

EL COEFICIENTE PRISMÁTICO

por

Jan-Olof Traung
Jefe, Sección de Embarcaciones Pesquera
actualmente
asistente del Director de la Dirección de Recursos Pesqueros y Explotación

PREPARACION DE ESTE DOCUMENTO

El autor preparó este documento como una contribución al Segundo Congreso Mundial sobre Barcos de Pesca organizado por la FAO, celebrado en Roma del 5 al 10 de abril de 1959.

El mismo documento, en inglés, ha sido publicado adicionalmente, conjuntamente con otros documentos seleccionados, en el libro Fishing Boats of the World, vol. 2, editado por J.-O. Traung, Londres, Fishing News (Books) Ltd., 781 p. (1960)

Distribución:

Oficiales Regionales de Pesca
de la FAO
Arquitectos navales escogidos

Cita en la "Current Bibliography":

Traung, J.-O. (1969) 16-5B056
FAO Fish. tech. Pap. (Es), (88):33 p.
El coeficiente prismático
(The prismatic coefficient)

Es 59-6559.

INDICE

	na
Los ensayos de Todd de pesqueros de vapor	1
Ensayos de los pesqueros a motor del NPL	2
Ensayos de Graff y Heckscher con arrastreros	3
Ensayos de Allan con pesqueros de deriva	4
Ensayos de la FAO	5
Pruebas de resistencia	5
Ensayos de autopropulsión	6
Ensayos en olas	7
Ensayos de arrastre	9
Trabajo futuro	9
Conclusiones	10

EL COEFICIENTE PRISMÁTICO

por

JAN-OLOF TRAUUNG

Muchos son los ensayos realizados en aguas tranquilas con modelos de barcos de pesca a lo largo del tiempo, y una comparación de los resultados sobre una base no dimensional demuestra que la resistencia se rige por los mismos factores que en los barcos mayores. Sin embargo, son muy pocos los ensayos que se han hecho entre olas. Todavía se han hecho menos medidas comparativas en los pesqueros en el mar; no se ha publicado nada sobre los barcos más pequeños.

El afinamiento, expresado por el coeficiente prismático, parece ser un factor importante que influye sobre la resistencia en aguas tranquilas. Los barcos pesqueros muy pocas veces se mueven con relaciones velocidad-eslora superiores a 1,1 ($v/\sqrt{gl}=0,33$) a pesar del hecho de que sus motores, a menudo potentes, podrían lograr una velocidad de prueba más alta (Traung, 1955). Por lo tanto, un coeficiente prismático bajo es lo mejor. Nuevas experiencias derivadas de las pruebas de resistencia en aguas tranquilas muestran las ventajas de que el ángulo de entrada sea menor, que el centro de carena se halle muy a popa, y de la popa cortada en lugar de la popa redondeada.

Como los pesqueros actúan con mar agitado relativamente más que los barcos más grandes, la resistencia entre olas tiene naturalmente gran importancia y la finalidad de esta monografía es analizar algunos ensayos entre olas, en los que la variable fundamental era el coeficiente prismático. Además se da un resumen de los resultados de los ensayos entre olas, en el canal de experimentación del laboratorio de barcos pesqueros del Instituto de Pesca Japonés, de cuatro modelos proyectados por la FAO.

LOS ENSAYOS DE TODD DE PESQUEROS DE VAPOR

Los ensayos de Todd (1938) con barcos pesqueros de vapor son muy conocidos. De ordinario se hace referencia a los ensayos en aguas tranquilas pero no sería inapropiado volver a analizar los ensayos de navegabilidad. Se ha expresado la opinión de que la proa de un barco pesquero debe ser llena a fin de asegurar sus condiciones marineras. Esta opinión subsiste desde la época de los viejos barcos de vela, pero la experiencia con otros tipos de barcos ha demostrado que no era exacta. Todd señaló en 1938 que algunos arrastreros grandes construidos con finura de forma según sugerían los ensayos del modelo, han resultado más marineros que el tipo convencional de proa llena.

Los modelos representaban barcos para pesca a la deriva típicos de la época anterior a la guerra, con propulsión a vapor, que tenían una eslora entre perpendiculares de 86 pies (26,2 m) y un desplazamiento de 185 tons. El coeficiente prismático basado en la eslora efectiva en la línea de flotación era de 0,652 en el diseño normal y de 0,567 para el diseño mejorado. Los modelos para el ensayo entre olas tenían 4,75 pies (1,45 m) de largo y estaban equipados con timones, pero sin hélices, y eran remolcados simultáneamente a través de las olas, con la proa formando un pequeño ángulo. En los ensayos preliminares, el modelo que representaba el mejor pesquero en aguas tranquilas resultó que tenía el francobordo demasiado bajo a proa y se hizo un modelo nuevo que tenía el mismo francobordo a proa que el barco de pesca a la deriva normal. El cuadro 1 presenta un resumen de los ensayos.

ENSAYOS DE LOS PESQUEROS A MOTOR DEL NPL

Debido al éxito de los precedentes ensayos, la British Herring Industry Board (Junta Industrial Británica del Arenque) solicitó del Laboratorio Nacional de Física (NPL) que se hicieran ensayos pesqueros a motor más pequeños, construidos de madera (experimentos con, 1938). Se fabricó un modelo según el diseño normal y el NPL propuso otro con un diseño modificado. Los modelos representaban barcos de 70 pies (21,3 m) con un desplazamiento de 85,9 y 88 tons en carga. El diseño normal tenía una manga de 18 pies (5,5 m) y el diseño modificado 19 pies (5,79 m). Los modelos utilizados en los ensayos de la resistencia entre olas tenían 4,7 pies (1,43 m) de largo y tales ensayos se hicieron en condición de carga. Los correspondientes coeficientes prismáticos eran de 0,653 para el diseño normal y de 0,630 para el diseño modificado.

Se realizaron también estos experimentos remolcando los modelos paralelamente a una velocidad correspondiente a 8 nudos con diferentes grados de mar gruesa, repitiéndose cada experimento intercambiando los modelos a fin de eliminar las posibles diferencias en los trenes de olas. Se utilizaron olas regulares de las dimensiones siguientes:

<u>Altura de la ola</u>	<u>Longitud de la ola</u>
7,5 pies 2,3 m	190 pies 58 m
5 " 1,5 m	100 " 30 m
8 " 2,4 m	72 " 22 m
9 " 2,7 m	72 " 22 m

Con olas de 100 y 190 pies, los modelos navegaban con facilidad y ni uno ni otro embarcaba agua. Con olas de 8 pies de altura y 72 pies de longitud y de crestas rotas, el modelo modificado embarcaba muy poca agua (menos del 1% de su desplazamiento), mientras que el diseño normal embarcaba casi cuatro veces más, o sea, un 3% de su desplazamiento. Con olas algo más altas, el modelo modificado embarcaba apenas agua, o aproximadamente del 1 al 3% de su desplazamiento, mientras que el modelo normal embarcaba el 4,5% de su desplazamiento. El diseño normal arrojaba el agua casi verticalmente la cual volvía a caer sobre el modelo. El diseño modificado despedía el agua más bien hacia el exterior que hacia arriba y, por lo tanto, quedaba más seco. Si el viento hubiese soplado en el mismo sentido de las olas, el diseño normal habría recibido más salpicaduras que el diseño modificado.

Se crearon mares agitados mezclando olas de diferentes longitudes, de forma que las olas más largas pasaban sobre las olas más cortas, variando cada segundo el aspecto general del agua. En estas olas de 6 a 8 pies (1,8 a 2,4 m) de altura, el modelo normal embarcaba 13,5% de agua de su desplazamiento y el modelo modificado el 6,6%. En olas más altas de 8 a 10 pies (2,4 a 3 m) el primero embarcaba agua en la proporción de un 18% de su desplazamiento, y el segundo un 5%. Se llegó a la conclusión de que el diseño normal, comparado con experimentos análogos con modelos de arrastreros, era un buen diseño y que, por consiguiente, el modelo modificado sería todavía mejor. También se hicieron algunos ensayos simulados de rastreo y el diseño normal embarcó considerablemente más agua que el modificado. No se fabricaron pesqueros basándose en estos resultados.

CUADRO 1

RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE TODD DE PESQUEROS A VAPOR ENTRE OLAS

Tipo de ola	Pesquero normal	Pesquero de pequeño coeficiente prismático con proa baja	Pesquero de pequeño coeficiente prismático con proa de la misma altura que el tipo normal
<p>Olas regulares de 125 pies (38,1 m) y 8 pies (2,4 m) de altura (de la cresta al seno). Mar irregular, fundamentalmente formado por olas cortadas y empinadas con una serie de olas más largas y bajas que pasan a través de ellas en cada recorrido. Los modelos pasaron a través de dos sectores de agua muy agitada, con agua relativamente tranquila entre ellos.</p>	<p>Un poco de agua embarcada por la proa y por la popa al comienzo y final del recorrido, pero por lo demás permaneció seco.</p> <p>Tomó agua por la proa y la popa en la primera parte agitada, y estaba lleno de ella en sus tres cuartas partes en el período tranquilo. El modelo se hundió poco después de entrar en el segundo período de aguas agitadas.</p>	<p>Embarcó agua por la proa y se hundió después de pasar 62 olas.</p>	<p>No embarcó agua; completamente seco al final del experimento.</p> <p>Entró un poco de agua por la proa en cada sector agitado y después de pasar los dos sectores agitados estaba lleno en una cuarta parte.</p>

ENSAYOS DE GRAFF Y HECKSCHER CON ARRASTREROS

En el canal de experimentación de Hamburgo (Graff y Heckscher, 1941) se llevaron a cabo investigaciones de tres arrastreros similares que tenían una eslora de 187 pies (57 m) y mangas de 28,9 pies (8,8 m), 31,5 pies (9,6 m) y 33,8 pies (10,3 m). Se mantuvieron iguales el desplazamiento y el calado, pero se agrandó la sección maestra, con lo que el coeficiente prismático era de 0,657, 0,615 y 0,575, respectivamente. Los ensayos de resistencia demostraron la superioridad del modelo ancho y de bajo coeficiente prismático, que a 12 nudos, o a una relación velocidad-eslora de 0,77 ($v/\sqrt{gL}=0,26$) sólo precisaba el 91% de la potencia que requería el modelo más estrecho. A 15 nudos, o a una relación velocidad-eslora de 1,1 ($v/\sqrt{gL}=0,33$) el modelo ancho sólo necesitaba el 63% de la potencia requerida por el modelo estrecho. Se realizaron ensayos de auto-propulsión con olas de aproximadamente la misma longitud que el barco. La altura de éstas correspondía a 6,55 pies (2 m). El barco ancho soportó estos ensayos sin ninguna dificultad pero en el estrecho las olas pasaron por encima de la cubierta. En consecuencia se redujo la altura de las olas a 5 pies (1,5 m), o sea, una relación longitud-altura de ola de 1 : 37,5. Los ensayos solamente se llevaron a cabo hasta una velocidad de unos 11,75 nudos, lo que corresponde a una relación velocidad-eslora de 0,76 ($v/\sqrt{gL}=0,255$). A velocidades inferiores el modelo más ancho necesitaba un poco más de potencia y, con los 1.200 C.V. disponibles el modelo estrecho haría 10,7 nudos mientras que el modelo ancho solamente haría 10,4 nudos. Sin embargo, la tendencia observada era que a velocidades superiores a 12 nudos, es decir, con relaciones velocidad-eslora

de más de 0,77, el modelo de bajo coeficiente prismático llevaría la ventaja. También se estudiaron los movimientos de los modelos por medio de una cámara cinematográfica y tanto el ángulo de cabeceo como el movimiento vertical eran menores en el modelo estrecho. El modelo ancho tenía un cabeceo de un 20% superior y se dedujo que este modelo, debido al mayor abanico de su proa, seguía más a las olas y por consiguiente tenía movimientos más amplios pero, por otra parte, el barco quedaba más seco. El modelo estrecho navegaba más a través de las olas. Las mayores necesidades de potencia del barco más ancho a velocidades moderadas se explicaron también debido a su mayor zona frontal.

