

T
623.8243
C.B52



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingenieria Maritima y Ciencias del Mar

Estudio de las Caracteristicas del Timon y

Maniobrabilidad

DE LOS BUQUES

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO NAVAL

Presentada por:

Leonardo LCastillo Manrique

Guayaquil - Ecuador

1986

AGRADECIMIENTO

AL ING. BOLIVAR VACA ROMO, -
DIRECTOR DE TESIS, POR SU
AYUDA Y COLABORACION PARA
LA REALIZACION DE ESTE TRA
BAJO.



BIBLIOTECA

D E D I C A T O R I A

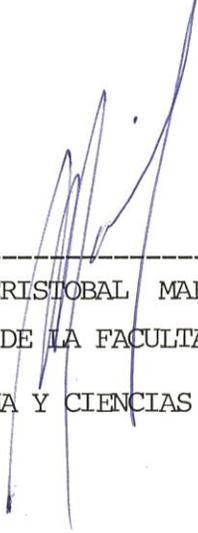


BIBLIOTECA

- A DIOS, sobre todas las cosas
- A MIS PADRES, cuya riqueza espiri
tual me ha sabido conducir.
- A MIS PROFESORES, de cuyas enseñanzas
me he nutrido.
- A MI HERMANO, inseparable compañero.
- A MI ESPOSA, por su comprensión y
cariño.
- A MI HIJA, impulso de superación.



BIBLIOTECA



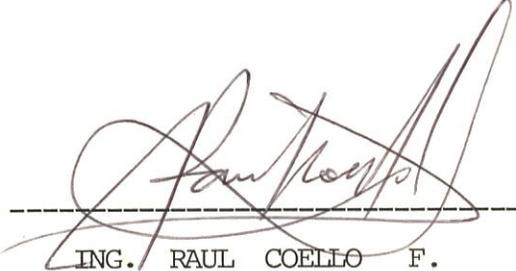
ING. CRISTOBAL MARISCAL D.
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
MARITIMA Y CIENCIAS DEL MAR



ING. BOLIVAR VACA R.
DIRECTOR DE TESIS



ING. ARMANDO FLORES H.
MIEMBRO PRINCIPAL DEL TRIBUNAL

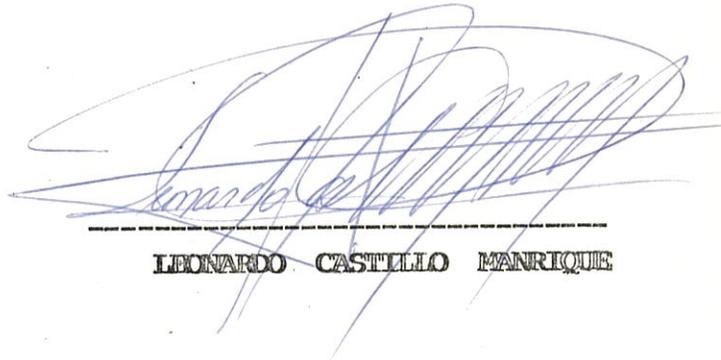


ING. RAUL COELLO F.
MIEMBRO PRINCIPAL DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

"LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTOS EN ESTA TESIS, ME CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE; Y, EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE LA MISMA, A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(REGLAMENTO DE EXAMENES Y TITULOS PROFESIONALES DE LA ESPOL).

A large, stylized handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Leonardo Castillo Manrique', is written over a horizontal dashed line.

LEONARDO CASTILLO MANRIQUE



BIBLIOTECA

R E S U M E N

El trabajo que se pone a consideración trata del comportamiento del timón basado en la teoría de la maniobrabilidad, de tal manera que el buque considerado como un medio de transporte, cumpla con ciertos requerimientos operacionales; pudiendo así evaluar las propiedades de maniobrabilidad del buque en una determinada respuesta a su gobierno y a su vez, estas caracteriísticas relacionarlas con la forma del timón o la carena.

Se inicia la tesis, presentando la ecuación que describe la respuesta del buque al timón y luego de hacer el análisis correspondiente, se explica la presencia de ciertos índices que cuantifican la maniobrabilidad del buque, indicando la maniobra que se relaciona con un determinado índice, luego se desarrolla la manera de "predecir" o calcular los índices y se dan valores referenciales para ellos, de acuerdo



BIBLIOTECA

al tipo de buque, los mismos que pueden aplicarse para calcular el área del timón, obteniendo además ciertos criterios sobre su geometría.

Se calcula la fuerza y el momento sobre el timón, utilizando los coeficientes tomados de pruebas experimentales con perfiles de timones en túneles de viento, haciendo las correcciones necesarias para la correcta aplicación de los correspondientes valores.

Finalmente se presenta un programa mediante el cual se obtienen los valores explicados a lo largo de la tesis, de acuerdo a los pasos delineados en cada subcapítulo.

INDICE GENERAL

	<u>PAG.</u>
RESUMEN-----	V
INDICE GENERAL -----	VII
INDICE DE FIGURAS -----	X
INTRODUCCION -----	12
CAPITULO I	
BASE MATEMATICA PARA EL ANALISIS DE LAS <u>MA</u>	
NIOBRAS DE UN BUQUE	
1.1. INDICES DE MANIOBRABILIDAD -----	14
1.2. ANALISIS CUASILINEAL DEL MOVIMIENTO DE UN	
BUQUE MANIOBRANDO -----	24
1.3. CARACTERISTICAS DE MANIOBRABILIDAD DE BUQUES	
REPRESENTADA POR INDICES (VALORES USUALES DE	
INDICES $K' - T'$)-----	25
1.4. ESTABILIDAD DE RUTA Y CAPACIDAD DE MANTENER	
EL RUMBO (CONCEPTOS)-----	28
1.5. INTERPRETACION FISICA DE LOS COEFICIENTES DE	
MANIOBRABILIDAD -----	31



BIBLIOTECA

PAG.

1.6. CORRELACION DE LA CAPACIDAD DE GIRO CON LA ESTABILIDAD DE RUTA Y LA RAPIDEZ DE RESPUESTA-----	33
1.7. PREDICCIÓN DE COEFICIENTES DE ATENUACIÓN DE GUIÑADA Y DE LOS INDICES DE MANIOBRABILIDAD -----	35

CAPITULO II

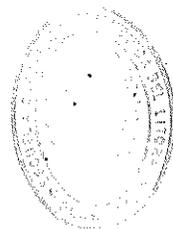
REQUERIMIENTOS OPERATIVOS DE UN BUQUE

2.1. CAPACIDAD DE MANTENER EL RUMBO-----	38
2.2. CAPACIDAD DE GIRO -----	45
2.3. AREA DEL TIMON -----	46
2.4. PREDICCIÓN DE INDICES DE MANIOBRABILIDAD -----	49
2.5. ALARGAMIENTO -----	50
2.6. FORMA DEL TIMON -----	54
2.7. COMPENSACION -----	56

CAPITULO III

CALCULO DE LA FUERZA Y EL MOMENTO SOBRE EL TIMON

3.1. CORRECCION DE LOS COEFICIENTES POR ALARGAMIENTO---	59
3.2. CORRECCION DE LOS COEFICIENTES POR AFINAMIENTO---	64
3.3. INFLUENCIA DEL NUMERO DE REYNOLDS -----	68
3.4. VELOCIDAD EQUIVALENTE -----	69
3.5. ANGULO DE ATAQUE DEL TIMON -----	70



BIBLIOTECA

3.6. VELOCIDAD DE GIRO DEL TIMON, POTENCIA DEL SERVO -----	72
CAPITULO IV	
PROGRAMA DE CALCULO	
4.1. DESARROLLO DEL PROGRAMA -----	74
4.2. UTILIZACION DEL PROGRAMA -----	94
4.3. EJEMPLO DE APLICACION -----	98
4.4. EVALUACION DE LOS RESULTADOS -----	129
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	139
BIBLIOGRAFIA -----	142

INDICE DE FIGURAS

<u>Nº FIGURAS</u>		<u>PAGS.</u>
1	VARIACION DE LOS COEFICIENTES DE LA ECUACION LINEAL DEL MOVIMIENTO DEL BUQUE-----	22
2	COEFICIENTE ADIMENSIONAL DE GUIÑADA EN FUNCION DE LA GEOMETRIA DEL TIMON Y LA CARENA--	37
3	VARIACION DE e_r EN FUNCION DE LA GEOMETRIA DE LA CARENA -----	43
4	VALORES DE K_3 PARA DETERMINAR LA RELACION Dt/L -----	47
5	EFECTO DEL ALARGAMIENTO SOBRE LA SUSTENTACION	53
6	TIPOS DE TIMONES -----	58
7	VARIACION EN LA POSICION DEL CENTRO DE PRESION DEBIDO AL ALARGAMIENTO -----	65
8	VARIACION EN LA POSICION DEL CENTRO DE PRESION DEBIDO AL DESLIZAMIENTO -----	66
9.a.	VALORES DE FUERZA SOBRE EL TIMON, USANDO LOS COEFICIENTES Y LA FORMULA DE JOSSEL (CAMARONERO)-----	133

Nº FIGURAS

PAGS.

9.b.	VALORES DE MOMENTO SOBRE EL TIMON, USAN DO LOS COEFICIENTES Y LA FORMULA DE JOS SEL (CAMARONERO)-----	134
10.a.	VALORES DE FUERZA SOBRE EL TIMON, USANDO LOS COEFICIENTES Y LA FORMULA DE JOS SEL (ARRASTRERO) -----	135
10.b.	VALORES DE MOMENTO SOBRE EL TIMON,USANDO LOS COEFICIENTES Y LA FORMULA DE JOS- SEL (ARRASTRERO)-----	136
11a.	VALORES DE FUERZA MEDIDOS EN PRUEBA DE - MAR -----	137
11b.	VALORES DE MOMENTO MEDIDOS EN PRUEBAS DE MAR -----	138

INTRODUCCION



En nuestro país, las consideraciones de maniobrabilidad en el proyecto de buques, ha sido retardada por la ausencia de requerimientos específicos de armadores y usuarios, debido al insuficiente conocimiento y comprensión del problema. Se hace necesario entonces, al estudiar la maniobrabilidad en las pruebas de mar que se realizan y que actualmente ya son exigidas, saber que valores deben tomarse y como utilizarlos para mejorar las condiciones de diseño.

El objetivo es, entonces, establecer qué valores mínimos son necesarios para que el buque cumpla con la característica de maniobrabilidad, para esto, se toma como hipótesis el hecho de que al movimiento del buque le corresponde una ecuación lineal y que cualquier tipo de maniobra se la puede ajustar a este criterio de linealidad.

Para llegar a los resultados que se presentan en la



tesis se ha utilizado conceptos de concedores de la materia, los cuales han acompañado a las deducciones matemáticas la comprobación experimental, de modo - que el método resulta confiable.

En los capítulos que se presentan en este trabajo, - se ha dejado de lado el largo y complejo desarrollo matemático, habiendo utilizado unicamente la ecuación final y sus resultados. También se presentan índices que cuantifican la maniobrabilidad del buque, la forma de predecirlos y como interpretarlos.

Como complemento para el cálculo de fuerza y momento sobre el timón, se usa un método el cual se basa en coeficientes determinados en pruebas experimentales, que hace al mismo más real y exacto.

C A P I T U L O I

BASE MATEMATICA PARA EL ANALISIS DE LAS MANIOBRAS DE UN BUQUE

1.1. INDICES DE MANIOBRABILIDAD

Aunque la teoría líneal del movimiento del buque, que es la que se emplea, está relacionado con un avanzado desarrollo matemático, sin embargo estudia la maniobrabilidad considerando unicamente la obligación del buque a una respuesta debida al movimiento del timón y analiza la relación causa - efecto (timón - buque), dejando de lado cualquier aspecto relacionado con las fuerzas que actuan.

Nomoto considerando la naturaleza de este comportamiento propone ciertos índices o valores para "calificar" las respuestas.

La ecuación que describe la respuesta del buque - al timón es:

$$\dot{\psi}(p) = \frac{K(1+T_3 p)}{(1+T_1 p)(1+T_2 p)} \delta(p) + \frac{(T_1 T_2 p + (T_1 + T_2)) \dot{\psi}(0) + T_1 T_2 \ddot{\psi}(0)}{(1+T_1 p)(1+T_2 p)} \quad (1)$$

$$K = \left(\frac{V}{L}\right) \frac{N'_\beta Y'_\delta + Y'_\beta N'_\delta}{Y'_\beta N'_r - (m' + m'_x - Y'_r) N'_\beta}$$

$$T_1 + T_2 = \left(\frac{L}{V}\right) \frac{(m' + m'_y) N'_r + (I'_{zz} + J'_{zz}) Y'}{Y'_\beta N'_r - (m' + m'_x - Y'_r) N'_\beta}$$

$$T_1 T_2 = \left(\frac{L}{V}\right)^2 \frac{(m' + m'_y) (I'_{zz} + J'_{zz})}{Y'_\beta N'_r - (m' + m'_x - Y'_r) N'_\beta}$$

$$T_3 = \left(\frac{L}{V}\right) \frac{(m' + m'_y) N'}{N'_\beta Y'_\delta + Y'_\beta N'_\delta}$$

β = ángulo que forma el plano de crujía con la tg a la trayectoria del barco.

δ = ángulo del timón

ψ = ángulo de rumbo respecto a un eje horizontal arbitrario.

$r = \dot{\psi}$ = velocidad angular de guiñada (velocidad de cambio de rumbo).

$\ddot{\psi}$ = aceleración del cambio de rumbo

m = masa total del buque

m_y = masa añadida al buque en el sentido transversal

m_x = masa añadida al buque en el sentido longitudinal.

I_{ZZ} = momento de inercia del buque alrededor del eje vertical.

J_{ZZ} = momento de inercia propio de la masa de agua añadida hidrodinámicamente al buque alrededor del eje vertical.

N = momento hidrodinámico alrededor de un eje vertical que pasa por el centro de gravedad del barco.

Y = componente lateral de la fuerza hidrodinámica que actúa sobre el buque.

$$m'_x = \frac{m_x}{\frac{1}{2} \rho L^2 h} \quad I'_{ZZ} = \frac{I_{ZZ}}{\frac{1}{2} \rho L^4 h}$$

$$J'_{ZZ} = \frac{J_{ZZ}}{\frac{1}{2} \rho L^4 h} \quad N' = \frac{N}{\frac{1}{2} \rho L^2 V^2 h}$$

$$Y' = \frac{Y}{\frac{1}{2} \rho L V^2 h} \quad m' = \frac{m}{\frac{1}{2} \rho L^2 h}$$

$$m'_y = \frac{m_y}{\frac{1}{2} \rho L^2 h} \quad Y'_\beta = \frac{\partial Y'}{\partial B}$$

$$Y'_\delta = \frac{\partial Y'}{\partial \delta} \quad Y'_r = \frac{\partial Y'}{\partial r}$$

$$N'_r = \frac{\partial N'}{\partial r} \quad N'_\beta = \frac{\partial N'}{\partial B}$$

$$N'_\delta = \frac{\partial N'}{\partial \delta}$$

L = eslora del buque

V = velocidad del buque

h = calado del buque

ρ = densidad del fluido

En la ecuación indicada, el primer término representa el movimiento originado por la acción del timón, mientras que el segundo - representa el movimiento inicial del buque.

Si para $t = 0$ (antes de maniobrar) el buque tiene rumbo constante, el segundo término - de la ecuación se anula y queda

$$\psi(p) = \frac{K(1 + T_3 p)}{(1+T_1 p)(1+T_2 p)} \delta(p)$$

$$\psi(p) = Y_s(p) \delta(p)$$

$Y_s(p)$ describe la respuesta del barco a la acción - del timón.

p es el parámetro de la transformación de Laplace utilizado para resolver las ecuaciones matemáticas y llegar a la expresión.⁽¹⁾ Al resolver la transformada de Laplace en la ecuación (1), resulta una ecuación del movimiento:

$$T_1 T_2 \frac{d^2 \psi}{dt^2} + (T_1 + T_2) \frac{d\psi}{dt} + \psi = K + T_3 K \frac{d\delta}{dt} \quad (2)$$

Mantenimiento la misma condición de rumbo constante y que en un instante ($t=0$) se cambia el ángulo de timón - hasta δ_0 , para luego mantenerlo constante. La solución de la ecuación será (sin tomar en cuenta $\delta(t)$).

$$\psi = c_1 e^{-t/T_1} + c_2 e^{-t/T_2} + k\delta_0 \quad (3)$$



BIBLIOTECA

c_1 y c_2 son dos constantes que se determinan con las condiciones iniciales; como se ve, la forma exponencial de la ecuación, nos indica su tendencia creciente y asintótica, el valor de la asíntota será $k\delta_0$, es decir la velocidad de guiñada tiende al valor que tendría el barco girando constantemente a un ángulo δ_0 , esto es:

$$\dot{\psi} = k\delta_0$$

cuanto mayor sea k , más grande será $\dot{\psi}$ final para un cierto ángulo, esto quiere decir que será menor el diámetro táctico, lo que puede ser comprobado por simple inspección de la expresión que relaciona el diámetro táctico con la eslora:

$$\frac{D_t}{L} = \left(\frac{V}{L}\right) \frac{2}{k\delta_0}$$

Es también muy importante la rapidez con que se alcance el diámetro táctico y que se llama rapidez de respuesta del buque al timón, esto significaría que el creci-



BIBLIOTECA

miento de $\dot{\psi}$ hasta $k\delta_0$ debe ser "rápido" para tener igual condición en la respuesta, lo que ocurre si T_1 y T_2 son pequeños en la ecuación (3).

Está demostrado que T_2 es mucho menor que T_1 , por lo que la rapidez de respuesta dependerá de lo pequeño que sea T_1 .

Si se considera la variación del ángulo del timón con respecto al tiempo, $\delta(t)$, hasta que llegue a δ_0 , aparece la influencia de T_3 . Si T_3 es grande, $kT_3 \frac{d\delta}{dt}$ hace que cuando $\delta(t)$ llegue a δ_0 , $\dot{\psi}$ sea grande, y con ello que $\dot{\psi}$ crezca más rápidamente hasta $k\delta_0$; en definitiva cuanto mayor sea T_3 , mayor será la rapidez de respuesta y esto independientemente de los valores que tengan T_1 y T_2 .

Como conclusión vemos que los cuatro coeficientes k , T_1 , T_2 y T_3 , que son funciones de los coeficientes de la ecuación de movimiento planteada, representan la respuesta del barco a la acción del timón y son además medida de las maniobras definitivas del buque.

Toda la explicación anterior está expresada gráficamente en la figura N° 1. (Ref.1)

De los coeficientes definidos, se ha comprobado que k y T_1 son los más significativos, mientras que T_2 y T_3 son de importancia secundaria, lo que será muy ventajoso para la comprensión del método a desarrollar y su aplicación.

Al desarrollar en serie la función $Y_S(p)$ tenemos:

$$Y_S(p) = k(1 - (T_1 + T_2 - T_3)p + (T_1^2 + T_2^2 + T_1T_2 - T_2T_3 - T_3T_1)p^2 \dots)$$

por otra parte, la función $\frac{k}{1 + (T_1 + T_2 - T_3)p}$ tiene como desarrollo:

$$\frac{k}{1 + (T_1 + T_2 - T_3)p} = k(1 - (T_1 + T_2 - T_3)p + (T_1 + T_2 - T_3)^2 p^2 \dots)$$

$$\text{haciendo } T = T_1 + T_2 - T_3$$

y para valores de p pequeños tenemos:

$$Y_S(p) \cong \frac{k}{1 + Tp}$$

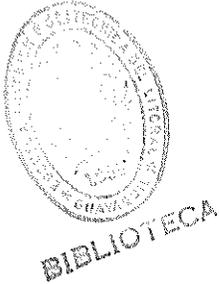
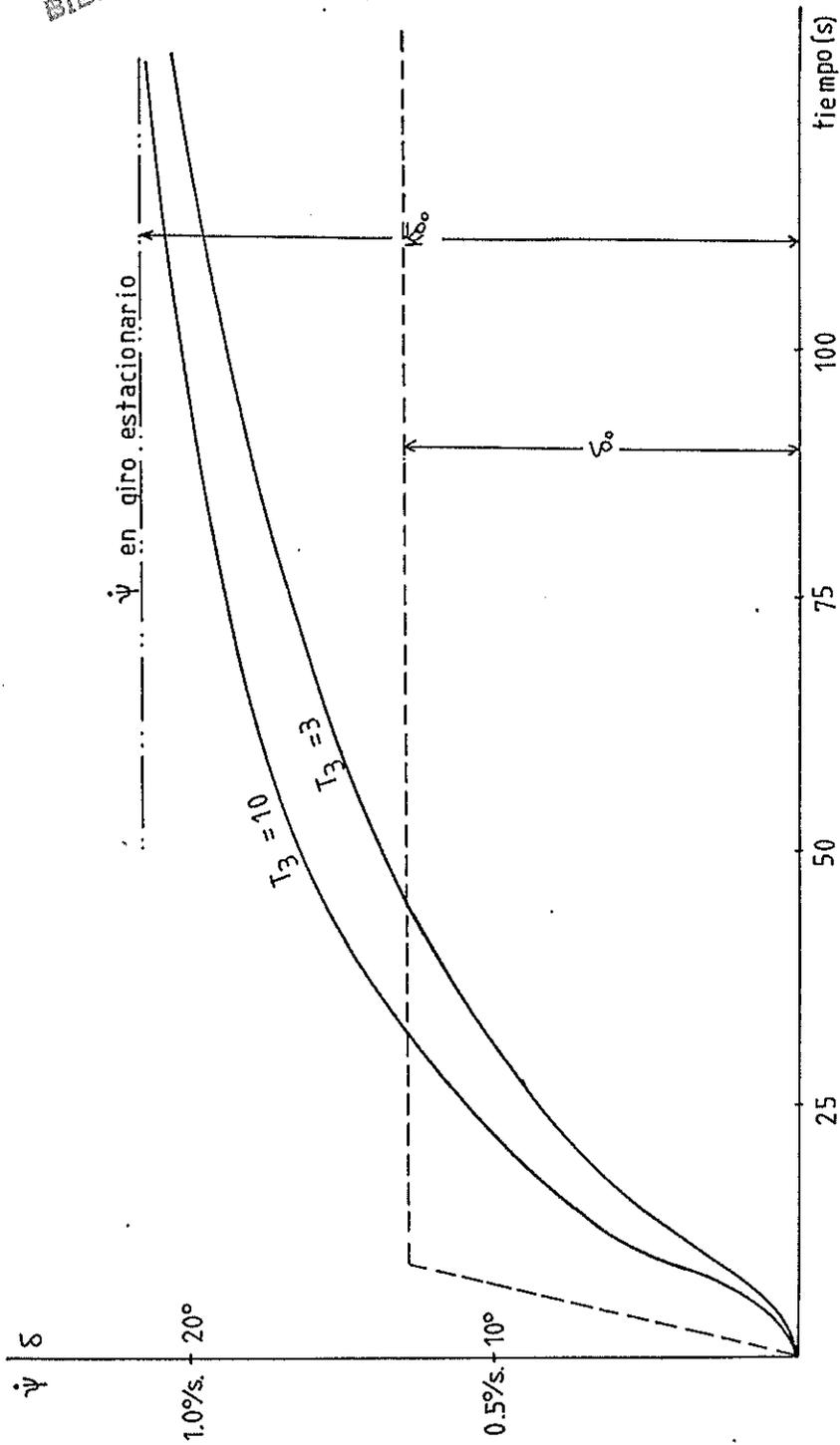


FIGURA N° 1.- VARIACION DE LOS COEFICIENTES DE LA ECUACION LINEAL DEL MOVIMIENTO DEL BUQUE

A lo anterior le corresponde una ecuación diferencial de la siguiente forma:

$$T \frac{d\dot{\psi}}{dt} + \dot{\psi} = k\delta \quad (4)$$

que es una aproximación de la ecuación del movimiento.

