2%	70%
	C+BRD	18	32%	23%	21%	43%	0%	77%
	ROMB	17	41%	22%	29%	52%	0%	75%
Pk<37	CUAD	19	67%	9%	62%	71%	53%	84%
	C+BRD	18	68%	12%	62%	74%	46%	83%
	ROMB	17	72%	11%	67%	78%	51%	87%
L50 (cm)	CUAD	19	31,8	3,70	30,1	33,6	24,1	35,9
	C+BRD	18	30,7	4,23	28,6	32,8	22,3	36,5
	ROMB	17	29,0	4,01	26,9	31,0	22,6	36,0

Tabla 59. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las proporciones de retención a la talla inferiores a 20 ($P_k < 20$), 30 ($P_k < 30$) y 37 cm ($P_k < 37$), y de retención al 50% de merluza común en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE (“Sig.” es el p -valor asociado al estadístico de contraste, y “**” destaca las diferencias significativas).

Variable	CUAD vs C+BRD		CUAD vs ROMB		C+BRD vs ROMB	
	Test Levene F (Sig.)	Test Student t (Sig.)	Test Levene F (Sig.)	Test Student t (Sig.)	Test Levene F (Sig.)	Test Student t (Sig.)
Pk<20	0,02 (0,88)	-0,94 (0,35)	0,21 (0,64)	-2,13 (0,03*)	0,25 (0,61)	-1,14 (0,26)
Pk<30	0,00 (0,94)	-0,9 (0,37)	0,01 (0,91)	-2,1 (0,04*)	0,02 (0,87)	-1,12 (0,26)
Pk<37	2,52 (0,12)	-0,28 (0,77)	0,46 (0,50)	-1,69 (0,09)	0,73 (0,39)	-1,18 (0,24)
L50	0,02 (0,86)	0,86 (0,39)	0,01 (0,89)	2,23 (0,03*)	0,00 (0,96)	1,24 (0,22)

4.4.5.4.- Pesca comparativa de langostino amarillo con diferentes configuraciones de túnel y copo

a) Captura, rendimientos y fauna acompañante

Se realizó una experiencia complementaria de pesca comparativa entre configuraciones de malla cuadrada y romboidal, la cual se orientó a langostino amarillo en la V Región (32° 00' - 32° 50' LS). Al igual que en el caso de langostino colorado, los elevados rendimientos de pesca permitieron un número limitado de lances (3 con malla cuadrada y 4 con malla romboidal), determinándose en ambos casos que la fauna con mayor frecuencia de ocurrencia correspondió a la especie objetivo, lenguado, merluza común, jaiba paco y jaiba limón, presentes en todos los lances realizados. Con menor frecuencia se observó la presencia de pejegato, raya volantín, anguila común y congrio negro (Tabla 60).

Tabla 60. Presencia (nº de lances), frecuencia de ocurrencia (FO%), captura (kg) y participación relativa (PR%) de las especies capturadas en pesca comparativa de langostino amarillo entre túneles y copos de malla cuadrada (CUAD) y malla romboidal (ROMB) en la red de PE (nueva).

ESPECIE	MALLA CUADRADA				MALLA ROMBOIDAL			
	Presencia (nº de lances)	FO%	Captura (kg)	PR%	Presencia (nº de lances)	FO%	Captura (kg)	PR%
Langostino amarillo (<i>Cervimunida johni</i>)	3	100%	2845,0	95%	4	100%	1768,2	82%
Lenguado (<i>Hipoglossina sp.</i>)	3	100%	87,4	3%	4	100%	135,5	6%
Merluza común (<i>Merluccius gayi gayi</i>)	3	100%	47,5	2%	4	100%	206,2	10%
Jaiba paco (<i>Mursia gaudichaudi</i>)	3	100%	10,6	0%	4	100%	3,0	0%
Raya volantín (<i>Raja chilensis</i>)	1	33%	5,6	0%	1	25%	3,4	0%
Pejegato (<i>Halaelurus canescens</i>)	2	67%	4,2	0%				
Jaiba limón (<i>Cancer porteri</i>)	3	100%	2,2	0%	4	100%	1,4	0%
Anguila común (<i>Ophichthus pacifici</i>)	1	33%	0,5	0%				
Camarón nailon (<i>Heterocarpus reedi</i>)					2	50%	34,0	2%
Congrio negro (<i>Genypterus maculatus</i>)					1	25%	0,3	0%

La participación relativa de langostino amarillo correspondió al 95 y 82% de la captura total con mallas cuadrada y romboidal respectivamente. En el caso de lenguado, su participación en la captura total fue 2,9% al usar malla cuadrada y 6,3% con malla romboidal, mientras que merluza común correspondió al 1,6 y 9,6% respectivamente (Fig. 56).

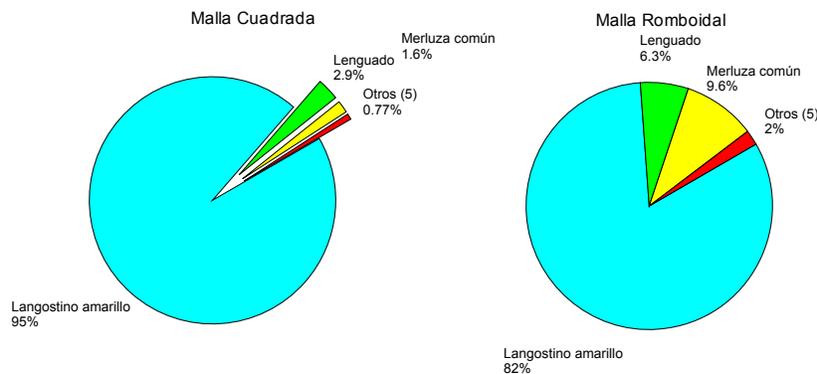


Figura 56. Participación relativa de las principales especies que componen las capturas en pesca comparativa de langostino amarillo entre túneles y copos de malla cuadrada (CUAD) y malla romboidal (ROMB) en la red de PE.

En términos centrales, la participación relativa de fauna acompañante fue inferior al usar malla cuadrada siendo un 6% de la captura total, mientras con malla romboidal correspondió al 18% del total, sin embargo el bajo número de lances no permite ser concluyente respecto a algún efecto asociado a la configuración utilizada (Tabla 61). Bajo esta consideración, los rendimientos de captura sólo permiten indicar que empleando ambas configuraciones se logran resultados aceptables sobre la especie objetivo, alcanzando valores máximos de 1043,5 y 767,5 kg/h con malla cuadrada y romboidal respectivamente (Tabla 62).

Tabla 61. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de la media de la captura relativa (fauna acompañante/captura total, fauna principal/captura total, captura objetivo/captura total, fauna principal/fauna acompañante) en pesca comparativa de langostino amarillo entre túneles y copos de malla cuadrada (CUAD) y malla romboidal (ROMB) en la red de PE. La fauna principal esta compuesta por lenguado, merluza común y pejerratas.

Indicador	Túnel-Copo	n	Media	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
Fauna acompañante	CUAD	3	0,06	0,03	-0,01	0,13	0,04	0,09
Captura total	ROMB	4	0,18	0,02	0,15	0,21	0,15	0,19
Fauna principal	CUAD	3	0,05	0,03	-0,01	0,12	0,03	0,08
Captura total	ROMB	4	0,16	0,01	0,14	0,18	0,15	0,18
Captura objetivo	CUAD	3	0,94	0,03	0,87	1,01	0,91	0,96
Captura total	ROMB	4	0,82	0,02	0,79	0,85	0,81	0,85
Fauna principal	CUAD	3	0,88	0,12	0,57	1,19	0,74	0,97
Fauna acompañante	ROMB	4	0,90	0,09	0,75	1,04	0,78	0,99

Tabla 62. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) de langostino amarillo según clasificación de la captura (FAC: fauna acompañante; OBJ: recurso objetivo; TOT: captura total) en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada (CUAD) y malla romboidal (ROMB) en la red de PE.

Especie	Túnel-Copo	n	Media (kg/h)	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
CPUE_FAC	CUAD	3	51,8	8,3	31,1	72,5	46,6	61,4
	ROMB	4	125,4	32,0	74,4	176,3	99,8	171,3
CPUE_OBJ	CUAD	3	830,7	215,1	296,2	1.365,1	613,3	1.043,5
	ROMB	4	578,0	148,5	341,7	814,2	413,3	767,5
CPUE_TOT	CUAD	3	882,5	207,7	366,5	1.398,4	674,7	1.090,1
	ROMB	4	703,3	177,4	420,9	985,6	513,1	938,8

Al igual que en la experiencia anterior sobre camarón nailon se utilizó en estos lances maniobras cortas (1 m de malleta y 5 m de estándares), lo que determinó rendimientos de merluza común variables entre 4,2 y 107,2 kg/h, con valores centrales de 20,1 y 67,2 kg/h usando malla cuadrada y romboidal respectivamente (Tabla 63).

Tabla 63. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) por especie en pesca comparativa de langostino amarillo entre túneles y copos de malla cuadrada (CUAD) y malla romboidal (ROMB) en la red de PE.

Especie	Túnel-Copo	n	Media (kg/h)	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
Langostino amarillo	CUAD	3	830,7	215,1	296,2	1.365,1	613,3	1.043,5
	ROMB	4	578,0	148,5	341,7	814,2	413,3	767,5
Lenguado	CUAD	3	25,6	7,2	7,8	43,4	17,3	30,1
	ROMB	4	44,5	5,0	36,5	52,4	39,3	49,3
Merluza común	CUAD	3	20,1	17,9	-24,4	64,6	4,2	39,5
	ROMB	4	67,2	32,2	15,9	118,4	28,3	107,2
Jaiba paco	CUAD	3	2,9	2,3	-2,8	8,6	0,9	5,4
	ROMB	4	1,0	0,4	0,4	1,6	0,6	1,3

b) *Estructuras de talla de langostino amarillo*

La composición de tallas de langostino amarillo no presenta diferencias significativas entre ambas configuraciones, lo cual se ve reflejado en las estructuras de talla ponderadas a la captura (Fig. 57). En ambos casos se observan dos modas, una principal en torno a 43 mm de longitud cefalotorácica y otra secundaria en torno a 34 mm.