ENSAYOS DE ALLAN CON PESQUEROS DE DERIVA

Después de la segunda guerra mundial, la Junta Industrial Británica del Arenque encargó de nuevo la ejecución de ensayos de modelos de pesqueros de madera con motor (Allan, 1951). Los modelos correspondían a barcos de 62 pies (18,9 m) en la flotación y el modelo original tenía una manga de 17 pies y 10 pulgadas (5,44 m) y un coeficiente prismático de 0,645. Otro modelo ligeramente modificado tenía la misma manga y un coeficiente prismático de 0,612 y el modelo más extremo tenía un pie (0,3 m) menos de manga y un coeficiente prismático de 0,501. El desplazamiento de todos los modelos era de 71 tons. Los ensayos en aguas tranquilas demostraron la superioridad de los modelos que tenían coeficientes prismáticos bajos. Los ensayos de auto-propulsión tuvieron lugar en mares de proa con olas de diversas longitudes y alturas a una velocidad de 7 3/4 nudos y se observaron el par de torsión, el empuje, las revoluciones, la velocidad, el movimiento vertical y el cabeceo. Las conclusiones generales fueron que en olas cortas de hasta 50 pies (15 m) de longitud, los barcos navegaban con muy poco cabeceo o movimiento vertical. Con olas de 50 a 150 pies (15 a 46 m), el cabeceo y el movimiento vertical aumentan rápidamente hasta alcanzar los valores máximos con olas de unos 100 pies (30 m) y descienden con igual rapidez cuando la longitud es de unos 150 pies (46 m). Los grandes movimientos alrededor de la longitud de ola de 100 pies corresponden a un factor de sintonización de 1, cuando el período del encuentro entre el barco y la ola es el mismo que el período natural del cabeceo y el movimiento de subida y bajada. A otra velocidad habría otro período de encuentro y también otra longitud de ola que darían por resultado un movimiento sinorónico. El aumento máximo de potencia se produce más con las olas más cortas de 80 a 90 pies (24 a 27 m) que en el punto de movimiento máximo. Entre los tres modelos no había diferencia notable en el ángulo de cabeceo. El modelo con coeficiente prismático de 0,501 tenía un movimiento vertical apreciablemente mayor que los otros dos. La magnitud general del aumento de potencia de los tres modelos se mantuvo la misma con mar de proa que con aguas tranquilas, pero, como los diseños modificados necesitaban menos potencia en aguas tranquilas, resultaron superiores. El barco de proa llena lanzaba el agua de las olas durante el cabeceo a mayor altura sobre la borda que los otros dos. La proa de abanico del modelo con coeficiente prismático menor arrojaba la ola de proa hacia afuera y abajo durante el cabeceo y se llegó a la conclusión de que al enfrentarse con un mar de proa éste modelo era el mejor.

Posteriormente se hizo un diseño que era una solución intermedia entre los modelos de 0,612 y 0,501 con un coeficiente prismático de 0,537. Se fabricó un pesquero con estas formas y otro según los planos correspondientes al coeficiente prismático 0,612. Estos pesqueros fueron ensayados en la pesca comercial y, con alguna sorpresa, el modelo prismático bajo fue posteriormente modificado para darle una proa más llena. La opinión era que el cuerpo de proa era demasiado fino y estaba expuesto a inclinarse demasiado de proa cuando estaba lleno de arenque. Con 31 "crans" (12.200 libras = 5.530 kg), el calado a proa aumentaba en 11 pulgadas (0,28 m) y con una pesca de 106 "crans" (41.500 libras = 18.800 kg), el calado pasaba de 5 pies 2 pulgadas (1,57 m) a 8 pies 3 pulgadas (2,51 m) o sea, en 3 pies 1 pulgada (0,94 m). Ello se debía a que el semiángulo de entrada era muy agudo pues tenía solamente 9°. Sin embargo, se informó que el comportamiento del barco fue excelente y se demostró que permanecía más seco al navegar contra del viento que el de coeficiente prismático mayor. La razón de la Junta para reformar el cuerpo de proa era que habían decidido desprenderse del barco y la nueva proa se construyó para acomodarla a las ideas que prevalecían a fin de hacer más fácil la venta.

La conclusión de estos experimentos es la de que al proyectar las embarcaciones pesqueras se deberán tener en cuenta todas las posibles condiciones de carga, preferentemente tomando las medidas en el mar, y en caso de que el barco tenga mucho asiento a causa de la finura de su cuerpo de proa, ello se deberá corregir dándole un francobordo más alto que el de la embarcación que tenga una flotación a proa más ancha; en este caso, hubiera sido adecuada una roda que tuviera 2 pies (0,6 m) más de altura, la cual no modificaría el ángulo de derrota. Sin embargo, en 1952 se aceptó el tipo con coeficiente prismático de 0,612 mientras que el de 0,630 no lo fue antes de la segunda guerra mundial.

ENSAYOS DE LA FAO

Los resultados de los ensayos anteriores indicaban que un coeficiente prismático bajo también constituye una ventaja en la navegación con las olas. Desde la segunda guerra mundial ha existido una clara tendencia en el proyecto de arrastreros grandes en Francia, Alemania y el Reino Unido a adoptar un coeficiente prismático pequeño y, según se creía, los patrones y los pescadores encontraban que estos barcos eran mejores. En vista de ello, la FAO aconseja la adopción de un coeficiente prismático más reducido, también para los pesqueros de menos de 100 pies (30 m). No obstante, a veces se expresa cierto escepticismo puesto que no se dispone de tantos resultados de pruebas entre olas como de pruebas en aguas tranquilas de los modelos correspondientes a embarcaciones de pesca pequeñas.

En 1956 la FAO decidió ensayar una serie de 4 modelos afines de una embarcación pesquera de 88 pies (26,75 m) de eslora total, con coeficientes prismáticos de 0,525, 0,575, 0,625 y 0,675. Como la finalidad de las pruebas era investigar la influencia de la finura, y teniendo en cuenta que la investigación (Lewis, 1955) había demostrado que la relación eslora-desplazamiento influye en las cualidades marineras, se estimó conveniente mantener constantes el desplazamiento y la eslora así como el centro de carena. De este modo, fue necesario variar el área de la sección maestra, y a tal fin una variación práctica fue mantener iguales la relación B/T y B, variando la manga y el calado. Ello tenía la ventaja de que el metacentro, tanto transversal como longitudinal, se mantenía dentro de límites razonables a fin de que cada modelo representase un barco con períodos comparables de balance y cabeceo. Existía el inconveniente de que los modelos de coeficiente prismático pequeño con la sección maestra mayor resultaban perjudicados pero, después de todo, la finalidad era la de comparar modelos de algún interés práctico.

La forma matriz representa un desarrollo del modelo 206c XXVI, FAO 60c, según se publicó en "Pruebas de barcos de pesca en estanques" de la FAO, y tiene un coeficiente prismático de 0,575. La modificación se hizo con ayuda del método de Lackenby (1950) para barcos sin cuerpo cilíndrico paralelo y con un centro de carena longitudinal (LCB) constante, a pesar de que se encontraron algunas dificultades debidas al lanzamiento de la quilla del diseño. La figura 1 muestra el perfil y algunas secciones típicas de una variación "verdadera". Se modificó la inclinación de la roda y codaste a fin de obtener un flujo análogo bajo el agua. Sin embargo, se pensó que en este modelo el vano de la hélice sería demasiado pequeño y conduciría a que ésta se disparase en las olas en los modelos con elevado coeficiente prismático y, además, el aumento del francobordo en los modelos con pequeño coeficiente prismático proporcionaría a éstos una cierta ventaja entre olas que se debía solo al método de la variación y no a la diferencia de la forma. La proa y la popa sobre el agua de los modelos de gran coeficiente prismático serían innecesariamente llenas y perjudicarían a dichos modelos.

PRUEBAS DE RESISTENCIA

Se pidieron los modelos a la Asociación de Pesqueros del Japón y fueron fabricados por el Laboratorio de Pesqueros del Japón del Departamento Japonés de Pesca a fin de hacerlos apropiados para ser ensayados en el canal experimental de dicho Laboratorio que tiene 213 pies (65 m) de longitud, 13,1 pies (4 m) de anohura y 6,55 pies (2 m) de profundidad. La escala del modelo era de 1 : 12,5, lo que daba modelos de 6,55 pies (2 m) en la flotación, según lo propuesto por el personal del canal experimental.

Se estimuló la turbulencia mediante el empleo de barras salientes (Nevitt, 1957). Estas barras ofrecen una resistencia parásita al avance bastante elevada, pero Nevitt los consideró satisfactorios para los modelos de pesqueros pequeños y de manga ancha. Los resultados de los ensayos se ampliaron aplicando la corrección de Schoenherr para la resistencia de fricción con un aumento por rugosidad de 0,0004. Se hicieron ensayos de la resistencia con el modelo de coeficiente prismático 0,575 a temperaturas del agua de 43,5 y 61^oF (6,4 y 16,1^oC) en el Canal de Experimentación del Laboratorio de Pesqueros, así como en el canal experimental de 26 pies (8 m) del Laboratorio de Transportes Japonés, a 44,6 y 61,7^oF (7 y 16,5^oC), siendo las velocidades del modelo de 1 a 6 pies por segundo (0,3 a 1,8 m/seg). Los resultados indicaron que los ensayos eran reproducibles, que no había flujo laminar perturbador y que no había una influencia significativa del efecto de las paredes laterales en el canal pequeño durante los ensayos de resistencia en aguas tranquilas (Yokoyama y Kobayashi, 1948).