La ecuación (4) se obtiene debido al hecho de que cualquier tipo de movimiento del ti món puede descomponerse en la suma de componentes armónicos y por consiguiente tan bién la respuesta.

En definitiva, el comportamiento de un bu que en una maniobra cualquiera, puede re presentarse por medio de los índices k y T los cuales están relacionados de la siguien te forma:

$$k = k$$

$$T = T_1 + T_2 - T_3$$

1.2. ANALISIS CUASILINEAL DEL MOVIMIENTO DE UN BUQUE MANIOBRANDO

La ecuación del movimiento de un buque se puede li
nealizar si se admiten las siguientes hipótesis:

1. La oscilación hacia proa y popa se considera de segundo orden respecto a los de guiñada y de
riva.
2. Las fuerzas hidrodinámicas que actúan sobre el buque se expresan como funciones lineales de :
velocidad de deriva, variación del ángulo de -
guiñada y el ángulo del timón.
3. Las masas y momentos de inercia hidrodinámicos añadidos se pueden expresar como funciones li
neales de: aceleración lineal y angular del bu
que, respectivamente.

Se podría pensar que esta linealización es aceptable -
solamente al estudiar pequeñas perturbaciones alre
dedor de un estado de equilibrio, y esto debe ser
tomado en consideración, pero en la mayoría de ca
sos, el análisis lineal puede describir con bastan

te precisión el movimiento real de las maniobras, incluso a grandes ángulos del timón para los que las hipótesis anteriores rompen la linealidad.

Al no haber linealidad se producen entonces importantes variaciones de K y T con el ángulo del timón, y en menor grado con el tipo de maniobra. Esto quiere decir que aunque el movimiento no sea lineal, con las debidas consideraciones de K y T, se lo puede considerar como tal.

La variación de K y T con el tiempo, durante una maniobra, no es lineal, dado que las fuerzas hidrodinámicas varían, pero estos valores variables pueden ser reemplazados por valores medios que representarían el comportamiento lineal del fenómeno. A esto se denomina análisis cuasilineal, y podemos aplicar el estudio lineal a maniobras muy severas, ampliando de esta forma su utilización.

1.3. CARACTERISTICAS DE MANIOBRABILIDAD DE BUQUES REPRESENTADA POR INDICES (VALORES USUALES DE INDICES $K' - T'$)

La solución de la ecuación (4) para el caso en -

que el buque se mueve con rumbo constante y el ti
món cae de repente a un valor δ_0 es:

$$\psi = k\delta_0(1 - e^{-t/T})$$

Sea ahora el caso de variación de rumbo con una
velocidad de guiñada inicial $\dot{\psi}_0$ ocasionada por un
agente externo que desaparece instantáneamente; pa
ra este caso la solución es:

$$\dot{\psi} = \dot{\psi}_0 e^{-t/T}$$

La velocidad de cambio de rumbo decrece exponencial
mente, es decir, el barco adoptará un nuevo rumbo
y la rapidez con que llegue a este dependerá del
valor de T, puesto que cuanto más chico sea, más -
corta es la transición y mejor es la estabilidad
de ruta, por lo tanto T es índice no sólo de rapi
dez de respuesta sino de estabilidad de ruta. De lo
expuesto, podemos concluir que la estabilidad de ru
ta, rapidez de respuesta y capacidad de giro, que
son las características básicas de maniobrabilidad,
se pueden representar por los índices K y T.

Sabido es que un prototipo puede ser comparado a

otro elemento similar por medio de parámetros adimensionales, de modo que K y T se los adimensionaliza para fines comparativos:

$$K' = \frac{L}{V} K \qquad T' = \frac{V}{L} T$$

Para considerar la "realidad", es decir, la no linealidad, se tomará valores de K' y T' para los diferentes ángulos del timón. Nomoto y otros muchos autores han presentado tablas de los coeficientes K' y T' para diferentes tipos de buques y maniobras. A fin de poder hacer una comparación entre buques, es menester referirse siempre a una misma maniobra. En las tablas antes mencionadas dan a conocer, los valores obtenidos al analizar la maniobra de Zig-Zag, con ángulos máximos de timón de $10^\circ - 10^\circ$:

1. Los cargueros y petroleros en lastre tienen valores de K' del orden de 0.7 - 0.9 y valores de T' del orden de 0.4 - 0.6, esto indica una buena rapidez de respuesta y una excelente estabilidad de ruta.
2. Los cargueros en las condiciones de servicio a

plena carga tienen valores de K' del orden - de 1.5 - 2 y de T' entre 1.5 - 2.5, con estabilidad de ruta buena y rapidez de respuesta adecuada.

3. Los buques rapidos de formas finas, representan valores de T' algo menores, por lo que - tienen mayor estabilidad de ruta y más rapidez de respuesta.
4. Los petroleros cargados tienen valores de K' - entre 2.0 - 4.0 y T' de 3.0 - 8.0, o sea respuestas lentas y pobre estabilidad de ruta; para el caso de los superpetroleros de L/B bajos y C_b , B/λ grandes, las condiciones son - peores, pues K' y T' son mayores e incluso se dan casos de T' negativos.
5. Barcos de otro tipo, pesqueros, buques de guerra, pasajeros, etc. tienen formas muy diversas, por lo que K' y T' son particulares.

1.4. ESTABILIDAD DE RUTA Y CAPACIDAD DE MANTENER EL RUMBO (CONCEPTOS)

La estabilidad de ruta determina la forma como va-

ría la guiñada y la deriva del buque con el timón a la vía, luego de que su movimiento es alterado por una causa externa.

Anteriormente determinamos la influencia de T en el movimiento del buque luego de ser perturbado, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$\psi = \psi_0 e^{-t/T}$$

Si T, llegara a tener valores negativos el buque es inestable, en efecto, la velocidad de guiñada crecería exponencialmente y el barco entraría en un movimiento en espiral.

Los ensayos en tanques de pruebas, determinan que el ángulo de guiñada nulo es el que representa menor resistencia al avance, lo que significa que todo barco tendería a buscar esta posición de mínima energía y por lo tanto serían estables, aún cuando en la realidad existen buques inestables - en este sentido. Lo que ocurre es que aunque las carenas sean estables; el conjunto carena, hélice, timón, no lo es, dando como resultado algunos fenómenos del gobierno; como son: la diferen-

cia de diámetros tácticos obtenidos con iguales - ángulos del timón a babor y a estribor y la tendencia del buque a girar cuando el timón está a la vía. De esta explicación se comprende por qué hay que analizar carena - hélice - timón , para la estabilidad de ruta.

Los buques llenos atenúan más lentamente las guiñadas y a esto, se suma el hecho de la separación de la capa límite que hace que el flujo sea asimétrico en la hélice, en este caso el timón deberá tener alguna asimetría que compense la anterior; la solución que se ha adoptado para tener un flujo uniforme es la ubicación de estabilizadores en el casco y un timón de área grande de modo que impida el flujo transversal.

La estabilidad de ruta dentro de la maniobrabilidad guarda estrecha relación con la capacidad para mantener el rumbo, esta se define como la facilidad con que el buque se mantiene en ruta durante la travesía, con pequeñas variaciones, sin que esto indique que sea lo mismo que la estabilidad, - pues no sólo depende del buque sino del comportamiento de los aparatos de gobierno. En términos -

generales, una buena estabilidad de ruta, no permite que el buque se desvíe de su rumbo, hace que el buque tenga buena capacidad para mantener el rumbo, pues las perturbaciones se atenúan rápidamente; por otro lado un buque estable responde más rápidamente y mejor al sistema de gobierno siendo fácil corregir así, cualquier desviación.

1.5. INTERPRETACION FISICA DE LOS COEFICIENTES DE MANIOBRABILIDAD

Se puede plantear una ecuación diferencial del movimiento de guiñada, estableciendo el equilibrio instantáneo de los momentos que actúan sobre el. Al igual que cuando se hace el análisis de los movimientos del buque, se equilibran los momentos actuantes. Un momento es debido a las fuerzas inerciales que se oponen a la aceleración de guiñada, designemos por I_e el coeficiente de proporcionalidad que estará relacionado con la inercia del buque y la masa de agua añadida. El momento de amortiguamiento será proporcional a la velocidad de guiñada y está representado por N_1 que es el coeficiente de atenuación. Para equilibrar los momentos de guiñada existirán fuerzas proporcionales al ángulo del timón, llamando M al coeficiente de proporcio-

nalidad de los momentos de estas fuerzas tendremos:

$$\Sigma \text{ Momentos actuantes} - \Sigma \text{ Momentos resistivos} = 0$$

$$I_e \ddot{\psi} + Nl \dot{\psi} = M\delta$$

que al ser comparado con:

$$T\ddot{\psi} + \dot{\psi} = K\delta$$

Determina:

$$T = \frac{I_e}{Nl} \quad K = \frac{M}{Nl}$$

Si K es grande, M es grande con relación a Nl y entonces la maniobra es facil, igualmente para T - grande, I_e lo es, y esto dará respuesta lenta y estabilidad pobre (igual que las conclusiones anteriores).

Puesto que la guiñada implica la deriva, la inercia relacionada con la aceleración de la guiñada no solo corresponde a la inercia del buque con su masa añadida sino que habrá de tenerse en cuenta también la masa añadida en la deriva asociada ,

esto vale para Nl y M .

Así los momentos de inercia, atenuación y acción del timón que se han utilizado no son para giro puro, sino debidos a la superposición de los movimientos de giro y traslación lateral, si a esta superposición la tomamos como una resultante, el movimiento del buque maniobrando se puede tratar como rotación pura pero con los momentos - efectivos.

1.6. CORRELACION DE LA CAPACIDAD DE GIRO CON LA ESTABILIDAD DE RUTA Y LA RAPIDEZ DE RESPUESTA

En el análisis anterior encontramos que:

$$K = \frac{M}{Nl} \qquad T = \frac{I_e}{Nl}$$

dividiendo ambas expresiones:

$$K = \frac{M}{I_e} T$$

y usando los coeficientes adimensionales:

$$K' = \frac{M'}{I_e'} T'$$

Si:

$$M' \propto \frac{Ar}{Lh} \quad I' e^{\alpha} \frac{V}{L^2 h}$$

Ar = área del timón

V = desplazamiento

h = calado

y reemplazamos en la expresión original da:

$$K' \propto \frac{L Ar}{V} T'$$

y por tanto deberá existir una constante de proporcionalidad, K. Nomoto da el valor aproximado de esta constante en 4,17 quedando finalmente

$$K' = 4,17 \frac{L Ar}{V} T' \quad (5)$$

Las conclusiones que se han obtenido a partir de esta expresión son:

- La capacidad de giro con la estabilidad de ruta y rapidez de respuesta, no son características in dependientes sino que se relacionan con el tamaño del timón.
- Para no mejorar una condición a costa de la otra

BIBLIOTECA

o viceversa, debe de "jugarse" con A_r (tamaño) y con I'_e , de modo que cualquier variación de las formas del buque, incluyendo colocación de apéndices para mejorar las condiciones de flujo o estabilidad, deben propender un cambio en I'_e .

- Para aumentar simultáneamente la facilidad de giro, la estabilidad de ruta y la rapidez de respuesta, deberá aumentar $\frac{A_r}{L_h}$ o $\frac{L_h^2}{V}$ o ambos, puesto que el variar algo $\frac{L_h^2}{V}$, es casi imposible, el único recurso es el timón.

- K' , T' son independientes de la condición de la maniobra.

Respecto a lo anterior vale decir que experimentalmente se ha comprobado que los índices disminuyen con el aumento de los ángulos del timón, esto se lo atribuye al aumento del coeficiente de atenuación.

1.7. PREDICCIÓN DE COEFICIENTES DE ATENUACIÓN DE GUIÑADA Y DE LOS ÍNDICES DE MANIOBRABILIDAD

La atenuación de los movimientos de guiñada es debida al momento hidrodinámico que actuando sobre el barco se opone al giro del mismo, constituyendo un factor

importante, una atenuación menor conduce a un diámetro táctico menor pero también a una estabilidad de ruta menor y una respuesta más lenta.

Es necesario entonces, poder calcular este coeficiente y al relacionarlo con los índices de maniobrabilidad y características del buque, se vea la influencia de la carena sobre la atenuación de la guiñada.

Sabemos que:

$$K'_{\alpha} \propto \frac{Ar}{Lh Nl}$$

Si se llama $\gamma_{\mathcal{G}}$ al coeficiente adimensional de guiñada:

$$\gamma_{\mathcal{G}} = \frac{Ar}{Lh K'}$$

Si se grafican los valores de $\gamma_{\mathcal{G}}$ Vs. Ar/Lh en función de V/L^2h y B/h se obtiene la figura N° 2,⁽¹⁾ donde se nota que:

- La atenuación disminuye linealmente con el área del timón y la pendiente es prácticamente la misma.
- La atenuación disminuye al aumentar V/L^2h , o sea, mien

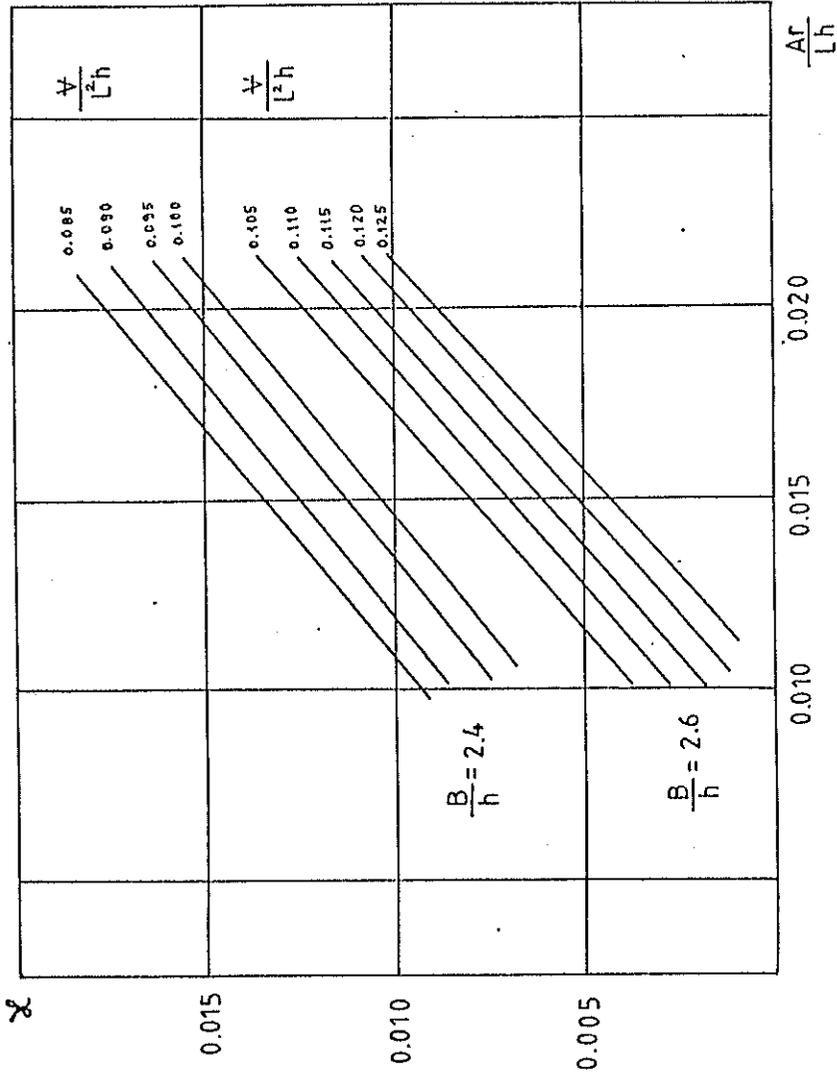


FIGURA N° 2. COEFICIENTE ADIMENSIONAL DE GUIÑADA EN FUNCION DE LA GEOMETRIA DEL TIMON Y LA CARENA 37

tras más lleno es el buque y más grande es B/L cae la estabilidad y es más lenta la respuesta.

Con el gráfico analizado, se puede predecir el coeficiente adimensional de atenuación de guiñada en función de :

$$Ar/Lh, V/L^2h, B/h$$

Al tener λ puedo calcular K' :

$$K' = -\frac{Ar}{Lh\lambda^2}$$

Una vez que K' se calcula, puedo determinar T'

$$K' = 4,17 \frac{L Ar T'}{V}$$

Y con esto, la maniobrabilidad del barco.



Según Antonio Baquero (2) , los requerimientos básicos que la maniobrabilidad de un barco debe cumplir son:

1. Mantener el rumbo con suficiente precisión y mínima acción sobre el timón.
2. Iniciar rápidamente un cambio de rumbo.
3. Cambiar rápidamente el rumbo con pequeños ángulos de rebasamiento y pequeñas derivas.
4. Eficiencia en la maniobra de giro estable, con pequeños valores del diámetro de evolución, avance y desviación.
5. Acelerar y parar rápidamente, manteniendo un buen control del buque.
6. Capacidad de maniobrar para entrar o salir en puerto, adelante o atrás, a baja velocidad y sin la necesidad de remolcadores.

De estas cualidades, las que afectan directamente al proyecto del timón, se pueden resumir en tres:

1. Buena capacidad para mantener el rumbo.

2. Rapidez de respuesta al timón, satisfactoria

3. Buen comportamiento en el giro.

La capacidad para mantener el rumbo se considera la más importante, pues una adecuada estabilidad en este sentido, disminuye el uso del timón y favorece la economía y la velocidad del buque. Si la estabilidad de ruta y la rapidez de respuesta del conjunto carena - timón son buenas, es poco probable que el buque tenga problemas para mantener el rumbo con pequeñas desviaciones; si el caso es contrario, mala estabilidad y respuesta lenta, es muy probable que la perturbación del flujo producido por la hélice sea causa su ficiente para un comportamiento inestable.

De acuerdo al servicio, tráfico y tamaño del barco, se determinan las características cualitativas de maniobrabilidad y luego se relacionan estas cualidades a ci fras que se puedan utilizar como base para el dise ño del timón. Generalmente son relaciones adimensionales de magnitudes físicas medidas en determinadas ma niobras tipo.

La estabilidad de rumbo, está relacionada con algunos

de los índices presentados y puede medirse por el T' obtenido en maniobras de Zig-Zag de $10^\circ - 10^\circ$ (el índice T' es también buen parámetro de la rapidez de respuesta).

Para obtener el valor de T' usamos la expresión(5)

$$T' \approx 0,24 \frac{V}{L Ar} K' = 0,24 e_r$$

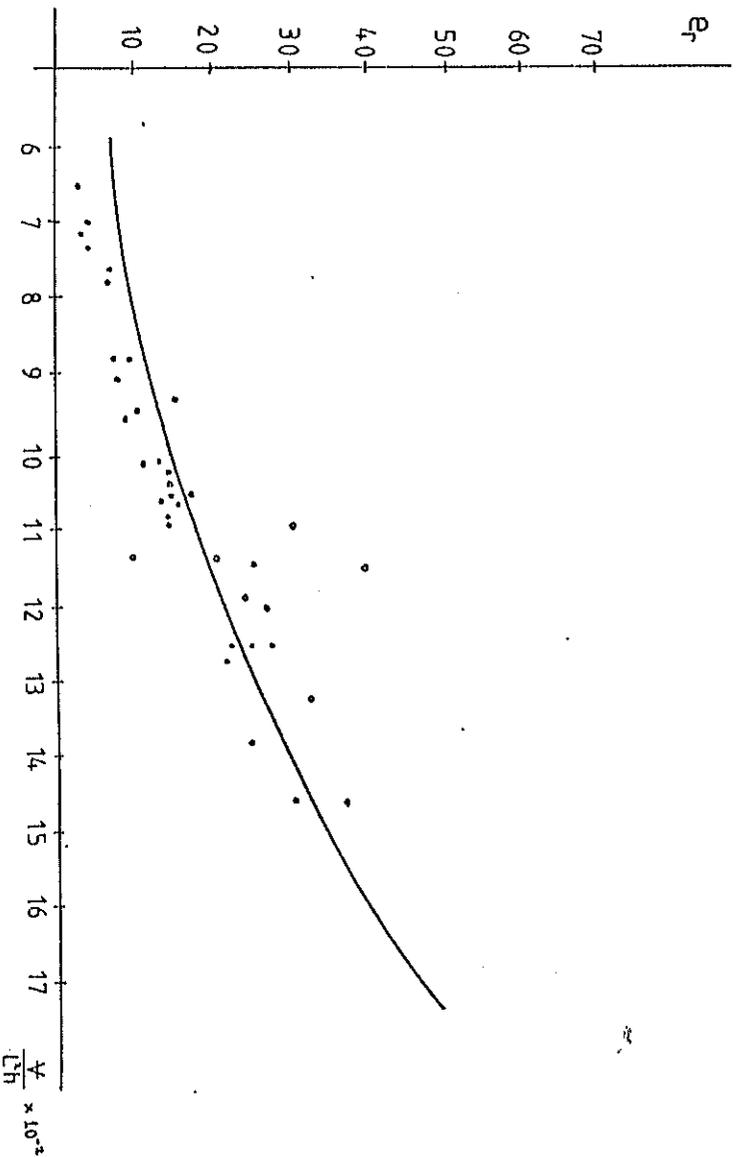
Siendo:

$$e_r = \frac{V K'}{L Ar}$$

Por lo tanto e_r es también una medida de estas características. Habiendo planteado una forma de predecir K' , podemos pre-establecer un valor para e_r , es decir las posibles características de la maniobrabilidad, el criterio establecido indica que cuanto mayor es e_r , menos estable es el buque; en la figura N^o 3, se encuentran ploteados los datos de 39 buques mercantes, se grafica

$$e_r \quad V_s \frac{V}{L^2 h}$$

(estos datos son resultados de la experiencia y observaciones continuas) ⁽¹⁾ y; nos dan valores usuales de e_r



para barcos más o menos finos. Sin embargo de esta ayuda, no se ha podido determinar el valor límite de e_r , lo aconsejable es, que las características del nuevo diseño tengan una estabilidad similar o mejor que la de los prototipos ya construídos.

La curva propuesta para e_r debe cumplir con:

- Ajustarse más a los valores de e_r para $\frac{v}{L^2 h}$ alrededor de 0.11.
- Tomar los valores más bajos de e_r , para los buques más inestables ($v/L^2 d > 0,12$)
- Exigir los valores más altos de e_r a lo "normal" para los buques más estables ($v/L^2 d < 0,10$)

De esta manera se tiene un intervalo $v/L^2 d$ "Seguro" para buques llenos, medios y finos. Habiendo determinado un valor de e_r , queda por diseñar la forma adecuada del timón que corresponda al valor de e_r . Recordemos que:

$$e_r = \frac{v}{A_r} K'$$

Donde:

$K' = f$ (geometría de carena y timón).

2.2. CAPACIDAD DE GIRO

El comportamiento en el giro se puede medir por muchos parámetros, el más utilizado es la relación de diámetro táctico/eslora (para un ángulo de 35°), el índice K' también es una buena medida de este comportamiento, pero no hay datos de K' obtenidos en giros con grandes ángulos de timón. Sin embargo hay datos estadísticos para predecir el diámetro táctico a partir de las características geométricas del timón y la carena.