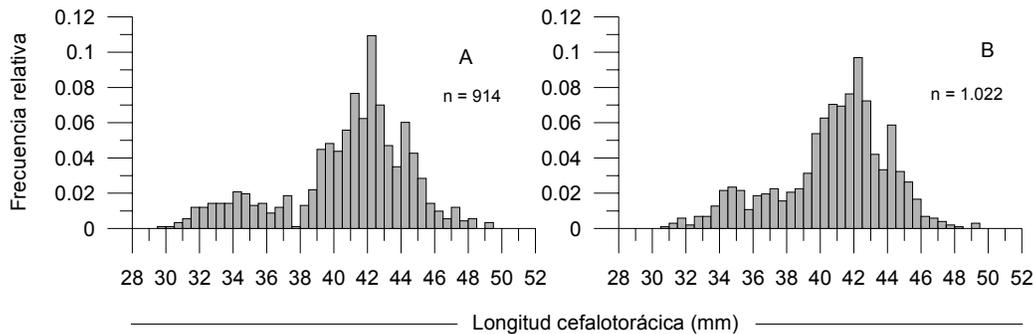


Figura 57. Distribución de frecuencia de tallas de langostino amarillo en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada y malla romboidal en la red de PE (A: Malla cuadrada y B: Malla romboidal).

Si bien es cierto existe similitud entre distribuciones de frecuencias de talla, existe una diferencia en las tallas de retención al 25, 50 y 75% (Tabla 64), aún cuando dichas diferencias no son estadísticamente significativas (Tabla 65). Al usar malla cuadrada la talla de retención al 25% corresponde a ejemplares de 25,6 mm de longitud cefalotorácica, mientras que al usar malla romboidal corresponde a 27,1 mm. Al 50% la talla de retención es de 27,6 y 29,0 mm con malla cuadrada y romboidal respectivamente (Tabla 64).

Tabla 64. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de las tallas de retención al 25, 50 y 75% de langostino amarillo en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada y malla romboidal en la red de PE.

	Red	n	Media	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
L25	CUAD	3	25,6	3,95	15,8	35,4	21,3	29,1
	ROMB	4	27,1	2,58	23,0	31,2	23,8	29,5
L50	CUAD	3	27,6	3,73	18,3	36,9	23,4	30,5
	ROMB	4	29,0	1,85	26,1	31,9	26,5	30,7
L75	CUAD	3	29,6	3,56	20,7	38,5	25,5	31,9
	ROMB	4	30,9	1,13	29,1	32,7	29,3	31,8

Tabla 65. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las longitudes de retención al 25, 50 y 75% de langostino amarillo en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada y malla romboidal en la red de PE (“Sig.” es el *p*-valor asociado al estadístico de contraste, y “**” destaca las diferencias significativas).

	Test Levene	Test Student
	F (Sig.)	t (Sig.)
L25	0,62 (0,46)	-0,61 (0,56)
L50	2,57 (0,16)	-0,65 (0,53)
L75	7,54 (0,04)	-0,69 (0,51)

c) *Estructuras de talla merluza común*

La baja captura obtenida de merluza común permitió un bajo número de ejemplares muestreados para analizar sus estructuras de tallas, lográndose sólo evidenciar dos modas con diferente participación relativa (Fig. 58).

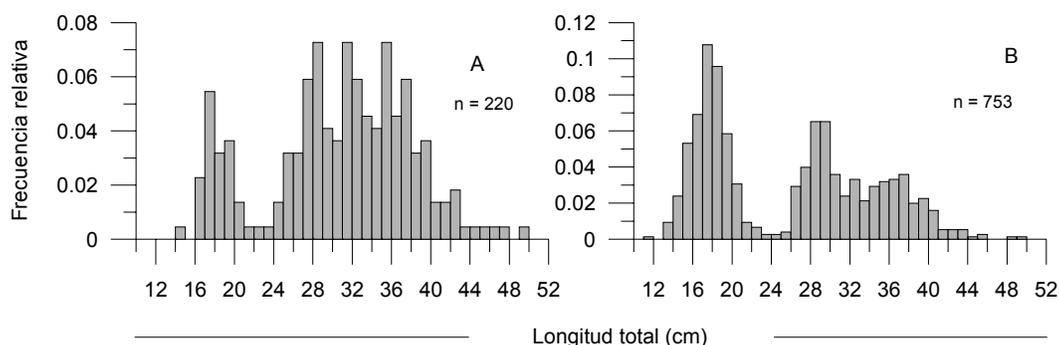


Figura 58. Distribución de frecuencia de tallas de merluza común en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada y malla romboidal en la red de PE (A: Malla cuadrada y B: Malla romboidal).

Si bien es cierto se realizó el análisis descriptivo y de inferencia estadística respecto a la composición de tallas, los resultados obtenidos no pueden ser utilizados para concluir sobre los

beneficios del uso de malla cuadrada respecto a malla romboidal, esto debido a la escasa representatividad de los lances y de la captura de merluza común.

Tabla 66. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza de las proporciones de retención a la talla inferiores a 20 ($P_k < 20$), 30 ($P_k < 30$) y 37 cm ($P_k < 37$), y de retención al 50% de merluza común en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE.

	Túnel-Copo	n	Media	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
					L. Inferior	L. Superior		
Pk<20	CUAD	3	9%	7%	-9%	27%	3%	17%
	ROMB	4	37%	7%	26%	47%	29%	42%
Pk<30	CUAD	3	37%	6%	22%	52%	31%	43%
	ROMB	4	61%	3%	56%	65%	57%	63%
Pk<37	CUAD	3	79%	11%	53%	105%	71%	91%
	ROMB	4	85%	4%	79%	90%	81%	88%
L50 (cm)	CUAD	3	31,5	0,89	29,2	33,7	30,4	32,0
	ROMB	4	26,3	0,33	25,8	26,8	26,0	26,8

Tabla 67. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) de las proporciones de retención a la talla inferiores a 20 ($P_k < 20$), 30 ($P_k < 30$) y 37 cm ($P_k < 37$), y de retención al 50% de merluza común en pesca comparativa entre túneles y copos de malla cuadrada, malla cuadrada y dispositivo de escape y malla romboidal en la red de PE (“Sig.” es el *p-valor* asociado al estadístico de contraste, y “*” destaca las diferencias significativas).

Variable	Test Levene F (Sig.)	Test Student t (Sig.)
Pk<20	0,00 (0,93)	-5,27 (0,00*)
Pk<30	2,02 (0,21)	-7,28 (0,00*)
Pk<37	6,49 (0,05)	-0,99 (0,36)
L50	5,92 (0,06)	10,93 (0,00*)

4.4.5.5.- Efecto parcial del aparejamiento en la composición y rendimientos de captura

Las primeras experiencias realizadas para evaluar la red nueva de arrastre se llevaron a cabo bajo condiciones similares a las utilizadas en la actualidad por la flota con la red de actual de PA, por ejemplo portalones, borlón, longitud de cable de cala, longitud de malletas y estándares, entre otros. Lo anterior tuvo como objetivo reducir la cantidad de variables que podrían afectar las comparaciones directas entre redes, y de este modo aumentar la complejidad del análisis y el requerimiento de lances de evaluación. Sin embargo, luego de las experiencias en la IV Región sobre camarón nailon y langostino colorado se logró comprobar el correcto desempeño funcional y operacional de la red nueva, evidenciándose que la captura de fauna acompañante era superior que en la red actual, principalmente en el caso de merluza común. Este efecto era esperable debido a la mayor capacidad de arreo de la red nueva, ya que la abertura de punta de alas y la altura de la boca son mayores, así como la abertura de los portalones. Por lo tanto, con el objetivo de reducir la fauna acompañante, se decidió evaluar el efecto parcial que produciría disminuir la longitud de algunas estructuras intermedias, y con ello reducir la capacidad de arreo del arte en su conjunto. Para esto, se realizaron algunas pruebas con 9 m menos de longitud de malletas (tradicionalmente se emplean 10 m de malletas, probándose en este caso sólo 1 m de malleta) y 8 m menos de estándares (tradicionalmente se emplean 13 m de estándares, probándose en este caso sólo 5 m de estándares), lo cual reduce en más de un 35% la abertura de portalones y además, acerca en 17 m los portalones a las puntas de alas respectivas.

Debido a que se constató la inexistencia de efectos adversos sobre el desempeño funcional de la red nueva, y dado que se aprecia una disminución relativa de captura de merluza común, se decidió continuar su uso en las etapas siguientes de pesca experimental. En total, se logró un total de 104 lances válidos con captura usando la red nueva de arrastre de PE, 29 de los cuales se realizaron con aparejamiento o maniobras largas (10 m de malletas y 13 m de estándares) y 75 con maniobras cortas (1 m de malleta y 5 m de estándares), lo anterior en forma independiente del recurso objetivo y de la zona de pesca.

Bajo esta consideración y destacando el carácter de evaluación parcial del efecto de la longitud del aparejamiento sobre la fauna acompañante, es posible observar que el uso de maniobras cortas reduciría la participación relativa de captura de la fauna acompañante (Fig. 59). Siendo el objetivo de captura camarón nailon, la fauna acompañante disminuye del 30 al 10% de la captura total, mientras que en langostino amarillo disminuye del 20 al 10%. La mayor reducción de fauna acompañante se produjo sobre merluza común, disminuyendo los rendimientos de captura promedio a 25,9 kg/h y 39,8 kg/h en pesca objetivo de camarón nailon y langostino amarillo respectivamente (Tabla 68).

