informe progresivo

nº
104

Mayo
1999

Estudio básico de artes de arrastre mediante modelos experimentales

Carlos M. Salazar Céspedes *3*

DGIP-15

Publicación periódica mensual de distribución nacional. Contiene información de investigaciones en marcha, conferencias y otros documentos técnicos sobre temas marítimos. EL INFORME PROGRESIVO tiene numeración consecutiva. Deberá ser citado como Inf. Prog. Inst. Mar Perú.

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU (IMARPE)
Esq. Gamarra y Gral. Valle, Chucuito, Callao.
Apartado 22, Callao, Perú.
Telf. 429-7630 / 420-2000 Fax: 465-6023
Email: imarpe+@imarpe.gob.pe

Asesora científica
Dra. Norma Chirichigno Fonseca

Editor científico
Dr. Pedro G. Aguilar Fernández

© 1999. Instituto del Mar del Perú
Esquina Gamarra y General Valle
Apartado Postal 22
Callao, PERU
Teléfono 429-7630 / 420-2000
Fax (511) 465-6023
E-mail:imarpe+@imarpe.gob.pe

Hecho el depósito de ley Nº 99-3180.
Reservados todos los derechos de reproducción total o parcial, la fotomecánica y los de traducción.

Impresión: Gráfica Técnica SRL.
Calle Los Talladores 184, Urb. El Artesano - Ate
Teléfono: 436-3140 / 437-5842
Tiraje: 300 ejemplares

La información estadística, los mapas, figuras, términos y designaciones empleadas en la presentación de este documento son referenciales, no tienen valor oficial y son de completa responsabilidad de cada autor.

ESTUDIO BASICO DE ARTES DE ARRASTRE MEDIANTE MODELOS EXPERIMENTALES

Carlos M. Salazar Céspedes
Dirección de Tecnología de Extracción. DGIP. IMARPE

CONTENIDO

Resumen 3
Abstract 3
1.- Introducción 4
2.- Material y métodos 4
2.1 Material 4
2.1.1 Planos de redes de arrastre a escala real 4
2.1.2 Redes de arrastre modelo 7
2.1.3 Tanque experimental de circulación horizontal de agua 7
2.2 Métodos 7
2.2.1. Procedimientos del experimento 7
2.2.2. Metodología del modelismo 8
2.2.3. Aplicación práctica 9
3.- Resultados 10
4.- Discusión 13
5.- Conclusiones 15
6.- Agradecimientos 16
7.- Referencias 16

RESUMEN

Se presentan los resultados de estudios realizados con tres tipos de artes de arrastre de fondo (red camaronera de 4 paneles, red demersal de 2 y 6 paneles) mediante modelos de prueba, dependiendo de la exactitud y obediencia de la ley de similitud en redes de pesca deducido por TAUTI (1934).

De los ensayos y experiencias efectuadas se deduce, que la mayor abertura vertical de la boca de la red y menor resistencia hidrodinámica se dan cuando la relación Dw / l (abertura horizontal de las alas/ longitud de la relinga superior) es menor, perteneciendo a la red demersal de 6 paneles.

ABSTRACT

Results of the studies carried out on three types of bottom trawl net (shrimp trawl four panels, demersal trawl two panels and demersal trawl six panels) using testing model techniques are presented, according to simility law of fishing gear deduced by TAUTI (1934).

From experiences and tests performed is deduced that greater vertical opening of trawl net and lower hydrodinamic resistance occurre when ratio Dw / l (Horizontal opening of wings/ length of headline rope) is minor, corresponding this to demersal trawl net of six panels.

1. INTRODUCCION

En el pasado, casi la totalidad del conocimiento de las artes de pesca provenía de la experiencia práctica obtenida en el mar y su transmisión de generación en generación entre los pescadores, envuelto en el discernimiento empírico, lo que ha traído consigo algunos errores en la construcción y en la geometría de las redes de arrastre básicamente y, por ende, en las operaciones de pesca y en la eficiencia de captura.

En el presente, vemos que la tecnología aplicada en apoyo de la pesca se ha desarrollado de tal forma, que ahora podemos aprender más acerca del comportamiento de las redes de pesca bajo el agua, la reacción de los peces frente a éstas, y de los cambios contínuos de las investigaciones hacia el desarrollo de los principios generales de diseños analíticos.

El futuro de las investigaciones en este campo de la ingeniería está proyectado a tener modelos matemáticos que puedan expresar el comportamiento de las redes de arrastre.

Desde el punto de vista de los estudios de artes de pesca, los modelos experimentales y el análisis de la distribución dinámica de fuerzas en una red, es una información valiosa para el mejoramiento de las formas y planos, una opción real hacia el desarrollo, la optimización y el análisis de nuevos artes de arrastres.

Los modelos experimentales están basados en la ley de similitudes deducida por el Dr. TAUTI en 1934.

La Ley de Resistencias Hidrodinámicas de Redes y la Teoría de Modelos tienen estas características:

a) La elongación del hilo del paño se desprecia.
b) Los hilos del paño son perfectamente flexibles.
c) La ley de Newton de resistencia hidrodinámica es válida para toda porción de la red.
d) Cualquier cambio en la forma de la red ocurre tan lentamente, que la acción de las fuerzas externas en cada elemento de la red puede considerarse en "quasi- equilibrio".

Los experimentos con redes de arrastre modelo, fueron conducidos en el tanque experimental de circulación horizontal de agua del Centro Internacional de Entrenamiento Pesquero de Kanagawa, Japón, del 26 al 30 de agosto de 1992.