Para determinar la relación D_t/L ($\delta = 35^\circ$) usamos la expresión:

$$\frac{D_t}{L} = 1,942 K_3 K_V \frac{V}{L A_r} \quad (K \text{ Nomoto})$$

$$K_V = 0,575 + 0,425 \frac{V}{L}$$

K_V = coeficiente de corrección para velocidad.

$$K_3 = f(V/L^2 h, B/h)$$

El valor K_3 se obtiene a partir de datos estadísticos,

Nomoto presenta los valores de K_3 en la figura N°4.

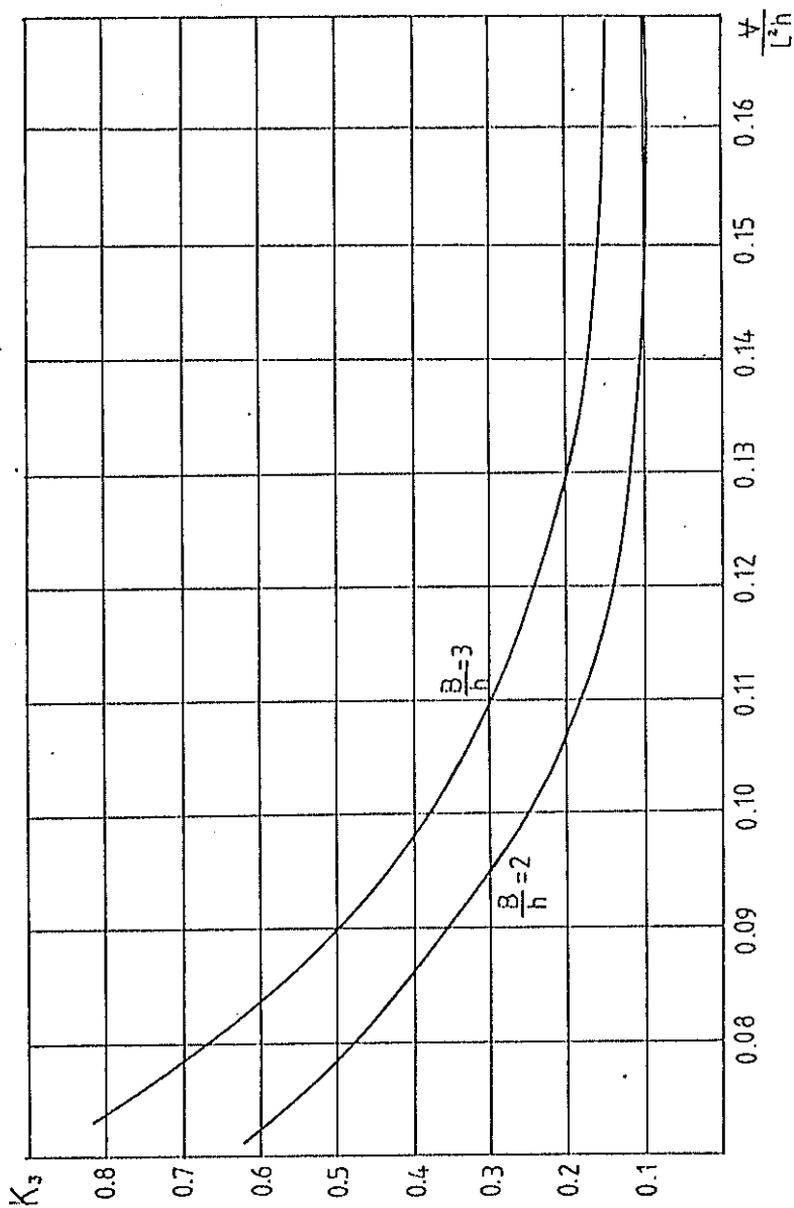
Respecto a los valores que debería alcanzar la relación diámetro táctico/eslora para $\delta = 35^\circ$ en un determinado barco, Antonio Baquero ⁽²⁾, propone lo siguiente:

- Para buques rápidos o aquellos que necesitan una maniobrabilidad especialmente buena, $Dt/L = 3,25$.
- Para buques mercantes, $Dt/L = 4,5$; siendo esto el máximo valor.
- Valores mayores de 7,0 no es bueno en ningún caso.

2.3. AREA DEL TIMON

El primer paso al proyectar el timón es la fijación del área. Luego teniendo en cuenta la posición de la hélice, forma del codáste y otros criterios, se determinan las demás características del timón, esto es, tipo y disposición. Además el alargamiento y la forma (con libertad, más restringida), el último paso es la elección del perfil y por lo tanto la última opción para introducir algún cambio en la -

BIBLIOTECA

FIGURA N° 4. VALORES DE K_3 PARA DETERMINAR LA RELACION Dt/L

eficiencia del sistema.

Al ser el área el paso primario, es sin duda la mayor opción con que cuenta el Ingeniero Naval para conseguir buenas condiciones de maniobrabilidad. En las secciones anteriores hemos asignado a e_r y a la relación Dt/L , la cualidad directa de determinar una buena maniobrabilidad del barco.

Teniendo fijo el valor de e_r y sabiendo que:

$$\delta = \frac{v}{L^2 h e_r}$$

Se determina δ y luego en la figura N°- 2, entrando con δ , $v/L^2 h$ y B/h obtenemos Ar/Lh , adoptamos esta relación como Ar_e/Lh y de este modo, es cuestión de multiplicar por Lh para obtener Ar_e (diremos que esta es el área efectiva necesaria), este valor corresponderá a una adecuada estabilidad de ruta y rapidez de respuesta, la relación entre el área efectiva y la real es:

$$\frac{Ar_l}{Ar_e} = \frac{0,469 + 0,674 Ar_e/b^2}{0,467 + 0,357 Dh/b^2}$$

Donde:

b es la envergadura del timón

D_h es el diámetro de la hélice

De esta manera se obtiene A_{r1} , que será el área real del timón para una estabilidad racional de ruta. En el proceso anterior se ha partido de λ (que establece condiciones de estabilidad de ruta y rapidez de respuesta) y se ha llegado al valor correspondiente de A_{r1} , por esto el nombre que se le asignó.

Toca ahora determinar el área real para un comportamiento adecuado en el giro, esto es, A_{r2} ; para el efecto, partiremos ahora de D_t/L que es el parámetro condicionante para esta maniobra. Fijando D_t/L puedo determinar A_r y luego utilizando la relación conocida, poder determinar A_{r2} , habiendo establecido los valores de las áreas, procederemos a escoger el mayor de los dos. Podría ocurrir que esta área no se ajuste a las condiciones de espacio del proyecto, pero en todo caso hay dos valores para llegar incluso a una situación de compromiso.

2.4. PREDICCIÓN DE INDICES DE MANIOBRABILIDAD

Una vez fijada el área de timón adecuada, se puede

de reencontrar los índices de maniobrabilidad correspondientes y con ello, saber como es el comportamiento del barco.

H. Shiba dá gráficos que permiten predecir las relaciones avance/eslora y alcance/eslora, así como la pérdida de velocidad en el giro.

De este modo, con los coeficientes se podrá evaluar en forma general, el desenvolvimiento del buque en las maniobras que ejecute y si se encuentra que estas características son pobres, habrá que buscar nuevamente el área más conveniente o tratar de analizar una solución particular al buque, tales como timones especiales, dispositivos correctores de flujo y estabilidad, etc.

2.5. ALARGAMIENTO

La máxima restricción para el timón está determinada por las formas del casco. Como manifiesta A. Rodríguez Rubio: En el trabajo "estado actual de las investigaciones sobre maniobrabilidad del buque en aguas libres" . " Su máxima envergadura es-

tá limitada por la distancia vertical desde el - punto de calado máximo, permitido por las condiciones de navegación o entrada a dique, hasta la parte baja de la bovedilla o la carena situada inmediatamente encima del timón". Con esto, también deberá tenerse en cuenta que la raíz del timón quede sumergida y que el borde de entrada esté alejado del propulsor.

El alargamiento del timón se define por:

$$a = \frac{b^2}{A_r}$$

b = ancho del timón

A_r = área total del timón (parte móvil)

A continuación se presentan algunos criterios probados experimentalmente, sobre la influencia de "a" - sobre las características hidrodinámicas del timón. La variación del alargamiento hace que el máximo de la curva del coeficiente de sustentación(C_L) cambie hacia valores mayores o menores del ángulo de ataque.

Para un alargamiento "grande" C_L será mayor para ángulos del timón "pequeños", esto es favorable para



ra mantener el rumbo puesto que solo se utilizarán ángulos menores. Debe tenerse en cuenta que un aumento en el alargamiento también produce una separación prematura en el flujo y por esto, lo que es beneficioso para mantener el rumbo puede ser perjudicial en una maniobra de giro a grandes ángulos, en la figura N^o 5 (tomada de referencia 3.) - muestra el efecto antes indicado.

Cuando el timón está trabajando, su raíz está siempre más o menos cercana a la superficie del casco, esto hace que el flujo a través de la raíz se vea más o menos dificultado, lo que se traduce en un comportamiento del perfil correspondiente no a su verdadero alargamiento, sino a otro mayor; por esta razón es que se trata de encontrar la forma de aumentar el alargamiento efectivo de un timón - sin modificar su alargamiento geométrico real con el llamado efecto de espejo de la carena. Esto es, el caso límite en el que el perfil esté adosado a la superficie del casco sin claro entre ambos, el perfil equivalente al real sería, éste más su imagen reflejada en el casco como si fuera un espejo. El alargamiento de tal perfil (alargamiento efectivo) sería en este caso el doble del alargamiento

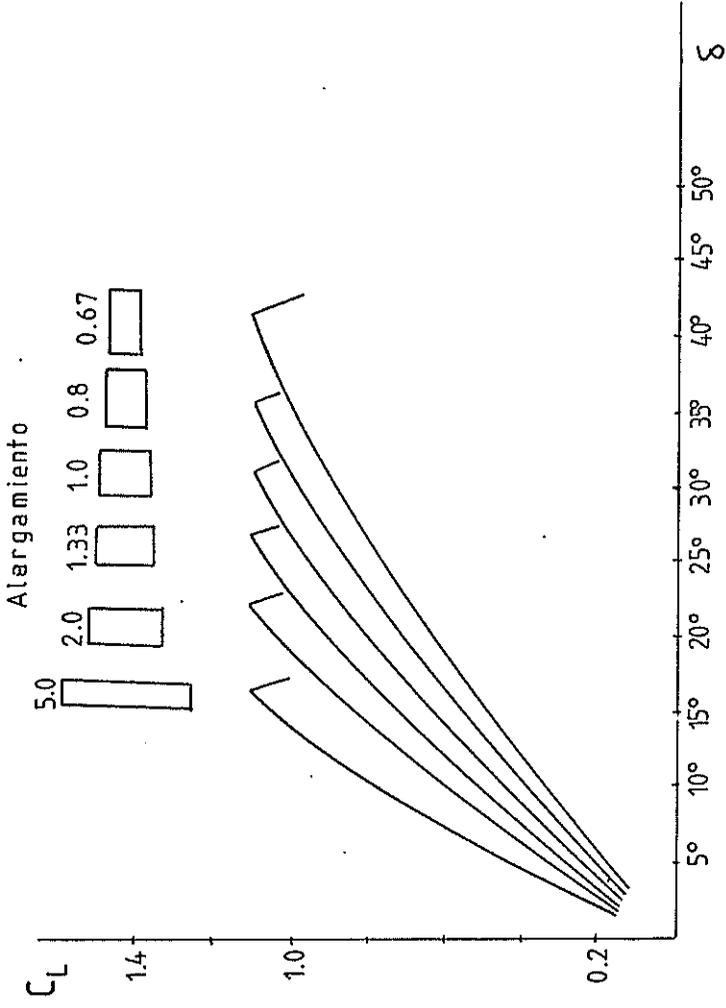


FIGURA N° 5. EFECIO DEL ALARGAMIENTO SOBRE LA SUSTENTACION

to geométrico del perfil real.

En realidad al caer la caña, por la forma misma del casco, se pierde el efecto de espejo y disminuye - desde 1,9 o menos para ángulos pequeños, hasta hacerse igual al geométrico para ángulos mayores.

El efecto del alargamiento sobre el centro de presión es aún poco conocido, en tanto esto sea aclarado, la fórmula de Joessel sigue siendo la herramienta de trabajo común.

2.6. FORMA DEL TIMON

La forma del contorno, generalmente, tiene poca influencia en la efectividad del timón, pudiendo ser: rectangular, trapezoidal o incluso elíptico sin influir sobre la estabilidad de ruta y capacidad de giro.

Gawn, dá resultados experimentales sobre formas especiales para buques de guerra y mercantes y se indica que practicamente no existe ningún efecto.

Whicker y Fehlner estudia la influencia de la forma de

la punta. Se han comparado, cuadradas y redondeadas - con arcos de circunsferencia. Con punta cuadrada aumenta C_L máximo y por tanto mayor ángulo para el desprendimiento. Sin embargo la resistencia también es mayor.

Dado a un mal reparto de presiones, el timón trapezoidal es inferior hidrodinámicamente al rectángular. El timón trapezoidal tiene el centro de presiones más alto, lo que traduce un menor momento sobre la mecha, sin embargo el centro de presiones no coincide con el centroide del área (esta más abajo), lo que hace que la reducción del momento no sea tan grande.

La forma de la sección del timón es normalmente un perfil aerodinámico simétrico. La relación espesor/cuerda es importante, siendo las más pobres para placas planas. La sección de un timón rectángular necesita un 20 % más de anchura que la trapezoidal, lo que nos lleva a una mayor relación espesor / cuerda, sin embargo Thieme deduce que para altos valores de esta relación se obtienen mayores características hidrodinámicas. Como conclusión podemos decir que casi todos los timones que operan, tienden a ser rectángulares.

2.7. COMPENSACION

Si el centro de presión no variara con el ángulo - de ataque, la posición óptima de la mecha sería - unos centímetros a proa de este punto. Sin embar- go, en la mayoría de los timones, el centro de presión se desplaza hacia popa al aumentar el ángu- lo de ataque, esto ha dado la pauta que para redu- cir el valor del momento torsor máximo, el timón debe proyectarse de modo que para un cierto ángulo (del timón) el par sea nulo. Debe tenerse en cuenta que si se exagera esta condición, al tratar de lograr nulidad del par torsor para ángulos mayo- res, con lo que se lograría un menor momento tor- sor máximo, en cambio, los problemas para mantener el rumbo serían mayores. Para obviar el hecho de que para ángulos del timón igual a cero habría un equilibrio estable de acuerdo a la condición del Proyecto, se recomienda que para este ángulo los timones tengan un equilibrio indiferente. En resu- men, se puede afirmar que el problema de la compensación no está completamente solucionado.

Los cuatro tipos fundamentales de timón son:

- Timón de pala simple completamente móvil (Fig.Nº 6.a).

- Timón compensado con estructura fija (Figura N^o 6b).
- Timón semicompensado (figura N^o 6c).
- Timón completamente móvil con flaps (figura N^o 6d).

El último es utilizado solamente en casos particulares debido a su mayor complejidad y costo de construcción y mantenimiento.

En términos generales el primero es el mejor hidrodinámicamente, a pesar de producir grandes momentos sobre la mecha. Como en buques grandes esto acarrea el uso de mechas muy robustas y además las características de estabilidad son importantes, lo que se ha hecho es dividir al timón en una estructura fija (para satisfacer la estabilidad) y una móvil (para dar la manejabilidad necesaria), por ello cuando sea posible, se prefiere el timón semicompensado aunque el claro horizontal entre las partes móvil y fija también disminuye la efectividad del timón.

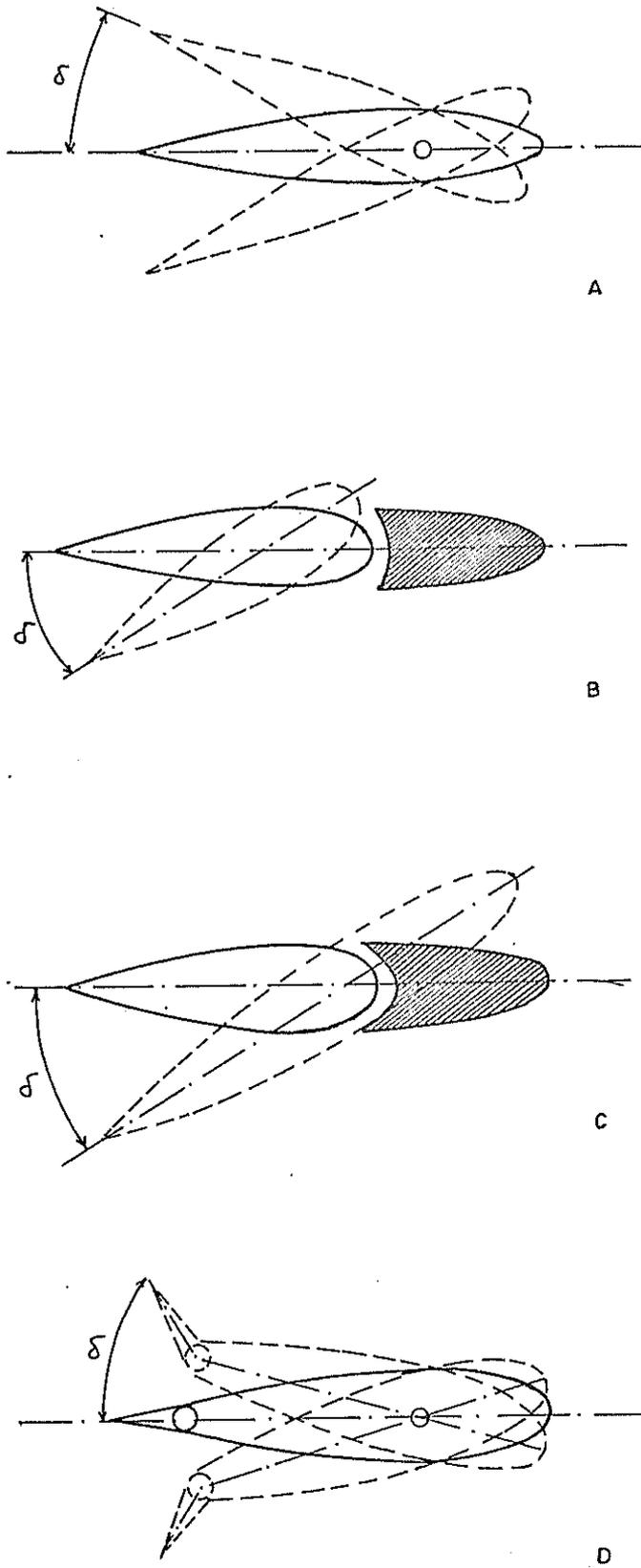


FIGURA N^o 6. TIPO DE TIMONES



C A P I T U L O I I I

CALCULO DE LA FUERZA Y EL MOMENTO SOBRE EL TIMON

3.1. CORRECCION DE LOS COEFICIENTES POR ALARGAMIENTO

Para evaluar la fuerza sobre el timón y el momento, - que hay que aplicar para moverlo, utilizamos las fórmulas de Jossel.

$$F = \frac{4,6 K A_r V^2 \text{ Sen}\alpha}{0,39+0,61 \text{ Sen}\alpha}$$

$$X/C = 0,195 + 0,305 \text{ Sen}\alpha$$

K = Factor de reducción, (se estila 0,6)

X/C = Posición del centro de presión (desde el borde de ataque).

Jossel no es la única alternativa, pero es la más - práctica y la de mejor opción.



En la actualidad se han perfeccionado métodos de cálculo utilizando datos obtenidos de las pruebas con alas en túneles aerodinámicos, esto conduce a mejores resultados y por tanto, es más utilizado.

En general, la fuerza normal sobre el timón se puede llevar a un coeficiente adimensional.

$$CN = \frac{F}{\frac{1}{2} \rho A_r V_e^2}$$

La fuerza F es la suma de las fuerzas de sustentación y arrastre que traducido a coeficiente sería:

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho A_r V_e^2}$$

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho A_r V_e^2}$$

Por lo tanto:

$$CN = C_L \cos \alpha + C_D \operatorname{Sen} \alpha$$

α es el ángulo de ataque del timón

A_r área del timón

V_e velocidad del equivalente

Si tomamos momentos respecto de un punto a un cuarto de la cuerda ($c/4$) del borde de entrada, y siendo x la distancia desde dicho borde al centro de presión, tenemos:

$$M_{C/4} = F (0.25 C - X)$$

que también se puede adimensionalizar:

$$C_{M(C/4)} = \frac{F(0.25 C - X)}{\frac{1}{2} A_r V_e^2 C}$$

Los coeficientes C_L , C_D y $C_{M(C/4)}$, son obtenidos en túneles aerodinámicos para series de perfiles, y los resultados pueden utilizarse para determinar las "incógnitas" F y X . Pero este método tiene algunos inconvenientes que hay que tener en cuenta, por esto se hacen correcciones y consideraciones.

Los datos aerodinámicos se obtienen con alas de alargamiento igual a la unidad cuando en realidad los típones lo tienen mayor. Para poder obtener C_L , C_D y $C_{M(C/4)}$ para un ala de cualquier alargamiento a partir de las primeras, se usa la teoría de alas finitas de Prandtl,

es decir: "Toda ala con la misma sección, sea cual fuere su alargamiento, tienen el mismo C_L si sus ángulos de ataque efectivo son iguales".

El ángulo de ataque efectivo es función del alargamiento y del ángulo de ataque real:

$$i = \alpha - \frac{C_L}{\pi a}$$

Si aplicamos el enunciado anterior, sabiendo los valores de C_L y los ángulos de ataque θ para $a = 1$, obtendremos los valores del ángulo de ataque correspondiente para perfil de alargamiento $\neq 1$

$$\alpha = \theta + \frac{C_L}{\pi} \left(\frac{1}{a} - 1 \right)$$

El coeficiente de resistencia es la suma de la resistencia del perfil y la resistencia inducida.

$$C_D = C_{D0} + C_{DI}$$

El Coeficiente C_{DI} es función del C_L y de a

$$C_{DI} = \frac{C_L^2}{\pi a e_0}$$

a = alargamiento

$e_0 = 0,9$ es un factor de eficiencia

El coeficiente de resistencia del perfil sólo es función de las características geométricas y no varía ni con C_L ni con a .

Es decir, al tener el valor de C_D para un ala de alargamiento unitario el nuevo valor para un ala de alargamiento diferente de 1 será:

$$C_{Dc} = C_D + \frac{C_L^2}{\pi e_0} (1/a - 1)$$

Para predecir la variación del coeficiente $C_{MC/4}$, se utilizan métodos empíricos, dado que no hay precisión en un cálculo teórico que sea conocido y si lo hay es incompleto.

Shiba presenta en la Ref. (4), la influencia del alargamiento y del deslizamiento de la hélice sobre la posición del centro de presión, expresada en porcentaje de la cuerda y de acuerdo a esto la posición del centro de presión para un alargamiento a y un deslizamiento s es:

$$\frac{X}{C} = \left(\frac{X}{C}\right)_0 + \Delta\left(\frac{X}{C}\right)_a - \Delta\left(\frac{X}{C}\right)_s$$

$(X/C)_0$ = posición relativa correspondiente a aguas libres y alargamiento unidad.

$\Delta\left(\frac{X}{C}\right)_a$ = es el incremento debido al alargamiento

$\Delta\left(\frac{X}{C}\right)_s$ = decremento debido al deslizamiento

El valor de $(X/C)_0$ se puede obtener a partir de los coeficientes C_L , C_D , $C_{Mc/4}$ y los demás de los gráficos 7 y 8, dados justamente por H. Shiba.