ESPECIE OBJETIVO

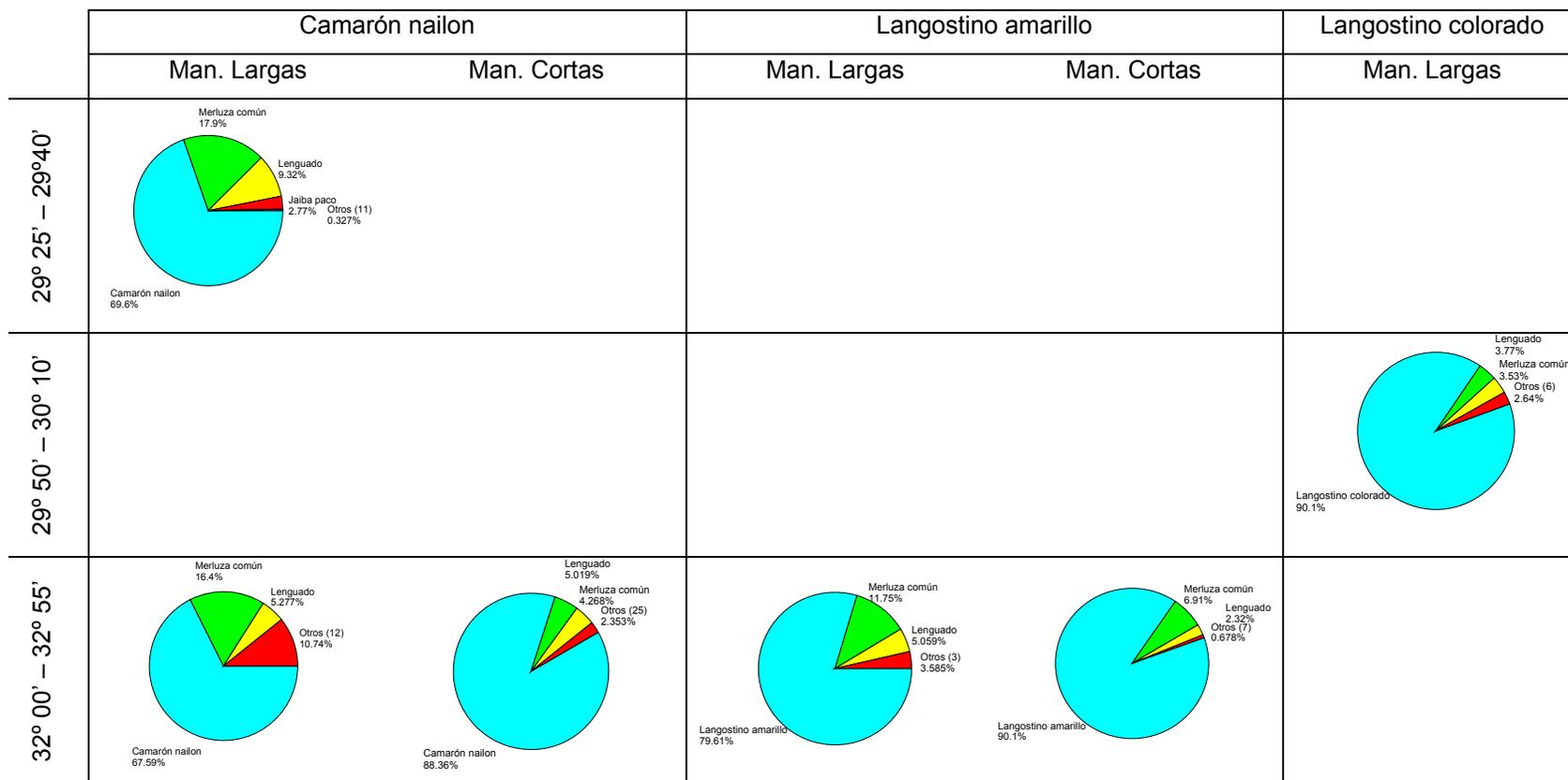


Figura 59. Composición de las capturas obtenidas con la red de PE empleando maniobras largas (10 m de malletas y 13 m de estándares) y maniobras cortas (1 m de malletas y 5 m de estándares), según especie objetivo y zona de operación.

Tabla 68. Número de lances y rendimiento promedio (kg/h) de las principales especies capturadas con la red de PE empleando maniobras largas (10 m de malletas y 13 m de estándares) y maniobras cortas (1 m de malletas y 5 m de estándares), según especie objetivo y zona de operación.

		ESPECIE OBJETIVO				
		Camarón nailon		Langostino amarillo		Langostino colorado
		Man. Largas	Man. Cortas	Man. Largas	Man. Cortas	Man. Largas
29° 25' – 29° 40'		N° de lances : 15				
		CPUE Camarón : 279,9				
		CPUE Lenguado : 37,6				
		CPUE Merluza : 78,6				
29° 50' – 30° 10'						N° de lances : 6
						CPUE L. colorado: 1.495,5
						CPUE Lenguado : 80,2
						CPUE Merluza : 75,7
32° 00' – 32° 55'		N° de lances : 5	N° de lances : 60	N° de lances : 3	N° de lances : 15	
		CPUE Camarón : 400,6	CPUE Camarón : 484,7	CPUE L. amarillo: 685,1	CPUE L. amarillo: 495,7	
		CPUE Lenguado : 30,9	CPUE Lenguado : 29,1	CPUE Lenguado : 39,9	CPUE Lenguado : 36,4	
		CPUE Merluza : 96,1	CPUE Merluza : 25,9	CPUE Merluza : 105,6	CPUE Merluza : 39,8	

En análisis general se realizó en forma independiente a la zona pesca, aún cuando se reconoce que esta variable necesariamente determina las magnitudes y proporciones de pesca objetivo y fauna acompañante, sin embargo es deseable comparar la información con un mayor número de lances. En este contexto, al emplear maniobras largas se obtuvo rendimientos de merluza común entre 27,0 y 205,2 kg/h, mientras que al usar maniobras cortas varió entre 1,1 y 107,2 kg/h, siendo estadísticamente significativa la diferencia entre ambos rangos (Tablas 69 y 70). Si bien es cierto se demuestra que existiría un efecto de esta variable sobre la captura de merluza común como fauna acompañante, no es posible precisar la magnitud de esta diferencia dadas las consideraciones anteriores de zona y especie objetivo.

Tabla 69. Estadísticos descriptivos e intervalos de confianza del rendimiento (kg/h) de merluza común capturada con la red de PE empleando maniobras largas (10 m de malletas y 13 m de estándares) y maniobras cortas (1 m de malletas y 5 m de estándares), en forma independiente a la zona de captura.

Maniobras	n	Media (kg/h)	Desv. Estándar	Intervalo de confianza de la media (95%)		Mínimo	Máximo
				L. Inferior	L. Superior		
Largas	29	83,8	43,8	67,1	100,5	27,0	205,2
Cortas	75	28,7	22,8	23,4	33,9	1,1	107,2

Tabla 70. Resultado de los test de igualdad de varianzas (Levene) e igualdad de medias (Student) del rendimiento de captura (kg/h) de merluza común capturada con la red de PE empleando maniobras largas y maniobras cortas (“Sig.” es el *p-valor* asociado al estadístico de contraste, y “*” destaca las diferencias significativas).

Variable	Test Levene F (Sig.)	Test Student t (Sig.)
CPUE	10,4 (0,00*)	6,44 (0,00*)
ln(CPUE)	11,9 (0,00*)	8,76 (0,00*)

Objetivo 4.5. Construir los planos técnicos de la(s) alternativa(s) seleccionada(s) y documentos de divulgación que incorporen el diseño, armado y construcción de artes de arrastre de fondo para pesquerías de crustáceos demersales.

4.5.1.- Planos técnicos del arte de pesca

4.5.1.1.- Planos de red

Los planos de estructuras y de diseño (cortes y mallas) se presentan en las figuras 60 y 61, mientras que el detalle de los materiales utilizados se presenta a continuación en las siguientes tablas:

a) *Estructuras por cuerpo*

Tipo de estructura	Material	Diámetro
Relinga superior	Cable mixto tipo hércules	16 mm
Relinga inferior	Cabo torcido de PA	16 mm
Cabo lateral (lacha)	Cabo torcido de PP	20 mm

b) *Cuerpos*

Ubicación del paño	Tamaño de malla (mm)	Claro de malla (mm)	Diámetro de hilo (mm)	Material y Configuración
Panel superior	80	72	3,0	PE Trenzado Romboidal
Panel inferior	54	47	2,5	PE Trenzado Romboidal
Túnel y copo tradicional	56	47	3,0	PE Trenzado Romboidal
Poncho (cubierta externa para evitar roce) ⁽¹⁾	200	180	3,0 doble	PE Trenzado Romboidal

(1) se consideró emplear un material de a lo menos 3 veces el tamaño de malla del túnel y copo para no impedir la selectividad de la red.

c) *Flotación*

Se utilizaron 16 flotadores de 20 cm de diámetro con buje central y 3 kgf de boyantez unitaria, distribuidos en forma equidistante en la relinga superior.

d) *Borlón*

A consideración del grupo de expertos, se determinó que los elementos externos al desempeño propio de la red prototipo no es conveniente cambiarlos debido a la necesidad de poder constatar los efectos individuales en cada caso.