Después de los ensayos de la resistencia con los cuatro modelos construidos según el método "verdadero" se modificaron los modelos a fin de que tuviesen el mismo perfil, el mismo francobordo y las mismas dimensiones de la roda, quila y cuaderna de popa (Fig. 2). El Cuadro 2 proporciona los datos del barco para los ensayos de la resistencia de esta versión. La Fig. 3 indica la diferencia entre secciones $\frac{1}{2}$, 1, 9 y $9\frac{1}{2}$ de los modelos de coeficientes prismáticos 0,525, 0,625 y 0,675, el modelo matriz con 0,575 naturalmente es el mismo para las dos versiones. La Fig. 4 muestra las secciones verticales transversales, las curvas de áreas de secciones y las líneas de agua del diseño de los modelos de la versión "práctica".

Los resultados de los ensayos de resistencia con las versiones "prácticas" se dan en la Fig. 5. Los modelos se ensayaron en tres desplazamiento y el desplazamiento de diseño con dos asientos adicionales. Debido a que sus líneas sumergidas eran más finas y a la mayor relación desplazamiento-eslora de la versión "verdadera", las diferencias no fueron tan grandes como en las variaciones "prácticas". El coeficiente prismático óptimo parece ser aproximadamente de 0,575 y éste es algo más alto del que normalmente se deduce de las series normales. Ello podría deberse al hecho de que los modelos de coeficiente prismático pequeño eran más anchos de manga que los modelos con coeficientes prismáticos altos. La Fig. 5 muestra también la potencia efectiva (EHP) para los asientos correspondientes al desplazamiento en la línea de agua de trazado lo que indica que el LCB seleccionado era razonable desde el punto de vista de la resistencia.

ENSAYOS DE AUTOPROPULSION

La hélice tenía que absorber 300 C.V. a 300 r.p.m. y se seleccionó de la serie normal de la Sección de Propulsión de Barcos del Instituto Japonés de Investigación Técnica del Transporte. La hélice resultante era del modelo B3-35, con una relación P/D de 0,6 y un diámetro de 71,5 pulgadas (1,815 m). Los resultados de los ensayos en aguas libres aparecen en la Fig. 6, junto con los resultados correspondientes de una hélice Troost comparable.

Los resultados de los ensayos de autopropulsión en la línea de agua del diseño y en aguas tranquilas calculadas en el canal se dan en el Cuadro 3 y en la Fig. 7. Hay una diferencia considerable entre los coeficientes de propulsión de los modelos, siendo el menor el del coeficiente prismático alto. Estas diferencias podrían deberse al efecto de escala pero también al hecho de que en la variación sistemática, las líneas de agua inferiores de los modelos de coeficiente prismático alto resultaban innecesariamente llenas en los extremos, con lo que limitaban el flujo de agua hacia la hélice. En la Fig. 8, se han representado gráficamente los valores de los coeficientes de propulsión en relación con el coeficiente prismático, junto con los coeficientes de propulsión de las pruebas de Allan (1951) de pesqueros de deriva en aguas tranquilas, en los que también se utilizó una sola hélice. En estos ensayos existe también la tendencia a reducir el rendimiento del modelo con mayor coeficiente prismático. Sin embargo, la reducción no es tan grande debido a que los modelos se diseñaron individualmente y no estaban directamente relacionados entre sí, teniendo cada uno de ellos el mejor flujo posible de agua hasta la hélice.

A fin de hacer una comparación más "justa" resulta tentador dividir el coeficiente de propulsión en dos componentes: el rendimiento de la hélice en aguas libres y un rendimiento de "reposo" que incluya el rendimiento rotativo y el rendimiento del casco, más cualesquiera otras influencias tales como el efecto de escala. Si este rendimiento de "reposo" de los ensayos de Allan se fija en 100 para un coeficiente prismático de 0,575, para la prueba de 73/4 y 9 nudos en aguas tranquilas será, como promedio 96,5%, con el coeficiente prismático 0,625 y 88,5% (extrapolado) para el de 0,675. Se podría presumir un nuevo coeficiente de propulsión modificado para los ensayos de autopropulsión con los modelos de 0,625, y 0,675, el cual sería el producto del rendimiento en aguas libres a la velocidad específica del ensayo, el rendimiento de "reposo" del modelo 0,575 a la velocidad específica y la corrección correspondiente al coeficiente prismático.

Se han anotado también en el Cuadro 3, el coeficiente de propulsión modificado y la potencia al árbol (SHP) de los modelos de 0,625 y 0,675. La Fig. 9 muestra el SHP trazado en relación con el coeficiente prismático. La línea de rayitas representa el SHP calculado directamente a base de los ensayos del modelo. Por consiguiente, el modelo con coeficiente prismático de 0,675 necesitaría 82% más potencia para hacer 9 nudos en aguas tranquilas que el modelo de 0,575, en vez de 122% más que es lo deducido directamente de los ensayos del modelo.

Podría aducirse que los ensayos de autopropulsión debieran haberse hecho mediante hélices individuales óptimas. En dicho caso, los modelos de líneas más llenas tendrían hélices con diámetros más reducidos. Estas estarían sujetas a riesgos adicionales por el efecto de escala y se habrían introducido también variaciones en la estela y el impulso, y no es totalmente seguro que los resultados hubiesen sido más correctos cuantitativamente.

ENSAYOS EN OLAS

La FAO consultó varios especialistas antes de sugerir un programa para los ensayos en olas. Se hizo resaltar que los ensayos entre olas no pueden ser completamente exactos, y únicamente si la diferencia entre los dos modelos es superior al 5%, se podría sacar una conclusión definitiva. A pesar del hecho de que los ensayos entre olas se realizan a menudo con modelos de 5 pies (1,53 m) se recomendó como medida general que los modelos no fuesen demasiado pequeños a causa de los riesgos de la corriente laminar. La longitud más grande que permitían para el modelo los canales de experimentación disponibles era de 6,55 pies (2 m). Uno de los consultores sostuvo la opinión de que habría una pérdida de velocidad del 1,3% a causa de lo reducido de este tamaño.

Hubo divergencia de opinión en cuanto a si los ensayos entre olas debieran realizarse como ensayos de autopropulsión o como simples ensayos de resistencia. Visto que el personal de experiencias considera que los ensayos de autopropulsión eran más sencillos de realizar y al mismo tiempo más exactos, se decidió llevar a cabo ensayos de autopropulsión. De este modo, los modelos quedarían completamente libres y podrían romper las olas.

Los ensayos habrían de realizarse tanto con mar de proa como con mar de popa, y se decidió mantener una altura de ola constante correspondiente a olas de 2,46 pies (0,75 m).

Los ensayos sólo se podrían llevar a cabo en olas regulares. Lewis (1955) afirmó que "las comparaciones cualitativas de los movimientos de buques destinados a prestar servicio con mal tiempo se pueden hacer partiendo de los resultados de las pruebas realizadas en una vasta escala de velocidades con olas normales de la misma longitud que el barco (es decir, el factor de ola más corto que tenga efectos primordiales sobre los movimientos)". El Prof. E. Lewis propuso que, en este caso, se utilizasen tres longitudes de olas, una igual a la eslora en la flotación de los modelos y las otras dos 1/2 y 3/4 veces dicha dimensión. La razón era que las olas iguales a longitud corta de un pesquero pequeño son más bien moderadas y en realidad no representan el tiempo normal. Por otra parte, a velocidades muy bajas se producirían movimientos sincrónicos. El citado profesor estimaba

que en este caso se debiera comparar el funcionamiento de los modelos en la longitud de ola mayor en lugar de hacerlo en la longitud menor, como es normal para los barcos mayores. Resultó alentador saber que de los ensayos con olas regulares se pueden hacer comparaciones de la calidad. Naturalmente, para efectuar comparaciones cuantitativas auténticas son necesarios ensayos complementarios con olas irregulares.

Se dispone de poca información sobre el radio de giro longitudinal de los barcos pesqueros. M8ckel (1955) dio un valor de m de 0,275 para el viaje de salida y de 0,32 para el de regreso. El valor m comprende tanto el radio de giro longitudinal como un coeficiente para tener en cuenta la amortiguación debida al agua arrastrada, etc. Al proponer el procedimiento de ensayo, el autor equivocadamente especificó el radio de giro como 0,3L, en lugar de especificar un valor " m " de 0,3L. De este modo los modelos tienen un período de cabeceo correspondiente a 4,33, 4,21, 4,16 y 4,23 segundos que es superior al normal para barcos de dicho tamaño. Se dice que un radio de giro largo amplía los movimientos (van Lammeren y Vossers, 1955), lo que tiene la ventaja de separar los resultados de los modelos de diferentes formas, pero el inconveniente de darles movimientos sinorónicos a velocidades demasiado bajas.

Los barcos pesqueros navegan a velocidades que se podrían llamar supercríticas, es decir, cuando el período de cabeceo es superior al período del encuentro. En la actualidad las velocidades supercríticas son imposibles con los buques mayores, aunque se afirma que algunos de líneas más finas como el United States navegan en ciertas ocasiones a dichas velocidades. El hecho de que a veces los barcos pesqueros de pequeña eslora operen a velocidades supercríticas, podría ser la razón por la cual se defiende un período de cabeceo largo. Análogamente, a veces se dice que un pesquero cargado se comporta mejor en mar agitado que uno descargado. Esto también se podría explicar por el hecho de que el barco cargado se acercará más a la zona supercrítica. Se trata de un problema que exige ser estudiado.

La Fig. 10 muestra la disposición para las pruebas entre olas. Además se acopló en la proa un medidor de la aceleración. Se llevaron a cabo ensayos en la línea de agua de diseño, con un desplazamiento de 195 tons. El Cuadro 4 da los resultados obtenidos en el canal de experiencias y también los de los modelos con coeficiente prismático de 0,625 y 0,675, asumiendo el SHP modificado el mismo factor explicado anteriormente. En la Fig. 11 se han representado gráficamente los valores del SHP de cada modelo en función de la velocidad. La Fig. 12 muestra el SHP con mar de proa para los distintos coeficientes prismáticos y la Fig. 13 respecto a las longitudes de ola. Estos diagramas sugieren que el coeficiente prismático óptimo entre olas, desde el punto de vista de la potencia, es inferior al correspondiente a aguas tranquilas. Nada indica que la mejor forma del casco en aguas tranquilas haya de perder sus ventajas entre olas. El mar de popa no parece tener gran influencia sobre la potencia, como resulta evidente en la Fig. 14.