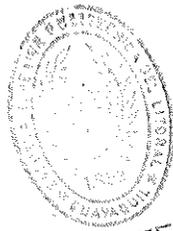
3.2. CORRECCION DE LOS COEFICIENTES POR AFINAMIENTO

Como se determinó anteriormente, los timones más utilizados son los rectangulares y luego las trapezoidales, de modo que sobre ellos se hace más énfasis. (timones más complicados se pueden descomponer en partes rectangulares y trapezoidales).

Las características geométricas que definen un timón trapezoidal son el alargamiento y el afinamiento.

$$a = \frac{b^2}{A_r} \quad t_m = \frac{\text{cuerda en la punta}}{\text{cuerda en la raíz}}$$

Al haber estudiado la variación de los coeficientes de fuerza y momento con respecto al alargamiento, nos toca ver la variación con el afinamiento.



BIBLIOTECA

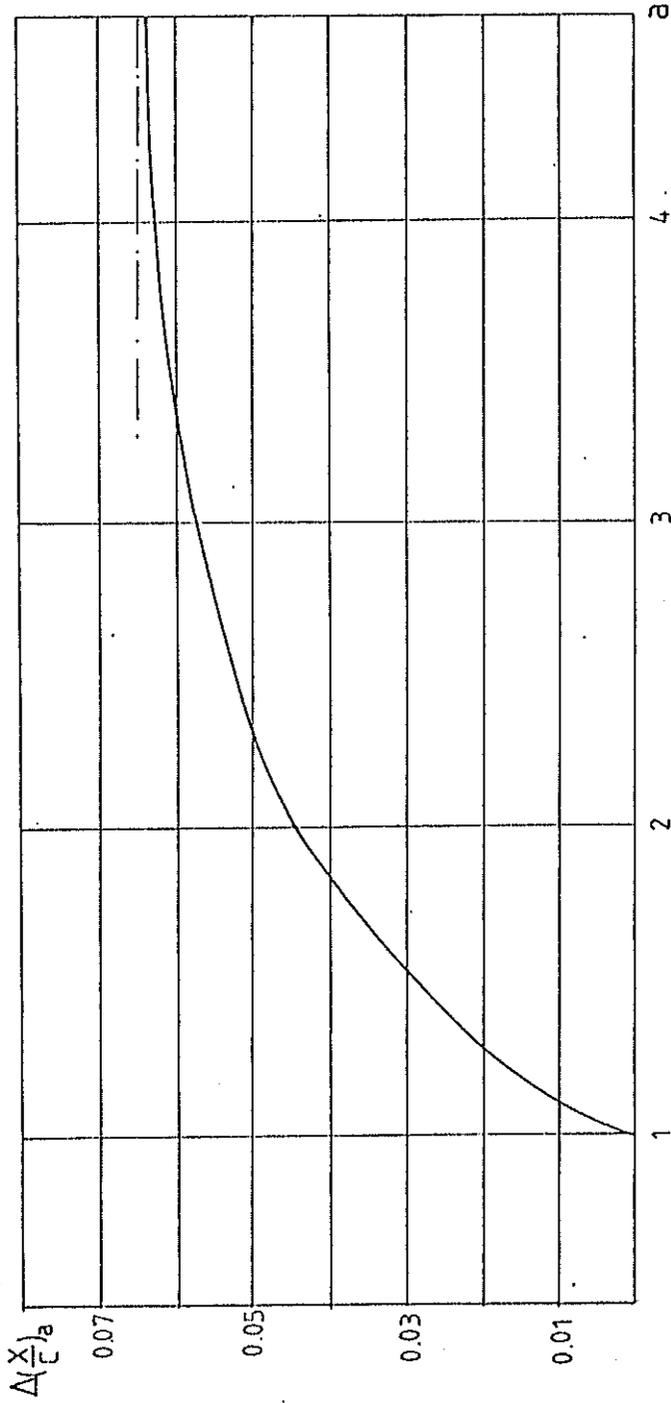


FIGURA N° - 7. VARIACION EN LA POSICION DEL CENTRO DE PRESION DEBIDO AL ALARGAMIENTO.



BIBLIOTECA

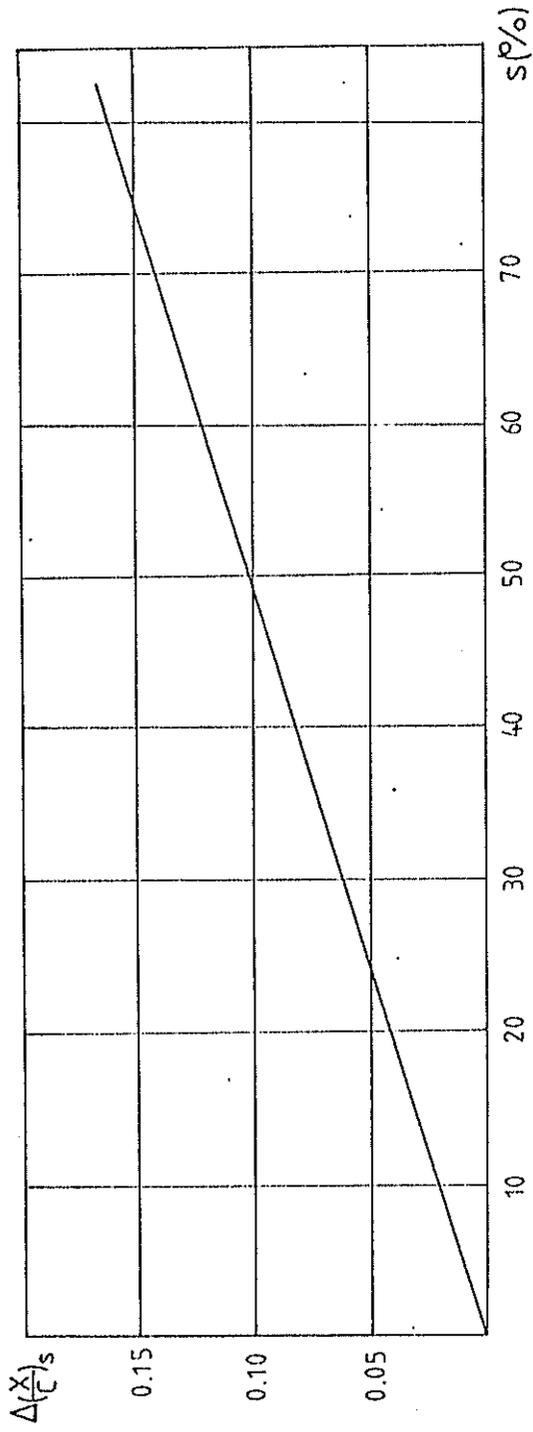


FIGURA Nº 8. VARIACION EN LA POSICION DEL CENTRO DE PRESION DEBIDO AL DESLIZAMIENTO

En todo cuerpo, buque o perfil, con o sin ángulo - de ataque se origina una fuerza que es normal tan to a la sustentación como al avance, esta fuerza - se la conoce como fuerza transversal o resistencia por flujo cruzado, que al hacerla adimensional dará el coeficiente de resistencia por flujo cruzado - (C_{DR}), los coeficientes de arrastre y sustentación están relacionados a C_{DR} por:

$$C_L = C_{LO} + \frac{C_{DR}}{a} \alpha^2$$

$$C_D = C_{DO} + \frac{C^2 L}{\pi a e_0}$$

α = ángulo de ataque

Debido a que la corrección por afinamiento, consis te en una modificación de C_{DR} , entonces las modifi caciones para C_L y C_D serán en función de este coe ficiente, así tenemos:

$$\Delta C_L = \frac{\Delta C_{DR}}{a} \alpha^2$$

$$\Delta C_D = \frac{(C_L + \Delta C_L)^2 - C_L^2}{\pi a e_0}$$

C_{DR} se puede estimar, por su relación con el afi namiento, de acuerdo a la ecuación.

$$C_{DR} = C_{DR1} - 1,6 (1-t_m)$$

C_{DR1} = coeficiente de resistencia por flujo cruzado para un timón cuadrado.

3.3. INFLUENCIA DEL NUMERO DE REYNOLDS

En los timones reales los números de Reynolds suelen ser del orden de 10^6 a 10^9 . Los datos aerodinámicos de perfiles que se han publicado no sobrepasan Reynolds de 10^6 , lo que es debido a las limitaciones de potencia de los túneles de medida.

Si bien se han presentado curvas que muestran la variación de C_L , C_D y de las posiciones del centro de presión, con respecto al número de Reynolds; la única conclusión, es que, la variación es particular para cada tipo de perfil, de modo que no se pueden establecer reglas generales, el inconveniente adicional es que el rango que cubren, es para número de Reynolds pequeños.

Tampoco se conoce de algún método teórico que permita evaluar la influencia del número de Reynolds.

La mejor solución es tomar los coeficientes que corresponden al mayor número de Reynolds para el que -

se haya podido hacer la medida, que será el más próximo al real.

3.4. VELOCIDAD EQUIVALENTE

La velocidad en la estela de la hélice no es uniforme, por lo que, si se desea utilizar los coeficientes adimensionales de fuerza y momento, tendremos que elegir una velocidad equivalente, se recomienda utilizar:

$$V_e = A V_s (1 + s)$$

$$s = 1 - \frac{v_s (1-w)}{np}$$

s = resbalamiento de la hélice

V_s = velocidad del buque

n = RPS del propulsor

P = paso del propulsor

A = coeficiente

W = coeficiente de estela

El coeficiente A depende, de cuanto está el timón metido en la estela de la hélice y varía entre 0.8 y 1.0.

Cuando el buque está dando marcha atrás, ya no sirve

esta expresión, pues el timón no recibe a través del agua toda la velocidad que comunica la hélice.

Teniendo en cuenta la teoría del funcionamiento de la hélice, se puede suponer que la velocidad inducida - por el propulsor, en este caso es igual a la mitad - de la velocidad total inducida, por ello entonces para esta condición se toma:

$$V_e = A V_s \left(1 + \frac{s}{2}\right)$$

Con V_s y s a los valores correspondientes.

3.5. ANGULO DE ATAQUE DEL TIMON

Tampoco el ángulo de ataque del fluido respecto al timón es constante, pues varía de sección a sección. Incluso si se toma un ángulo de entrada medio, este dependerá, para cada ángulo de timón, del tipo de maniobra.

P. Mandel ha propuesto una fórmula que permite relacionar el ángulo de ataque equivalente durante maniobras de giro estacionario:

$$\alpha = \delta - \text{tg}^{-1} \left(\text{tg} \left(22,5 \frac{L_i}{R} + \frac{L}{2R \cos(L/R)} \right) \right) (1-J)$$

R = radio de giro

J = avance de la hélice

Existen criterios más simples como el de A. Taplin - que consiste en:

$$\alpha = \frac{5}{7} \delta$$

δ = ángulo del timón

En la primera fórmula existe el inconveniente que es restringida a maniobra "estacionaria", o sea que se puede exceder el valor de α para maniobras que no sean de este tipo.

Con la segunda relación el autor, asegura que este problema se lo obvia.

Luego de tener en cuenta las correcciones anteriores, se puede usar C_L , C_D y $C_{Mc}/4$, para determinar los valores de las fuerzas y momentos sobre el timón para cada ángulo del mismo que se considere.

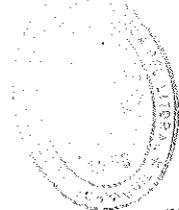
3.6. VELOCIDAD DE GIRO DEL TIMON, POTENCIA DEL SERVO

Desde la primera expresión, ecuación (2), que se plantea para ir encontrando los coeficientes de maniobrabilidad, se puede apreciar que existe la variación del ángulo del timón con el tiempo. La velocidad con que se mueve, influye entonces, en las características de maniobrabilidad del buque.

En general, mientras más grandes sean los valores de V/L , más influencia tendrá la velocidad de giro del timón en la maniobrabilidad. Por otra parte, si un buque tiene buenas características de estabilidad de ruta y rapidez de respuesta, estará relacionado con una adecuada velocidad de giro del timón.

Respecto de esta influencia, H. Eda y C. L. Crane ⁽⁵⁾, realizaron experiencias con modelos de buques, como resultado de estos ensayos, se llegó a expresiones similares a las de K. Nomoto y proponen la siguiente ecuación para calcular el valor de la velocidad de giro del timón.

$$\dot{\delta}_m = 23,97 \ V/L$$



BIBLIOTECA

$\dot{\alpha}_m$ = velocidad mínima de giro del timón (grados/segundos)

V = velocidad del buque en nudos

L = eslora en metros

Una vez determinada la velocidad de giro del timón, la potencia del servo se puede calcular por el producto del momento sobre la mecha con la velocidad, teniendo en cuenta el rendimiento.



C A P I T U L O I V

PROGRAMA DE CALCULO

4.1. DESARROLLO DEL PROGRAMA

Se inicia el programa, asignando las dimensiones necesarias, para las variables que se utilizan.

Los primeros datos que se han de introducir son: eslora, manga, calado, velocidad de servicio, diámetro - de la hélice, paso, revoluciones por minuto y el coeficiente de estela.

A continuación se introduce envergadura del timón, área máxima que se puede adoptar para el timón. El comportamiento que se espera tenga el buque en la maniobra de giro, representado por un cierto valor.

A la variable M se le podrá asignar un valor de uno o dos, según exista o no el efecto de espejo, respectivamente.

El afinamiento está asignado a la variable TAPER, que para el caso del timón rectangular es uno.

Si el rendimiento para el servo no se da, el programa le asigna el valor de 0.8.

A través de la variable IPER se selecciona el tipo de perfil que se desee utilizar.

La variable ACC representa el coeficiente de interacción hélice - Timón.

Si para la relación de compensación no se introduce dato alguno, entonces el programa le asigna el valor dado por el criterio de FUJI.

La variable KOP, solamente puede tener dos valores - (1,2), en el primer caso, se escoge como área para el timón, la máxima que se introdujo como dato y para la segunda opción el programa escogerá lo que resulte de los criterios de maniobrabilidad.

La variable IS puede tener valor de uno o cero y esto sólo hace que el programa imprima como salida los datos intermedios de los cálculos, en el caso de que IS sea 1, o que no los imprima si es cero. Los

valores a través de los cuales, la variable IPER se lecciona los coeficientes correspondientes al perfil - elegido son:

IPER	PERFIL
1.....	NACA 0015
2	NACA 0025
3	JFS 58 TR 15
4	JFS 58 TR 25

En el programa se puede utilizar, introduciendo los datos, algún perfil que se quiera emplear.

Con todos los datos asignados comienza el cálculo, primero para fijar las características geométricas del timón.

A fin de determinar el área necesaria para la estabilidad de ruta se necesita definir gráficos implicados que nos permiten obtener

$$\frac{A_{re}}{Lh} = f (H, V/L^2h, B/h)$$

La definición del primer gráfico es:



$$\frac{Ar^e}{Lh} = \frac{1}{0,85} \delta^e + 0,2 \frac{V}{L^{2h}} + 0,0065 \frac{B}{h} - 0,0333$$

y corresponde a la figura N° 2 .

De aquí vemos que necesitamos e_r , para ello, la de finición del gráfico N° 3, es:

$$e_r = 2250 \left(\frac{V}{L^2_d} \right)^{2,2}$$

y tal como se explicó, utilizando la relación

$$\frac{Ar_1}{Ar^e} = \frac{0,469 + 0,674 \frac{Ar^e}{b^2}}{0,647 + 0,357 \frac{Dn}{b}}$$

El programa calcula Ar_1 .

El valor por el cual la variable GIRO establece el diámetro táctico necesario, puede ser:

GIRO	Comportamiento en el giro	(Dt/L necesario)
1	Especialmente bueno	(3,25)
2	Muy bueno	(3,75)
3	Bueno	(4,50)
4	Normal	(5,25)
5	Pobre	(6,00)
6	Malo	(6,75)

Con este valor como punto de partida y utilizando lo indicado en 2.3., se obtiene la relación $Ar_2/1H$ necesaria para este giro, para ello se utiliza la definición de la figura N°- 4.

$$K3 = B/H \left(\frac{0,0613}{V/L^2H} + 2,5928 \frac{V}{L^2H} - 0,7529 \right)$$

Obtenido Ar_1 y Ar_2 , el programa compara y como se dijo se escoge el mejor, este valor a su vez lo compara con el de límite del área (que es dato) con lo que se determina el área a imprimirse.

Se pasa ahora a fijar los valores del alargamiento, teniendo en cuenta el efecto de espejo, si lo hay. Estos valores corresponden a los once ángulos de ataque considerados en el programa. Si existe efecto de espejo se considera que el alargamiento para $\delta = 0^\circ$ es 1,9 veces el geométrico y para $\delta \geq 35^\circ$ es el mismo, variando linealmente para ángulos intermedios.

El programa ahora determina la relación de compensación, si ya es introducida como dato, se adopta este valor, si no se utiliza la relación de FU_i :

$$COMP. = 0,314 \sqrt{CB} - 0,1135 CB + 0,078$$

Se calcula además la cuerda media y la distancia de la mecha al borde de salida.

Con las características geométricas encontradas, ahora el programa predice las características de maniobrabilidad que se tendrían.

Primero encuentra el diámetro táctico, con el proceso inverso al utilizado cuando determinó Ar_2 . Luego hace predicciones del avance y pérdida de velocidad en el giro, utilizando las definiciones matemáticas dadas por H. Shiba.

$$\frac{\text{Avance}}{L} = (0,06875 - 0,0625 C_B) \frac{Lh}{Ar} - 1,25 C_B + 2,15$$

$$\frac{V_{\text{giro}}}{V_{\text{prox.}}} = 1 - (1,48 C_B + 0,037) e^{-(1,0725 C_B - 0,4105) \frac{Dt}{L}}$$

Ahora calcula los parámetros de estabilidad e_r , \mathcal{L} , K' y T' . Primero utilizando el área efectiva, determina el valor de \mathcal{L} por medio de la fórmula ya conocida, con esto, determina e_r , K' y para calcular T' , la expresión que ya vimos.

$$K' = 4,17 \frac{L Ar}{V} T'$$

Con estos cálculos hechos el programa imprime los resultados más importantes hasta ahora obtenidos e imprime, apreciaciones cualitativas del comportamiento del barco en maniobras.

La primera es para el giro y escribè:

Comportamiento en el giro		Dt/L
Especialmente bueno	Si	$\leq 3,5$
Muy bueno	Si	3,5 - 4,125
Bueno	Si	4,125-4,875
Normal	Si	4,875-5,625
Pobre	Si	5,625-6,375
Malo	Si	6,375-7,250
Muy malo	Si	$\geq 7,250$

La otra apreciación es para la estabilidad de ruta y rapidez de respuesta, en base a T'.

Estabilidad de ruta		T'
Buena	Si	$\leq 1,5$
Suficiente	Si	1,5 - 2,5
Pobre	Si	2,5 - 6,0
Probable inestabilidad	Si	$\geq 6,0$

Rapidez de respuesta

Rápida	Si	\leq	1,5
Suficientemente rápida	Si		1,5 - 2,5
Lenta	Si		2,5 - 6,0
Muy lenta	Si	\geq	6,0

Los parámetros anteriores se han obtenido basado en los criterios y discusiones del Capítulo I.

Ahora el programa calcula la fuerza y el momento sobre el timón para diversos ángulos; empieza a calcular la velocidad equivalente en el timón, con el buque avante, para este cálculo utiliza lo explicado en el numeral - 3.4.

También encuentra una velocidad equivalente para el buque con marcha atrás, admite la velocidad del barco en $2/3$ la velocidad avante (pero en todo caso no mayor a 15 nudos).

Ahora corrige los coeficientes C_L y C_D por alargamiento, se calcula $(X/C)_0$, y corrige este valor adaptándolo al alargamiento real y a las condiciones de estela. Para efectuar estos cálculos usamos las definiciones matemáti

cas de las curvas en las figuras N^o 6 y N^o 7.

$$\left(\frac{X}{C}\right)_a = 0,065 - 0,065 e^{1,22(1-a)}$$

$$\left(\frac{X}{C}\right)_s = 0,2 S$$

Luego, si el timón es trapezoidal corrige C_L y C_D , por afinamiento.

Con los coeficientes corregidos adecuadamente determina el ángulo de ataque en función de los ángulos del timón.

Para terminar, calcula la fuerza sobre el timón (en toneladas) y el brazo respecto de la mecha. Para el brazo se admite un 2% de la cuerda como error, es decir se obtiene un brazo máximo y otro mínimo.

Con esto ya se puede encontrar los momentos máximos y mínimos, admitiendo un nuevo margen por fricción (5%).

Ahora toca encontrar la velocidad de giro adecuada y esto lo hace de acuerdo a lo explicado en el numeral 3.6. y a los requerimientos de la sociedad clasificada

dora. Finalmente se obtiene la potencia en el servo.

A continuación se presenta un listado del programa.