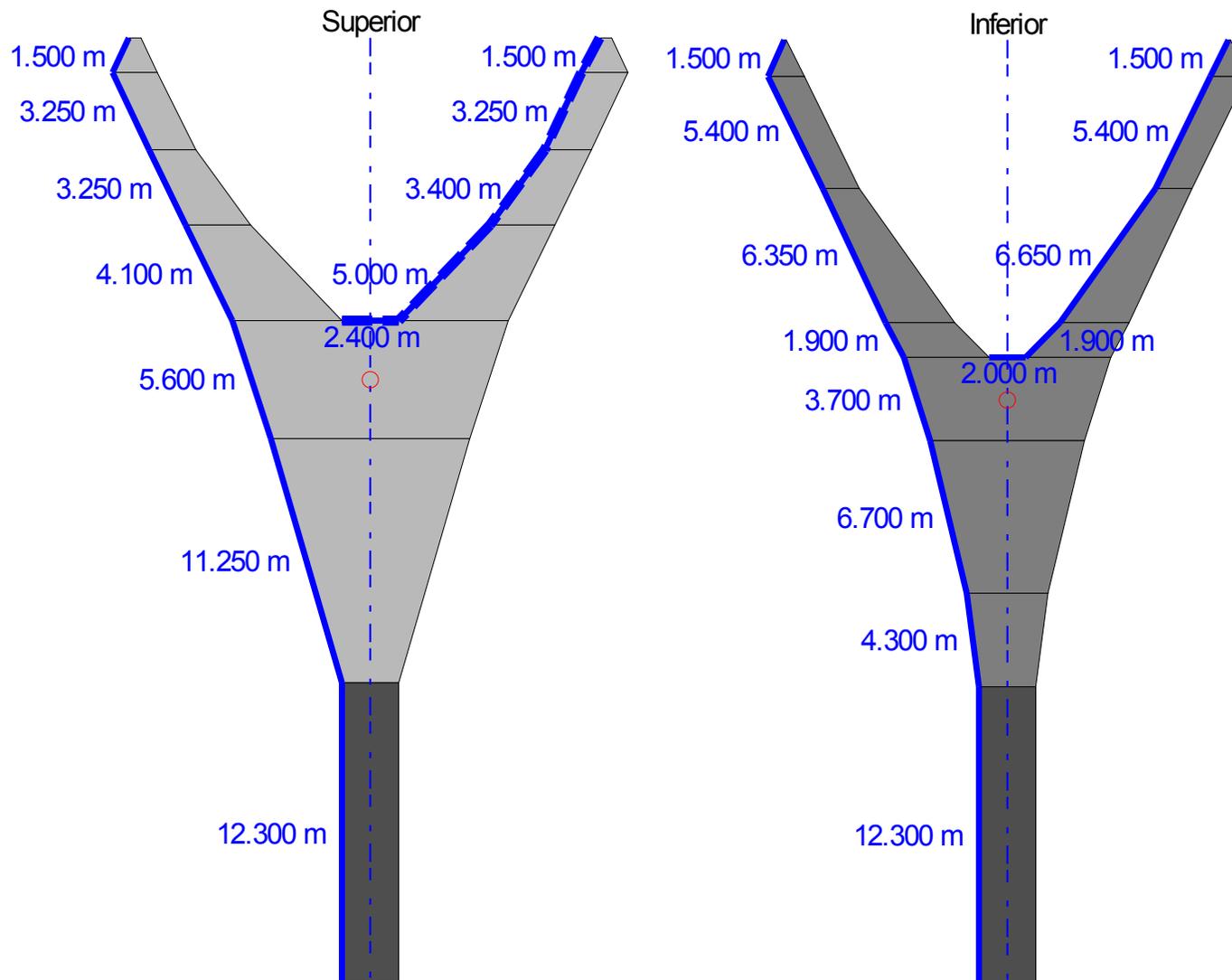


Figura 60. Plano de estructuras que componen la nueva red prototipo de PE.

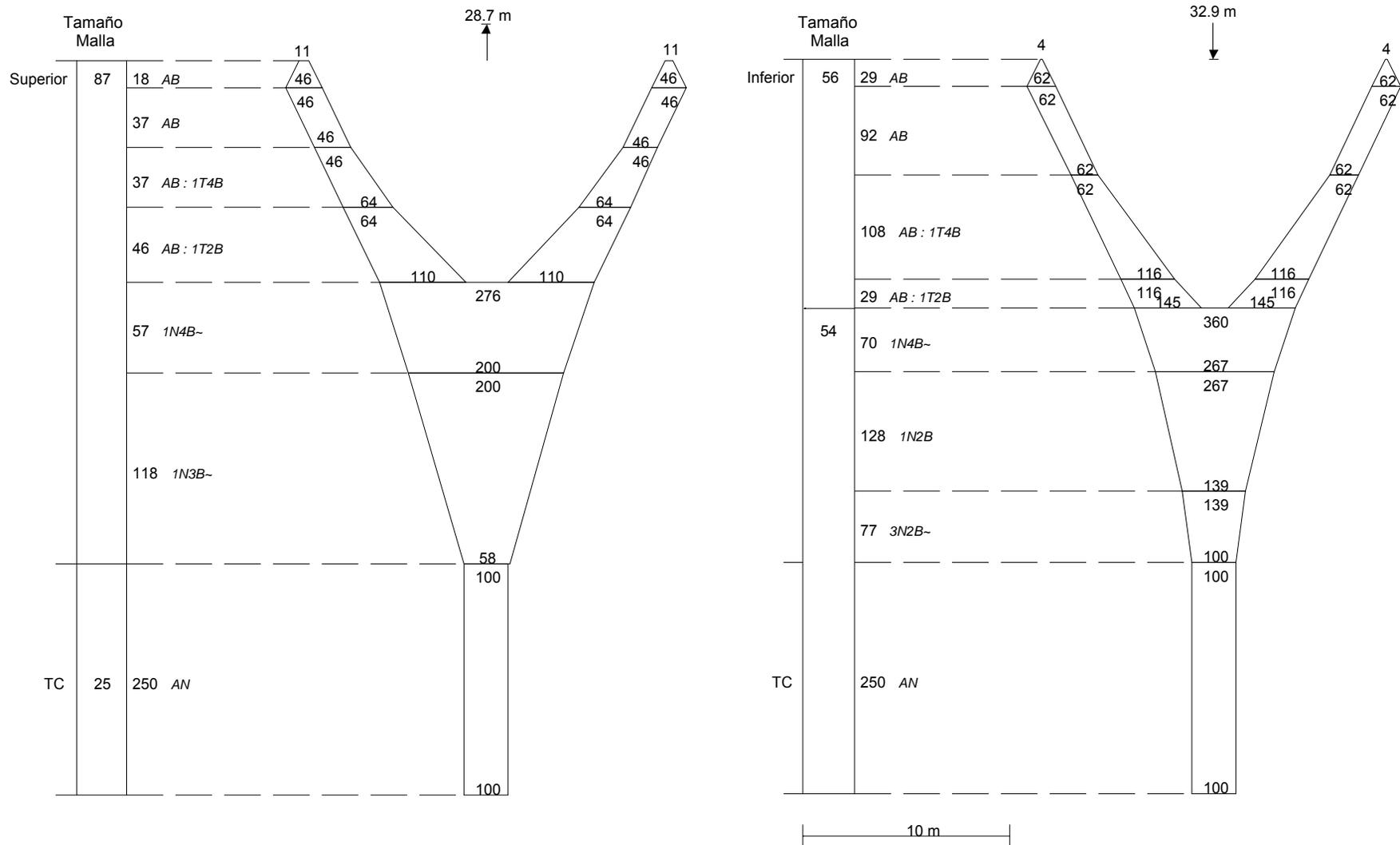


Figura 61. Plano de diseño (cortes y mallas) de la nueva red prototipo de PE.

4.5.1.2.- Amarinamiento

a) *Malletas*

Al igual que en el caso del borlón, se consideró apropiado no realizar modificaciones en el tipo (construcción y diámetro) de las malletas utilizadas en la red prototipo. Sin embargo, la evaluación posterior determinó la conveniencia de disminuir la longitud de las malletas a 1 m, quedando además la posibilidad de su eliminación. Lo anterior se basa en la necesidad de disminuir al máximo la capacidad de arreo de la red nueva, y de este modo reducir la captura de peces óseos tales como la merluza común.

b) *Estándares*

En forma análoga a las malletas, los estándares fueron reducidos en longitud a 5 m, ya que esta longitud permite que las puntas de ala alcancen la altura aceptable de funcionamiento (aproximadamente 1 m). Además, la red prototipo sólo contempla el uso de 2 estándares; el superior que se une a la relinga superior y el inferior que se une al borlón. De este modo se eliminó el estándar central que se unía a la estructura lateral (lacha), evitando de este modo un desempeño inapropiado basado en el trabajo excesivo de las estructuras.

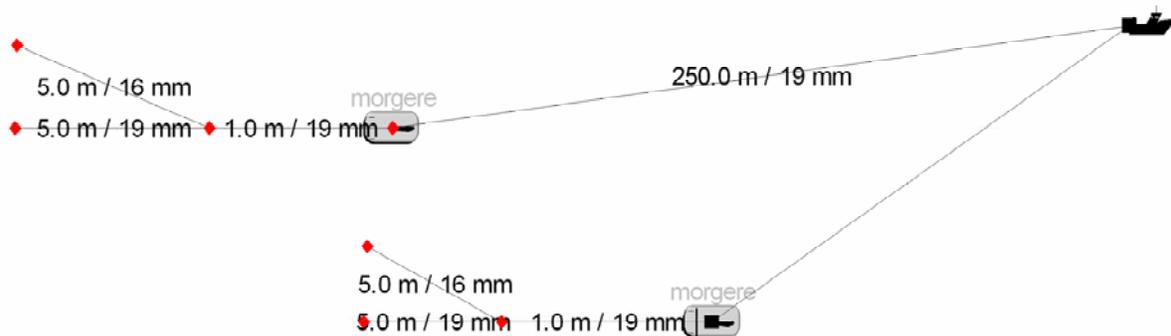


Figura 62. Representación de la longitud y ubicación de las estructuras (estándares y malletas) que componen el amarínamiento del arte de pesca.

c) *Portalón*

Se emplearon los portalones utilizados tradicionalmente por la embarcación, considerándose que estos son apropiados tanto para la red actual como para la red prototipo. Una modificación mayor de los portalones debería estar asociada a un cambio tecnológico de la flota (naves), en particular respecto a la tecnología de los winches.

d) *Patas de gallo*

Se emplearon los mismos materiales usados por la nave para estructurar la unión entre el portalón y las malletas, considerándose que estos son apropiados para la red prototipo.

4.5.1.3.- Dispositivos de escape

El único dispositivo de escape evaluado en el proyecto correspondió a un panel de malla cuadrada, constituido por un paño de PE de 40 mm de longitud de barra, con dimensiones de 40 mallas de ancho por 50 mallas de largo conforme a lo indicado en la Figura 9. El dispositivo se ubicó al inicio del copo, a 5 mallas de distancia desde la unión del túnel con el último belly. No se utilizó flotación complementaria ni estructuras de refuerzo.