2. MATERIAL Y METODOS

2.1 Material

Planos de redes de arrastre a escala real

Tres tipos de planos de redes de arrastre a escala real fueron utilizados, para los cálculos de aplicación de la ley de similitud mediante modelos:

Red de arrastre de 4 paneles (M-1); Red arrastre demersal de 2 paneles (M-2) y la red de arrastre demersal de 6 paneles (M-3) (Fig.1), Relaciones esenciales de construcción de las redes de escala real y la relación D/L (diámetro del hilo/tamaño de malla) de los paños de las redes. (Tablas 1, 2, 3 y 4).

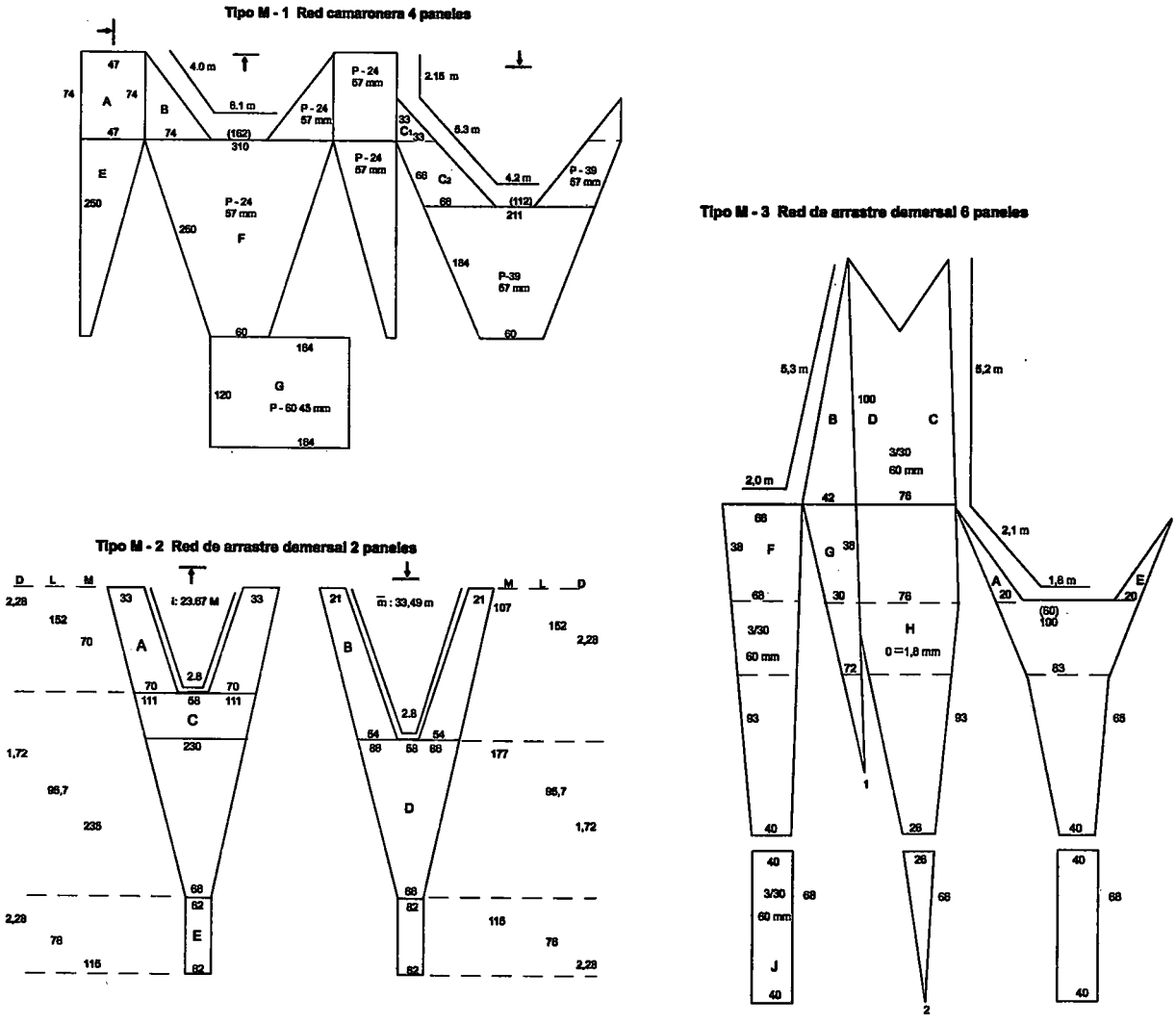

FIGURA 1.- Planos de redes de arrastre en escala real.

TABLA 1. Relaciones esenciales de construcción de las redes a escala real.

Características	l/m	l/b	m/b	a/b	c/b	d/b	e/b	f/h	(d-c)/b
Red Camaronera 4 paneles M-1	0,74	0,59	0,8	1,34	0,18	0,23	0,44	0,23	0,06
Red Demersal 2 paneles M-2	0,7	0,56	0,9	1,04	0,25	0,39	0,4	0,2	0,13
Red Demersal 6 paneles M-3	0,77	0,7	0,92	1,24	0,34	0,46	0,31	0,23	0,13

Donde:

a: Circunf. max.cuerpo de la red
b: Longitud total
c: Ala superior
d: Ala inferior
e: Cuerpo / baiting / belly
f: Copo
d-c: Pieza cuadrada
l: Relinga superior
m: Relinga inferior

TABLA 2.- Relación D/L (Diámetro del Hilo/Tamaño de Malla) de la Red Camaronera M-1.

Paneles	Diámetro del hilo D (mm)	Tamaño de Malla (mm)	D/L
Ala lateral	1,50	57	0,0263
Ala superior	1,50	57	0,0263
Ala inferior	1,50	57	0,0263
Pieza cuadrada	1,50	57	0,0263
Red lateral	1,50	57	0,0263
Cuerpo/Belly	1,50	57	0,0263
Copo	2,00	45	0,0444

TABLA 3.- Relación D/L (Diámetro del Hilo / Tamaño de Malla) de la Red Demersal M-2.