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

```

VARIABLES QUE UTILIZA EL PROGRAMA
KADIM = COEFICIENTE K PRIMA PARA 10 GRADOS
DELTA = INTERVALO ANGULAR
ANGU = INTERVALO ANGULAR

REAL KADIM
INTEGER GIRO
DIMENSION TITUL(20),DELTA(11),C(11),SPSCV(2,11)
DIMENSION PSCV(2,11),FILAI(2,2,11),FILAS(2,2,11),FILAT(3,2,11)
DIMENSION FILAF(3,2,11),CORR(2,11),BETA(2,11),CLI(2,11),CDI(2,11)
DIMENSION CMI(2,11),ANGU(11),CDS(2,11),CN(2,11),CPUNC(2,11)
DIMENSION CNF(2,11),FTON(2,11),PTONM(2,11,2),ALFA(11)
DIMENSION CENT(2,11,2)
==== ENTRADA DE DATOS
      LF =      DISPOSITIVO DE ENTRADA DE DATOS ===== READ(LF,*)
DATA DELTA/0.,2.,5.,10.,15.,20.,25.,30.,35.,40.,45./
DATA ANGU/0.,2.,5.,10.,15.,20.,25.,30.,35.,40.,45./
LF=1
IMP=3
WRITE(6,2100)
FORMAT(2X,'INGRESE TIPO DE BUQUE,NOMBRE DEL ARMADOR Y FECHA'//)
READ(LF,22) TITUL
WRITE(6,2110)
FORMAT(2X,'INGRESE LOS SIGUIENTES DATOS '//2X,'DESPLAZ.,ESLORA,MANTENIM.,
CALADO,VELOC. SERVICIO,DIAM. HELICE'/2X,'PASO HELICE,RPM,COEF.
DE ESTELA MEDIO'//)
FORMAT(10A4,8A4,2A4)
READ(LF,11) DISPL,ESL,B,T,VSER,DIAM,PASC,RPM,ESTEL
FORMAT(F8.1,F6.2,5F5.2,F4.0,F5.3)
WRITE(6,2120)
FORMAT(2X,'INGRESE LOS SIGUIENTES DATOS '//2X,'ENVERGADURA,AREA MAXIMA,
CAPAC. GIRO,M=EFFECTO DE ESPEJO'/2X,'AFINAMIENTO,RENDIM. SERV
TIPO DE PERFIL,INTERACCION HELICE-TIMON'/2X,'COMPENSACION,KCP=FIJ
AREA DEL TIMON EN AREA MAX.,IS=ALTERNATIVA DE IMPRESION'/2X,'DE
RESULTADOS FINALES'//)
READ(LF,999) ENVER,AMAX,GIRO,M,TAPER,RENDI,IPER,ACC,COMP,KCP,IS
FORMAT(F5.2,F5.2,I1,I1,F4.2,F4.2,I2,F4.2,F6.4,I1,I1)
-----
LLAMADA A SUBROUTINA DE SELECCION DE DATOS
-----
CALL CAERP(IPER,CLI,CDI,CMI)
==== RENDIMIENTO DEL SERVO
IF(RENDI) 8,62,63
REN=0.8
GO TO 47
REN=RENDI
CONTINUE
-----
LLAMADA A SUBROUTINA DE ESCRITURA
-----
CALL ESCR1(TITUL,DISPL,ESL,B,T,VSER,DIAM,PASC,RPM,ESTEL,
AMAX,ENVER,TAPER,REN,ACC)
-----
PARTE PRIMERA. CARACTERISTICAS DEL TIMON
-----
DERIV=DISPL/(1.026*T*ESL**2)
ELCQ=DISPL/(1.026*ESL*B*T)
==== FACTOR DE ESTABILIDAD NECESARIO
ERUTA=2250*DERIV**(.22/10)
YAWDA=DERIV/ERUTA
==== AREA EFECTIVA NECESARIA POR ESTABILIDAD DE RUTA

```



TIM00010
 TIM00020
 TIM00030
 TIM00040
 TIM00050
 TIM00060
 CESERMO075
 TIM00080
 TIM00090
 TIM00100
 TIM00110
 TIM00120
 TIM00130
 TIM00140
 TIM00150
 TIM00160
 TIM00170
 TIM00180
 TIM00190
 TIM00200
 TIM00210
 TIM00220
 TIM00230
 TIM00240
 TIM00250
 TIM00260
 TIM00270
 TIM00280
 TIM00290
 TIM00300
 TIM00310
 TIM00320
 TIM00330
 TIM00340
 TIM00350
 TIM00360
 TIM00370
 TIM00380
 TIM00390
 TIM00400
 TIM00410
 TIM00420
 TIM00430
 TIM00440
 TIM00450
 TIM00460
 TIM00470
 TIM00480
 TIM00490
 TIM00500
 TIM00510
 TIM00520
 TIM00530
 TIM00540
 TIM00550
 TIM00560
 TIM00570
 TIM00580
 TIM00590
 TIM00600



BIBLIOTECA

```

ENVER=(YAWDA+0.2*DERIV+0.0065*B/T-0.0333)*ESL*T/0.85
==== AREA REAL NECESARIA POR ESTABILIDAD DE RUTA
C=(0.469+0.674*ENVER/ENVER**2
B=0.647+0.357*DIAM/ENVER
ARNER=AENER*XC/XB
==== DIAMETRO TACTICO REQUERIDO
GO TO(1,2,3,4,5,6),GIRC
ADIMN=3.25
GOTO 12
ADIMN=3.75
GOTO 12
ADIMN=4.50
GOTO 12
ADIMN=5.25
GOTO 12
ADIMN=6.00
GOTO 12
ADIMN=6.75
CONTINUE
APLICACION DEL METODO DE NOMOTO PARA OBTENER ESE DIAMETRO TACTICO
TQ=VUSER/SQRT(3.281*ESL)
CKV=0.575+0.425*TQ
CK3=(0.0613/DERIV+2.5928*DERIV-C.7529)*B/T
ADREA=1.942*CK3*CKV*DERIV/ADIMN
==== AREA NECESARIA POR GIRC
ARNG=ADREA*ESL*T
==== AREA DE TIMON ADOPTADA
IF(ARNER-ARNG) 21,23,23
ARN=ARNG
GO TO 67
ARN=ARNER
IF(ARN-AMAX) 24,25,25
AREA=ARN
GO TO 68
AREA=AMAX
CONTINUE
GO TO(35,36),KOP
AREA=AMAX
==== ALARGAMIENTO DEL TIMON
GO TO(26,29),M
DO 27 J=1,11
C(J)=1.9-0.028*DELTA(J)
IF(C(J)-1.0) 48,48,27
C(J)=1
CONTINUE
GO TO 45
DO 331 J=1,11
C(J)=1
DO 28 N=1,2
DO 28 J=1,11
FILAI(2,N,J)=C(J)*{ENVER**2}/AREA
==== COMPENSACION
IF(COMP) 8,9,10
WRITE(IMP,131)
FORMAT(10X,"ERROR 8")
STOP
RECOM=0.314*SQRT(BLOQ)-0.1135*BLCC+0.078
GO TO 13
RECOM=COMP
DBSAL=AREA*(1-RECOM)/ENVER

```



TIMC0610
 TIMC0620
 TIMC0630
 TIMC0640
 TIMC0650
 TIMC0660
 TIMC0670
 TIMC0680
 TIMC0690
 TIMC0700
 TIMC0710
 TIMC0720
 TIMC0730
 TIMC0740
 TIMC0750
 TIMC0760
 TIMC0770
 TIMC0780
 TIMC0790
 TIMC0800
 TIMC0810
 TIMC0820
 TIMC0830
 TIMC0840
 TIMC0850
 TIMC0860
 TIMC0870
 TIMC0880
 TIMC0890
 TIMC0900
 TIMC0910
 TIMC0920
 TIMC0930
 TIMC0940
 TIMC0950
 TIMC0960
 TIMC0970
 TIMC0980
 TIMC0990
 TIMC1000
 TIMC1010
 TIMC1020
 TIMC1030
 TIMC1040
 TIMC1050
 TIMC1060
 TIMC1070
 TIMC1080
 TIMC1090
 TIMC1100
 TIMC1110
 TIMC1120
 TIMC1130
 TIMC1140
 TIMC1150
 TIMC1160
 TIMC1170
 TIMC1180
 TIMC1190
 TIMC1200



=== CUERDA MEDIA
CUERD=AREA/ENVER

PARTE SEGUNDA. CARACTERISTICAS ESPERADAS

=== PREDICCIONES. DIAMETRO TACTICO PARA 35 GRADOS

ADREA=AREA/(ESL*T)

ADIMO=1.942*CK3*CKV*DERIV/ADREA

TACD=ESL*ADIMO

=== AVANCE PARA 35 GRADOS

ADVA={0.06875-C.0625*BLOC}/ADREA-1.25*BLOC+2.15

AVANC=ADVA*ESL

=== PERDIDA DE VELOCIDAD EN EL GIRO PARA DELTA 35 GRADOS

COE=1.0725*BLOC-0.4015

COE=1.48*BLOC+0.037

RECVE=1.0-COE*EXP(-ADIMO*POT)

=== PARAMETROS DE ESTABILIDAD

AREA=0.469+0.674*AREA/(ENVER**2)

AREAE=AREA*XB/XA

ADREE=ESL*T/AREAE

YAWDA=0.85/ADREE-0.2*DERIV-0.0065*B/T+0.0333

ERUTA=DERIV/YAWDA

KADIM=1.0/(ADREE*YAWDA)

TADIM=0.24*DISPL*KADIM/(ESL*AREAE)

LLAMADA A SUBROUTINA DE ESCRITURA

CALL ESCR2(ARNER, ARNG, AREA, CUERD, RECOM, CBSAL, TACD, AVANC,

RECVE, KADIM, TADIM, YAWDA, ERUTA, ADIMO)

PARTE TERCERA. FUERZA Y MOMENTO SOBRE EL TIMON.

VELOCIDAD EQUIVALENTE EN EL TIMON (AVANTE).

VBARA=VSER

VAMSE=0.51445*VBARA

RPS=RPM/60

SLIPA=1-VAMSE*(1-ESTEL)/(RPS*PASO)

VALEQ=VAMSE*(1+SLIPA)*ACC

=== VELOCIDAD EQUIVALENTE EN EL TIMON (CIANDO).

IF(2.0*VSER/3.0-15.0) 501,501,502

VBARC=2.0*VSER/3.0

GO TO 503

VBARC=15.0

VCMSE=0.51445*VBARC

SLIPC=1-VCMSE/(RPS*PASO)

VCLEQ=VCMSE*(1+SLIPC/2.0)*ACC

=== CORRECCION POR ALARGAMIENTO

DO 615 N=1,2

DO 615 J=1,11

CORR(N,J)=18.238*CLI(N,J)*{(1.0/FILAI(2,N,J))-1.0}

BETA(N,J)=ANGU(J)*CORR(N,J)

CDS(N,J)=CDI(N,J)+CLI(N,J)*CORR(N,J)/57.3

CONTINUE

DO 603 J=1,11

CN(1,J)=CLI(1,J)*COS(ANGU(J)/57.3)+CDI(1,J)*SIN(ANGU(J)/57.3)

CN(2,J)=-CLI(2,J)*COS(ANGU(J)/57.3)+CDI(2,J)*SIN(ANGU(J)/57.3)

DO 617 N=1,2

DO 617 J=1,11

IF(J-2) 612,612,613

CPUNO(N,J)=0.25-CMI(N,2)/CN(N,2)

TIMO1210
TIMO1220
TIMO1230
TIMO1240
TIMO1250
TIMO1260
CESERCOM278P
TIMO1280
TIMO1290
TIMO1300
TIMO1310
TIMO1320
TIMO1330
TIMO1340
TIMO1350
TIMO1360
TIMO1370
TIMO1380
TIMO1390
TIMO1400
TIMO1410
TIMO1420
TIMO1430
TIMO1440
TIMO1450
TIMO1460
TIMO1470
TIMO1480
TIMO1490
TIMO1500
TIMO1510
TIMO1520
TIMO1530
TIMO1540
TIMO1550
TIMO1560
TIMO1570
TIMO1580
TIMO1590
TIMO1600
TIMO1610
TIMO1620
TIMO1630
TIMO1640
TIMO1650
TIMO1660
TIMO1670
TIMO1680
TIMO1690
TIMO1700
TIMO1710
TIMO1720
TIMO1730
TIMO1740
TIMO1750
TIMO1760
TIMO1770
TIMO1780
TIMO1790
TIMO1800



GO TO 617
PUNO(N,J)=0.25-CMI(N,J)/CN(N,J)

CONTINUE
CO 415 N=1,2
CO 415 J=1,11

FILAI(1,1,J)=CPUNO(1,J)-0.2*SLIPA-0.065*EXP(1.22*(1-FILAI(2,1,J)))
0.065

FILAI(1,2,J)=CPUNO(2,J)-0.1*SLIPC-0.065*EXP(1.22*(1-FILAI(2,1,J)))
0.065

=== FILAI PARA LOS ANGULOS BETA

CO 34 K=1,2
CO 34 N=1,11
CO 34 L=1,2

=1
=J+1
F(BETA(L,N)-ANGU(J)) 42,42,43

FILAS(K,L,N)=FILAI(K,L,J-1)+(BETA(L,N)-ANGU(J-1))*(FILAI(K,L,J)-
FILAI(K,L,J-1))/(ANGU(J)-ANGU(J-1))

GO TO 34
F(J-11) 41,40,8

FILAS(K,L,N)=FILAI(K,L,10)+(BETA(L,N)-ANGU(10))*(FILAI(K,L,11)-
FILAI(K,L,10))/(ANGU(11)-ANGU(10))

CONTINUE
=== CORRECCION POR AFINAMIENTO
INCDC=-1.6*(1-TAPER)

CO 215 L=1,2
CO 215 J=1,11
FILAT(1,L,J)=CLI(L,J)+INCDC*((BETA(L,J)/57.3)**2)/FILAS(2,1,J)

FILAT(2,L,J)=CDS(L,J)+((FILAT(1,L,J)**2)-(CLI(L,J)**2))/(2.83*
FILAS(2,1,J))

FILAT(3,L,J)=FILAS(1,L,J)
=== ANGULO DE ATAQUE AL TIMON

CO 31 J=1,11
ALFA(J)=5.0*DELTA(J)/7.0
=== INTERPOLACION DE LOS COEFICIENTES PARA LOS ANGULOS ALFA

CO 316 K=1,3
CO 316 N=1,11
CO 316 L=1,2

=1
=J+1
F(ALFA(N)-BETA(L,J)) 318,318,319

FILAF(K,L,N)=FILAT(K,L,J-1)+(ALFA(N)-BETA(L,J-1))*(FILAT(K,L,J)-
FILAT(K,L,J-1))/(BETA(L,J)-BETA(L,J-1))

GO TO 316
F(J-11) 317,320,8

FILAF(K,L,N)=FILAT(K,L,10)+(ALFA(N)-BETA(L,10))*(FILAT(K,L,11)-
FILAT(K,L,10))/(BETA(L,11)-BETA(L,10))

CONTINUE
=== FUERZA SOBRE EL TIMON

CO 600 J=1,11
CNF(1,J)=FILAF(1,1,J)*COS(ALFA(J)/57.3)+FILAF(2,1,J)*SIN(ALFA(J)/
57.3)

CNF(2,J)=-FILAF(1,2,J)*COS(ALFA(J)/57.3)+FILAF(2,2,J)*SIN(ALFA(J)/
57.3)

CO 60 J=1,11
FTON(1,J)=0.0523*CNF(1,J)*AREA*(VALEQ**2)
FTON(2,J)=0.0523*CNF(2,J)*AREA*(VCLEQ**2)

=== MOMENTO SOBRE EL TIMON

CO 700 L=1,2
CO 700 J=1,11



CESTIMOP8750



BIBLIOTECA

TIM01860
TIM01880
TIM01890
TIM01900
TIM01910
TIM01920
TIM01930
TIM01940
TIM01950
TIM01960
TIM01970
TIM01980
TIM01990
TIM02000
TIM02010
TIM02020
TIM02030
TIM02040
TIM02050
TIM02060
TIM02070
TIM02080
TIM02090
TIM02100
TIM02110
TIM02120
TIM02130
TIM02140
TIM02150
TIM02160
TIM02170
TIM02180
TIM02190
TIM02200
TIM02210
TIM02220
TIM02230
TIM02240
TIM02250
TIM02260
TIM02270
TIM02280
TIM02290
TIM02300
TIM02310
TIM02320
TIM02330
TIM02340
TIM02350
TIM02360
TIM02370
TIM02380
TIM02390
TIM02400



BIBLIOTECA

```

CENT(L,J,1)=FILAF(3,L,J)*CUERD*DESAL-0.98*CUERD
CENT(L,J,2)=FILAF(3,L,J)*CUERD*DESAL-1.02*CUERD
PTONM(L,J,1)=FTON(L,J)*CENT(L,J,1)*1.05
PTONM(L,J,2)=FTON(L,J)*CENT(L,J,2)*1.05
==== VELOCIDAD DE GIRO DEL TIMGN EN GRADOS POR SEGUNDO
V=24.03*VSER/ESL
IF(R-2.333) 145,145,146
RATE=2.333
GO TO 745
RATE=R
CONTINUE
==== POTENCIA DEL SERVO EN CABALLOS
CO 704 L=1,2
CO 704 J=1,11
IF(PTONM(L,J,1)-PTONM(L,J,2)) 701,701,702
SPSCV(L,J)=0.2327*RATE*PTONM(L,J,2)/REN
GO TO 703
SPSCV(L,J)=0.2327*RATE*PTONM(L,J,1)/REN
CONTINUE
PSCV(L,J)=ABS(SPSCV(L,J))

```

LLAMADA A SUBROUTINA DE ESCRITURA

```

CALL ESCR3(VBARA,RATE,DELTA,ALFA,FTON,PTONM,PSCV,VBARC,IS,CLI,
CDI,CMI,C,FILAI,CORR,BETA,CDS,CN,CPUNG,FILAS,FILAF,CNF,CENT,VALEQ,
VCLEQ,FILAT)
STOP
END

```

SUBROUTINA DE SELECCION DE DATOS

```

SUBROUTINE CAERP(IPER,CLI,CDI,CMI)
DIMENSION CLI(2,11),CDI(2,11),CMI(2,11)
DIMENSION CLI11(11),CDI11(11),CMI11(11)
DIMENSION CLI12(11),CDI12(11),CMI12(11)
DIMENSION CLI21(11),CDI21(11),CMI21(11)
DIMENSION CLI22(11),CDI22(11),CMI22(11)
DIMENSION CLI31(11),CDI31(11),CMI31(11)
DIMENSION CLI32(11),CDI32(11),CMI32(11)
DIMENSION CLI41(11),CDI41(11),CMI41(11)
DIMENSION CLI42(11),CDI42(11),CMI42(11)

```

DATOS DE LOS PERFILES

```

==== NACA 0015
DATA CLI11/.000,.056,.141,.289,.441,.622,.775,.926,.713,.685,.631/
DATA CDI11/.020,.023,.026,.042,.069,.135,.217,.320,.528,.605,.645/
DATA CMI11/.003,.008,.014,.021,.019,.006,-.004,-.026,-.126,-.137,
-.141/
DATA CLI12/-.000,-.120,-.241,-.385,-.532,-.643,-.771,-.918,-1.022
-1.059,-1.010/
DATA CDI12/.050,.060,.069,.102,.180,.258,.376,.532,.719,.885
-1.041/
DATA CMI12/.001,-.0330,-.077,-.157,-.222,-.287,-.339,-.418,-.458,
-.489,-.492/
==== NACA 0025
DATA CLI21/.000,.055,.132,.270,.419,.586,.732,.883,1.033,1.192,
-1.325/
DATA CDI21/.031,.035,.036,.052,.089,.145,.217,.319,.446,.595,
-1.768/

```

TIM02410
TIM02420
TIM02430
TIM02440
TIM02450
TIM02460
CESERVO 4 78
TIM02480
TIM02490
TIM02500
TIM02510
TIM02520
TIM02530
TIM02540
TIM02550
TIM02560
TIM02570
TIM02580
TIM02590
TIM02600
TIM02610
TIM02620
TIM02630
TIM02640
TIM02650
TIM02660
TIM02670
TIM02680
TIM02690
TIM02700
TIM02710
TIM02720
TIM02730
TIM02740
TIM02750
TIM02760
TIM02770
TIM02780
TIM02790
TIM02800
TIM02810
TIM02820
TIM02830
TIM02840
TIM02850
TIM02860
TIM02870
TIM02880
TIM02890
TIM02900
TIM02910
TIM02920
TIM02930
TIM02940
TIM02950
TIM02960
TIM02970
TIM02980
TIM02990
TIM03000





ATA CMI21/.001,-.003,-.010,-.015,-.015,-.008,-.004,-.026,-.058,
 .099,-.146/
 ATA CLI22/.000,-.130,-.267,-.412,-.553,-.672,-.738,-.767,-.672
 -.894,-.529/
 ATA CDI22/.064,-.085,-.095,-.142,-.199,-.289,-.381,-.511,-.548,-.816,
 705/
 ATA CMI22/-.004,-.040,-.088,-.165,-.235,-.300,-.340,-.362
 -.332,-.447,-.333/
 === JFS 58 TR 15
 ATA CLI31/.000,-.060,-.161,-.322,-.500,-.670,-.867,1.051,-.891,-.906,
 740/
 ATA CDI31/.029,-.032,-.034,-.053,-.098,-.166,-.263,-.387,-.637,-.762,
 728/
 ATA CMI31/.000,-.000,-.001,-.001,-.007,-.023,-.046,-.074,-.188,
 .216,-.193/
 ATA CLI32/.000,-.072,-.132,-.272,-.537,-.648,-.771,-.932,-1.059
 -1.114,-1.069/
 ATA CDI32/.052,-.057,-.062,-.092,-.196,-.286,-.402,-.558,-.735,-.885
 1.043/
 ATA CMI32/.000,-.042,-.083,-.157,-.225,-.281,-.335,-.415,-.463,
 .494,-.498/
 === JFS 58 TR 25
 ATA CLI41/.000,-.062,-.149,-.313,-.488,-.660,-.844,1.022,
 1.206,1.324,1.410/
 ATA CDI41/.043,-.044,-.050,-.076,-.123,-.191,-.288,-.411,-.559,
 .711,-.877/
 ATA CMI41/-.006,-.009,-.009,-.014,-.024,-.042,-.067,-.100,
 -.132,-.160,-.194/
 ATA CLI42/-.014,-.070,-.151,-.293,-.428,-.674,-.785,-.885,
 -.927,-.975,-.610/
 ATA CDI42/-.085,-.090,-.099,-.139,-.196,-.356,-.475,-.589,-.714,-.873,
 .735/
 ATA CMI42/-.005,-.042,-.085,-.168,-.233,-.297,-.361,-.415,-.437
 -.461,-.345/

CES 0009730
 TIM03060
 TIM03070
 TIM03080
 TIM03090
 TIM03100
 TIM03110
 TIM03120
 TIM03130
 TIM03140
 TIM03150
 TIM03160
 TIM03170
 TIM03180
 TIM03190
 TIM03200
 TIM03210
 TIM03220
 TIM03230
 TIM03240
 TIM03250
 TIM03260
 TIM03270
 TIM03280
 TIM03290
 TIM03300
 TIM03310
 TIM03320
 TIM03330
 TIM03340
 TIM03350
 TIM03360
 TIM03370
 TIM03380
 TIM03390
 TIM03400
 TIM03410
 TIM03420
 TIM03430
 TIM03440
 TIM03450
 TIM03460
 TIM03470
 TIM03480
 TIM03490
 TIM03500
 TIM03510
 TIM03520
 TIM03530
 TIM03540
 TIM03550
 TIM03560
 TIM03570
 TIM03580
 TIM03590
 TIM03600

 SELECCION DE DATOS

GO TO(102,103,104,105),IPER
 GO 1021 J=1,11
 CLI(1,J)=CLI11(J)
 CDI(1,J)=CDI11(J)
 CMI(1,J)=CMI11(J)
 CLI(2,J)=CLI12(J)
 CDI(2,J)=CDI12(J)
 CMI(2,J)=CMI12(J)
 GO TO 112
 GO 1031 J=1,11
 CLI(1,J)=CLI21(J)
 CDI(1,J)=CDI21(J)
 CMI(1,J)=CMI21(J)
 CLI(2,J)=CLI22(J)
 CDI(2,J)=CDI22(J)
 CMI(2,J)=CMI22(J)
 GO TO 112
 GO 1041 J=1,11
 CLI(1,J)=CLI31(J)
 CDI(1,J)=CDI31(J)
 CMI(1,J)=CMI31(J)
 CLI(2,J)=CLI32(J)
 CDI(2,J)=CDI32(J)

CMI(2,J)=CMI32(J)
GO TO 112
DO 1051 J=1,11
CLI(1,J)=CLI41(J)
CDI(1,J)=CDI41(J)
CMI(1,J)=CMI41(J)
CLI(2,J)=CLI42(J)
CDI(2,J)=CDI42(J)
CMI(2,J)=CMI42(J)
CONTINUE
RETURN
END

SUBROUTINA PRIMERA DE ESCRITURA

SUBROUTINE ESCR1(TITUL,DISPL,ESL,B,T,VSER,DIAM,PASO,RPM,ESTEL,
AMAX,ENVER,TAPER,REN,ACC)
==== ESCRITURA DE DATOS
DIMENSION TITUL(20)
IMP=3
WRITE(IMP,33) TITUL
FORMAT(1H1,30X,'CALCULO DEL TIMON'/30X,19('='))//12X,'BUQUE ',
10A4/12X,'CLIENTE ',8A4/12X,'FECHA ',2A4//)
WRITE(IMP,44) DISPL,ESL,B,T,VSER
FORMAT(12X,'DATOS DEL BUQUE'/12X,15('-'))//
12X,'DESPLAZAMIENTO',F9.1,' M'/
12X,'ESLORA ENTRE PERPENDICLARES.....',F10.2,' M'/
12X,'MANGA',F10.2,' M'/
12X,'CALADO',F10.2,' M'/
12X,'VELOCIDAD DE SERVICIO.....',F10.2,' NUD.'//)
WRITE(IMP,55) DIAM,PASO,RPM,ESTEL
FORMAT(12X,'DATOS DE LA HELICE'/12X,18('-'))//
12X,'DIAMETRO',F10.2,' M'/
12X,'PASO',F10.2,' M'/
12X,'REVOLUCIONES',F9.1,' RPM'/
12X,'COEFICIENTES DE ESTELA',F11.3//)
WRITE(IMP,66) AMAX,ENVER,TAPER,REN,ACC
FORMAT(12X,'DATOS DEL TIMON'/12X,15('-'))//
12X,'AREA MAXIMA',F10.2,' M2'/
12X,'ENVERGADURA',F10.2,' M'/
12X,'AFINAMIENTO',F10.2//
12X,'RENDIMIENTO DEL SERVO',F10.2//
12X,'COEFICIENTE DE INTERACCION CCN LA HELICE',F10.2//)
RETURN
END