Los movimientos de los barcos determinan la velocidad máxima constante en el mar. En la Fig. 15 se representan los valores del ángulo de cabeceo de los cuatro modelos y los del factor de sincronismo. Solamente las longitudes de ola de $1/2$ y $1\ 2/3$ veces la eslora del barco producen movimiento sinorónico; pero, desgraciadamente, no se obtuvieron valores seguros del modelo de 0,525 que permitieran determinar el valor máximo. Las curvas indican que los modelos de 0,575 y 0,625 tienen ángulos máximos de cabeceo casi idénticos, y que son aproximadamente un 10% inferiores a los del modelo de 0,675. Si se tiene presente la menor pendiente de las curvas del modelo de 0,525, se obtiene también la impresión de que los valores máximos en este modelo serían algo inferiores a los de los otros. La Fig. 16 compara las aceleraciones de cabeceo de los modelos y, aquí también, la impresión es que el modelo de 0,575 no es en modo alguno peor que los modelos con coeficientes prismáticos altos. Por otra parte, hay una indicación clara de que los valores máximos del modelo de 0,525 son los más altos. Normalmente el movimiento vertical del barco debido a las olas tiene poca influencia en los pesqueros, y en los ensayos aquí muy raras veces excedió de 3,3 pies (1 m). La Fig. 17 da las medidas del movimiento vertical y por ellas parece que todos los modelos son iguales con una ligera ventaja para el de coeficiente 0,525. Las pruebas se realizaron con olas regulares moderadas. Probablemente los ensayos en olas mayores hubiesen demostrado la influencia de las proas más salientes de los modelos con coeficientes prismáticos más pequeños.

La Fig. 15, 16 y 17 también muestran los movimientos con mares de popa y es interesante ver como en algunos casos las curvas correspondientes a los mares de popa y a los mares de proa pueden tener relación entre sí. Si se considera un buque como una balanza, no debiera importar el que las fuerzas perturbadoras viniesen de popa o de proa, y esta podría ser la razón por la que las curvas pueden tener relación entre sí. No se hicieron pruebas con mares de popa a velocidades que diesen movimientos sinorónicos. Para fines prácticos, todos los modelos tienen que ser considerados como iguales en cuanto al cabeceo, la aceleración de proa y movimiento de elevación con mares de popa.

ENSAYOS DE ARRASTRE

También se ensayaron los cuatro modelos a fin de simular el arrastre a una velocidad de 3 nudos.

El primer ensayo se hizo con el modelo arrastrando un peso sobre el fondo del canal de experiencias, eligiéndose, lo más aproximadamente posible, un peso que produjera una tracción sobre los cables de remolque de 3 tons a 3 nudos de velocidad. Pero ello no resultó satisfactorio ya que se registraron grandes fluctuaciones en la resistencia de remolque, habiendo momentos en que ésta llegó a ser de 6 tons. Sustituyendo el peso por una red pequeña la resistencia se mantuvo constante. En vista de ello se hicieron experimentos con una red colgada en tal modo en el carro de remolque que la línea de tiro estuviera en la misma dirección que lo que estaría en un arrastre verdadero. La Fig. 18 muestra la disposición para el ensayo y el Cuadro 5 proporciona los resultados de las pruebas. Tanto los ensayos de resistencia como los de autopropulsión se hicieron en aguas tranquilas. Según se esperaba, los resultados de los ensayos de resistencia son prácticamente iguales, pero los modelos con coeficientes prismáticos altos precisan más SHP debido a que el flujo del agua hacia la hélice es menos favorable. La eficacia de arrastre es de 0,389 a 0,323.

La Fig. 19 muestra los resultados de los ensayos de arrastre entre olas así como los de navegación sin arrastre, pero a la misma velocidad de 3 nudos. Parece como si el aumento de potencia fuese algo mayor durante el arrastre que cuando la embarcación navega libremente, y ello a pesar del hecho de que el coeficiente de propulsión es mayor durante el arrastre. Se registraron los datos del movimiento de muchas formas diferentes a fin de indagar si un barco durante el arrastre tiene movimientos más satisfactorios que al navegar libremente. El Cuadro 6 resume los resultados.

En general puede decirse que los modelos durante el arrastre se mueven verticalmente y tienen un ángulo de cabeceo menor. Sin embargo, las aceleraciones del movimiento verticales son las mismas y las de proa son ligeramente mayores. Probablemente esto último se debe a que el centro de cabeceo se ha trasladado hacia popa. Los ensayos parecen confirmar que el cable de arrastre amortigua los movimientos del barco, y ello podría ser la razón de que se precisase mayor potencia adicional que cuando el barco navega libremente a la velocidad del arrastre.

TRABAJO FUTURO

Los ensayos de modelos entre olas exigen mucho tiempo. La investigación descrita se realizó en gran parte en el Laboratorio Japonés de Pesqueros sin remuneración por parte de la FAO. Por consiguiente, no corresponde a la FAO el especificar que otros trabajos deberían hacerse, pero sería interesante llevar a cabo ensayos adicionales con un radio de giro longitudinal menor, o quizás con el mismo período de cabeceo para todos los modelos, a fin de obtener curvas comparables de valores máximos de los movimientos con velocidades algo más altas. Además, sería muy interesante hacer estudios, por lo menos con los tres modelos de coeficiente prismático más pequeño, de los efectos de distintos desplazamientos y de olas de mayores alturas. También sería importante estudiar los cambios en la propia forma, en particular el efecto amortiguador de una popa de espejo en los dos modelos de coeficientes prismáticos más reducidos.

Si bien las recientes investigaciones indican que los ensayos en olas regulares deben considerarse como concluyentes y que los ensayos con mar de proa son importantes por sí mismos, no hace falta decir que la ejecución de nuevos ensayos con modelos mayores en mares de través y con olas irregulares en uno de los nuevos establecimientos creados para esta finalidad, serían de la mayor utilidad. El autor confía en que los ensayos descritos se considerarán lo suficientemente importantes para estimular dicha labor. También sería valioso que se pudiesen hacer ensayos con cascos de tamaños algo diferentes y que se pudiesen correlacionar las mediciones hechas cuidadosamente en el mar con los resultados obtenidos con los modelos.

CONCLUSIONES

Los anteriores ensayos entre olas han demostrado que un coeficiente prismático menor al utilizado normalmente es más ventajoso, a condición de que no se reduzca la altura del francobordo.

Desde el punto de vista de la resistencia un coeficiente prismático de 0,575 parece ser el mejor en aguas tranquilas.

Desde el punto de vista de la autopropulsión, un coeficiente prismático de 0,550 parece ser el mejor en aguas tranquilas.

Entre olas, un coeficiente prismático de 0,525 parece ser el mejor.

CUADRO 2

Datos del barco para los ensayos de resistencia

Modelo $\varphi = 0,525$		I	II	III	IV	V
L	pies	82,00	79,70	82,50	79,00	83,80
	m	25,00	24,30	25,15	24,07	25,46
B	pies	23,35	23,35	23,35	23,35	23,35
	m	7,12	7,12	7,12	7,12	7,12
T_a	pies	11,05	9,55	12,42	9,78	12,52
	m	3,37	2,91	3,78	2,98	3,81
T	pies	9,35	9,35	9,18	8,07	10,82
	m	2,85	2,86	2,80	2,46	3,30
T_f	pies	7,62	9,25	5,97	6,37	9,12
	m	2,32	2,82	1,82	1,94	2,78
A_m	pies ²	158,77	150,80	156,63	127,23	190,63
	m ²	14,75	14,01	14,83	11,82	17,71
∇_1	m ³	193,75	193,75	193,75	150,00	250,00
	tons	198,59	198,59	198,59	153,75	256,25
∇_2	pies ³	6,842	6,842	6,842	5,297	8,829
	tons	195,49	195,49	195,49	151,34	252,26
S	pies ²	2091,0	2109,7	2077,5	1862,2	2378,8
	m ²	195,0	196,0	193,0	173,0	221,0
LCE% = $\pm 1/2L$		-4,29	-1,40	-7,05	-4,42	-4,16
$L/\nabla^{1/3}$		4,32	4,20	4,35	4,53	4,04
No-dimensionales	δ	,415	,426	,421	,392	,449
	φ	,525	,569	,520	,527	,555
	L/B	3,51	3,41	3,53	3,38	3,57
	B/T	2,72	2,71	2,77	3,19	2,32
	$1/2\alpha_e$	18,2	15,7	14,0	13,9	23,0

Continúa .../..

Continuación Cuadro 2

Modelo $\varphi = 0,575$		I	II	III	IV	V
L	pies	82,00	80,30	82,50	79,10	83,50
	m	25,00	24,48	25,15	24,12	25,44
B	pies	22,30	22,30	22,30	22,30	22,30
	m	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
T_a	pies	10,59	9,12	11,95	9,38	12,05
	m	3,23	2,78	3,64	2,86	3,67
T	pies	8,97	9,05	8,82	7,75	10,40
	m	2,73	2,76	2,69	2,36	3,17
T_f	pies	7,32	8,97	5,67	6,10	8,75
	m	2,23	2,73	1,73	1,86	2,67
A_m	pies ²	145,10	140,03	148,54	118,40	177,50
	m ²	13,48	13,01	13,80	11,00	16,49
∇^2	pies ³	6,842	6,842	6,842	5,297	8,829
Δ^2	tons	195,49	195,49	195,49	151,34	252,26
∇^1	m ³	193,75	193,75	193,75	150,00	250,00
	tons	198,59	198,59	198,59	153,75	256,25
Δ_s	pies ²	2077,4	2099,0	2066,7	1862,2	2346,6
	m ²	193,0	195,0	192,0	173,0	218,0
LCB% = $\pm 1/2L$		-4,14	-0,89	-7,24	-4,42	-3,86
L/ $\nabla 1/3$		4,32	4,23	4,35	4,54	4,04
No-dimensionales	δ	,456	,461	,461	,430	,491
	φ	,575	,608	,558	,565	,596
	L/B	3,68	3,60	3,70	3,55	3,74
	B/T	2,72	2,69	2,77	3,20	2,31
	$1/2 \alpha_e$	22,0	26,5	16,0	17,4	27,0

Continúa .../..

Continuación Cuadro 2

Modelo $\varphi = 0,625$		I	II	III	IV	V
L	pies	82,00	80,30	82,50	79,30	83,50
	m	25,00	24,48	25,15	24,20	25,43
B	pies	21,40	21,40	21,40	21,40	21,40
	m	6,52	6,52	6,52	6,52	6,52
T_a	pies	10,20	8,67	11,60	8,98	11,65
	m	3,11	2,64	3,53	2,74	3,55
T	pies	8,63	8,65	8,50	7,42	10,05
	m	2,63	2,65	2,59	2,26	3,07
T_f	pies	7,05	8,70	5,42	5,84	8,82
	m	2,15	2,65	1,65	1,78	2,59
A_m	pies ²	133,58	128,95	138,43	108,61	165,12
	m ²	12,41	11,98	12,86	10,09	15,34
∇_1	m ³	193,75	193,75	193,75	150,00	250,00
	tons	198,59	198,59	198,59	153,75	256,25
Δ_1	pies ³	6,842	6,842	6,842	5,297	8,829
	tons	195,49	195,49	195,49	151,34	252,26
S	pies ²	2045,2	2055,9	2023,6	1808,4	2314,3
	m ²	190,0	191,0	188,0	168,0	215,0
No-dimensionales	$LCB\% = \pm 1/2L$	-3,90	-0,54	-7,27	-4,24	-3,75
	$L/\nabla 1/3$	4,32	4,23	4,35	4,55	4,04
	δ	,495	,504	,501	,468	,531
	φ	,625	,661	,599	,614	,640
	L/B	3,83	3,76	3,86	3,71	3,90
	$1/2 \alpha_e$	28,1	32,5	24,0	24,0	35,5
	B/T	2,48	2,47	2,52	2,89	2,12

Continúa .../..