4.6.- Difusión

En el marco del desarrollo del proyecto se llevaron a cabo diversas actividades tendientes a difundir tanto los objetivos como los resultados parciales y finales de la investigación. El detalle de los participantes en cada actividad realizada se entrega a continuación.

4.6.1.- Taller de usuarios

Osciel Velásquez	– Bracpesca
Ricardo Cáceres	– Bracpesca
Rodrigo Alvarez	– Bracpesca
Alejandro Velásquez	– Bracpesca
Guillermo Donoso	– Pesquera Isla Damas
Paul Bavestrello	– Pesquera Isla Damas
Atlio Reyes B.	– Armador Maria I
Christian Egarf	– Inversiones y Alimentos Intermark LTDA.
Bernardo Ullico	– Baycic Baycic Maria
Ana María Kemp	– Baycic Baycic Maria
Jorge Garrido P.	– Asociación Industriales Pesqueros IV Región (AIP)
Teófilo Melo F.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Felipe Hurtado F.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

4.6.2.- Taller administración

Vilma Correa A.	– Servicio Nacional de Pesca
Claudio Castañer	– Servicio Nacional de Pesca
Alejandro Karstegl	– Subsecretaría de Pesca
Eduardo Alzamora	– Fondo de Investigación Pesquera
Guillermo Martínez G.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Teófilo Melo F.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Felipe Hurtado F.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Dante Queirolo P.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Ivonne Montenegro U.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Erick Gaete A.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Emilio Rasse O.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

4.6.3.- Taller expertos

Luis Martini B.	– Escuela Nacional de Pesca (Argentina)
Roberto Bahamonde F.	– Instituto de Fomento Pesquero
Luis Anatibia	– Instituto de Fomento Pesquero
Claudio Concha C.	– Pesquera Bio-Bío
Olliver Riegel	– Elaboradora Artíc
Adrián Morales	– Pesquera Harengus (Argentina)
Arturo Gamonal S.	– Euronete Sudamericana
Teófilo Melo F.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Felipe Hurtado F.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Dante Queirolo P.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Ivonne Montenegro U.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Erick Gaete A.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Emilio Rasse O.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Roberto Escobar H.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
José Merino D.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Víctor Zamora A.	– Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

4.6.4.- Publicación Chile Pesquero

Se publicó el artículo “Innovaciones chilenas a las redes de arrastre” en la revista Chile Pesquero como forma de difundir los resultados parciales de la investigación en la comunidad nacional (Año 29, Nº 164, Marzo-Abril de 2007, páginas 30-35).

4.6.5.- Taller Misión Tecnológica CORFO

En el marco de la Misión Tecnológica denominada “Nuevas tecnologías y adaptaciones en sistemas de pesca de arrastre y procesamiento de crustáceos demersales, Mar del Plata, Argentina”, se realizó un Taller de Difusión Final de resultados en la ciudad de Coquimbo (octubre de 2007), aprovechándose la oportunidad de exponer el tema “Rediseño de redes de arrastre: Un camino necesario”. Los asistentes a este taller fueron:

Alejandro Dal Santo	- Consejo Zonal de Pesca
Alejandro Karstegl	- Subsecretaría de Pesca
Ana María Guerrero	- CORFO
Dante Queirolo	- Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Héctor Bacigalupo	- SONAPESCA
Eric Aravena	- Armadores artesanales crustáceos IV Región

Alex Lesser	- INTERMARK
Bernardo Véliz	- B y B
Osciel Velásquez	- BracPesca
Sandra Rojas	- Distrimar
Guillermo Donoso	- Guidomar
Juan Carlos Tapia	- Municipalidad de Coquimbo
Sergio Troncoso	- Municipalidad de Coquimbo
Julio Zambra	- Novaquality Ltda.
Oscar Valdés	- Pesquera Camanchaca
Rubén Chirino	- Sindicato de Tripulantes
Ludwig Ziller	- Pesquera El Golfo S.A.
M ^a Isabel Segura	- Artic S.A.
Federico Ziric	- Artic S.A.
Manuel Andrade	- UCN
Maximiliano Zilleruelo	- IFOP (Seguimiento de crustáceos)
Juan Vidal	- Pesquera Quintero V Región
Héctor Guzmán	- Pesquera Isla Damas
Jorge Navea	- Pesquera Isla Damas
Paul Bavestrello	- Pesquera Isla Damas
Erick Gaete	- Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

4.6.6.- Difusión en página web

A la fecha de entrega del presente informe se está desarrollando un link especial de la página web del Laboratorio de Tecnología Pesquera (www.tecpes.cl) para acceder a información didáctica de los principales resultados del proyecto, incluyendo fotografías y videos. Se espera que al momento de la entrega del Informe Final este link se encuentre operativo para ser visitado desde Chile y el extranjero.

4.6.7.- Taller de difusión y discusión de resultados

El 8 de enero de 2008 se realizó el Taller Final del proyecto en la ciudad de Coquimbo, asistiendo las siguientes personas:

Alejandro Karstegl	- Subsecretaría de Pesca
Teófilo Melo	- Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Dante Queirolo	- Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Erick Gaete	- Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Felipe Hurtado	- Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Enzo Acuña	- UC del Norte
Eric Aravena	- Armador Artesanal - Trauwun
Guillermo Donoso	- Pesquera Guidomar
Henry Zamora	- Intermark
Jorge Garrido	- Asociación de Industriales Pesqueros
Marcel Moenne	- Pesquera El Golfo
Olliver Riegel	- Intermark
Aldo Moroso	- Pesquera Amancay
Eugenio Bruce	- Servicio Nacional de Pesca
Patricio Vial	- Armador Artesanal - Punta Talca
Luis Pizarro	- Intermark
Rodrigo Alvarez	- Brac Pesca S.A.
Bernardo Reinoso	- Brac Pesca S.A.
Franklin Guzmán	- Pesquera Isla Damas
Jorge Noula	- Pesquera Isla Damas
Nolberto Cruzat	- H y H
Pedro Julio	- H y H
Alfredo Guzmán	- Pesquera Isla Damas
Osciel Velásquez	- Brac Pesca S.A.

5. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Se realizó una evaluación crítica del estado del arte de las redes utilizadas en Chile en la pesquería de crustáceos, determinándose bajo diversas fuentes de información que su desempeño funcional es evidentemente incorrecto, dada las características de diseño, armado y construcción sobre las cuales se basa. En términos de diseño, la red usada es de 2 paneles con razones de corte que limitan su capacidad de abrir en términos verticales, limitando la altura real interna, tanto a nivel de la boca como en la sección inicial del túnel, lo cual impide cualquier posibilidad de realizar e incorporar elementos que propendan a la selectividad del arte, en términos intra e interespecíficos.

En cuanto a su armado, se identificó un aspecto crítico en la relación de embande del paño con la estructura lateral (lacha), debido a que tradicionalmente se pensó que es más relevante que las fuerzas se distribuyan a través de dicha estructura, sin embargo, esto genera como consecuencia que el paño no se trabaje apropiadamente, generando senos y ondulaciones que provocan estímulos no deseados para el comportamiento de escape de la fauna íctica, tendiendo los peces a evitar dichas zonas y por lo tanto no poder salir de la red. Lo anterior se vio reflejado posteriormente en las experiencias en el túnel de prueba del Marine Institute en Canadá, momento en el cual se observó tanto la magnitud del problema como la solución que debería realizarse para mejorar dicho aspecto.

Con respecto a la construcción, se identificó que las redes están principalmente compuestas por paños de nylon (PA) que provienen de desechos de material de la flota cerquera jurelera, utilizándose titulaciones altas que oscilan entre 210/42 y 210/240 (diámetros de hilo entre 2 y 5 mm). Además, los tamaños de malla utilizados corresponden en su mayoría a 2" (50 mm), lo que asociado a altos diámetros de hilo se traduce en bajo claros de malla y elevados niveles de solidez (30-36%). En forma comparativa a especies afines, al analizar la realidad de redes construidas en países tales como Islandia, Dinamarca y Vietnam, es posible apreciar que los materiales usados corresponden a polietileno (PE) de diámetros de hilos inferiores, lo que permite niveles de solidez que fluctúan entre 12 y 16%. Se destaca sin embargo, que como respuesta a los niveles de abundancia de cada país, las dimensiones de las redes fluctúan entre 32,2 y 84,8 m de longitud de relinga superior, y aún así, encontrándose Chile en el nivel inferior de este rango, los diámetros de hilos son superiores.

Otro aspecto relevante en la construcción, es la inexistencia de un cambio gradual de los tamaños de malla, desde las alas hasta el copo, que determina una resistencia superior al avance, impidiendo una filtración apropiada a lo largo de la red. Esto conduce a su vez a disminuir las posibilidades de escape en las secciones delanteras, tales como alas, cielo y bellys, lo que puede ser corregido con tamaños de malla superiores. Cabe destacar que el cambio gradual de flujos también es

beneficioso para generar los estímulos necesarios que favorezcan las reacciones de escape de los peces.

En relación a las estructuras, se observa que la totalidad de la flota utiliza cables de acero como estructuras laterales de unión entre paneles superiores e inferiores, lo cual aumenta considerable e innecesariamente el peso total sumergido de la red disminuyendo su capacidad de abrir verticalmente. Esto no corresponde a una tendencia mundial, sino más bien se contrapone a los últimos avances en la materia, observándose incluso la eliminación total de dicha estructura, reemplazándose solamente por 3 o 4 mallas de cada panel para su unión.

En la revisión de otras redes usadas para crustáceos se evidenció que el coeficiente de armado es inferior al utilizado en las redes chilenas, lo cual sumado a un cambio en los cortes internos de diseño de la red (reemplazo de cortes AB por cortes TB), dan origen a las denominadas “fly-meshes” o mallas libres. Estas mallas libres permiten incrementar la altura vertical de la red sin la necesidad de incorporar más flotación o, en un caso límite, incorporar paneles laterales, hecho que podría ser perjudicial para otras especies.