Paneles	Diámetro del hilo D (mm)	Tamaño de Malla (mm)	D/L
Ala superior	2,28	152	0,015
Ala inferior	2,28	152	0,015
Pieza cuadrada	1,72	95,7	0,018
Cuerpo / Belly	1,72	95,7	0,018
Copo	2,28	76	0,030

TABLA 4.- Relación D/L (Diámetro del Hilo / Tamaño de Malla) de la Red Demersal M-3.

Paneles	Diámetro del hilo D (mm)	Tamaño de Malla (mm)	D/L
Pieza triangular	1,80	60	0,030
Ala triangular superior	1,80	60	0,030
Ala triangular inferior	1,80	60	0,030
Lateral superior	1,80	60	0,030
Lateral inferior	1,80	60	0,030
Triangular superior	1,80	60	0,030
Pieza cuadrada	1,80	60	0,030
Triangular inferior	1,80	60	0,030
Cuerpo / Belly	1,80	60	0,030
Copo	1,80	60	0,030

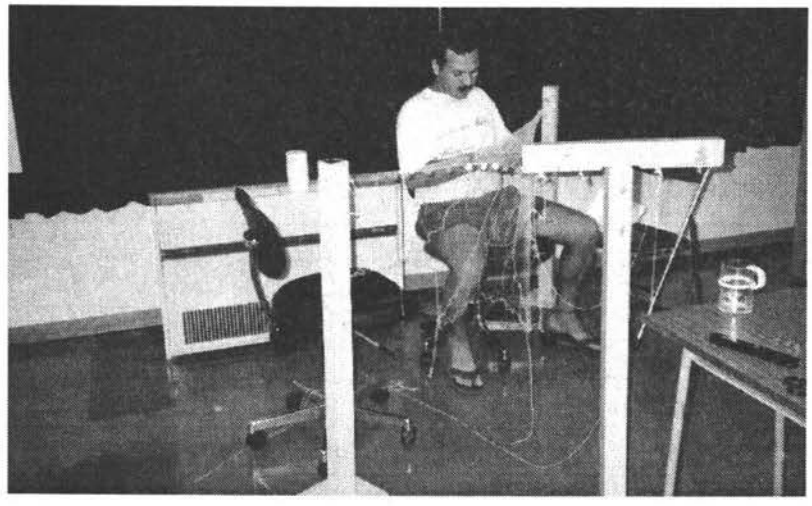

FIGURA 2.- Construcción y armado de la red de arrastre modelo.

Redes de arrastre modelo

Siguiendo las normas y procedimientos teórico - prácticos del modelismo se construyeron los tres tipos de redes de arrastre:

Camaronera a escala 1/15 (m-1), demersal a escala 1/31,3 (m-2) y la demersal a escala 1/10 (m-3).

Tanque experimental de circulación horizontal de agua

Los experimentos fueron conducidos en el Centro de Entrenamiento de Pesca de Kanagawa, Japón, utilizando un tanque experimental de pruebas para redes a escala. Las dimensiones y forma del tanque experimental (Fig. 3): tiene varias velocidades de arrastre producidas por una hélice con un motor eléctrico de 7,5 kW, cuenta con aparatos de medición tales como tensiómetros y otros instrumentos que permiten determinar coeficientes hidrodinámicos en las artes de pesca. Además tiene una plataforma de observaciones con equipos de video y fotografía para captar el comportamiento de operación de las redes.

2.2 Métodos

Procedimientos del experimento

La red modelo se coloca con una barra de acero con una distancia horizontal constante (Dw) entre ambas alas de la red. Los cabos (calamentos) son conectados al tensiómetro. La altura de la boca de la red se mide antes del experimento con velocidad cero, luego se generan corrientes de agua a velocidades de arrastre regulables, es cuando se realizan las mediciones de resistencia hidráulica y de abertura horizontal y/o vertical de la boca de la red, además de realizar observaciones del comportamiento y performance de la red (Fig. 3).

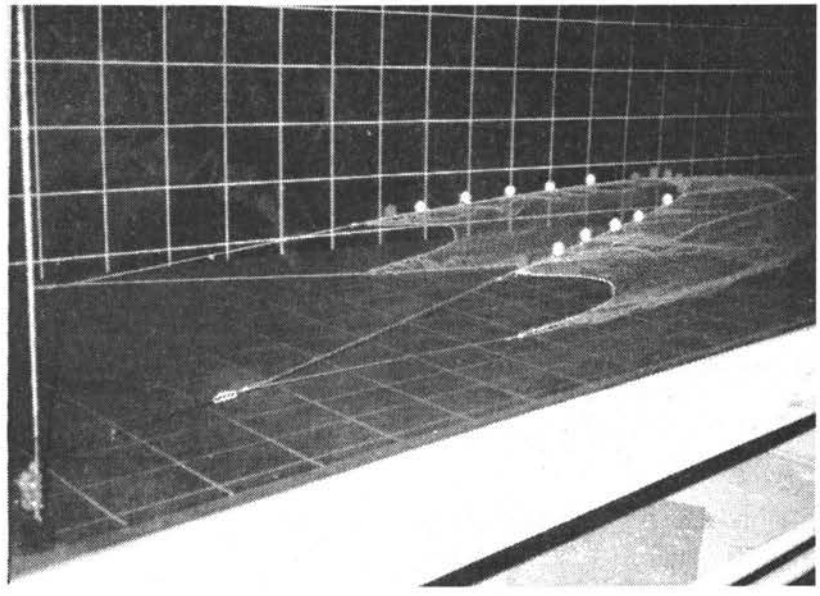

FIGURA 3.- Arreglo de la red modelo en el tanque experimental.