Continuación Cuadro 2

Modelo $\varphi = 0,675$		I	II	III	IV	V
L	pies	82,00	80,00	82,50	79,50	83,50
	m	25,00	24,40	25,16	24,21	25,43
B	pies	20,60	20,60	20,60	20,60	20,60
	m	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28
T_a	pies	9,84	8,27	11,20	8,63	11,25
	m	3,00	2,52	3,42	2,63	3,43
T	pies	8,32	8,35	8,20	7,12	9,74
	m	2,54	2,55	2,50	2,17	2,97
T_f	pies	6,83	8,45	5,18	5,61	8,23
	m	2,08	2,58	1,58	1,71	2,51
A_m	pies ²	123,68	120,56	129,49	101,07	155,32
	m ²	11,49	11,20	12,03	9,39	14,43
∇_1	m ³	193,75	193,75	193,75	150,00	250,00
	tons	198,59	198,59	198,59	153,75	256,25
∇_2	pies ³	6,842	6,842	6,842	5,297	8,829
	tons	195,49	195,49	195,49	151,34	252,26
S	pies ²	2002,1	2012,9	1991,3	1776,06	2271,2
	m ²	186,0	187,0	185,0	165,0	211,0
No-dimensionales	$LCE\% = \pm 1/2L$	-3,64	+0,07	-7,54	-3,76	-3,38
	$L/\nabla^{1/3}$	4,32	4,22	4,35	4,56	4,04
	δ	,534	,545	,540	,509	,571
	φ	,675	,709	,640	,659	,680
	L/B	3,98	3,89	4,01	3,86	4,05
	B/T	2,47	2,46	2,51	2,89	2,11
	$1/2 \alpha_e$	38,0	40,0	23,0	34,0	43,0

CUADRO 3
Resultados de los ensayos de autopro pulsión y de resistencia

ϕ	V	H	t	wf	PC	η_r	η_h	η_c	EHP	SHP	η_{rest}	PC mod.	SHP mod.
0,525	3	63,6	,287	,648	,239	,272	2,026	,434	2,8	11,7	-	-	-
	4	86,0	,286	,522	,364	,452	1,493	,539	6,3	17,3	-	-	-
	5	117,8	,281	,406	,476	,677	1,210	,581	12,5	26,3	-	-	-
	6	152,1	,273	,306	,554	,874	1,047	,605	22,4	40,5	-	-	-
	7	187,2	,264	,252	,586	,974	,985	,611	36,8	62,8	-	-	-
	8	219,9	,254	,241	,592	,992	,983	,607	60,0	101,5	-	-	-
	9	251,0	,223	,254	,573	,919	1,042	,598	96,0	167,5	-	-	-
	3	72,3	,257	,453	,232	,312	1,359	,547	2,6	11,2	,424	-	-
	4	99,3	,254	,362	,324	,473	1,170	,586	6,1	18,9	,553	-	-
5	127,5	,258	,314	,427	,659	1,081	,599	12,8	30,0	,714	-	-	
6	153,2	,266	,301	,489	,765	1,059	,604	22,5	46,0	,811	-	-	
7	185,0	,267	,294	,554	,894	1,038	,597	38,8	70,0	,928	-	-	
8	218,9	,291	,294	,584	,989	1,004	,588	61,9	106,1	,995	-	-	
9	249,5	,328	,305	,550	,984	,967	,578	91,2	166,0	,958	-	-	
0,625	3	77,4	,309	,340	,234	,382	1,047	,586	3,0	12,8	,965	,238	12,5
	4	103,0	,310	,280	,284	,485	,958	,611	6,4	22,6	-	,327	19,5
	5	131,5	,310	,244	,350	,622	,912	,617	13,3	38,0	-	,425	31,3
	6	165,1	,310	,224	,400	,734	,889	,613	24,4	60,9	-	,480	50,9
	7	197,5	,310	,219	,457	,851	,884	,608	42,6	93,3	-	,545	78,3
	8	235,9	,317	,225	,489	,935	,881	,593	70,0	143,0	-	,570	123,0
	9	275,3	,369	,251	,469	,974	,843	,571	111,5	238,0	-	,525	219,0
	3	82,7	,494	,472	,240	,520	,958	,481	4,1	17,1	,885	-	-
	4	114,9	,494	,371	,282	,656	,805	,534	8,3	29,4	-	-	-
5	148,3	,501	,323	,319	,793	,738	,545	15,3	48,0	-	,344	44,5	
6	183,3	,514	,308	,338	,881	,702	,546	27,1	80,1	-	,391	69,3	
7	221,1	,531	,312	,341	,941	,682	,531	46,3	135,8	-	,436	106,0	
8	264,4	,550	,331	,327	,958	,673	,507	75,8	232,0	-	,446	170,0	
9	309,5	,564	,366	,326	1,002	,688	,474	120,5	369,5	-	,399	302,0	

continuacion Cuadro 4

Modelo $\phi = 0,625$

Aguas tranquilas	V	EHP	SHP tank	PC	N	ψ	Z	η_0	PC mod.	SHP mod.		
											Δp	P_e
Mar de proa	Ola 1 L	3	3,0	12,8	234	77,4	+0014	+014	586	238	12,5	
		5	13,3	38,0	350	131,5	+0060	+047	617	425	31,3	
		7	42,6	93,3	457	197,5	+0095	+081	608	545	78,3	
	Ola 1/2 L	9	111,5	238,0	469	275,5	+0186	+168	571	525	219,0	
		3		SHP								
		5		36,0	1,06	3,92	146	703	3,16	475	35,0	
	Ola 3/4 L	7		130,4	1,15	3,62	176	813	3,38	720	107,5	
		5		225,2	1,24	3,36	166	1,013	3,33	-	189,0	
		9		336,0	1,32	3,15	136	1,250	2,96	1,145	300,0	
Mar de popa	Ola 1 L	3	30,5	973	4,27	160	788	4,35	50	29,7		
		5	90,5	1,085	3,84	172	875	6,15	75	74,5		
		7	194,6	1,195	3,48	139	1,088	6,69	1,28	163,5		
	Ola 1/2 L	9	351,0	1,305	3,19	116	-	5,62	-	314,0		
		3		14,0	839	4,96	0665	1,87	233	13,6		
		5		43,5	648	6,43	0400	0,86	168	35,8		
	Ola 1 L	7		116,0	454	9,17	0252	0,70	135	97,5		
		9		240,5	262	15,90	0155	0,57	118	215,0		
		3		14,8	621	6,70	0670	1,62	220	14,4		
Ola 1/2 L	5		43,9	529	7,90	0550	1,22	153	36,1			
	7		110,7	434	9,58	0450	2,13	122	153			
	9		252,0	339	12,28	0370	1,75	102	122			
Ola 3/4 L	3		23,5	836	6,54	0790	1,10	180	22,9			
	5		45,8	539	7,71	0650	0,80	120	32,7			
	7		106,5	442	9,44	0535	2,90	090	89,5			
9		269,0	343	12,12	0430	2,43	41	070	240,0			

Continua .../...

Continuación Cuadro 4

Modelo $\Phi = 0,675$

		V	EHP	SHP _{tank}	PC	N	Ψ	Z	η_o	PC _{mod.}	SHP _{mod.}
Aguas tranquilas		3	4,1	17,1	,240	82,7	-	-	,481	-	-
		5	15,3	48,0	,319	148,3	,0055	,033	,545	,344	44,5
		7	46,3	135,8	,341	221,1	,0092	,078	,531	,436	106,0
		9	120,5	369,5	,326	309,5	,0154	,156	,474	,399	302,0
		V		SHP	Δ_p	T_e	Ψ	Z	F _p "	Z"	SHP _{mod.}
		3		34,0	1,47	2,88	,058	,194	2,41	,602	-
	Ola 1 L	5		90,8	1,58	2,68	,037	,149	2,16	,485	84,1
		7		174,8	1,685	2,51	,031	,119	1,93	,415	136,5
		9		394,8	1,83	2,31	,028	,100	1,80	,375	323,0
		3		45,0	1,00	4,24	,132	,544	-	-	-
	Ola 1 1/2 L	5		130,0	1,11	3,80	,180	,668	4,85	,780	120,5
		7		250,7	1,25	3,45	,213	,838	5,08	1,590	201,0
		9		536,0	1,35	3,14	,150	,950	4,49	-	438,0
		3		24,0	0,97	4,36	,166	,750	-	,430	-
	Ola 1 3/4 L	5		103,5	1,042	4,05	,200	,825	6,49	,640	96,0
		7		270,8	1,15	3,76	,182	,938	7,05	,995	211,6
		9		471,9	1,205	3,51	,159	1,125	6,71	1,560	385,0
		3		17,1	,795	5,31	,0520	,163	,98	,200	-
	Ola 1 L	5		49,3	,616	4,86	,0360	,128	,63	,140	45,7
		7		150,0	,448	9,45	,0260	,109	,50	,112	117,0
		9		380,0	,276	15,32	,0185	,094	,30	,096	310,0
		3		18,0	,738	5,74	,0660	,334	,80	,160	-
	Ola 1 1/2 L	5		52,2	,597	7,09	,0480	,250	,48	,105	48,9
		7		159,1	,460	9,20	,0355	,188	,32	,074	124,0
		9		403,0	,324	13,05	,0240	,125	,20	,052	329,0
		3		17,1	,613	6,91	,0750	,438	1,30	,250	-
	Ola 1 3/4 L	5		48,0	,523	8,10	,0640	,380	,85	,190	44,5
		7		142,0	,440	9,61	,0550	,328	,59	,153	111,0
		9		392,0	,354	11,96	,0465	,279	,42	,130	320,0

NOTA: Para aguas tranquilas Ψ representa el asiento y Z el hundimiento medio. Ψ se expresa en radianes y Z en m.