Las alternativas de diseño y construcción de la red nueva de arrastre se basaron en la revisión de las deficiencias de la red actual, el estado del arte internacional y el conocimiento de los expertos que fueron convocados a participar en esta iniciativa. En este sentido, se determinó en forma unánime que el material con mejores cualidades para este tipo de pesquerías es el polietileno (PE), en cualquiera de sus diferentes construcciones (torcido, retorcido y trenzado), el cual debe reemplazar al nylon (PA) como material constituyente de la red debido a sus propiedades de peso y resistencia. De este modo, se discutió las bondades de este material para minimizar el contacto de los paños con el fondo marino, y así reducir tanto el desgaste del paño como la interacción innecesaria con el sustrato. Junto con el reemplazo de la PA por PE se acordó eliminar el cable de acero de la lacha y utilizar en su reemplazo cabo de PP, el cual junto con poseer propiedades aceptables de resistencia a la ruptura permite mayor elongación, y de este modo amortiguar los efectos de roleo del barco durante el virado.

Una interesante discusión se formó en torno al número de paneles que debería tener la red nueva, ya que un aspecto relevante era aumentar su altura vertical desde 0,7 m que posee actualmente a aproximadamente 2 m. Esto con el objetivo de mejorar el desempeño general de la red para incorporar elementos (modificaciones y/o dispositivos) para el escape de la fauna acompañante, permitiendo de este modo una altura interna del túnel y copo de 1 m. En este sentido, se llegó a la determinación que una red de 2 paneles puede cumplir con el requisito de altura necesaria, debiéndose trabajar tanto el diseño como la flotación para este objetivo.

Respecto a los tamaños de malla, se acordó que todo el panel superior (alas, cielo y belly) pueden estar formados por paños de 80 mm, lo que implica mayor filtración y menor resistencia. Se

discutió también cambios en el panel inferior, sin embargo se descartó su incorporación en esta etapa del desarrollo, determinándose el uso de malla de 50 mm en las secciones restantes de la red. Además, se discutió reducir los diámetros de hilos para mejorar la abertura interna de la malla, lo que conduce a aumentar la selectividad de la red. De este modo, se propuso trabajar con 2,2 mm en la sección delantera de la red (alas, cielo, bellys superior e inferior) y 3,2-3,5 mm en el túnel y copo, lo que naturalmente depende de la disponibilidad de materiales en el mercado y proveedores en Chile.

En cuanto a la selectividad intra e interespecífica, tanto el panel de expertos como el equipo de trabajo lograron concluir que el primer paso fundamental es poder contar con un arte de pesca probado que presente un correcto desempeño funcional e hidrodinámico, incluyendo naturalmente algunos elementos básicos que tienden a mejorar la selectividad a la especie, como es el aumento del claro de malla y la disminución de los diámetros de los hilos. Ahora bien, la selectividad a la talla y la reducción de la fauna acompañante deberán ser evaluadas en la medida que se hayan alcanzado los objetivos de desempeño, funcionalidad y capturabilidad del arte de pesca. Por lo tanto, el panel de expertos sugirió continuar con las experiencias y evaluaciones llevadas a cabo a la fecha de tal manera de corregir las deficiencias de la red nueva de arrastre luego de su evaluación.

Una vez discutido y analizado lo anterior, se llegó a una propuesta única (no implica que existan otras) de red de arrastre que puede cumplir con los requerimientos para la pesquería, la cual fue validada mediante simulación dinámica (DynameT) y por la totalidad de los expertos que participaron en el proceso. Luego de ello se procedió a la etapa de evaluación de la red, por secciones y en su conjunto, comenzando por pruebas de túneles y copos a escala en el canal de calibración del Instituto Nacional de Hidráulica (INH) en Peñaflor. En estas experiencias fue posible verificar el conocimiento teórico de diferentes configuraciones y tamaños de malla, y titulaciones (diámetros de hilo). En síntesis, en mallas romboidales se aprecia que la mayor resistencia al avance está dada por los paños de menor tamaño de malla (1,5") y diámetros de hilo mayores (210/192). En términos de configuración de las mallas, se observa que tanto la malla romboidal como la malla romboidal rotada (T90) presentan igual resistencia al avance, ya que en ambos casos se mantiene la misma área sólida sin percibirse funcionalmente habiendo un cambio relativo en la deformación al ser sometidas a carga. Tal como debería esperarse, la menor resistencia al avance se observó en el túnel y copo con malla de configuración cuadrada, ya que este posee menos área sólida y mayor superficie de filtración. Se destaca que la segunda configuración con menor resistencia es aquella de malla romboidal que incorpora un dispositivo de escape de malla cuadrada, lo que se asocia a la capacidad de éste para filtrar mayor cantidad de agua por el área en que se ubica la malla cuadrada. Esto se traduce en una evaluación real de la capacidad de succión que existe en esa área, debido al mayor flujo de agua capaz de salir de la red por la ventana de escape, cualidad que debería ser percibida por los peces para favorecer su escape, siendo considerada esta característica para la evaluación posterior de la red.

Una segunda experiencia correspondió a la evaluación cualitativa de trenes de arrastre en un canal de pruebas construido específicamente con este fin. En él fue posible observar que la configuración de borlón embarrilado presenta una mayor remoción de la capa superficial de sedimento, preferentemente en la sección central, con una menor penetración en el sustrato. Esto no necesariamente debe ser interpretado como que este borlón no genera interacción con el fondo, sino sólo que comparativamente es menor la penetración. Por otra parte, el borlón de caucho es el que genera menor remoción de sedimento pero con mayor penetración en el sustrato, o al menos, en aquellas secciones en que el diámetro es mayor. Por último, el borlón mixto corresponde a una combinación de los anteriores, presentando alta remoción de sustrato en la sección central y mayor penetración en las secciones laterales.

La siguiente experiencia realizada correspondió a la construcción y evaluación a escala 1:5 de la red nueva en el túnel de prueba del Marine Institute de la Memorial University of Newfoundland (Canadá). Junto con evaluarse aspectos de desempeño funcional de la red, como por ejemplo el efecto de la longitud de la lacha en el desempeño del paño, se midieron las principales variables que determinan el cumplimiento de los objetivos de diseño, tales como, altura en la boca, altura en las puntas de ala, resistencia al avance, ángulo de ataque, altura interna en diferentes secciones y despegue respecto al fondo. En síntesis, el principal resultado de esta experiencia fue la posibilidad de ratificar las variables de diseño de la red, determinándose que a 2 nudos de velocidad ésta logra una abertura de punta de alas (APA) de 16 m, altura de la boca de 1,9 m, 1,1 ton de resistencia al avance, 19° de ángulo de ataque, 1 m de altura interna al inicio del túnel y 0,55 m de despegue en la misma sección. Estas magnitudes son comparables con los resultados obtenidos mediante simulación dinámica, variando en un rango no superior al 10%, lo cual posteriormente fue ratificado con sensores de abertura de punta de alas en la red a escala real.

En las experiencias a escala real fue posible constatar que la red actual de PA logra una APA de 11,7 m a 2 nudos de velocidad, mientras que la red prototipo de PE presenta valores medios de 15,6 m de APA a la misma velocidad. Lo anterior es una consecuencia de la optimización del diseño de la red nueva y la posibilidad de aumentar sus dimensiones debido al uso de materiales con mejor desempeño en arrastre. Cabe señalar que las primeras experiencias fueron realizadas con las maniobras (amarinamiento) tradicionales utilizadas por la flota, esto es 3 m de patas de gallo, 10 m de malletas y 13 m de estándares. En la práctica se consideró oportuno evaluar una disminución en la longitud de dichas estructuras debido a que éstas aumentan la capacidad de arreo del arte en su conjunto (mayor abertura de portales) y, por lo tanto, aumenta la probabilidad de captura de peces como la merluza común. Por lo tanto, se redujo la longitud de las malletas a 1 m y de los estándares a 5 m, determinándose que la APA aumenta levemente en 0,3 m, estimándose que en la práctica el cambio en la longitud de las estructuras no afecta la abertura de la red, sin afectarse entonces su poder de pesca.

En la evaluación de la red nueva se realizaron también experiencias tendientes a conocer su desempeño funcional utilizando una mayor longitud de cable de cala. Cabe señalar que en la actualidad la flota se caracteriza por emplear una relación cable/profundidad en torno a 2:1, lo que necesariamente exige contar con portalones y borlones de mayor peso que permitan contrarrestar el efecto de la transiente en superficie debido a las condiciones de tiempo. Por lo tanto, se llevaron a cabo 2 lances con la red instrumentada (con sensores de contacto y sensores de abertura) de tal manera de evaluar efectos individuales y combinados de relación de cable/profundidad y velocidad, determinándose que al emplear una relación de cable 3,2 veces mayor a la profundidad se logra un correcto desempeño del borlón. Lo anterior se traduciría en que a medida que se aumenta la longitud del cable de cala sería posible disminuir el peso tanto del portalón como del borlón.

En cuanto a las experiencias de pesca comparativa entre redes de arrastre (PE y PA), es posible observar que ambas redes capturan una fauna acompañante similar, lo cual está claramente en relación a la zona de pesca en la cual se operó. En este sentido, las capturas están principalmente compuestas, tanto en peso como en frecuencia de ocurrencia, por la especie objetivo y merluza común, lenguado y jaiba paco en la IV Región. Ahora bien, el aumento de la APA en la red prototipo (PE) generó un aumento proporcional en los rendimientos de captura de camarón nailon y de lenguado respecto a la red actual, lo cual ratifica que el principal factor que determina la capturabilidad está dado por el tamaño de la red en cuanto a su abertura entre puntas de ala. En términos selectivos, no fue posible apreciar ningún efecto a la talla de la red nueva respecto a la red actual, ya que las proporciones a la talla se mantienen en torno a 0,5, o sea, la misma probabilidad que un individuo de talla k sea capturado por una u otra red. Un resultado similar se observó en merluza común, determinándose que no existe un efecto selectivo entre redes, a lo que se suma que la red nueva obtuvo rendimientos superiores por hora de arrastre, siendo un factor necesario de corregir.