Metodología del modelismo

El proceso a seguir para el diseño de una red modelo y la relación de sus resistencias hidrodinámicas con la red a escala real son indicadas en los siguientes pasos:

1. La escala es fijada arbitrariamente dependiendo del tamaño del tanque

$$t'/t'' = Ä$$

Donde:
t' : cualquier parte de la red modelo.
t'' : cualquier parte de la red real.

2. La relación del diámetro de los hilos es igual a la relación de los tamaños de malla:

$$D'/D'' = L'/L'' = M$$

Donde:
D' : diámetro del hilo de la red modelo.
D'' : diámetro del hilo de la red real.
L' : Tamaño de malla de la red modelo.
L'' : Tamaño de malla de la red real.

Esto significa que, para cualquier parte correspondiente de la red modelo y la red real, la relación arriba mencionada es válida. Por lo tanto si el valor de M es arbitrario e independiente del valor Ä, el diámetro y el tamaño de malla de la red modelo son decididas respectivamente por las fórmulas:

$$D' = D'' M \quad y \quad L' = L'' M$$

3. La relación de la velocidad de arrastre entre la red modelo V' y la red a escala real V* obedece a la siguiente formula:

$$(V'/V'')^2 = D'(\sigma'-1)/D''(\sigma''-1) = V^2$$

σ' y σ'' son valores de peso específico de hilos de la red modelo y la red escala real respectivamente, se asume que la densidad del agua del tanque experimental es igual al agua de mar, entonces tenemos:

$$V'/V'' = \sqrt{D'/D''}$$

4. La fuerza o resistencias son presentadas en las siguientes relaciones:

$$F'' = R'/R'' = Ä^2 V^2 \equiv Ä V^2$$

Mediante la medición de la resistencia de la red modelo R', se puede calcular la resistencia de la red de escala real de acuerdo a lo siguiente:

$$R'' = R'/Ä^2 V^2$$

Aplicación Práctica caso M-2

- Se determina la máxima circunferencia de la red modelo, pudiendo decidir cualquier longitud, manteniendo la proporcionalidad con el tamaño del tanque de simulación (ver medidas en la fig. 1 y fig. 3), tomamos:

$$a' = 140 \text{ cm} = 1\,400 \text{ mm}$$

Refiriéndose a la fig 1, a" (circunferencia de la red a escala real) es calculada como sigue:

Tamaño de malla = 95,7 mm
Nro. De mallas = 230

$$a'' = (95{,}7 \text{ mm})\ (230M)\ (2) = 44\,022 \text{ mm}$$

Por lo tanto la relación de escala será:

$$\tau' / \tau'' = 1\,400 / 44\,022 = 1 / 31{,}3$$

- Por ser conveniente, tomamos los valores de D' / D" = L' / L" = M, válido para cualquier parte de la red. Este valor depende de las características del material del paño a utilizar para la confección de la red modelo :

$$D' / D'' = L' / L'' = 1 / 7{,}6$$

- La parte del Ala , L' y D' son calculados de acuerdo al tamaño y al diámetro del hilo de la red a escala real respectivamente : L" = 152 mm D" = 2,28 mm.

$$L' = 152 \ / \ 7{,}6 = 20 \text{ mm}$$
$$D' = 2{,}28 / \ 7{,}6 = 0{,}3 \text{ mm}$$

Por lo tanto la relación D / L (diámetro del hilo / tamaño de malla) en la parte del ala será similar para la red modelo y la red a escala real como:

$$D' / L' = D'' / L'' = M$$
$$0{,}3/20 = 2{,}20/1{,}58 = 0{,}015$$

Como el número de mallas de alto de las Alas en la red de escala real es 70, el número de mallas en el modelo es calculado así:

$$(70)\ (\ 7{,}6 / 31{,}3\ ) = 17 \text{ mallas}$$

El número de mallas de otras partes del ala de la red se calcula de forma similar, multiplicando por 7,6 / 31,3. (Tabla 6).

- Para el cuerpo

$$L' = 95{,}7 / 7{,}6 = 12{,}6 \text{ mm}$$
$$D' = 1{,}72 / 7{,}6 = 0{,}22 \text{ mm}$$

El valor de D / L en esta parte es: D' / L' = D" / L' = M

$$1{,}72 / 95{,}7 = 0{,}22 / 12{,}6 = 0{,}018$$

El número de mallas de las partes restantes se calculan de forma similar a las arriba descritas.

- Para la conversión de la velocidad de arrastre a escala real tenemos $V' / V'' = \sqrt{D' / D''}$

$$V'' = V' \sqrt{7,6} = (V')(2,76)$$
$$1 \text{ milla} / h = 52 \text{ cm/seg}$$
$$V'' (m/h) = (V' \text{ cm/seg})(2,76) / 52$$

- Para la conversión de la resistencia hidrodinámica a escala real tenemos

$$R'' = R' / Ä^2 V^2 \text{ entonces:}$$
$$R'' = (R')(31,3)^2 (7,6) = R' (7445)$$

3. RESULTADOS

De acuerdo a las reglas del modelismo para artes de pesca (TAUTI 1934), se levantaron planos para las redes modelo (Fig. 4).

Los factores principales de diseño de las redes modelo están presentadas en la tabla 5 que nos muestra las diferentes partes de la red convertidos a centímetros.

TABLA 5.- Factores esenciales de diseño de las redes modelo en centímetros.