SUBROUTINA SEGUNDA DE ESCRITURA

SUBROUTINE ESCR2(ARNER,ARNG,AREA,CUERD,RECOM,DBSAL,TACD,AVANC,
EDVE,KADIM,TADIM,YAWDA,ERUTA,ADIMO)
==== ESCRITURA DE DATOS DE LAS PARTES PRIMERA Y SEGUNDA
IMP=3
WRITE(IMP,77) ARNER,ARNG,AREA
FORMAT('1',11X,'RESULTADOS'/12X,12('-'))//
12X,'AREA NECESARIA POR ESTABILIDAD DE RUTA .',F10.2,' M2'/
12X,'AREA NECESARIA POR GIRC',F10.2,' M2'/
12X,'AREA ADOPTADA',F10.2,' M2//)
WRITE(IMP,88) CUERD,RECOM,DBSAL
FORMAT(12X,'CUERDA MEDIA',F10.2,' M'/
12X,'RELACION DE COMPENSACION',F11.3//
RETURN
END



TIM0362
TIM0363
TIM0364
TIM0365
TIM0366
TIM0367
TIM0368
TIM0369
TIM0370
TIM0371
TIM0372
TIM0373
TIM0374
TIM0375
TIM0376
TIM0377
TIM0378
TIM0379
TIM0380
TIM0381
TIM0382
TIM0383
TIM0384
TIM0385
TIM0386
TIM0387
TIM0388
TIM0389
TIM0390
TIM0391
TIM0392
TIM0393
TIM0394
TIM0395
TIM0396
TIM0397
TIM0398
TIM0399
TIM0400
TIM0401
TIM0402
TIM0403
TIM0404
TIM0405
TIM0406
TIM0407
TIM0408
TIM0409
TIM0410
TIM0411
TIM0412
TIM0413
TIM0414
TIM0415
TIM0416
TIM0417
TIM0418
TIM0419
TIM0420

```

GO TO 158
WRITE(IMP,1571)
FORMAT(12X,'PROBABLE INESTABILIDAD DE RUTA')
WRITE(IMP,1671)
FORMAT(12X,'RESPUESTA AL TIMON MUY LENTA')
CONTINUE
RETURN
END

```

TIM04810
 IMC4820
 IMC4830
 IMC4840
 IMC4850
 IMC4860
 CESTEROMP 70
 TIM04870
 TIM04880
 TIM04890
 TIM04900
 TIM04910

 SUBROUTINA TERCERA DE ESCRITURA

```

SUBROUTINE ESCR3(VBARA,RATE,DELTA,ALFA,FTON,PTONM,PSCV,VBARC,IS,
  CLI,CDI,CMI,C,FILAI,CORR,BETA,CDS,CN,CPUNG,FILAS,FILAF,
  CNF,CENT,VALEQ,VCLEQ,FILAT)
DIMENSION DELTA(11),ALFA(11),FTON(2,11),PTONM(2,11,2)
DIMENSION CLI(2,11),CDI(2,11),CMI(2,11),FILAI(2,2,11)
DIMENSION PSCV(2,11),CORR(2,11),FILAS(2,2,11),FILAF(3,2,11)
DIMENSION BETA(2,11),CDS(2,11),CN(2,11),CPUNG(2,11)
DIMENSION C(11),CNF(2,11),CENT(2,11,2),FILAT(3,2,11)
IMP=3

```

TIM04920
 TIM04930
 TIM04940
 TIM04950
 TIM04960
 TIM04970
 TIM04980
 TIM04990
 TIM05000
 TIM05010

==== ESCRITURA DE RESULTADOS DE LA PARTE TERCERA

```

WRITE(IMP,121) VBARA,RATE
FORMAT(1H1,11X,'RESULTADOS CON EL BUQUE AVANTE'/12X,30('-'))//
12X,'VELOCIDAD DEL BUQUE ',F5.2,' NUD.'/12X,'VELOCIDAD DE GIRO DEL
TIMON ',E10.4,' GRADOS POR SEGUNDO'///)
WRITE(IMP,1221)
FORMAT(11X,'DELTA',5X,'ALFA',5X,'FUERZA',5X,' MOMENTOS',15X,'PCTE
NCIA'///)
WRITE(IMP,111) (DELTA(J),ALFA(J),FTON(1,J),PTONM(1,J,1),
PTONM(1,J,2),PSCV(1,J),J=1,11)
FORMAT(10X,F5.1,F10.2,F10.3,F10.3,F10.3,F16.3)
WRITE(IMP,222) VBARC,RATE
FORMAT(/////11X,'RESULTADOS CON EL BUQUE MARCHA ATRAS'/11X,36('-'))
//12X,'VELOCIDAD DEL BUQUE ',F5.2,' NUD.'/12X,'VELOCIDAD DE GIRC
EL TIMON ',E10.4,' GRADOS PCR SEGUNDO'///)
WRITE(IMP,2222)
FORMAT(11X,'DELTA',5X,'ALFA',5X,'FUERZA',5X,' MOMENTOS',15X,'POTET
NCIA'///)
WRITE(IMP,212) (DELTA(J),ALFA(J),FTON(2,J),PTONM(2,J,1),
PTONM(2,J,2),PSCV(2,J),J=1,11)
FORMAT(10X,F5.1,F10.2,F10.3,F10.3,F10.3,F16.3)

```

TIM05020
 TIM05030
 TIM05040
 TIM05050
 TIM05060
 TIM05070
 TIM05080
 TIM05090
 TIM05100
 TIM05110
 TIM05120
 TIM05130
 TIM05140
 TIM05150
 TIM05160
 TIM05170
 TIM05180
 TIM05190
 TIM05200
 TIM05210
 TIM05220

 OPCION DE ESCRITURA DE RESULTADOS INTERMEDIOS

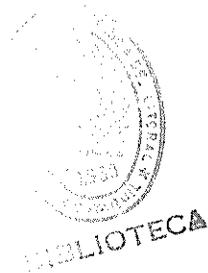
```

IS=IS+1
GO TO (37,38),IS
WRITE(IMP,4001)
FORMAT(1H1,22X,'AVANTE',24X,'M. ATRAS'//16X,'CL',8X,'CD',8X,'CM',8X
,'CL',8X,'CD',8X,'CM')
WRITE(IMP,4011) (CLI(1,J),CDI(1,J),CMI(1,J),CLI(2,J),CDI(2,J),CMI(
2,J),J=1,11)
FORMAT(F20.5,5F10.5)
WRITE(IMP,4002)
FORMAT(///17X,'C',6X,'ALARG',6X,'CORR',7X,'C',6X,'ALARG',6X,'CORR'
)
WRITE(IMP,4012) (C(J),FILAI(2,1,J),CORR(1,J),C(J),FILAI(2,2,J),
CORR(2,J),J=1,11)
FORMAT(F20.5,5F10.5)
WRITE(IMP,4003)
FORMAT(///15X,'BETA',6X,'CDS',7X,'CN',8X,'BETA',6X,'CDS',7X,'CN')

```

TIM05230
 TIM05240
 TIM05250
 TIM05260
 TIM05270
 TIM05280
 TIM05290
 TIM05300
 TIM05310
 TIM05320
 TIM05330
 TIM05340
 TIM05350
 TIM05360
 TIM05370
 TIM05380
 TIM05390
 TIM05400

4.2. UTILIZACION DEL PROGRAMA



El programa permite encontrar las características geométricas del timón, predecir el comportamiento del buque maniobrando y calcular la fuerza y el momento sobre el timón.

Se ha encaminado todo lo presentado, hacia buques de una sola hélice con el timón en su estela. Si el programa da resultados "malos" para el buque, es decir, inestabilidad, será necesario buscar características mejores con timones especiales.

El programa consta de cuatro subrutinas; una para la selección de los datos que se han de usar de acuerdo al perfil escogido y tres más para la impresión de resultados e intermedios.

Una vez que el programa se corre, imprime, primero un listado de los datos que se requiere tanto del buque como de la hélice y el timón. A continuación aparece el área necesaria para la estabilidad de ruta y la condición de giro, así como el área con que se cuenta definitivamente para el timón.

También imprime la cuerda media, que la obtiene dividiendo

do el área definitiva para la envergadura.

La relación de compensación y la distancia de la mecha al borde de salida, que la obtiene restando a la cuerda media la compensación, también son imprimidas.

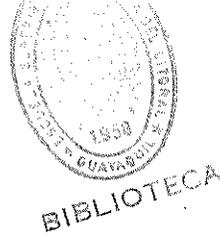
Para terminar la primera salida, el programa imprime los valores de diámetro táctico, avance, pérdida de velocidad en el giro y los índices de maniobrabilidad K' , T' , $\delta\theta$, e_r . Y en base a estos valores los resultados cualitativos de la maniobrabilidad del buque.

En la siguiente impresión están la fuerza y los momentos sobre el timón. En este caso, la velocidad del buque avante, fue dato para el programa y para el caso de marcha atrás la calcula. Delta es el ángulo del timón y Alfa el correspondiente ángulo de ataque.

Las impresiones siguientes corresponden a los resultados intermedios que va utilizando el programa para la respuesta final, que se imprimió primero. El programa imprime estos resultados intermedios, tanto para marcha avante como para marchas atrás.

Así tenemos:

CL, CD y CM para el perfil escogido



C que es el valor de corrección por efecto de espejo
ALARG que es el alargamiento geométrico

CORR corresponde al valor de $\frac{CL}{\pi} \left(\frac{1}{a} - 1 \right)$.

BETA es el ángulo de ataque equivalente para el perfil -
de alargamiento diferente a la unidad.

CDS es el coeficiente de arrastre corregido por alargamien-
to.

CN es el coeficiente normal a partir de los de sustenta-
ción y arrastre para un perfil de alargamiento unidad.

CP es la posición del centro de presiones para el per-
fil unidad

FILAI posición del centro de presiones corregido por alar-
gamiento y condiciones de estela.

FILASCP interpolación para la posición del centro de pre-
siones respecto del ángulo equivalente BETA.

FILASAL interpolación para alargamiento respecto del ángu-
lo BETA.

FILATCL, FILATCD son las correcciones a CL y CD por afina-
miento.

FILAFCL, FILAFCD, FILAFCP, en las interpolaciones de los -
coeficientes de sustentación, arrastre y el centro de pre-
siones para el ángulo de ataque en el timón.

CNF da los coeficientes de fuerza normal sobre el timón.

CENT el centro de presiones

VALEQ es la velocidad equivalente en el timón, con marcha -
avante.

V_{CLEQ} es la velocidad equivalente en el timón con marcha atrás.

4.3. EJEMPLO DE APLICACION



Para comprobar el funcionamiento del programa, se lo ha corrido para dos buques pesqueros, cuyos diseños han sido realizados en el proyecto "OPTIMIZACION DE EMBARCACIONES PESQUERAS". Los tipos de buques son: camaronero y arrastrero por popa.

En este caso el área adoptada para el timón, corresponde a lo que consta en los diseños del proyecto, de esta manera se puede obtener las características - cuantitativas de la maniobrabilidad para este timón. Luego se ha tomado como datos las áreas recomendadas , tanto para estabilidad de ruta como para la maniobra de giro.



CALCULO DEL TIMON
=====



CESERCOMP - ESP

BUQUE CAMARONERO
CLIENTE E S P O L
FECHA 01/01/86

DATOS DEL BUQUE

DESPLAZAMIENTO	120.9 TM
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES.....	17.50 M
MANGA	5.40 M
CALADO	1.75 M
VELOCIDAD DE SERVICIO.....	10.50 NUD.

DATOS DE LA HELICE

DIAMETRO	1.47 M
PASO	1.02 M
REVOLUCIONES	514.0 RPM
COEFICIENTES DE ESTELA	0.225

DATOS DEL TIMON

AREA MAXIMA	1.44 M2
ENVERGADURA	1.57 M
AFINAMIENTO	1.00
RENDIMIENTO DEL SERVO	0.75
COEFICIENTE DE INTERACCION CON LA HELICE	0.95



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA



CESERCOMP - ES

RESULTADOS

AREA NECESARIA POR ESTABILIDAD DE RUTA .	0.95 M2
AREA NECESARIA POR GIRO	1.00 M2
AREA ADOPTADA	1.44 M2
CUERDA MEDIA	0.92 M
RELACION DE COMPENSACION	0.262
DISTANCIA DEL EJE AL BORDE DE SALIDA ...	0.68 M
DIAMETRO TACTICO PARA DELTA =+35 GRADOS	54.78 M
AVANCE PARA DELTA =+35 GRADOS	31.05 M
VELOCIDAD GIRO / VELOCIDAD APROXIMACION	0.649
COEFICIENTE K PRIMA PARA 10 GRADOS	3.63
COEFICIENTE T PRIMA PARA 10 GRADOS	3.68
COEFICIENTE DE ATENUACION DE GUINADA ...	0.0147
COEFICIENTE DE ESTABILIDAD DE RUTA	14.930

COMPORTAMIENTO EN EL GIRO ESPECIALMENTE BUENO
 ESTABILIDAD DE RUTA POR SOBRE
 RESPUESTA AL TIMON LENTA

RESULTADOS CON EL BUQUE AVANTE



CESERCOMP - ES

VELOCIDAD DEL BUQUE 10.50NLD.

VELOCIDAD DE GIRO DEL TIMON C.1442E+02 GRADOS POR SEGUNDO

DELTA	ALFA	FUERZA	MOMENTOS		POTENCIA
0.0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2.0	1.43	0.232	-0.025	-0.034	0.112
5.0	3.57	0.552	-0.066	-0.087	0.293
10.0	7.14	1.124	-0.132	-0.176	0.592
15.0	10.71	1.747	-0.186	-0.253	0.831
20.0	14.29	2.452	-0.227	-0.322	1.018
25.0	17.86	3.114	-0.244	-0.364	1.091
30.0	21.43	3.762	-0.242	-0.387	1.083
35.0	25.00	4.439	-0.225	-0.396	1.005
40.0	28.57	5.151	-0.183	-0.382	0.819
45.0	32.14	5.870	-0.113	-0.339	0.506

RESULTADOS CON EL BUQUE MARCHA ATRAS

VELOCIDAD DEL BUQUE 7.00NLD.

VELOCIDAD DE GIRO DEL TIMON 0.1442E+02 GRADOS POR SEGUNDO

DELTA	ALFA	FUERZA	MOMENTOS		POTENCIA
0.0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2.0	1.43	0.094	0.026	0.023	0.118
5.0	3.57	0.228	0.066	0.057	0.295
10.0	7.14	0.411	0.132	0.116	0.591
15.0	10.71	0.543	0.190	0.169	0.848
20.0	14.29	0.674	0.249	0.223	1.115
25.0	17.86	0.801	0.303	0.272	1.355
30.0	21.43	0.921	0.351	0.316	1.572
35.0	25.00	1.038	0.396	0.356	1.772
40.0	28.57	1.122	0.417	0.373	1.864
45.0	32.14	1.204	0.436	0.390	1.951

AVANTE

M. ATRAS



CESERCOMP - ESI



BIBLIOTECA

CL	CD	CM	CL	CD	CM
0.00000	0.03100	0.00100	0.00000	0.06400	-0.00400
0.05500	0.03500	0.00300	-0.13000	0.08500	-0.04000
0.13200	0.03600	0.01000	-0.26700	0.09500	-0.08800
0.27000	0.05200	0.01500	-0.41200	0.14200	-0.16500
0.41900	0.08900	0.01500	-0.55300	0.19900	-0.23500
0.58600	0.14500	0.00800	-0.67200	0.28900	-0.30000
0.73200	0.21700	-0.00400	-0.73800	0.38100	-0.34000
0.88300	0.31900	-0.02600	-0.76700	0.51100	-0.36200
1.03300	0.44600	-0.05800	-0.67200	0.54800	-0.33200
1.19200	0.59500	-0.09900	-0.89400	0.81600	-0.44700
1.32500	0.76800	-0.14600	-0.52900	0.70500	-0.33300

C	ALARG	CORR	C	ALARG	CORR
1.00000	1.71173	0.00000	1.00000	1.71173	0.00000
1.00000	1.71173	-0.41708	1.00000	1.71173	0.98583
1.00000	1.71173	-1.00100	1.00000	1.71173	2.02474
1.00000	1.71173	-2.04749	1.00000	1.71173	3.12432
1.00000	1.71173	-3.17741	1.00000	1.71173	4.19357
1.00000	1.71173	-4.44382	1.00000	1.71173	5.09599
1.00000	1.71173	-5.55099	1.00000	1.71173	5.59649
1.00000	1.71173	-6.69606	1.00000	1.71173	5.81640
1.00000	1.71173	-7.83356	1.00000	1.71173	5.09599
1.00000	1.71173	-9.03931	1.00000	1.71173	6.77948
1.00000	1.71173	-10.04789	1.00000	1.71173	4.01157

BETA	CDS	CN	BETA	CDS	CN
0.00000	0.03100	0.00000	0.00000	0.06400	0.00000
1.58292	0.03460	0.05619	2.98583	0.08276	0.13289
3.99900	0.03369	0.13464	7.02474	0.08557	0.27426
7.95251	0.04235	0.27493	13.12432	0.11954	0.43040
11.82259	0.06577	0.42776	19.19356	0.15853	0.58566
15.55618	0.09955	0.60025	25.09598	0.22924	0.73032
19.44901	0.14609	0.75513	30.59648	0.30892	0.82987
23.30392	0.21581	0.92421	35.81639	0.43314	0.91974
27.16643	0.30478	1.10201	40.09598	0.48824	0.86479
30.96068	0.40696	1.29560	46.77946	0.71023	1.20936
34.95210	0.53565	1.48000	49.01157	0.66796	0.87256

CP	FILAI	CP	FILAI
0.19661	0.13015	0.55101	0.52994
0.19661	0.13015	0.55101	0.52994
0.17573	0.10927	0.57086	0.54979
0.19544	0.12898	0.63337	0.61230
0.21493	0.14847	0.65126	0.63019
0.23667	0.17021	0.66078	0.63972
0.25530	0.18884	0.65970	0.63864
0.27813	0.21167	0.64359	0.62252
0.30263	0.23617	0.63391	0.61284
0.32641	0.25995	0.61962	0.59855
0.34865	0.28219	0.63163	0.61057



BIBLIOTECA

=====

CALCULO DEL TIMON

=====



CESERCOMP - ES

BUQUE CAMARONERO
CLIENTE E S P O L
FECHA 01/01/86

DATOS DEL BUQUE

DESPLAZAMIENTO	120.9 TM
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES.....	17.50 M
MANGA	5.40 M
CALADO	1.75 M
VELOCIDAD DE SERVICIO.....	10.50NUD.

DATOS DE LA HELICE

DIAMETRO	1.47 M
PASO	1.02 M
REVOLUCIONES	514.0 RPM
COEFICIENTES DE ESTELA	0.225

DATOS DEL TIMON

AREA MAXIMA	0.95 M2
ENVERGADURA	1.57 M
AFINAMIENTO	1.00
RENDIMIENTO DEL SERVO	0.75
COEFICIENTE DE INTERACCION CON LA HELICE	0.95

RESULTADOS CON EL BUQUE AVANTE



CESERCOMP - ESP

VELOCIDAD DEL BUQUE 10.50NLD.
 VELOCIDAD DE GIRO DEL TIMON 0.1442E+02 GRADOS POR SEGUNDO

DELTA	ALFA	FUERZA	MOMENTOS	POTENCIA
0.0	0.00	0.000	0.000	0.000
2.0	1.43	0.174	-0.010	0.047
5.0	3.57	0.411	-0.027	0.122
10.0	7.14	0.848	-0.057	0.257
15.0	10.71	1.344	-0.079	0.353
20.0	14.29	1.892	-0.094	0.421
25.0	17.86	2.369	-0.095	0.426
30.0	21.43	2.872	-0.089	0.397
35.0	25.00	3.401	-0.075	0.335
40.0	28.57	3.908	-0.047	0.211
45.0	32.14	4.371	-0.007	0.033

RESULTADOS CON EL BUQUE MARCHA ATRAS

VELOCIDAD DEL BUQUE 7.00NLD.
 VELOCIDAD DE GIRO DEL TIMON 0.1442E+02 GRADOS POR SEGUNDO

DELTA	ALFA	FUERZA	MOMENTOS	POTENCIA
0.0	0.00	0.000	0.000	0.000
2.0	1.43	0.054	0.011	0.009
5.0	3.57	0.135	0.027	0.024
10.0	7.14	0.243	0.055	0.048
15.0	10.71	0.329	0.079	0.071
20.0	14.29	0.408	0.104	0.094
25.0	17.86	0.483	0.126	0.114
30.0	21.43	0.555	0.146	0.132
35.0	25.00	0.623	0.162	0.147
40.0	28.57	0.684	0.176	0.158
45.0	32.14	0.732	0.184	0.165

AVANTE

M. ATRAS



CESERCOMP - ESP



BIBLIOTECA

CL	CD	CM	CL	CD	CM
0.00000	0.03100	0.00100	0.00000	0.06400	-0.00400
0.05500	0.03500	0.00300	-0.13000	0.08500	-0.04000
0.13200	0.03600	0.01000	-0.26700	0.09500	-0.08800
0.27000	0.05200	0.01500	-0.41200	0.14200	-0.16500
0.41900	0.08900	0.01500	-0.55300	0.19900	-0.23500
0.58600	0.14500	0.00800	-0.67200	0.28900	-0.30000
0.73200	0.21700	-0.00400	-0.73800	0.38100	-0.34000
0.88300	0.31900	-0.02600	-0.76700	0.51100	-0.36200
1.03300	0.44600	-0.05800	-0.67200	0.54800	-0.33200
1.19200	0.59500	-0.09900	-0.89400	0.81600	-0.44700
1.32500	0.76800	-0.14600	-0.52900	0.70500	-0.33300

C	ALARG	CCRR	C	ALARG	CORR
1.00000	2.59463	0.00000	1.00000	2.59463	0.00000
1.00000	2.59463	-0.61649	1.00000	2.59463	1.45715
1.00000	2.59463	-1.47957	1.00000	2.59463	2.99277
1.00000	2.59463	-3.02639	1.00000	2.59463	4.61805
1.00000	2.59463	-4.65652	1.00000	2.59463	6.19850
1.00000	2.59463	-6.56840	1.00000	2.59463	7.53236
1.00000	2.59463	-8.20489	1.00000	2.59463	8.27214
1.00000	2.59463	-9.89743	1.00000	2.59463	8.59720
1.00000	2.59463	-11.57876	1.00000	2.59463	7.53236
1.00000	2.59463	-13.36057	1.00000	2.59463	10.02072
1.00000	2.59463	-14.85174	1.00000	2.59463	5.92949

BETA	CDS	CN	BETA	CDS	CN
0.00000	0.03100	0.00000	0.00000	0.06400	0.00000
1.38351	0.03441	0.05619	3.45715	0.08169	0.13289
3.52043	0.03259	0.13464	7.99277	0.08105	0.27426
6.97361	0.03774	0.27493	14.61805	0.10880	0.43040
10.30348	0.05466	0.42776	21.19850	0.13918	0.58566
13.43160	0.07783	0.60025	27.53235	0.20066	0.73032
16.79510	0.11218	0.75513	33.27214	0.27446	0.82987
20.10257	0.16648	0.92421	38.59720	0.39592	0.91974
23.42123	0.23726	1.10201	42.53235	0.45966	0.86479
26.63902	0.31705	1.29560	50.02071	0.65966	1.20936
30.14825	0.42457	1.48000	50.92949	0.65026	0.87256