Tal como se mencionó anteriormente, con el objetivo de reducir la captura de merluza común se innovó en la reducción de las longitudes de mallas y estándares, lo cual formó parte luego de las modificaciones propuestas al arte de pesca. Entonces, luego de probar que la red prototipo logra rendimientos y representación de la fauna similar que la red actual, se procedió a realizar experiencias tendientes a evaluar la selectividad de la red con diferentes configuraciones de túneles y copos. En este caso, se realizaron lances alternados sobre camarón nailon usando malla romboidal de 2", malla cuadrada de 1" de longitud de barra y malla cuadrada de 1" de barra y dispositivo de escape de 40 mm de barra. Al igual que en la pesca comparativa entre redes, se determinó que según los indicadores evaluados (L_{25} , L_{50} , L_{75} , talla media, p_k), las diferentes configuraciones de malla no presentan un efecto selectivo que pudiera indicar beneficios de emplear por ejemplo malla cuadrada en la pesquería de camarón nailon. Lo anterior puede deberse al método experimental utilizado (lances alternados) más que a la configuración de la malla propiamente tal, razón por la cual se discute la necesidad de realizar evaluaciones futuras con copo cubierto para determinar la selectividad de estas configuraciones. Debe

destacarse que el método de lances alternados facilita la operación de la red y con ello la aceptación por parte de los usuarios, sin embargo es indispensable aumentar la cantidad de lances a realizar de tal forma que sea posible incorporar la variabilidad natural de las estructuras de talla entre lances.

Un aspecto interesante de destacar es el efecto selectivo observado al emplear malla cuadrada de 1" de longitud de barra respecto a la malla romboidal en la fracción más pequeña del stock de merluza común. Se observó en este caso que la red con malla romboidal en el túnel y copo retuvo una mayor proporción de ejemplares de tallas menores a 22 cm de longitud total, lo cual indicaría que este grupo de peces lograría escapar a través de mallas cuadradas. Estos resultados deben considerarse como preliminares, sugiriéndose al igual que en el caso anterior el uso de copo cubierto para evaluar la selectividad.

Por último, se destaca que en términos de selectividad a la especie, la captura en peso de fauna acompañante está explicada por pocas especies (merluza común, lenguado, jaiba paco y pejerratas) y, además, que la reducción de la longitud de los cables de cala demostró reducir en forma considerable la participación de merluza común en la captura debido a la menor capacidad de arreo del arte. Esto lleva a replantear la necesidad de incorporar dispositivos de escape en este tipo de redes, dado que en las experiencias finales se determinó que sobre el 80% de las capturas estuvo compuesta por la especie principal. De lo anterior se desprende la importancia de establecer las especies que deberían ser excluidas y las magnitudes reales permisibles de ser capturadas, ya que es factible su disminución pero naturalmente con una merma de especie objetivo usando, por ejemplo, rejillas de escape.

6.- CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en la ejecución del proyecto, las principales conclusiones son:

- La red de arrastre utilizada por la flota comercial presenta aspectos que impiden su correcto desempeño en operación, en particular referido a su construcción, específicamente al peso de sus componentes.
- Al verse afectado el desempeño de la red (y muy lejos del desempeño ideal), la probabilidad que un dispositivo de escape funcione correctamente es baja, debiéndose establecer algunos criterios mínimos de estabilidad y altura para mejorar la probabilidad de éxito.
- Al emplear altas titulaciones de hilos se menoscaba el claro de malla útil para la selectividad a la talla de la especie objetivo, razón por la cual se analizan alternativas de paños de red de menores titulaciones (diámetros de hilo).
- Las redes empleadas en pesquerías de arrastre de crustáceos a nivel mundial emplean polietileno (PE) como componente principal, destacándose en algunos casos el uso de otros materiales derivados de éste (dyneema, spectra, magnet, entre otros).
- La presencia de redes con 4 paneles en redes extranjeras se asocia al comportamiento del recurso objetivo que capturan, consideración que se toma en cuenta parcialmente para el diseño de la red nueva.
- Las estructuras de unión entre paneles (lanchas) están compuestas actualmente por cables de acero, lo cual se considera inapropiado para el desempeño de la red nueva, razón que instó a proponer fibras sintéticas como el PE o PP.
- La simulación dinámica por software, en combinación con las observaciones submarinas y datos provenientes de sensores en la red, permitieron validar las percepciones de un desempeño inapropiado de la red respecto a sus características generales de diseño.
- Al disminuir la titulación de los hilos es posible aumentar el área interna de la mallas (claro de malla), lo que determina un aumento del área interna de trabajo entre 22 y 38% en el panel inferior, 61 y 82% en el copo, y 110 y 114% en el panel superior.
- Los usuarios del arte de pesca, representados por los asistentes al Panel de Usuarios, manifestaron su interés por considerar el costo de los materiales de la red nueva, junto con concordar en la posibilidad de lograr un ahorro de combustible debido a la menor resistencia hidrodinámica del arte.

- La red nueva definida por el Panel de Expertos posee una relinga de 28,8 m, alrededor de un 15% mayor a la relinga de la red actual, no obstante la resistencia hidrodinámica de ésta es inferior (resistencia de la red actual = 1.925 y resistencia de la red nueva = 1.256 kg, a 2 nudos de velocidad según simulación dinámica).
- La abertura de portalones de la red nueva se estima en 32 m, mientras que la abertura de punta de alas sería 16,8 m, esto último correspondiente a un 26% superior a la red actual.
- La altura de la red nueva en la boca se estima en 1,7 m, mientras que la altura al inicio del túnel sería de 0,9 m, permitiendo de este modo que los peces puedan nadar en su interior y encontrar la ventana de escape.
- La red prototipo a escala, a una velocidad de arrastre de 2 kn y a una abertura de portalones de 32 m, genera una altura de la boca de 1,9 y una resistencia hidrodinámica en torno a lo 1,2 ton de acuerdo a las pruebas en el canal de prueba del Marine Institute en Canadá.
- La red prototipo a escala, a una velocidad de arrastre de 3 kn y abertura de portalones de 32 m, permite una altura de boca de 1,4 m (disminución en un 26%) y un resistencia hidrodinámica de 2 ton (incremento en un 87%).
- La red prototipo a escala, a una velocidad de arrastre de 2 kn, abertura de portalones de 32 m y con una extensión de 0,3 m en el estándar superior, genera una altura de 1,22 m frente a 1,1 m en una red con estándar superior e inferior iguales (12 m).
- La red prototipo a escala, a una velocidad de 2 kn, genera una altura a la sección inicial del túnel y copo en torno a 1 m de altura y una separación desde el fondo de 0,55 m.
- La red prototipo a escala, a una velocidad de 2 kn y abertura de portalón de 32 m, con flotación de 52,8 kgf y 62,47 permite una altura de boca de red de 2,1 y 2,4 m; respectivamente, en comparación con los 1,9 m a 42,3 kgf iniciales de flotación total.
- Mediante mediciones directas en la red actual (PA) fue posible constatar que la abertura de punta de alas (APA) tiene una media de 11,7 m y una desviación estándar de 1,41 m (maniobras tradicionales de 13 m de malleta y 10 m de estándares)
- La red nueva o prototipo (PE) a escala real (con maniobras tradicionales de 13 m de malleta y 10 m de estándares) presentó un APA mayor que la red actual, registrándose valores medios de 15,6 m.

- La red nueva con maniobras cortas (maniobras de 1 m de malleta y 5 m de estándares) registró valores de APA muy similares a los de maniobra larga con valores de 15,9 m.

- Los resultados indican que usando una relación de cable 2,2:1 se obtiene un mejor desempeño del borlón a 2 nudos de velocidad de arrastre. Al aumentar la relación de cable a 3,2:1, es posible lograr un desempeño adecuado del borlón a 2 y 2,5 nudos de velocidad de arrastre.

- Las experiencias en el canal de calibración del Instituto Nacional de Hidráulica permitieron ratificar que los paños que generan mayor resistencia al avance corresponden a aquellos de mayor titulación, menor tamaño de malla y de configuración romboidal. Por el contrario, los paños de configuración cuadrada o de configuración romboidal con dispositivo de escape de malla cuadrada producen menor resistencia al avance.

- En términos cualitativos, el borlón embarrilado produce mayor remoción de sedimentos tanto en las alas como en la sección central, siendo mayor en ésta última. El borlón de caucho por el contrario remueve menor cantidad de sedimentos del fondo marino, mientras que el borlón mixto genera remoción preferentemente en la sección central. Y respecto a la penetración en el sustrato, el borlón embarrilado produce menor penetración sobre el sustrato en términos comparativos respecto al borlón de caucho, mientras que el borlón mixto produce mayor penetración en las secciones laterales debido a su composición.

- La red nueva logra capturar recursos objetivo y fauna acompañante en forma proporcional al área de barrido entre puntas de ala. En este sentido, se determinó que en camarón nailon la red nueva captura un 20% más por hora de arrastre respecto a la red actual, mientras que por área barrida el rendimiento de captura es igual.

- No se identifican diferencias en la composición de especies entre redes, sin embargo hay diferencias en las proporciones de captura. Se destaca que en la IV Región la fauna principal estuvo compuesta por merluza común, lenguado y jaiba paco. En la V región en tanto, la fauna principal estuvo compuesta por merluza común, lenguado y pejerrata.

- Al evaluar una reducción en la longitud de las maniobras que componen el amarinamiento del arte de pesca (malletas y estándares) se logra disminuir la fauna acompañante íctica, esto como consecuencia de la menor capacidad de arreo del arte. La disminución relativa de captura de merluza común sería superior al 30%.