Factores	Red camaronera m-1	Red demersal m-2	Red demersal m-3
a: Circunferencia máxima	210,00	140,00	224,00
b: Longitud total	156,70	134,00	179,00
c: Ala superior	28,20	34,00	80,00
d: Ala inferior	36,04	52,00	83,00
e: cuerpo / belly / balti	66,94	54,00	55,00
f: Copo	36,04	28,00	41,00
d-c: Pieza cuadrada	12,60	18,00	23,00
l: Relinga superior	92,45	75,00	126,00
m: Relinga inferior	125,36	107,00	164,00

Las relaciones y factores esenciales que intervienen en la técnica del modelismo en redes se presentan en la tabla 6.

TABLA 6.- Relaciones esenciales que intervienen en la técnica del modelismo en redes

Tipo de red	l/m	l/b	m/b	a/b	c/d	d/b	e/b	f/b	d-c/b	D/L	V ns	a m	escala	D'/D"	v'/v"	F'/F"
m-1 / M-1	0,74	0,58	0,8	1,3	0,18	0,23	0,44	0,23	0,06	0,028	2	32	1/15	1/3,7	1/2	1/900
m-2 / M-2	0,7	0,56	0,8	1	0,25	0,39	0,4	0,2	0,13	0,018	3	43,8	1/31,1	1/7,6	1/2,7	1/7455
m-3 / M-3	0,77	0,7	0,92	1,2	0,34	0,46	0,31	0,23	0,13	0,03	3	22,2	1/10	1/3	1/1,7	1/300

Así como en:

Red de M-1 a m-1	Red de M-2 a m-2	Red de M-3 a m-3
ha(m) = hm (15)/100	ha(m) = hm (31,3)/100	ha(m) = hm (10)/100
Va (nudos) = Vm(2)/52cm/s	Va (nud.) = Vm(2,76)/52cm/s	Va (nud) = Vm(1,73)/52cm/s
Ra(kg/f) = Rm(900)/1000	Ra(kg/f) = Rm(7455)/1000	Ra(kg/f) = Rm(300)/1000

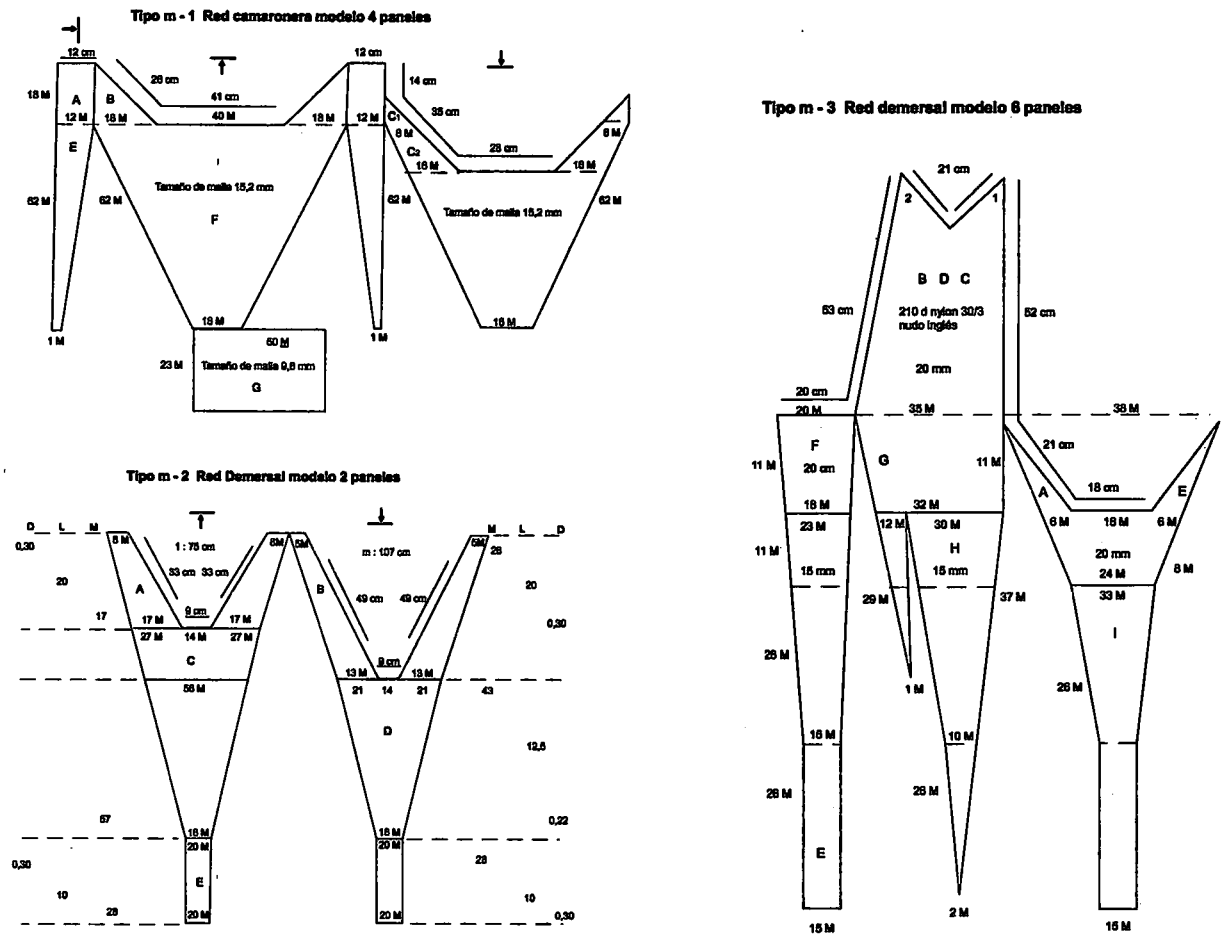

FIGURA 4.- Planos de redes de arrastre modelo.

Los resultados de las experiencias entre la velocidad de arrastre y la resistencia de las redes modelo y luego convertidas a valores reales a través de factores correspondientes de las redes son presentadas en las tablas 7, 8, 9 y 10.