CP	FILAI	CP	FILAI
0.19661	0.14814	0.55101	0.54793
0.19661	0.14814	0.55101	0.54793
0.17573	0.12725	0.57086	0.56778
0.19544	0.14697	0.63337	0.63029
0.21493	0.16646	0.65126	0.64818
0.23667	0.18820	0.66078	0.65770
0.25530	0.20683	0.65970	0.65662
0.27813	0.22966	0.64359	0.64051
0.30263	0.25416	0.63391	0.63083
0.32641	0.27794	0.61962	0.61654
0.34865	0.30018	0.63163	0.62856



BIBLIOTECA



CESERCOMP - ESP

FILASCP	FILASAL	FILASCP	FILASAL
0.14814	2.59463	0.54793	2.59463
0.14814	2.59463	0.55757	2.59463
0.13755	2.59463	0.60520	2.59463
0.13504	2.59463	0.64681	2.59463
0.14815	2.59463	0.65744	2.59463
0.16035	2.59463	0.64846	2.59463
0.17427	2.59463	0.63418	2.59463
0.18858	2.59463	0.62055	2.59463
0.20095	2.59463	0.62263	2.59463
0.21431	2.59463	0.64062	2.59463
0.23039	2.59463	0.64281	2.59463

FILATCL	FILATCD	FILATCL	FILATCD
0.00000	0.03100	0.00000	0.06400
0.05500	0.03441	-0.13000	0.08169
0.13200	0.03259	-0.26700	0.08105
0.27000	0.03774	-0.41200	0.10880
0.41900	0.05466	-0.55300	0.13918
0.58600	0.07783	-0.67200	0.20066
0.73200	0.11218	-0.73800	0.27446
0.88300	0.16648	-0.76700	0.39592
1.03300	0.23726	-0.67200	0.45966
1.19200	0.31705	-0.89400	0.65966
1.32500	0.42457	-0.52900	0.65026

FILAFCL	FILAFCD	FILAFCP	FILAFCL	FILAFCD	FILAFCP
0.00000	0.03100	0.14814	0.00000	0.06400	0.54793
0.05662	0.03437	0.14791	-0.05372	0.07131	0.55191
0.13404	0.03267	0.13752	-0.13345	0.08168	0.55877
0.27757	0.03860	0.13570	-0.24133	0.08117	0.59627
0.44093	0.05770	0.14975	-0.32656	0.09245	0.62229
0.62307	0.08655	0.16388	-0.40473	0.10740	0.64472
0.78049	0.12962	0.17886	-0.48140	0.12375	0.65205
0.94293	0.19476	0.19352	-0.55732	0.14141	0.65712
1.11101	0.27641	0.20750	-0.62442	0.17608	0.65205
1.26524	0.37626	0.22316	-0.68395	0.21402	0.64588
1.40059	0.48568	0.23953	-0.72501	0.25994	0.63699

CNF	CENT	CENT	CNF	CENT	CENT
0.00000	-0.05691	-0.08111	0.00000	0.18501	0.16080
0.05746	-0.05704	-0.08124	0.05548	0.18742	0.16321
0.13581	-0.06333	-0.08754	0.13828	0.19157	0.16736
0.28022	-0.06443	-0.08863	0.24955	0.21426	0.19005
0.44397	-0.05593	-0.08013	0.33806	0.23000	0.20580
0.62517	-0.04738	-0.07158	0.41871	0.24358	0.21937
0.78263	-0.03831	-0.06252	0.49616	0.24801	0.22380
0.94891	-0.02944	-0.05365	0.57046	0.25108	0.22687
1.12374	-0.02098	-0.04519	0.64034	0.24801	0.22381
1.29112	-0.01151	-0.03571	0.70302	0.24428	0.22007
1.44433	-0.00161	-0.02581	0.75219	0.23890	0.21469

VALEQ 7.80473 M SEG-1
VCLEQ 4.42668 M SEG-1

=====

CALCULO DEL TIMON

=====



CESERCOMP - ESP

BUQUE CAMARONERO
CLIENTE E S P O L
FECHA 01/01/86

DATOS DEL BUQUE

DESPLAZAMIENTO	120.9 TM
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES.....	17.50 M
MANGA	5.40 M
CALADO	1.75 M
VELOCIDAD DE SERVICIO.....	10.50NUD.



DATOS DE LA HELICE

DIAMETRO	1.47 M
PASO	1.02 M
REVOLUCIONES	514.0 RPM
COEFICIENTES DE ESTELA	0.225

DATOS DEL TIMON

AREA MAXIMA	1.00 M2
ENVERGADURA	1.57 M
AFINAMIENTO	1.00
RENDIMIENTO DEL SERVO	0.75
COEFICIENTE DE INTERACCION CON LA HELICE	0.95



RESULTADOS

AREA NECESARIA POR ESTABILIDAD DE RUTA .	0.95 M2
AREA NECESARIA POR GIRC	1.00 M2
AREA ADOPTADA	1.00 M2
CUERDA MEDIA	0.64 M
RELACION DE COMPENSACION	0.262
DISTANCIA DEL EJE AL BORDE DE SALIDA ...	0.47 M
DIAMETRO TACTICO PARA DELTA =+35 GRADOS	78.88 M
AVANCE PARA DELTA =+35 GRADOS	35.02 M
VELOCIDAD GIRO / VELOCIDAD APROXIMACION	0.787
COEFICIENTE K PRIMA PARA 10 GRADOS	7.25
COEFICIENTE T PRIMA PARA 10 GRADOS	9.10
COEFICIENTE DE ATENUACION DE GUINADA ...	0.0060
COEFICIENTE DE ESTABILIDAD DE RUTA	36.940

COMPORTAMIENTO EN EL GIRC BUENO
 PROBABLE INESTABILIDAD DE RUTA
 RESPUESTA AL TIMON MUY LENTA



CESERCOMP - ES

RESULTADOS CON EL BUQUE AVANTE



CEBERCOMP - ESN

VELOCIDAD DEL BUQUE 10.50NLD.
 VELOCIDAD DE GIRO DEL TIMON C.1442E+02 GRADOS POR SEGUNDO

DELTA	ALFA	FUERZA	MOMENTOS		POTENCIA
0.0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2.0	1.43	0.181	-0.012	-0.016	0.052
5.0	3.57	0.426	-0.030	-0.042	0.136
10.0	7.14	0.878	-0.063	-0.087	0.284
15.0	10.71	1.388	-0.087	-0.124	0.390
20.0	14.29	1.961	-0.105	-0.157	0.469
25.0	17.86	2.453	-0.107	-0.172	0.477
30.0	21.43	2.975	-0.100	-0.180	0.447
35.0	25.00	3.519	-0.085	-0.180	0.382
40.0	28.57	4.058	-0.056	-0.164	0.249
45.0	32.14	4.543	-0.012	-0.134	0.055

RESULTADOS CON EL BUQUE MARCHA ATRAS

VELOCIDAD DEL BUQUE 7.00NLD.
 VELOCIDAD DE GIRO DEL TIMON C.1442E+02 GRADOS POR SEGUNDO

DELTA	ALFA	FUERZA	MOMENTOS		POTENCIA
0.0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2.0	1.43	0.058	0.012	0.010	0.053
5.0	3.57	0.143	0.030	0.026	0.135
10.0	7.14	0.259	0.061	0.054	0.273
15.0	10.71	0.349	0.088	0.079	0.395
20.0	14.29	0.433	0.116	0.105	0.520
25.0	17.86	0.513	0.140	0.126	0.627
30.0	21.43	0.590	0.163	0.147	0.729
35.0	25.00	0.662	0.181	0.163	0.809
40.0	28.57	0.726	0.195	0.176	0.874
45.0	32.14	0.777	0.204	0.184	0.914

AVANTE

M. ATRAS



CESERCOMP - ES



BIBLIOTECA

CL	CD	CM	CL	CD	CM
0.00000	0.03100	0.00100	0.00000	0.06400	-0.00400
0.05500	0.03500	0.00300	-0.13000	0.08500	-0.04000
0.13200	0.03600	0.01000	-0.26700	0.09500	-0.08800
0.27000	0.05200	0.01500	-0.41200	0.14200	-0.16500
0.41900	0.08900	0.01500	-0.55300	0.19900	-0.23500
0.58600	0.14500	0.00800	-0.67200	0.28900	-0.30000
0.73200	0.21700	-0.00400	-0.73800	0.38100	-0.34000
0.88300	0.31900	-0.02600	-0.76700	0.51100	-0.36200
1.03300	0.44600	-0.05800	-0.67200	0.54800	-0.33200
1.19200	0.59500	-0.09900	-0.89400	0.81600	-0.44700
1.32500	0.76800	-0.14600	-0.52900	0.70500	-0.33300

C	ALARG	CCRR	C	ALARG	CCRR
1.00000	2.46490	0.00000	1.00000	2.46490	0.00000
1.00000	2.46490	-0.55614	1.00000	2.46490	1.40906
1.00000	2.46490	-1.43074	1.00000	2.46490	2.89399
1.00000	2.46490	-2.92651	1.00000	2.46490	4.46563
1.00000	2.46490	-4.54150	1.00000	2.46490	5.99392
1.00000	2.46490	-6.35160	1.00000	2.46490	7.28375
1.00000	2.46490	-7.93409	1.00000	2.46490	7.99912
1.00000	2.46490	-9.57076	1.00000	2.46490	8.31345
1.00000	2.46490	-11.19660	1.00000	2.46490	7.28375
1.00000	2.46490	-12.91998	1.00000	2.46490	9.68998
1.00000	2.46490	-14.36155	1.00000	2.46490	5.73378

BETA	CDS	CN	BETA	CDS	CN
0.00000	0.03100	0.00000	0.00000	0.06400	0.00000
1.40386	0.03443	0.05619	3.40906	0.08180	0.13289
3.56926	0.03270	0.13464	7.89399	0.08151	0.27426
7.07349	0.03821	0.27493	14.46563	0.10989	0.43040
10.45850	0.05579	0.42776	20.99391	0.14115	0.58566
13.64840	0.08004	0.60025	27.28374	0.20358	0.73032
17.06590	0.11564	0.75513	32.99911	0.27797	0.82987
20.42923	0.17151	0.92421	38.31345	0.39972	0.91974
23.80339	0.24415	1.10201	42.28374	0.46258	0.86479
27.08000	0.32623	1.29560	49.68997	0.66482	1.20936
30.63844	0.43590	1.48000	50.73378	0.65207	0.87256

CP	FILAI	CP	FILAI
0.19661	0.14654	0.55101	0.54634
0.19661	0.14654	0.55101	0.54634
0.17573	0.12566	0.57086	0.56619
0.19544	0.14538	0.63337	0.62870
0.21493	0.16487	0.65126	0.64659
0.23667	0.18661	0.66078	0.65611
0.25530	0.20523	0.65970	0.65503
0.27813	0.22807	0.64359	0.63892
0.30263	0.25257	0.63391	0.62924
0.32641	0.27635	0.61962	0.61495
0.34865	0.29858	0.63163	0.62696



BIBLIOTECA



CESECOMP - ESP

FILASCP	FILASAL	FILASCP	FILASAL
0.14654	2.46490	0.54634	2.46490
0.14654	2.46490	0.55566	2.46490
0.13562	2.46490	0.60237	2.46490
0.13384	2.46490	0.64467	2.46490
0.14716	2.46490	0.65590	2.46490
0.15960	2.46490	0.64767	2.46490
0.17385	2.46490	0.63311	2.46490
0.18821	2.46490	0.61977	2.46490
0.20078	2.46490	0.62044	2.46490
0.21473	2.46490	0.63823	2.46490
0.23120	2.46490	0.64074	2.46490

FILATCL	FILATCD	FILATCL	FILATCD
0.00000	0.03100	0.00000	0.06400
0.05500	0.03443	-0.13000	0.08180
0.13200	0.03270	-0.26700	0.08151
0.27000	0.03821	-0.41200	0.10989
0.41900	0.05579	-0.55300	0.14115
0.58600	0.08004	-0.67200	0.20358
0.73200	0.11564	-0.73800	0.27797
0.88300	0.17151	-0.76700	0.39972
1.03300	0.24415	-0.67200	0.46258
1.19200	0.32623	-0.89400	0.66482
1.32500	0.43590	-0.52900	0.65207

FILAFCL	FILAFCD	FILAFCP	FILAFCL	FILAFCD	FILAFCP
0.00000	0.03100	0.14654	0.00000	0.06400	0.54634
0.05588	0.03441	0.14642	-0.05448	0.07146	0.55024
0.13209	0.03271	0.13562	-0.13496	0.08179	0.55735
0.27305	0.03857	0.13411	-0.24406	0.08156	0.59455
0.43239	0.05774	0.14816	-0.32923	0.09369	0.62052
0.61323	0.08668	0.16226	-0.40803	0.10911	0.64352
0.76752	0.12879	0.17723	-0.48525	0.12613	0.65050
0.92743	0.19303	0.19193	-0.56122	0.14547	0.65533
1.09107	0.27412	0.20587	-0.62879	0.18091	0.65066
1.24774	0.37220	0.22163	-0.68687	0.22034	0.64439
1.38123	0.48227	0.23816	-0.72811	0.26683	0.63529

CNF	CENT	CENT	CNF	CENT	CENT
0.00000	-0.06092	-0.08639	0.00000	0.19373	0.16825
0.05672	-0.06099	-0.08647	0.05624	0.19622	0.17074
0.13387	-0.06787	-0.09335	0.13979	0.20075	0.17527
0.27573	-0.06883	-0.09431	0.25230	0.22444	0.19896
0.43559	-0.05989	-0.08536	0.34091	0.24098	0.21550
0.61565	-0.05091	-0.07638	0.42234	0.25563	0.23015
0.77004	-0.04137	-0.06685	0.50055	0.26008	0.23460
0.93384	-0.03201	-0.05749	0.57557	0.26315	0.23767
1.10470	-0.02313	-0.04860	0.64634	0.26018	0.23470
1.27381	-0.01309	-0.03857	0.70861	0.25619	0.23071
1.42612	-0.00256	-0.02804	0.75848	0.25039	0.22491

VALEQ 7.80473 M SEG-1
 VCLEQ 4.42668 M SEG-1

CALCULO DEL TIMON
=====



CESERCOMP - ESP

BUQUE ARRASTRERO POR PCPA
CLIENTE E S P C L
FECHA 01/01/85

DATOS DEL BUQUE

DESPLAZAMIENTO	201.4 TM
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES.....	21.50 M.
MANGA	6.24 M
CALADO	2.77 M
VELOCIDAD DE SERVICIO.....	11.00NUD.



BIBLIOTECA

DATOS DE LA HELICE

DIAMETRO	1.73 M
PASO	1.32 M
REVOLUCIONES	612.0 RPM
COEFICIENTES DE ESTELA	0.238

DATOS DEL TIMON

AREA MAXIMA	2.73 M2
ENVERGADURA	2.10 M
AFINAMIENTO	1.00
RENDIMIENTO DEL SERVO	0.75
COEFICIENTE DE INTERACCION CON LA HELICE	0.95



BIBLIOTECA

RESULTADOS



CESERCOMP - ES

AREA NECESARIA POR ESTABILIDAD DE RUTA ..	0.70 M2
AREA NECESARIA POR GIRC	0.45 M2
AREA ADOPTADA	2.73 M2
CUERDA MEDIA	1.30 M
RELACION DE COMPENSACION	0.246
DISTANCIA DEL EJE AL BORDE DE SALIDA ...	0.98 M
DIAMETRO TACTICO PARA DELTA =+35 GRADOS	15.82 M
AVANCE PARA DELTA =+35 GRADOS	48.79 M
VELOCIDAD GIRO / VELOCIDAD APROXIMACION	0.275
COEFICIENTE K PRIMA PARA 10 GRADOS	1.66
COEFICIENTE T PRIMA PARA 10 GRADOS	1.29
COEFICIENTE DE ATENUACION DE GUNADA ...	0.0294
COEFICIENTE DE ESTABILIDAD DE RUTA	5.219

COMPORTAMIENTO EN EL GIRO ESPECIALMENTE BUENO
ESTABILIDAD DE RUTA BUENA
RESPUESTA AL TIMON RAPIDA

RESULTADOS CON EL BUQUE AVANTE



CESERCOMP - ESP

VELOCIDAD DEL BUQUE 11.00NDC.
 VELOCIDAD DE GIRO DEL TIMON 0.1229E+02 GRADOS POR SEGUNDO

DELTA	ALFA	FUERZA	MOMENTOS		POTENCIA
0.0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2.0	1.43	0.575	-0.103	-0.134	0.393
5.0	3.57	1.373	-0.268	-0.343	1.021
10.0	7.14	2.791	-0.538	-0.691	2.053
15.0	10.71	4.331	-0.767	-1.003	2.924
20.0	14.29	6.059	-0.955	-1.286	3.644
25.0	17.86	7.730	-1.061	-1.483	4.046
30.0	21.43	9.326	-1.094	-1.603	4.172
35.0	25.00	11.006	-1.080	-1.681	4.121
40.0	28.57	12.751	-0.978	-1.674	3.729
45.0	32.14	14.592	-0.782	-1.579	2.983

RESULTADOS CON EL BUQUE MARCHA ATRAS

VELOCIDAD DEL BUQUE 7.33NDC.
 VELOCIDAD DE GIRO DEL TIMON 0.1229E+02 GRADOS POR SEGUNDO

DELTA	ALFA	FUERZA	MOMENTOS		POTENCIA
0.0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2.0	1.43	0.223	0.088	0.076	0.337
5.0	3.57	0.536	0.219	0.190	0.836
10.0	7.14	0.959	0.435	0.383	1.660
15.0	10.71	1.269	0.627	0.558	2.391
20.0	14.29	1.574	0.823	0.738	3.141
25.0	17.86	1.872	1.002	0.900	3.822
30.0	21.43	2.153	1.161	1.044	4.430
35.0	25.00	2.421	1.305	1.173	4.977
40.0	28.57	2.616	1.371	1.229	5.232
45.0	32.14	2.807	1.438	1.285	5.487

AVANTE

M. ATRAS



CESERCOMP - ES



BIBLIOTECA

CL	CD	CM	CL	CD	CM
0.00000	0.03100	0.00100	0.00000	0.06400	-0.00400
0.05500	0.03500	0.00300	-0.13000	0.08500	-0.04000
0.13200	0.03600	0.01000	-0.26700	0.09500	-0.08800
0.27000	0.05200	0.01500	-0.41200	0.14200	-0.16500
0.41900	0.08900	0.01500	-0.55300	0.19900	-0.23500
0.58600	0.14500	0.00800	-0.67200	0.28900	-0.30000
0.73200	0.21700	-0.00400	-0.73800	0.38100	-0.34000
0.88300	0.31900	-0.02600	-0.76700	0.51100	-0.36200
1.03300	0.44600	-0.05800	-0.67200	0.54800	-0.33200
1.19200	0.59500	-0.09900	-0.89400	0.81600	-0.44700
1.32500	0.76800	-0.14600	-0.52900	0.70500	-0.33300

C	ALARG	CCRR	C	ALARG	CCRR
1.00000	1.61539	0.00000	1.00000	1.61539	0.00000
1.00000	1.61539	-0.38213	1.00000	1.61539	0.90322
1.00000	1.61539	-0.91711	1.00000	1.61539	1.85507
1.00000	1.61539	-1.87591	1.00000	1.61539	2.86250
1.00000	1.61539	-2.91113	1.00000	1.61539	3.84214
1.00000	1.61539	-4.07142	1.00000	1.61539	4.66893
1.00000	1.61539	-5.08580	1.00000	1.61539	5.12749
1.00000	1.61539	-6.13492	1.00000	1.61539	5.32897
1.00000	1.61539	-7.17709	1.00000	1.61539	4.66893
1.00000	1.61539	-8.28179	1.00000	1.61539	6.21134
1.00000	1.61539	-9.20585	1.00000	1.61539	3.67539

BETA	CDS	CN	BETA	CDS	CN
0.00000	0.03100	0.00000	0.00000	0.06400	0.00000
1.61787	0.03463	0.05619	2.90322	0.08295	0.13289
4.08289	0.03389	0.13464	6.85507	0.08636	0.27426
8.12409	0.04316	0.27493	12.86250	0.12142	0.43040
12.08887	0.06771	0.42776	18.84213	0.16192	0.58566
15.92858	0.10336	0.60025	24.66893	0.23424	0.73032
19.91418	0.15203	0.75513	30.12749	0.31496	0.82987
23.86507	0.22446	0.92421	35.32896	0.43967	0.91974
27.82291	0.31661	1.10201	39.66893	0.49324	0.86479
31.71820	0.42272	1.29560	46.21133	0.71909	1.20936
35.79414	0.55512	1.48000	48.67538	0.67107	0.87256

CP	FILAI	CP	FILAI
0.19661	0.09498	0.55101	0.51335
0.19661	0.09498	0.55101	0.51335
0.17573	0.07410	0.57086	0.53320
0.19544	0.09381	0.63337	0.59571
0.21493	0.11331	0.65126	0.61360
0.23667	0.13505	0.66078	0.62312
0.25530	0.15367	0.65970	0.62204
0.27813	0.17651	0.64359	0.60593
0.30263	0.20100	0.63391	0.59625
0.32641	0.22479	0.61962	0.58196
0.34865	0.24702	0.63163	0.59397



BIBLIOTECA

CALCULO DEL TIMON

=====



CESERCOMP - ESPOL

BUQUE ARRASTRERO POR PCPA
 CLIENTE E S P O L
 FECHA 01/01/85

DATOS DEL BUQUE

DESPLAZAMIENTO	201.4 TM
ESLORA ENTRE PERPENDICLARES.....	21.50 M
MANGA	6.24 M
CALADO	2.77 M
VELOCIDAD DE SERVICIO.....	11.00NUD.