CUADRO 5
Bastreo simulado a tres mdsos

φ		KSP	SHP	FC	T _e	Δ _p	ψ	Z	F _p "	Z _n
0,525	Aguas tranquilas	64,4	159,8	,403	-	-	,0169	-0,016	-	-
	Mar de proa	-	180,5 205,0 170,0	-	3,15 3,83 4,28	,73 -885 ,99	,0402 ,0730 ,1650	,211 ,554 ,529	2,48 2,88 3,48	,373 ,513 ,388
	Mar de popa	-	183,0 177,3 159,8	-	5,22 5,89 6,47	1,22 1,36 1,50	,0758 ,0930 ,0718	,139 ,280 ,345	2,15 1,98 ,96	,178 ,296 ,199
0,575	Aguas tranquilas	64,2	183,0	,351	-	-	,0138	+0,025	-	-
	Mar de proa	-	204,0 214,5 193,6	-	3,21 3,92 4,36	,763 ,931 1,033	,1320 ,1419 ,2070	,196 ,478 ,690	4,56 4,42 4,67	,525 ,484 ,467
	Mar de popa	-	192,2 179,8 181,5	-	5,22 6,18 6,42	1,24 1,47 1,52	,0445 ,0649 ,0605	,213 ,306 ,313	1,46 ,86 ,86	,172 ,139 ,177
0,625	Aguas tranquilas	64,6	192,0	,336	-	-	,0097	+0,039	-	-
	Mar de proa	-	210,0 218,0 189,2	-	3,02 3,81 4,51	,726 ,913 1,08	,0320 ,1130 ,1560	,086 ,569 ,509	1,77 5,17 4,39	,225 1,072 ,507
	Mar de popa	-	192,0 196,8 187,0	-	5,12 5,94 6,32	1,23 1,43 1,52	,0571 ,820 ,0795	,138 ,233 ,353	1,42 ,96 ,98	,207 ,142 ,130
0,675	Aguas tranquilas	65,7	190,0	,346	-	-	-,0102	+0,025	-	-
	Mar de proa	-	237,5 226,5 192,0	-	3,14 3,83 4,27	,742 ,905 1,01	,0655 ,1070 ,0590	,196 ,428 ,425	4,14 3,50 2,25	,504 ,461 ,250
	Mar de popa	-	232,5 246,9 240,7	-	5,16 5,92 6,70	1,24 1,40 1,58	,0580 ,0645 ,0690	,173 ,161 ,338	1,22 ,93 ,92	,212 ,118 ,199

NOTA: Para aguas tranquilas ψ representa el asiento y Z el hundimiento medio. ψ se expresa en radianes y Z en m.

CUADRO 6

Movimientos durante el rastreo comparados con los de la navegación libre a 3 nudos

Modelo	Angulo de cabeceo		Aceleración de cabeceo		Movimiento vertical		Aceleración movimiento vertical	
	Mar de proa	Mar de popa	Mar de proa	Mar de popa	Mar de proa	Mar de popa	Mar de proa	Mar de popa
0,525	menos	más	menos	más	menos	más	menos	poco más
0,575	± 0	menos	más	± 0	menos	menos	más	menos
0,625	menos	más	más	menos	menos	menos	más	menos
0,675	menos	± 0	más ?	± 0	menos	menos	menos	menos
Promedio	menos	± 0	poco más	± 0	menos	menos	± 0	menos

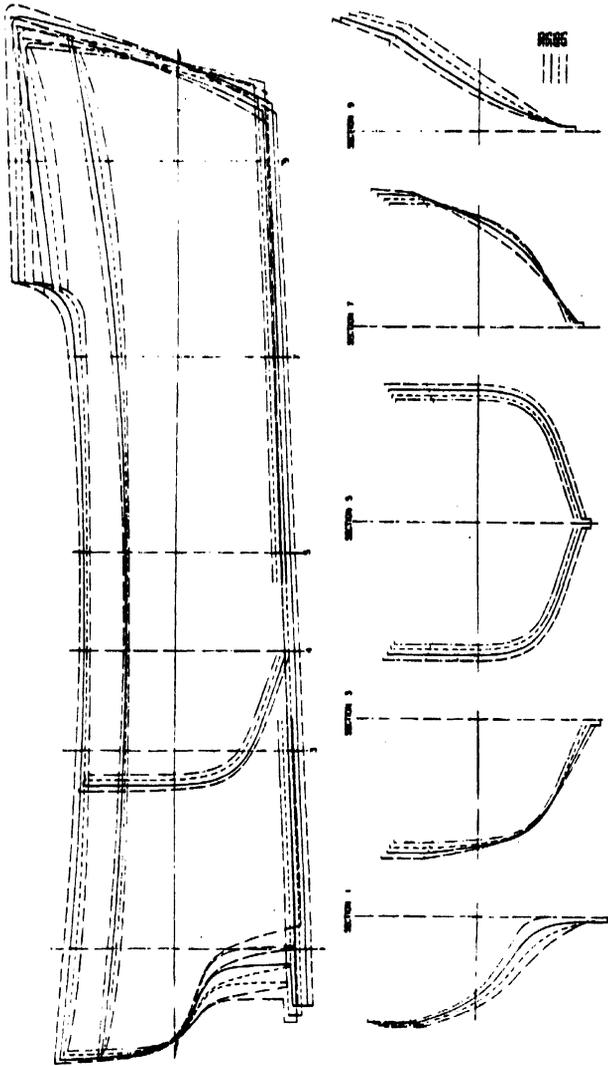


Fig. 1 Desarrollo real de modelos del mismo desplazamiento relacionados, pero con diferentes coeficientes prismáticos, empleando el método Lackenby.

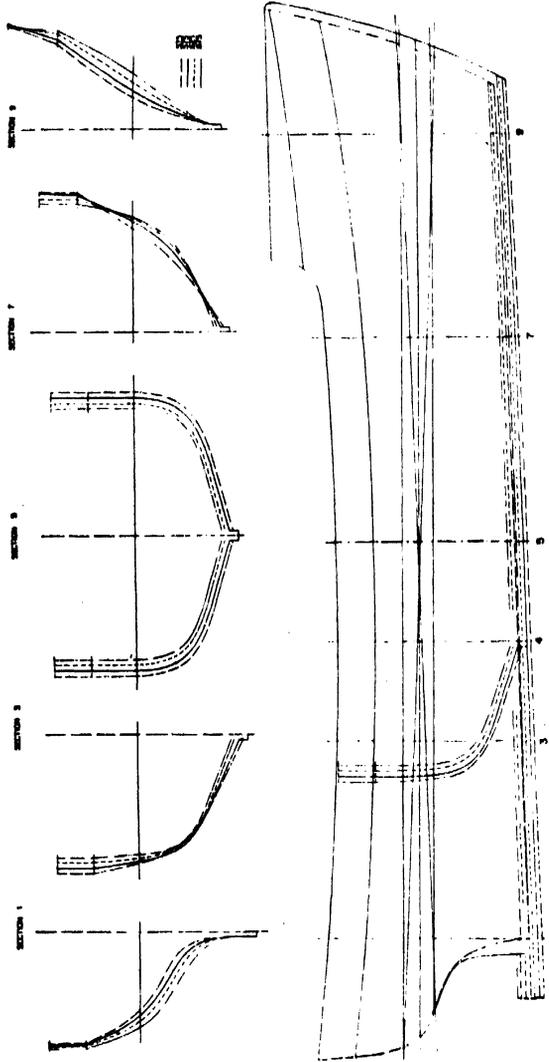


Fig. 2 Desarrollo práctico de modelos relacionados de diferentes coeficientes prismáticos. Se varían la manga y el calado pero se mantienen constantes el desplazamiento, el coeficiente de la sección mediana, la obra muerta y el perfil.

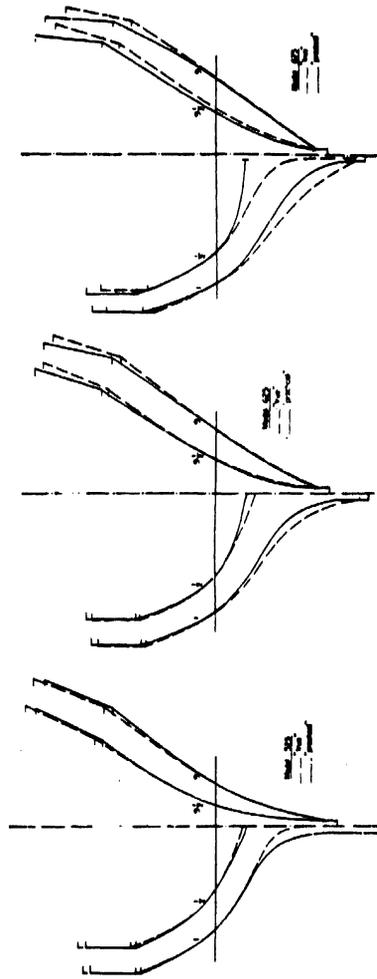


Fig. 3 Comparación de las variaciones "real" y "práctica" de las líneas de una embarcación de pesca para crear un coeficiente prismático distinto con el mismo desplazamiento.

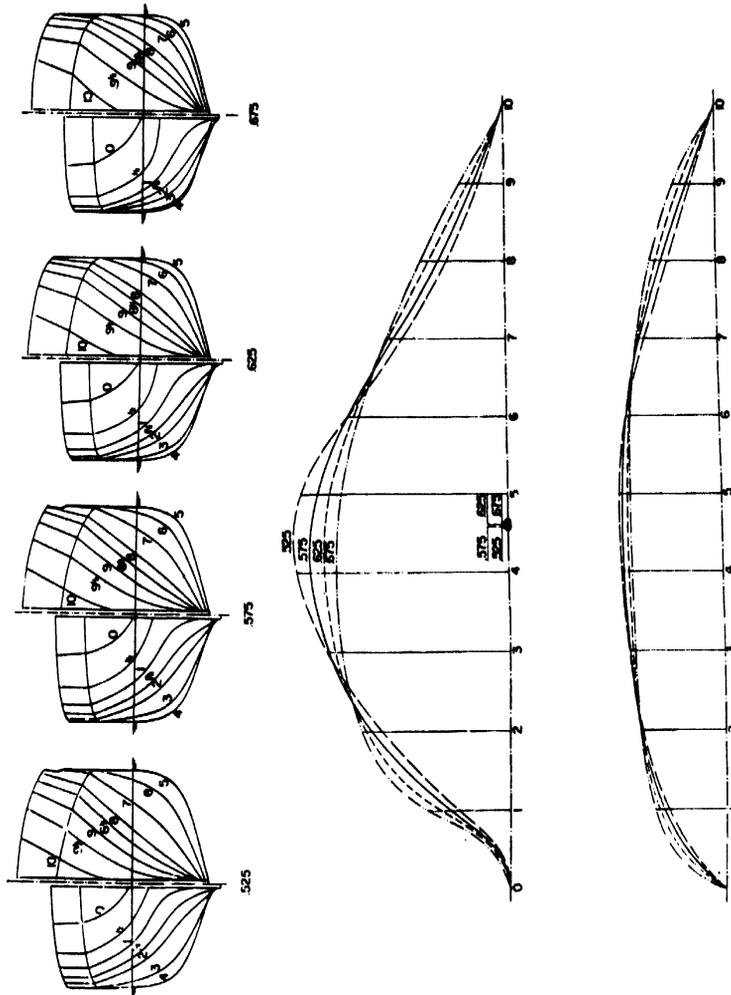


Fig. 4 Comparación de planos transversales, curvas de áreas de secciones y líneas de agua de cuatro modelos relacionados, pero con coeficientes prismáticos diferentes.