TABLA 7.- Datos del tanque experimental de la red camaronera de 4 paneles m-1 (15 flotadores)

RPM	Vm(cm/s)	Va(nudos)	hm(cm)	ha(m)	Rm(g/f)	Ra(kg/f)	Rax2(kg/f)
0	0	0,000	45,00	6,75	0	0	0,0
300	16	0,615	42,00	6,30	22	19,8	39,6
400	22	0,846	40,00	6,00	32	28,8	57,6
500	27	1,038	36,00	5,40	47	42,3	84,6
600	31	1,192	29,00	4,35	69	62,1	124,2
700	36	1,385	25,00	3,75	100	90	180,0
800	43	1,654	23,00	3,45	134	120,6	241,2
900	49	1,885	20,00	3,00	179	161,1	322,2
1000	54	2,077	17,00	2,55	208	187,2	374,4
1100	60	2,308	16,00	2,40	244	219,6	439,2
1200	67	2,577	14,00	2,10	260	234	468,0
1300	71	2,731	13,00	1,95	285	256,5	513,0
1400	78	3,000	12,00	1,80	342	307,8	615,6

Vm: Velocidad de la red
Va: Velocidad de la red escala
hm: Altura de la red modelo
ha: Altura de la red escala
Rm: Resistencia de la red
Ra: Resistencia de la red escala

Escala:	1/15
D'/D":	1/4
V'/V":	1/2
F'/F":	1/900

Conversión de datos

ha (m) =	hm (15) / 100
Va (nudos) =	Vm (2) / 52cm / s
Ra (kg/f) =	Rm (900) / 1000

TABLA 8.- Datos del tanque experimental de la red demersal 2 paneles m-2.

RPM	Vm(cm/s)	Va(nudos)	hm(cm)	ha(m)	Rm(g/f)	Ra(kg/f)	Rax2(kg/f)
0	0	0,00	25,00	7,83	0	0,00	0
300	16	0,85	22,00	6,89	10,00	74,55	149,1
400	22	1,17	20,00	6,26	20,00	149,10	298,2
500	27	1,43	17,33	5,42	22,50	167,74	335,475
600	31	1,65	14,30	4,48	40,00	298,20	596,4
700	36	1,91	12,00	3,76	65,00	484,58	969,15
800	43	2,28	10,30	3,22	89,00	663,50	1326,99
900	49	2,60	10,10	3,16	110,00	820,05	1640,1
1000	54	2,87	9,30	2,91	123,50	920,69	1841,385
1100	60	3,18	8,80	2,75	149,00	1110,80	2221,59

Vm: Velocidad de la red modelo
Va: velocidad de la red escala real
hm: Altura de la boca de la red modelo
ha: Altura de la boca de la red escala real
Rm: Resistencia de la red modelo
Ra: Resistencia de la red escala real

Escala:	1/31,3
D'/D":	1/7,6
V'/V":	1/2,76
F'/F":	1/7455

Conversión de datos

ha (m) =	hm (31,3) / 100
Va (nudos)	Vm (2,76) / 52cm / a
Ra (kg/f) =	Rm (7455) / 1000

TABLA 9.- Hoja de datos del tanque experimental red demersal 6 paneles m-3 (41 flotadores).

RPM	Vm(cm/s)	Va(nudos)	hm(cm)	ha(m)	Rm(g/f)	Ra(kg/f)	Rax2(kg/f)
0	0	0,00	70	7	0	0	0,0
300	16	0,53	65	6,5	40	12	24
400	22	1,73	64	6,4	58	17,24	34,8
500	27	0,90	62	6,2	61	18,3	36,6
600	31	1,03	56	5,6	93	27,9	55,8
700	36	1,20	51	5,1	132	39,6	79,2
800	43	1,43	50	5	180	54	108
900	49	1,63	47	4,7	226	67,8	135,6
1000	54	1,80	44	4,4	263	78,9	157,8
1100	60	2,00	38	3,8	311	93,3	186,6
1200	67	2,23	33	3,3	350	105	210
1300	71	2,36	29	2,9	390	117	234
1400	78	2,60	26	2,6	429	128,7	257,4

Vm: Velocidad de la red modelo
Va: velocidad de la red escala real
hm: Altura de la boca de la red modelo
ha: Altura de la boca de la red escala real
Rm: Resistencia de la red modelo
Ra: Resistencia de la red escala real

Escala:	1/10
D'/D":	1/3
V'/V":	1/1,73
F'/F":	1/300

Conversión de datos

ha (m) =	hm (10) / 100
Va (nud)	Vm (1,73) / 52 cm / a
Ra (kg/f) =	Rm (300) / 1000

TABLA 10.- Factores relativos a la altura de la boca de la red.

Característica	Dw (cm)	l (cm)	Dw/l	B (g)	Ha(m)
Camaronera 4	70,00	92,40	0,75	13,67	2,55
Demersal 2	70,00	75,00	0,93	32,00	3,22
Demersal 6	70,00	126,00	0,55	119,30	3,8

Dw: Distancia horizontal en punto de alas de la red
l: Relinga superior
B: Boyantes
Ha: Altura de la red convertida a escala real

Las relaciones entre la resistencia hidrodinámica, la altura de la boca de la red y la velocidad de arrastre pueden ser examinadas gráficamente mediante las fig 5, 6 y 7.