- No se detectó efectos selectivos sobre la captura objetivo (camarón nailon) debido al uso de diferentes configuraciones de malla de igual tamaño (romboidal y cuadrada). Se reconoce que si bien el método de lances alternados permite evaluar correctamente el desempeño funcional y operacional de la red prototipo, no es un método apropiado para evaluar la selectividad de ésta debido a la variabilidad en la composición de tallas en las capturas. Se concluye la necesidad de emplear el método de copo cubierto para evaluar selectividad en próximos estudios.
- La baja tasa de captura de merluza común (< a 100 kg/h de arrastre) impide realizar un análisis preciso de la selectividad de la red prototipo. No obstante lo anterior, existe evidencia de un efecto selectivo sobre la fracción más pequeña del stock de merluza común (< 22 cm de LT).
- Se considera necesario y oportuno monitorear el desempeño operacional de la red prototipo con el fin de establecer los objetivos y umbrales aceptables de fauna acompañante en las capturas de crustáceos, lo que determinará la vía de solución en términos del sistema de selección a adoptar para la pesquería.
- La disminución de pesos sumergidos de los paños y estructuras permitió disminuir la superficie de contacto del arte de pesca con el fondo marino. De este modo es posible confirmar que mediante la vía del diseño y construcción es posible seguir avanzando en el cuidado del medio ambiente.
- El menor contacto con el fondo marino se refleja en la realización de más de 150 lances en los cuales no se evidenció desgaste de material y roturas en la red prototipo.
- La continuidad de las mejoras para minimizar el contacto con el fondo marino deberán estar acompañadas de un cambio tecnológico en la flota pesquera, de tal manera de poder disminuir el peso de los portalones y el peso lineal del burlón.
- La apreciación de los capitanes de pesca que utilizaron la red prototipo validan el diseño propuesto, el cual no presenta problemas operacionales de ningún tipo durante las faenas de pesca, e incluso mejora notablemente su maniobrabilidad a bordo.

7.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alverson, D.L., M. Freeberg, S. Murawski & J. Pope. 1994. A global assessment of fisheries by catch and discards. FAO. Fish. Tech. Pap. 339, 233 p.
- Andrew, N.L & J. Pepperell. 1992. The by catch of shrimp trawl fisheries. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 30: 527 – 565.
- Arana, P., M. Ahumada & A. Guerrero. 2003. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2002. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2002-05, 318 pp.
- Arana, P., M. Ahumada, A. Guerrero, S. Palma, P. Rosenberg, T. Melo, D. Queirolo, R. Bahamonde, M.A. Barbieri & C. Canales. 2003. Evaluación directa de camarón nailon entre la II y VIII Regiones, año 2003. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2003-05, 297 pp.
- Broadhurst, M.K., S.J. Kennelly and S. Eayrs. 1999b. Flow-related effects in prawn-trawl codends: potential for increasing the escape of unwanted fish through square-mesh panels. *Fish. Bull.* 97. 1-8.
- Broadhurst, M., M. Kangas, C. Damiano, S. Bickford & S. Kennelly. 2002. Using composite square-mesh panels and the Nordmore-grid to reduce bycatch in the Shark Bay prawn-trawl fishery, Western Australia. *Fish. Res.* 58(3): 349-365.
- Caddy, J.F. 1982. Management of shrimp fisheries. In: *Fish Bycatch-Bonus from the sea: Report of a technical consultation on shrimp by-catch utilization held in Georgetown, Guyana, 27-30 october 1981*, IDRC, Ottawa, 120-124.
- Campos, A., & P. Fonseca. 2004. The use of separator panels and square mesh windows for bycatch reduction in the crustacean trawl fishery off the Algarve (South Portugal). *Fish. Res.* 69(2): 147-156.
- Carr, H. A. & H. Milliken. 1998. Conservation engineering: Options to minimize fishing's impacts to the sea floor. In E. M. Dorsey and J. Pederson (eds). *Effects of fishing gear on the sea floor of New England*. Boston: Conservation Law Foundation. 100-103 pp.
- CEFAS. 2003. A study on the Consequences of Technological Innovation in the capture fishing industry and the likely effects upon environmental impacts. Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture, Lowestoft, UK. Submitted to Royal Commission on Environmental Pollution, London, UK.
- Dayton, P.K., S.F. Thrush, M.T. Agardy & R.J. Hoffman. 1995. Environmental effects of marine fishing. *Aquat. Cons. Mar. Freshwat. Ecol.* 5: 205-232.
- DSM. 2001. DSM, high performance fibbers. Dynnema producer. USA(05/12/01) <http://www.toyobo.co.jp/>
- De Alteris, J, K. Castro & S. Testaverde. 1991. Effect of mesh size in the body of a bottom trawl on the catch retained in the cod end. In: *Proceedings of the Fisheries Conservation Engineering Workshop*. Rhode Island Sea Grant, New England Fishery Management Council, NMFS, Massachusetts Division of Marine Fisheries. 70 pp.

- De Groot, S.J. 1984. The impact of bottom trawling on benthic fauna of the North Sea. *Ocean Manage.* 9: 177-190.
- Engaas, A., D. Foster, B.D. Hataway, J.W. Watson & I. Workman. 1999. The behavioral response of juvenile red snapper (*Lutjanus campechanus*) to shrimp trawls net that utilize water flow modification to induce escapement. *Marine Technology Society Journal*, 33(2): 43-50.
- Escuela de Ciencias del Mar. 2006. Caracterización del fondo marino entre la III y X Regiones. Informe de Avance Proyecto FIP N° 2005-61. *Estud. Doc.* N° 26/2006. 103 pp.
- Ferro, R. & E. Hou. 1984. A selected review of hydrodynamic force coefficient data on stranded wires used in fishing gear. *Scottish Fisheries Research Report No. 31*, 20 pp.
- Giannotti, J. 1973. A model of trawler-trawling gear interaction. A dissertation submitted in partial fulfillment of requirement for the Doctor of Philosophy Ocean Engineering. University of Rhode Island, USA, 339 pp.
- He, P. & D. Foster. 2000. Reducing seabed contact of shrimp trawls. ICES Working Group on Fishing Technology and Fish Behavior, Haarlem, Netherlands. April 10-14.
- He, P., P. Winger, R. Fonteyne, M. Pol, P. MacMullen, S. Lokkeborg, B. van Marlen, T. Moth-Poulsen, K. Zachariassen, A. Sala, W. Thiele, U. Hansen, E. Grimaldo, A. Reville & H. Polet. 2004. Mitigation measures against seabed impact of mobile fishing gears. ICES-FAO Working group on fishing technology and fish behaviour, Gdynia, Poland, april 20-23, 2004.
- High, W.L., I.E. Ellis & L.D. Lusz. 1969. A progress report on the development of a shrimp trawl to separate shrimp from fish and bottom-dwelling animals. *Commer. Fish. Rev.* 31: 20-33.
- Jones, J.B. 1992. Environmental impact of trawling on the sea bed: a review. *NZ. J. Mar. Freshwat. Res.* 26: 59 – 67.
- Kennelly, S. 1995. The issue of by catch in Australia's demersal trawl fisheries. *Rev. Fish Biol. Fish.* 5: 213 – 234.
- King, S, R. Hannah, S. Parker, K. Matteson & S. Berkeley. 2004. Protecting rockfish through gear design: development of a selective flatfish trawl for the U.S. west coast bottom trawl fishery. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 61: 478-496.
- Melo, T., P. Arana, P. Pavez, C. Hurtado, J. Marabolí & D. Queirolo. 2003. Evaluación de dispositivos de reducción de fauna acompañante en las pesquerías de crustáceos demersales. *Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2001-23*, 304 pp.
- Melo, T., P. Pavez, C. Hurtado & D. Queirolo. 2005a. Adopción de dispositivos de reducción de fauna acompañante en la pesquería de camarón nailon. *Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2004-46*, 162 pp.
- Melo, T., D. Queirolo, C. Hurtado, I. Montenegro & E. Gaete. 2005b. Evaluación del uso de ventanas de escape de malla cuadrada en la pesquería de arrastre de merluza común. *Informe Final. Estud. Doc., P. Univ. Católica Valparaíso*, 31/2005: 82 pp.
- Nomura, M. & T. Yamazaki. 1977. *Fishing Techniques 1*. Japan International Cooperation Agency (JICA).

- Parsons D.G., G.R. Lilly & G.J. Chaput. 1986. Age and Growth of northern shrimp *Pandalus borealis* off northeastern Newfoundland and southern Labrador. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 115: 872-881.
- Pettovello, A.D. 1999. By catch in the Patagonian red shrimp fishery. *Mar. Freshwater Res.* 50: 123-127.
- Polet, H., J. Coenjaerts & R. Verschoore. 2004. Evaluation of the sieve net as a selectivity-improving device in the Belgian brown shrimp (*Crangon crangon*) fishery. *Fish. Res.* 69, 35-48.
- Revill, A., G. Dunlin & R. Holst. 2006. Selective properties of the cutaway trawl and several other commercial trawls used in the Faroe Deep North Sea Nephrops fishery. *Fish. Res.* 81: 268-275.
- Robins, J.B. & J.G. McGilvray. 1999. The AustED II, an important trawl efficiency device 2 Commercial performance. *Fish. Res.* 40: 29-41.
- Rose, C., A. Carr, D. Ferro, R. Fonteyne & P. MacMullen. 2000. Using gear technology to understand and reduce unintended effects of fishing on the sea bed and associated communities: background and potential directions. Annex to ICES FTFB Report 2000. pp 106-122.
- Saila, S. B. 1983. Importance and assessment of discards in commercial fisheries. *FAO Fish. Circ.* 765, 62.
- Seafish, IFREMER & DIFTA. 1993. Otterboard performance and behaviour. Research project financed by The Commission of the European Communities within the frame of the EEC research programme in the fisheries sector ("FAR").
- Thomsen, B. 1993. Selective flatfish trawling: In fish behavior in relation to fishing operations. *ICES Mar. Sci. Symp.* 196: 161-164.
- Valdemarsen, J. & P. Suuronen. 2001. Modifying fishing gear to achieve ecosystem objectives. In Sinclair & Valdemarsen (eds). *Responsible Fisheries in the Marine Ecosystems*. Rome, FAO. 321-341.
- Van Marlen, B. 1988. A decade of research and development of midwater trawls in the Netherlands. *Proceedings of the World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessel Design*, 141-153.
- Wardle, C. S. 1993. Fish behavior and fishing gear: In: Pitcher, T. J (Ed), *The Behavior of Teleost Fishes*. Fish and Fisheries, vol. 7 Chapman and Hall, London, pp. 609-643.
- Winger, P., H. DeLouche & G. Legge. 2006. Designing and testing new Fishing gears: The value of a flume tank. *Marine Technology Society Journal*. 3(40): 44-49.