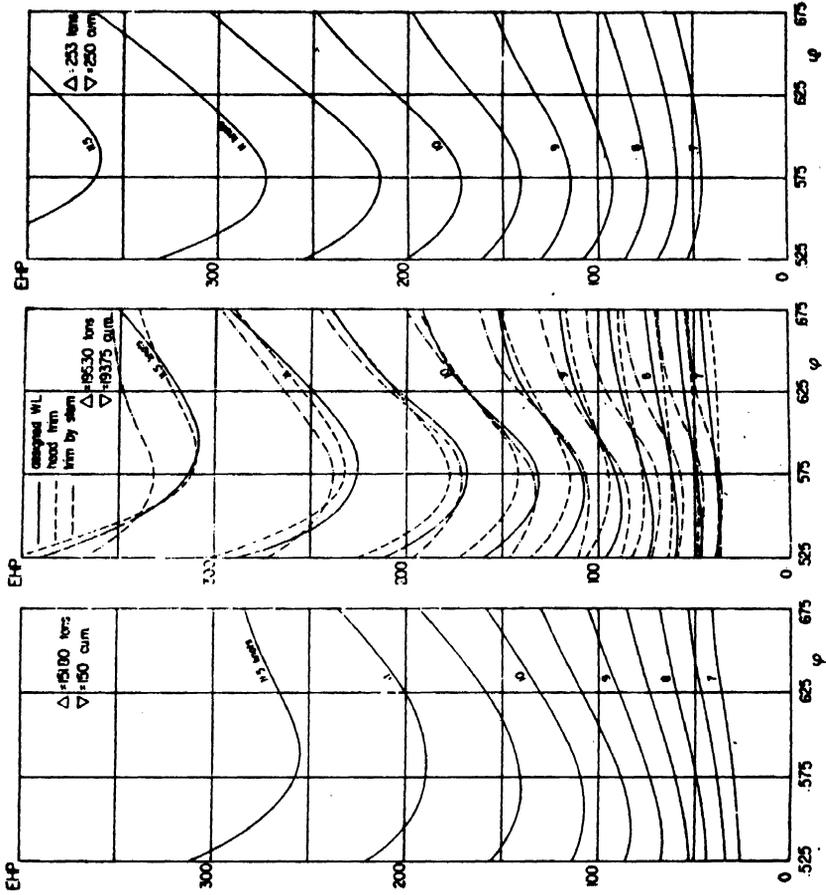


Fig. 5 Potencia al cabo de remolque cuando la carga es pequeña, mediana y plena. Mar tranquila.

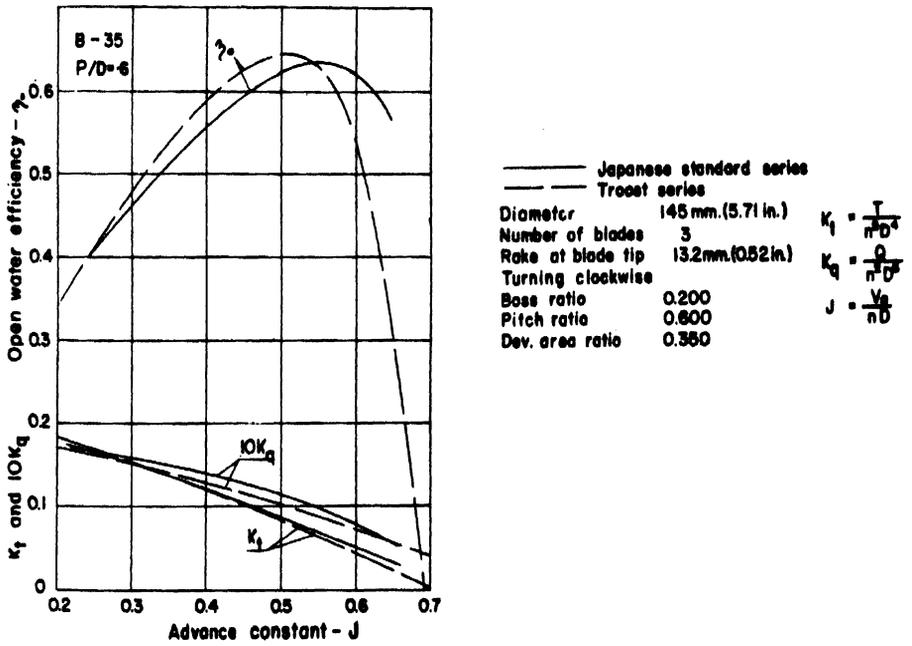


Fig. 6 Características de la hélice.

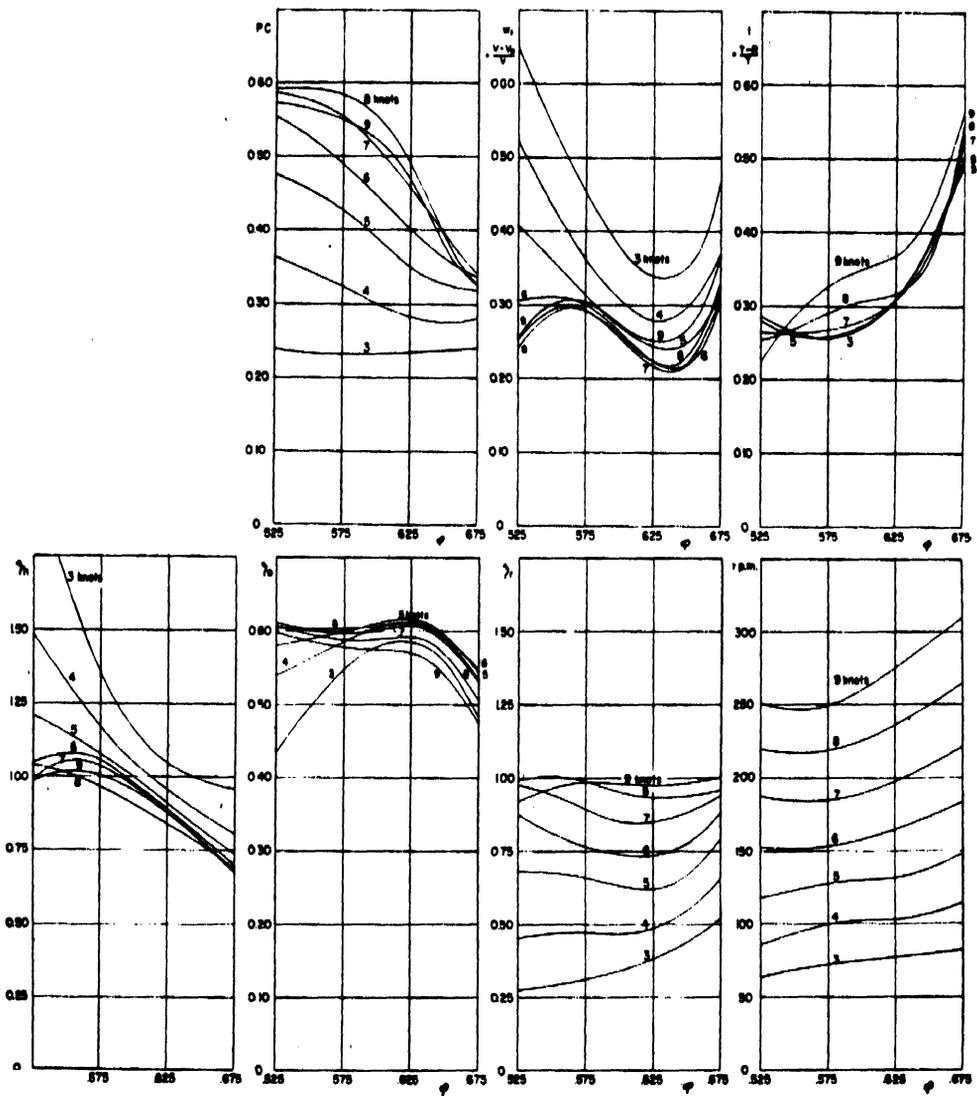


Fig. 7 Coeficiente de propulsión, estela, empuje, casco, ruta libre y rendimiento rotativo y revoluciones en mar tranquila.

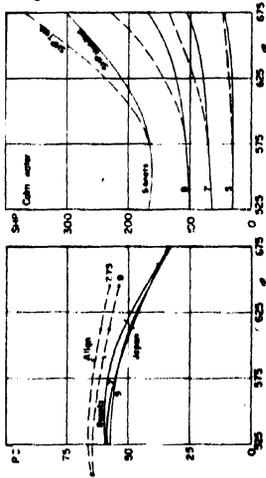


Fig. 8 Disminución del coeficiente propulsivo cuando se emplea la misma hélice en modelos de coeficiente prismático diferente.

Fig. 9 Potencia al árbol calculada y modificada para tener en cuenta extremos innecesariamente abruptos.

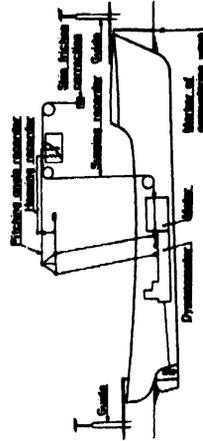


Fig. 10 Disposición para hacer ensayos con olas.

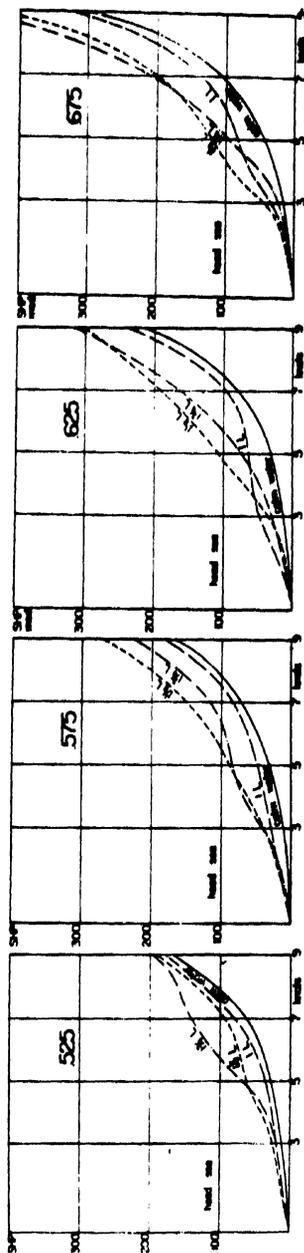


Fig. 11 Potencia al árbol en agua tranquila y olas de proa de diferente longitud, trazadas para cada modelo.

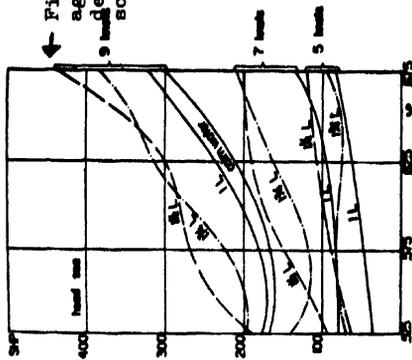


Fig. 12 Potencia el árbol en agua tranquila y olas de proa de diferente longitud trazadas sobre el coeficiente prismático.