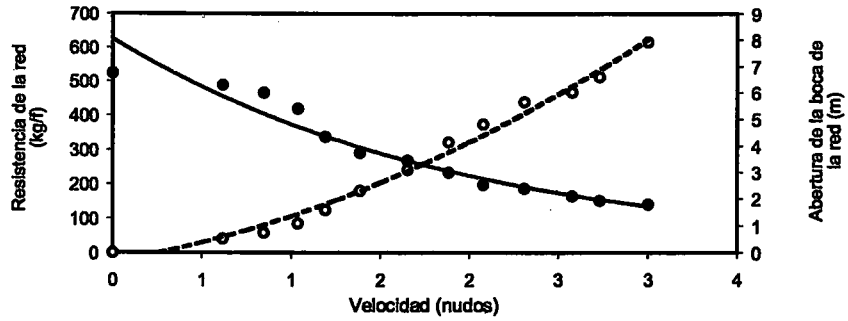

FIGURA 5.- Relación entre la resistencia de la red y la velocidad de arrastre y altura de la boca de la red. Red camaronera 4 paneles m-1.

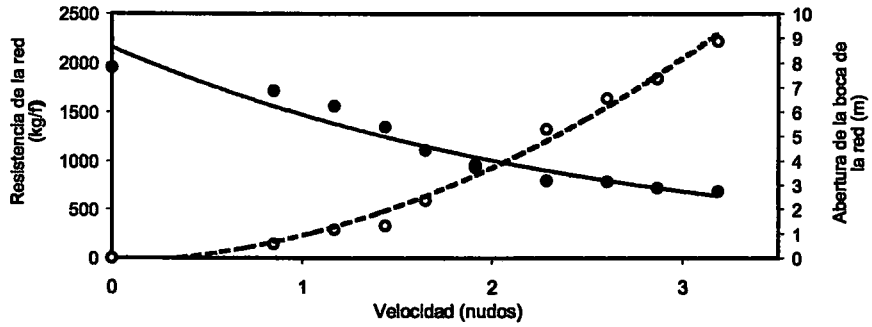

FIGURA 6.- Relación entre la resistencia de la red y la velocidad de arrastre y la abertura de la boca de la red. Red demersal 2 paneles m-2.

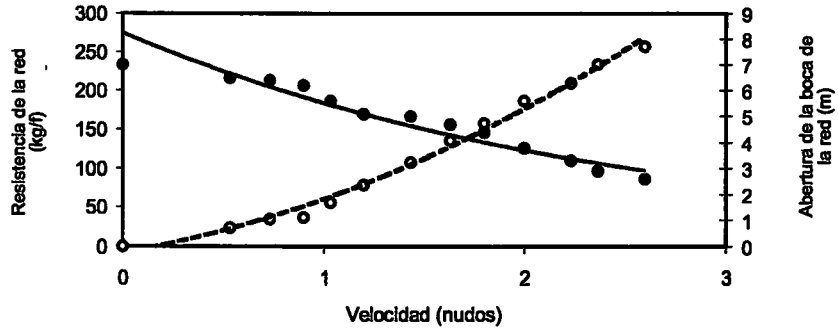

FIGURA 7.- Relación entre la resistencia de la red y la velocidad de arrastre y la abertura de la boca de la red. Red demersal 6 paneles m-3.

4. DISCUSION

Los estudios de redes modelos a través de tanques de simulación son fundamentales para formar una concepción de la técnica de pesca de arrastre (NOMURA 1981, 1985.). La resistencia hidrodinámica, la abertura horizontal y vertical a nivel de la boca de la red de arrastre, son puntos críticos en la eficiencia de pesca. A través del modelismo podemos medir los parámetros mencionados y otros, a nivel de ingeniería básica de fibras e hilos de pesca (Diámetro y material de hilos, peso específico, nudos, tamaño de mallas, coeficientes de resistencia, etc.); además

velocidades permisibles de arrastre en función al comportamiento de la estructura de mallas que conforman las diferentes partes de una red y del equilibrio del equipo de pesca (portalones de arrastre, cables, flotadores, etc.).

En el estudio básico de las artes de arrastre de fondo mediante modelos experimentales, se calcula la resistencia hidrodinámica en los tanques de prueba a través de tensiómetros y aplicando distintas velocidades de arrastre, con el objetivo de conseguir la potencia requerida de remolque para las redes en estado real, realizar comparaciones con la resistencia teórica de diseño y el performance técnico de los diseños en estudio.

Podemos observar que los resultados obtenidos marcan la pauta a seguir en el planeamiento, construcción a tamaño real. Por lo general, los resultados obtenidos por medio de tanques de simulación están en concordancia con las medidas tomadas luego en el trabajo experimental con redes en el mar. Respecto a la geometría de las redes de arrastre, las diferencias entre las pruebas en modelo y las artes en escala real están por debajo del 10 %. (FRIDMAN 1980).

Un aspecto determinante en el modelismo, son los arreglos generales en la construcción de las redes a escala que dependen del criterio del especialista sobre los detalles del diseño. Se debe tener en cuenta que la red modelo representa básicamente la superficie geométrica de la red prototipo.

Los pasos a considerar en la técnica del modelismo (FRIDMAN 1980) son:

a) Determinar los parámetros estructurales del modelo a construir.
b) Medir la performance de los modelos en túneles mediante series de pruebas.
c) Extrapolar datos obtenidos de la red modelo hacia la red de escala real.

El futuro de las investigaciones en este campo de la ingeniería está proyectado a tener modelos matemáticos que pueden expresar el comportamiento de las redes de arrastre con dos objetivos :

- Crear simulaciones de arrastre asistido por computadoras.
- Proporcionar un fácil y rápido estudio de la influencia de los diversos parámetros externos que influyen en las redes de arrastre en su forma y tensión, este objetivo está ligado íntimamente con las condiciones reales de trabajo de una red de arrastre y los ajustes que los capitanes de pesca tengan que realizar en diferentes momentos de los arrastres.

De los resultados obtenidos se puede realizar comparaciones entre las redes de arrastre objeto del estudio y alcanzar algunas consideraciones generales sobre el proceso de modelismo en las diferentes artes de pesca.

4.1 Comparación A

Red camaronera de 4 paneles (M-1) / Red demersal de 2 paneles (M-2):

La red M-2 tiene sus factores de diseño a, b, 1 y m (circunferencia de la boca de la red, longitud total de la red, longitud de la relinga superior y longitud de la relinga inferior), menores comparativamente que la red M-1 (Tabla 7). En función a las dimensiones de las resistencias y

medidas en la altura de la boca, la red M-2 tiene valores mayores. Es entendible que el material utilizado y la forma de diseño de la red M-1, tiene ventaja en el aspecto de resistencia hidrodinámica, sin embargo, tiene poca área de arrastre a nivel de la boca, debido a la concepción del diseño respecto a la especie objetivo a capturar por esta red.

4.2 Comparación B

Red Demersal de 2 paneles (M-2) / Red Demersal de 6 paneles (M-3):

De la tabla 10 y de las figuras 1 y 4, deducimos que la red M-3 cuenta con una mayor área en la sección vertical de la boca, cuando la relación Dw/l (abertura horizontal de las alas/longitud de la relinga superior) es menor. La resistencia hidrodinámica de la red M-3 es menor que la de la red M-2, por lo consiguiente se puede afirmar que la red cuya construcción tiene 6 paneles es más efectiva.

4.3 Comparación C

Red camaronera de 4 paneles (M-1) / Red Demersal de 6 paneles (M-3):

El caso es similar a la comparación B, donde los resultados de resistencia hidrodinámica y el área vertical a nivel de la boca de la red marcan la diferencia entre los dos modelos.

5. CONCLUSIONES

De los resultados y observaciones en el tanque de simulación para redes modelo se deduce lo siguiente:

1. Valor de la relación Dw/l (distancia entre alas de la red/longitud de la relinga superior) : El valor menor de esta relación es la de la red demersal de 6 paneles (Dw/l: 0,55) y le corresponde una altura vertical mayor (3,60 m) limitado por el diseño y construcción de la red (Tabla 10).

2. Valor de la relación l/m (longitud de la relinga superior/longitud de la relinga inferior) : El valor mayor de ésta, corresponde a la red demersal de 6 paneles (Dw/l: 0,77) tiene una gran influencia en la altura vertical de la boca de la red (Tabla 1).

3. Construcción de la red y el número de paneles:
La altura vertical de la red está influenciada por los diferentes valores de la relación que existe en D/L, (Diámetro del hilo/tamaño de malla) de los diferentes números de paneles del diseño y la proporción que se utilice en éstos, vemos que en el caso de la red demersal M-3 cuya construcción es de 6 paneles y un coeficiente de D/l (0,030) tiene la mayor abertura vertical y menor resistencia hidrodinámica, por lo tanto mayor eficiencia de captura.

4. Reacción de las mallas de las redes ante el incremento de la velocidad de arrastre:
Durante el experimento, bajo la acción de variadas velocidades de arrastre, se observaron los grados de abertura de las mallas y la tensión de los bares en cada parte de la red. Cuando la velocidad aumenta, la tensión de los bares empieza a incrementarse y en la parte de la pieza cuadrada y el ala superior las mallas empiezan a abrirse, a la vez se angosta la línea media de la pieza cuadrada y del cuerpo, entonces se ensanchan las mallas en los laterales de esta pieza. Cuando la velocidad aumenta intensamente , la resistencia de la red incrementa remarcablemente y, en consecuencia, la fuerza hace que la red ensanche, por lo tanto las mallas de la pieza cuadrada se abren ostensiblemente y la altura de la boca de la red decrece mucho.

5. La resistencia hidrodinámica de las redes tienen una relación directa (ascendente) con la velocidad de arrastre, mientras que la abertura vertical de la boca mantiene una relación indirecta (descendente) (Figuras 5, 6 y 7).

Las características de la performance de las redes por tipo de diseño se concluyen de la siguiente manera:

TABLA 11.- Característica de la performance de redes

Características	Red camaronera 4 paneles	Red demersal 2 paneles	Red demersal 6 paneles
Abertura horizontal de los paneles superior e inferior	Capacidad buena	Capacidad regular	Capacidad buena
Abertura vertical de los paneles laterales			Capacidad regular
Contacto potente con el fondo	Capacidad buena	Capacidad regular	Capacidad buena
Area efectiva de arrastre			Capacidad regular

6. Agradecimientos

Deseo expresar mi agradecimiento a mis instructores, Dr. Masatsune Nomura y al Dr. Yozo Tawara, por el asesoramiento en el presente trabajo, asimismo al Téc. Jairo Calderón Martell por la valiosa colaboración en la realización de las gráficas.

7. Referencias

Fridman, A. C. 1980. Calculation for fishing gear designs, FAO Fishing Manual. ISBN 0-85238-141-7.

Nomura, M, y Yamazaki, T. 1975. Fishing Techniques. Japan International Cooperation Agency (JICA), Tokio, 206 pp.

Nomura, M., K. Mori, Y. Tawara, Y. Osakawa, Y. Shimada y K. Senga. 1977 Factor of trawl net construction relating to the height of the net mouth. Bull. Tokai Reg. Fish. Lab.

Nomura, M. 1977. Fishing Techniques (1) Japan International Cooperation Agency (JICA), Tokio. 331 pp.

Nomura, M. 1981. Fishing Techniques (2) Japan International Cooperation Agency (JICA), Tokio. 220 pp.

Nomura, M. 1985. Fishing Techniques (3) Japan International Cooperation Agency (JICA), Tokio. 140 pp.

Tauti, M. 1934. A relation between experiments on model net and full scale of fishing net BSF 3 (4).