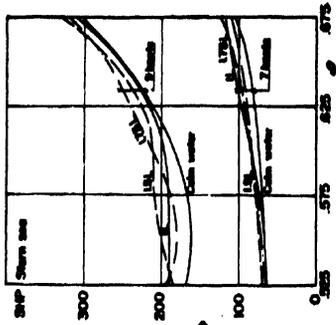


Fig. 14 Potencia al árbol con mar de popa.

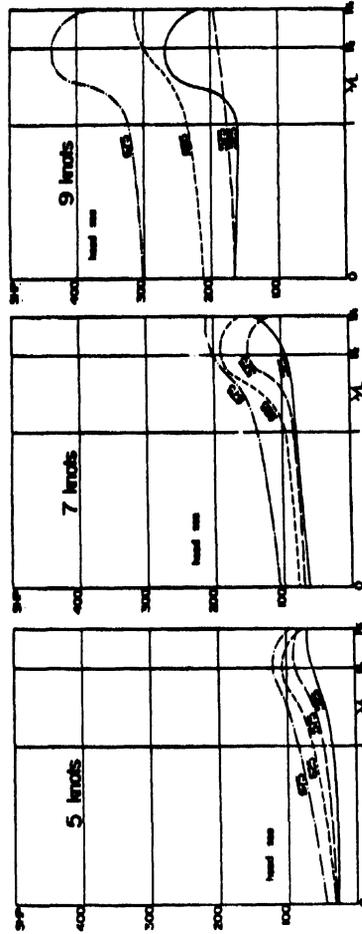


Fig. 13 Potencia al árbol en agua tranquila y olas de proa de diferente longitud trazadas sobre la longitud de onda.

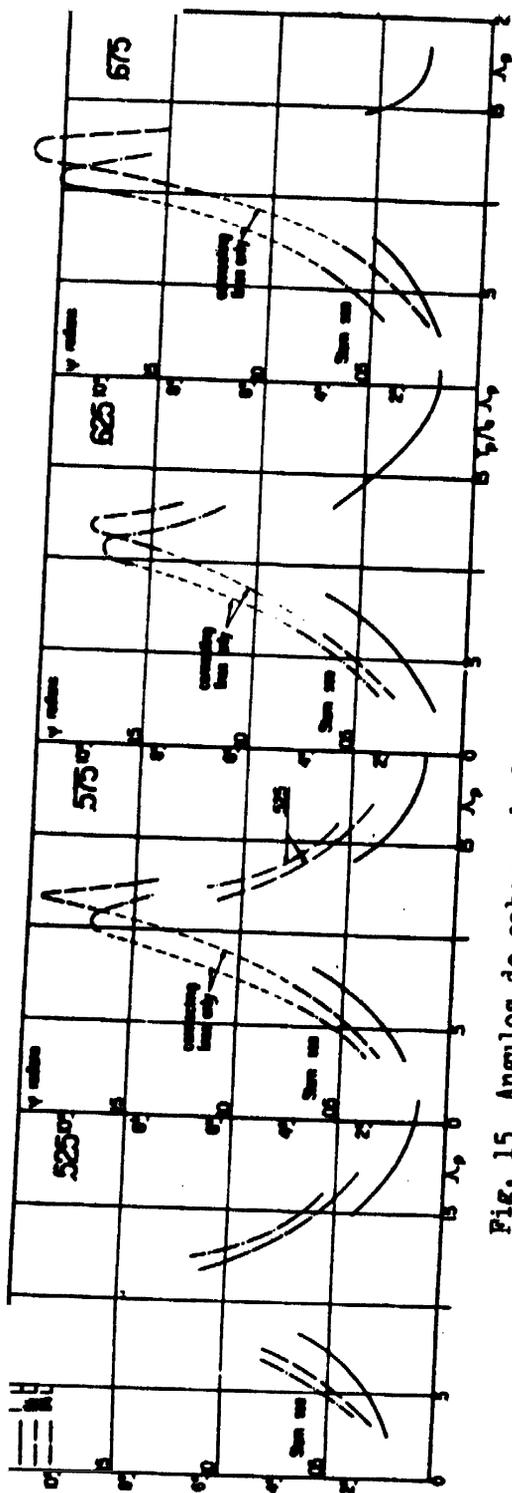


Fig. 15 Angulos de cabeceo de los cuatro modelos.

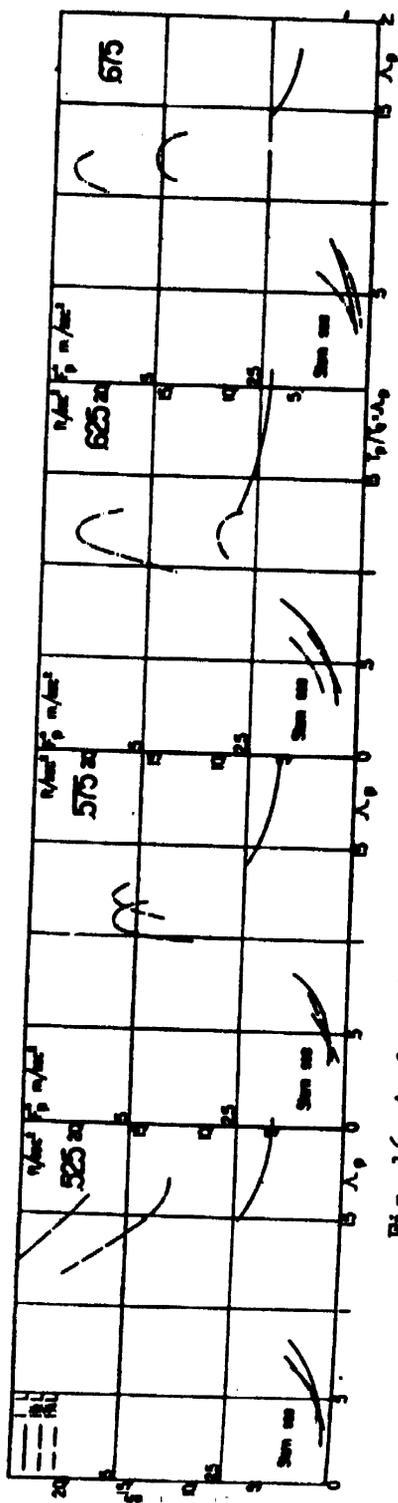


Fig. 16 Aceleraciones del cabeceo de los cuatro modelos

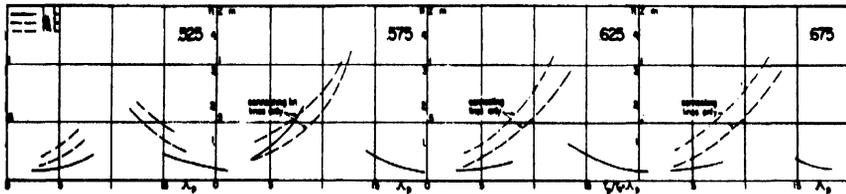


Fig. 17 Cabeceo de los cuatro modelos.

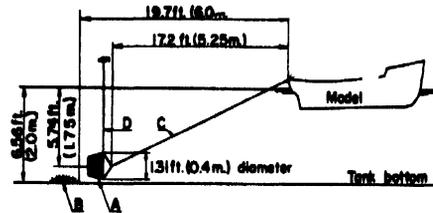


Fig. 18 En el ensayo de arrastre se empleó un arte flotante para crear una resistencia continua.

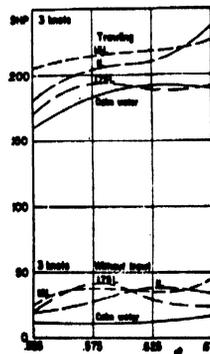


Fig. 19 Potencia al árbol a 3 nudos en pesca y en ruta.

This is one of a series of Technical Papers (see inside front cover) dealing with aspects of the work of the FAO Department of Fisheries, Fishery Resources and Exploitation Division, including the review of pertinent information on particular topics, to meet the request for assistance, for presentation to technical and scientific meetings, etc. Extra copies can be obtained by application to:

Biological Data Section
 Fishery Resources and Exploitation Division
 FAO, 00100 Rome, Italy

(Papers issued since January 1968)

FRm/T71	Fishermen and the weather	February 1968
(Fr)	Les pêcheurs et les conditions météorologiques	Novembre 1968
(Es)	Los pescadores y el tiempo	Marzo 1969
FRm/T70	The concept of the maximum sustainable yield and fishery management	February 1968
FRs/T72	Population dynamics of the Peruvian anchoveta	February 1968
FRs/T40 Rev. 2	Manual of methods for fish stock assessment Part I: Fish population analysis	June 1968
FRs/T73	Partial bibliography on the bacterial diseases of fish	June 1968
FRs/T54	North Atlantic bibliography and citation index	June 1968
FRs/T26 Suppl. 2	Manual of sampling and statistical methods for fisheries biology Part II - Statistical methods	July 1968
FRo/T67	An example of the process of selecting a trawl and matching it to towing power	July 1968
FR/T74	Work of FAO and related organizations concerning marine science and its applications	September 1968
(Fr)	Activités de la FAO et des organismes qui lui sont rrellés dans le domaine des sciences marines et de leurs applications	Novembre 1968
FID/T77	Establishment, structure, functions and activities of international fisheries bodies - IV - Permanent Commission of the Conference on the Use and Conservation of the Marine Resources of the South Pacific	October 1968
FID/T78	Establishment, structure, functions and activities of international fisheries bodies - V - General Fisheries Council for the Mediterranean (GFCM)	October 1968
(Fr)	Création, structure, attributions et activités des organismes internationaux des pêches - V - Conseil général des pêches pour la Méditerranée (CGPM)	Janvier 1969
FRv/T80	The Freedom from Hunger Campaign outboard mechanization projects in Dahomey and Togo	December 1968
FRI/T81	The role of FAO in the development of inland fishery resources	December 1968
FRI/T82	Scientific basis for the conservation of non-oceanic living aquatic resources	December 1968
FID/T79	Limits and status of the territorial sea, exclusive fishing zones, fishery conservation zones and the continental shelf	December 1968
FRs/T75	Bibliography of papers relating to the control of mosquitoes by the use of fish	December 1968
FRs/T83	Manual of methods for fish stock assessment - Part V. The use of acoustic instruments in fish detection and fish abundance estimation	February 1969
FRs/T84	Upwelling and fish production	June 1969
FRI/T85	Directory of fish culture research institutions	June 1969
FRv/T87	Computer-aided studies of fishing boat hull resistance	December 1969
FRv/T88 (Fr)	Le coefficient prismatique	Décembre 1969
(Es)	El coeficiente prismático	Diciembre 1969