DATOS DE LA HELICE

DIAMETRO	1.73 M
PASO	1.32 M
REVOLUCIONES	612.0 RPM
COEFICIENTES DE ESTELA	0.238

DATOS DEL TIMON

AREA MAXIMA	0.70 M2
ENVERGADURA	2.10 M
AFINAMIENTO	1.00
RENDIMIENTO DEL SERVO	0.75
COEFICIENTE DE INTERACCION CON LA HELICE	0.95

RESULTADOS

AREA NECESARIA POR ESTABILIDAD DE RUTA .	0.70 M2
AREA NECESARIA POR GIRO	0.45 M2
AREA ADOPTADA	0.70 M2
CUERDA MEDIA	0.33 M
RELACION DE COMPENSACION	0.246
DISTANCIA DEL EJE AL BORDE DE SALIDA ...	0.25 M
DIAMETRO TACTICO PARA DELTA =+35 GRADOS	61.70 M
AVANCE PARA DELTA =+35 GRADOS	97.40 M
VELOCIDAD GIRO / VELOCIDAD APROXIMACION	0.490
COEFICIENTE K PRIMA PARA 10 GRADOS	4.45
COEFICIENTE T PRIMA PARA 10 GRADOS	8.74
COEFICIENTE DE ATENUACION DE GUINADA ...	0.0043
COEFICIENTE DE ESTABILIDAD DE RUTA	35.484

COMPORTAMIENTO EN EL GIRO ESPECIALMENTE BUENO
PROBABLE INESTABILIDAD DE RUTA
RESPUESTA AL TIMON MUY LENTA



CESERCOMP - ESP



BIBLIOTECA



RESULTADOS CON EL BUQUE AVANTE



CESERCOMP - ESPC

VELOCIDAD DEL BUQUE 11.00NOC.
 VELOCIDAD DE GIRO DEL TIMON 0.1229E+02 GRADOS POR SEGUNDO

BETA	ALFA	FUERZA	MOMENTOS		POTENCIA
0.0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2.0	1.43	0.201	-0.007	-0.010	0.027
5.0	3.57	0.484	-0.019	-0.025	0.071
10.0	7.14	1.023	-0.040	-0.055	0.154
15.0	10.71	1.688	-0.059	-0.082	0.223
20.0	14.29	2.261	-0.067	-0.099	0.257
25.0	17.86	2.856	-0.070	-0.110	0.267
30.0	21.43	3.491	-0.068	-0.117	0.258
35.0	25.00	4.013	-0.059	-0.115	0.225
40.0	28.57	4.516	-0.045	-0.109	0.173
45.0	32.14	5.006	-0.027	-0.097	0.103



RESULTADOS CON EL BUQUE MARCHA ATRAS

VELOCIDAD DEL BUQUE 7.33NOC.
 VELOCIDAD DE GIRO DEL TIMON 0.1229E+02 GRADOS POR SEGUNDO

BETA	ALFA	FUERZA	MOMENTOS		POTENCIA
0.0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2.0	1.43	0.042	0.005	0.004	0.018
5.0	3.57	0.105	0.012	0.011	0.046
10.0	7.14	0.194	0.025	0.022	0.095
15.0	10.71	0.269	0.037	0.033	0.142
20.0	14.29	0.332	0.048	0.043	0.183
25.0	17.86	0.393	0.058	0.053	0.221
30.0	21.43	0.450	0.067	0.061	0.255
35.0	25.00	0.504	0.075	0.068	0.285
40.0	28.57	0.555	0.080	0.073	0.307
45.0	32.14	0.597	0.085	0.076	0.323





CESERCOMP - ESPOL

FILASCP	FILASAL	FILASCP	FILASAL
0.12556	6.30000	0.54393	6.30000
0.12556	6.30000	0.55713	6.30000
0.11878	6.30000	0.61499	6.30000
0.10806	6.30000	0.64669	6.30000
0.11876	6.30000	0.65295	6.30000
0.12833	6.30000	0.63591	6.30000
0.13909	6.30000	0.62305	6.30000
0.15020	6.30000	0.61679	6.30000
0.16193	6.30000	0.62530	6.30000
0.17200	6.30000	0.64550	6.30000
0.18302	6.30000	0.64406	6.30000

FILATCL	FILATCD	FILATCL	FILATCD
0.00000	0.03100	0.00000	0.06400
0.05500	0.03419	-0.13000	0.08047
0.13200	0.03133	-0.26700	0.07591
0.27000	0.03248	-0.41200	0.09655
0.41900	0.04199	-0.55300	0.11711
0.58600	0.05305	-0.67200	0.16808
0.73200	0.07352	-0.73800	0.23516
0.88300	0.11022	-0.76700	0.35348
1.03300	0.16027	-0.67200	0.42708
1.19200	0.21454	-0.89400	0.60199
1.32500	0.29790	-0.52900	0.63007

FILAFCL	FILAFCD	FILAFCP	FILAFCL	FILAFCD	FILAFCP
0.00000	0.03100	0.12556	0.00000	0.06400	0.54393
0.06654	0.03376	0.12454	-0.04649	0.06989	0.54865
0.16057	0.03157	0.11656	-0.11623	0.07873	0.55573
0.34058	0.03698	0.11313	-0.21454	0.07766	0.59283
0.56581	0.05171	0.12717	-0.29947	0.08053	0.62209
0.76109	0.08059	0.14123	-0.37114	0.09073	0.63776
0.96110	0.13628	0.15631	-0.44223	0.10096	0.64803
1.17446	0.20855	0.17089	-0.51253	0.11121	0.65115
1.33981	0.30718	0.18425	-0.57942	0.12843	0.64917
1.50032	0.40779	0.19755	-0.64168	0.15509	0.64025
1.66082	0.50839	0.21086	-0.69211	0.18852	0.63199

CNF	CENT	CENT	CNF	CENT	CENT
0.00000	-0.03357	-0.04690	0.00000	0.10589	0.09256
0.06736	-0.03390	-0.04724	0.04822	0.10746	0.09413
0.16222	-0.03657	-0.04990	0.12091	0.10982	0.09649
0.34253	-0.03771	-0.05104	0.22253	0.12219	0.10886
0.56556	-0.03303	-0.04636	0.30922	0.13194	0.11861
0.75744	-0.02834	-0.04168	0.38206	0.13717	0.12383
0.95659	-0.02332	-0.03665	0.45188	0.14059	0.12726
1.16947	-0.01846	-0.03179	0.51773	0.14163	0.12830
1.34411	-0.01400	-0.02734	0.57941	0.14097	0.12764
1.51265	-0.00957	-0.02290	0.63772	0.13800	0.12466
1.67676	-0.00513	-0.01847	0.68634	0.13524	0.12191

VALEQ 9.03023 M SEG-1
 VCLEQ 4.87388 M SEG-1

CALCULO DEL TIMON
=====



CESERCOMP - ESPOL

BUQUE ARRASTRERO POR POPA
CLIENTE E S P O L
FECHA 01/01/86

DATOS DEL BUQUE

DESPLAZAMIENTO	201.4 TM
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES.....	21.50 M
MANGA	6.24 M
CALADO	2.77 M
VELOCIDAD DE SERVICIO.....	11.00NOD.

DATOS DE LA HELICE

DIAMETRO	1.73 M
PASO	1.32 M
REVOLUCIONES	612.0 RPM
COEFICIENTES DE ESTELA	0.238

DATOS DEL TIMON

AREA MAXIMA	0.45 M2
ENVERGADURA	2.10 M
AFINAMIENTO	1.00
RENDIMIENTO DEL SERVO	0.75
COEFICIENTE DE INTERACCION CON LA HELICE	0.95

RESULTADOS

AREA NECESARIA POR ESTABILIDAD DE RUTA .	0.70 M2
AREA NECESARIA POR GIRO	0.45 M2
AREA ADOPTADA	0.45 M2
CUERDA MEDIA	0.21 M
RELACION DE COMPENSACION	0.246
DISTANCIA DEL EJE AL BORDE DE SALIDA ...	0.16 M
DIAMETRO TACTICO PARA DELTA =+35 GRADOS	95.98 M
AVANCE PARA DELTA =+35 GRADOS	133.71 M
VELOCIDAD GIRO / VELOCIDAD APROXIMACION	0.608
COEFICIENTE K PRIMA PARA 10 GRADOS	-17.31
COEFICIENTE T PRIMA PARA 10 GRADOS	-49.41
COEFICIENTE DE ATENUACION DE GUINADA ...	-0.0008
COEFICIENTE DE ESTABILIDAD DE RUTA	-200.663

COMPORTAMIENTO EN EL GIRO BUENO
ESTABILIDAD DE RUTA BUENA
RESPUESTA AL TIMON RAPIDA



CESERCOMP - ESP

RESULTADOS CON EL BUQUE AVANTE



CESERCOMP - ESP

VELOCIDAD DEL BUQUE 11.00NDC.
 VELOCIDAD DE GIRO DEL TIMON 0.1229E+02 GRADOS POR SEGUNDO

DELTA	ALFA	FUERZA	MOMENTOS		POTENCIA
0.0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2.0	1.43	0.135	-0.003	-0.004	0.012
5.0	3.57	0.327	-0.008	-0.011	0.031
0.0	7.14	0.696	-0.018	-0.024	0.068
5.0	10.71	1.155	-0.026	-0.036	0.098
0.0	14.29	1.541	-0.029	-0.043	0.112
5.0	17.86	1.943	-0.031	-0.048	0.117
0.0	21.43	2.360	-0.029	-0.051	0.112
5.0	25.00	2.698	-0.025	-0.050	0.097
0.0	28.57	3.029	-0.019	-0.047	0.074
5.0	32.14	3.350	-0.012	-0.042	0.044

RESULTADOS CON EL BUQUE MARCHA ATRAS

VELOCIDAD DEL BUQUE 7.33NDC.
 VELOCIDAD DE GIRO DEL TIMON 0.1229E+02 GRADOS POR SEGUNDO

DELTA	ALFA	FUERZA	MOMENTOS		POTENCIA
0.0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2.0	1.43	0.026	0.002	0.002	0.007
5.0	3.57	0.065	0.005	0.004	0.019
0.0	7.14	0.121	0.010	0.009	0.038
5.0	10.71	0.169	0.015	0.014	0.058
0.0	14.29	0.209	0.019	0.017	0.074
5.0	17.86	0.247	0.023	0.021	0.090
0.0	21.43	0.283	0.027	0.024	0.103
5.0	25.00	0.316	0.030	0.027	0.115
0.0	28.57	0.348	0.032	0.029	0.124
5.0	32.14	0.375	0.034	0.031	0.131

AVANTE

M. ATRAS



CESERCOMP - ESP



BIBLIOTECA

CL	CD	CM	CL	CD	CM
0.00000	0.03100	0.00100	0.00000	0.06400	-0.00400
0.05500	0.03500	0.00300	-0.13000	0.08500	-0.04000
0.13200	0.03600	0.01000	-0.26700	0.09500	-0.08800
0.27000	0.05200	0.01500	-0.41200	0.14200	-0.16500
0.41900	0.08900	0.01500	-0.55300	0.19900	-0.23500
0.58600	0.14500	0.00800	-0.67200	0.28900	-0.30000
0.73200	0.21700	-0.00400	-0.73800	0.38100	-0.34000
0.88300	0.31900	-0.02600	-0.76700	0.51100	-0.36200
1.03300	0.44600	-0.05800	-0.67200	0.54800	-0.33200
1.19200	0.59500	-0.09900	-0.89400	0.81600	-0.44700
1.32500	0.76800	-0.14600	-0.52900	0.70500	-0.33300

C	ALARG	CGRR	C	ALARG	CGRR
1.00000	9.80000	0.00000	1.00000	9.80000	0.00000
1.00000	9.80000	-0.90073	1.00000	9.80000	2.12901
1.00000	9.80000	-2.16176	1.00000	9.80000	4.37265
1.00000	9.80000	-4.42179	1.00000	9.80000	6.74732
1.00000	9.80000	-6.86196	1.00000	9.80000	9.05647
1.00000	9.80000	-9.55691	1.00000	9.80000	11.00533
1.00000	9.80000	-11.98795	1.00000	9.80000	12.08622
1.00000	9.80000	-14.46088	1.00000	9.80000	12.56115
1.00000	9.80000	-16.91742	1.00000	9.80000	11.00533
1.00000	9.80000	-19.52136	1.00000	9.80000	14.64101
1.00000	9.80000	-21.69949	1.00000	9.80000	8.66342

BETA	CDS	CN	BETA	CDS	CN
0.00000	0.03100	0.00000	0.00000	0.06400	0.00000
1.09927	0.03414	0.05619	4.12901	0.08017	0.13289
2.83824	0.03102	0.13464	9.37265	0.07462	0.27426
5.57821	0.03116	0.27493	16.74731	0.09349	0.43040
8.13804	0.03882	0.42776	24.05647	0.11160	0.58566
10.40309	0.04685	0.60025	31.00533	0.15993	0.73032
13.01205	0.06386	0.75513	37.08621	0.22533	0.82987
15.53912	0.09616	0.92421	42.56114	0.34286	0.91974
18.08258	0.14101	1.10201	46.00533	0.41893	0.86479
20.47864	0.18890	1.29560	54.64101	0.58757	1.20936
23.30051	0.26622	1.48000	53.66342	0.62502	0.87256

CP	FILAI	CP	FILAI
0.19661	0.12566	0.55101	0.54403
0.19661	0.12566	0.55101	0.54403
0.17573	0.10478	0.57086	0.56388
0.19544	0.12449	0.63337	0.62638
0.21493	0.14399	0.65126	0.64427
0.23667	0.16572	0.66078	0.65380
0.25530	0.18435	0.65970	0.65272
0.27813	0.20718	0.64359	0.63661
0.30263	0.23168	0.63391	0.62693
0.32641	0.25547	0.61962	0.61264
0.34865	0.27770	0.63163	0.62465



BIBLIOTECA



CESERCOMP - ESPOL

FILASCP	FILASAL	FILASCP	FILASAL
0.12566	9.80000	0.54403	9.80000
0.12566	9.80000	0.55811	9.80000
0.11983	9.80000	0.61854	9.80000
0.10706	9.80000	0.64760	9.80000
0.11715	9.80000	0.65292	9.80000
0.12606	9.80000	0.63466	9.80000
0.13624	9.80000	0.62097	9.80000
0.14633	9.80000	0.61879	9.80000
0.15739	9.80000	0.62707	9.80000
0.16751	9.80000	0.64782	9.80000
0.17802	9.80000	0.64547	9.80000

FILATCL	FILATCD	FILATCL	FILATCD
0.00000	0.03100	0.00000	0.06400
0.05500	0.03414	-0.13000	0.08017
0.13200	0.03102	-0.26700	0.07462
0.27000	0.03116	-0.41200	0.09349
0.41900	0.03882	-0.55300	0.11160
0.58600	0.04685	-0.67200	0.15993
0.73200	0.06386	-0.73800	0.22533
0.88300	0.09616	-0.76700	0.34286
1.03300	0.14101	-0.67200	0.41893
1.19200	0.18890	-0.89400	0.58757
1.32500	0.26622	-0.52900	0.62502

FILAFCL	FILAFCD	FILAFCP	FILAFCL	FILAFCD	FILAFCP
0.00000	0.03100	0.12566	0.00000	0.06400	0.54403
0.06958	0.03355	0.12456	-0.04498	0.06959	0.54890
0.16893	0.03106	0.11641	-0.11244	0.07799	0.55621
0.36107	0.03585	0.11323	-0.20874	0.07698	0.59285
0.60341	0.04888	0.12728	-0.29338	0.07806	0.62383
0.80811	0.08014	0.14132	-0.36360	0.08719	0.63790
1.01970	0.13704	0.15641	-0.43341	0.09624	0.64841
1.23677	0.21493	0.17105	-0.50231	0.10508	0.65101
1.40510	0.31279	0.18435	-0.56916	0.11816	0.65044
1.57343	0.41065	0.19765	-0.63032	0.14300	0.64106
1.74175	0.50851	0.21096	-0.68435	0.17217	0.63210

CNF	CENT	CENT	CNF	CENT	CENT
0.00000	-0.02156	-0.03013	0.00000	0.06809	0.05952
0.07040	-0.02179	-0.03036	0.04670	0.06914	0.06057
0.17053	-0.02354	-0.03211	0.11708	0.07070	0.06213
0.36273	-0.02422	-0.03279	0.21669	0.07855	0.06998
0.60198	-0.02121	-0.02978	0.30278	0.08519	0.07662
0.80289	-0.01820	-0.02677	0.37387	0.08821	0.07964
1.01260	-0.01497	-0.02354	0.44204	0.09046	0.08189
1.22981	-0.01183	-0.02040	0.50598	0.09102	0.08245
1.40565	-0.00898	-0.01755	0.56577	0.09090	0.08233
1.57823	-0.00613	-0.01470	0.62196	0.08889	0.08031
1.74535	-0.00328	-0.01185	0.67106	0.08697	0.07839

VALEQ 9.03023 M SEG-1
VCLEQ 4.87388 M SEG-1

4.4. EVALUACION DE LOS RESULTADOS



En la página siguiente encontraremos la tabla N°- 1, en la cual damos el resumen de los resultados obtenidos por el programa en el ejemplo anterior.

Lo ideal sería comparar los valores de los coeficientes calculados por el programa, con los medidos en las pruebas de mar, pero como no se dispone de éste último dato, no se ha podido determinar la diferencia. Sin embargo, cabe señalar que los coeficientes de maniobrabilidad de Nomoto, no sólo son función de los parámetros usados en los gráficos que se han presentado durante el desarrollo de la tesis y por lo tanto esto introducirá algún error, pero , los resultados cualitativos que en definitiva ayudan al desarrollo de un determinado proyecto, servirán de mucha ayuda como marco de referencia, para luego particularizar un diseño cualquiera.

Para el caso del barco arrastrero, parecería que con el área de 2.73 m^2 , se tienen las mejores condiciones de maniobrabilidad, pero la fuerza y el momento son grandes, mientras que si se adopta el área de 0.45 m^2 , se obtienen las condiciones para la estabilidad de ruta y la respuesta al timón con menos fuer



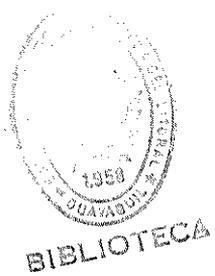


TABLA Nº 1.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PROGRAMA ANTERIOR

BUQUE	AREA ADOP- TADA m ²	CONDICION IDEAL	R E S U L T A D O S			FUERZA MAX. t.	MOMENTO MAX. t.m
			GIRO	E. RUTA	R. TIMON		
Arrastrero	2.73	Diseño	E.B	B.	R.	14.59	1.68
Arrastrero	0.45	Giro	B.	B.	R.	3.35	0.05
Arrastrero	0.70	Ruta	E.B.	P.I.	M.L.	5.00	0.11
Camaronero	1.44	Diseño	E.B.	P.	Í.	5.87	0.395
Camaronero	1.00	Giro	B.	P.I.	M.L.	4.54	0.18
Camaronero	0.95	Ruta	B.	P.I.	M.L.	4.37	0.162

E.B. = especialmente bueno
M.L. = muy lento

P.I. = probable inestabilidad
B. = bueno

R. = rápido
P. = pobre



za y momento. El comportamiento del buque en el giro sigue siendo buena, toda vez que, para arrastre más importante es la estabilidad de ruta.

Para el caso del área de 0.7 m^2 se presentan las condiciones menos favorables de maniobrabilidad para este barco, aunque la fuerza y el momento son todavía menores que para el primer caso.

Debe tenerse en cuenta que los coeficientes de maniobrabilidad para el área de 0.45 m^2 son inapropiados y por lo tanto el área de 2.73 m^2 es la más conveniente de las tres. Si se deseara otra condición, se tendría que tomar nuevas áreas (utilizando los resultados anteriores como referencia) y ver si es conveniente.

Con el camaronero en cambio puede decirse que con el área de 1.44 m^2 se consiguen las condiciones más aceptables, aunque tal vez con un poco más de área se podría mejorar (si las formas lo permiten).

Finalmente se ha graficado en las figuras N°-s. 9.a, 9.b, 10.a, y 10.b, los valores de fuerza y momento sobre el timón para el barco camaronero y arrastrero en su condición de diseño y se ha comparado con los resultados obtenidos por la fórmula de Jossel, que se da -

en la tabla N^o 2.

Como era de esperarse, los valores dados por el programa tanto para fuerza como para momento son más completos que los de Jossel, por usar un método más exacto.

Solamente para verificar la tendencia de las curvas - se pone el gráfico de las figuras 11.a,b., que corresponde a los valores de fuerza y momento para el buque de guerra U.S.S. Norfolk y que fueron medidos en las pruebas de mar.

TABLA N^o 2.

ARRASTRERO		CAMARONERO	
FUERZA	MOMENTO	FUERZA	MOMENTO
t.	t.M.	t.	t.m.
0	0	0	0
0.4895	-0.026	0.239	-0.012
1.135	-0.034	0.55	-0.019
2.02	0.005	0.99	-0.01
2.725	0.099	1.329	0.016
3.296	0.224	1.61	0.06
3.764	0.39	1.83	0.1
4.15	0.54	2.03	0.16
4.47	0.72	2.18	0.218
4.74	0.89	2.314	0.26
4.967	1.06	2.42	0.33

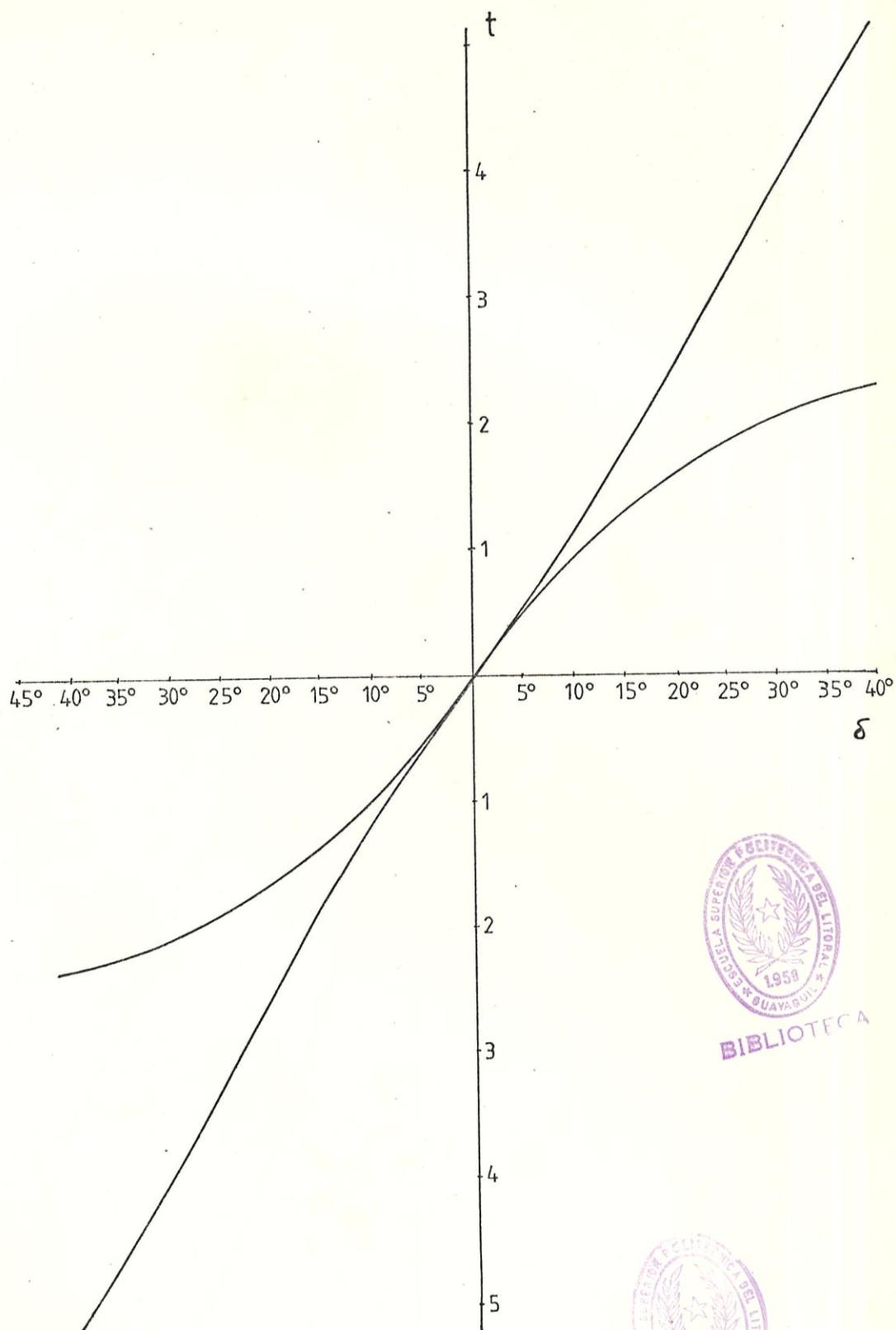


FIGURA N° 9.a. VALORES DE FUERZA SOBRE EL TIMON, USANDO LOS COEFICIENTES Y LA FORMULA DE JOSSEL (CAMARONERO)

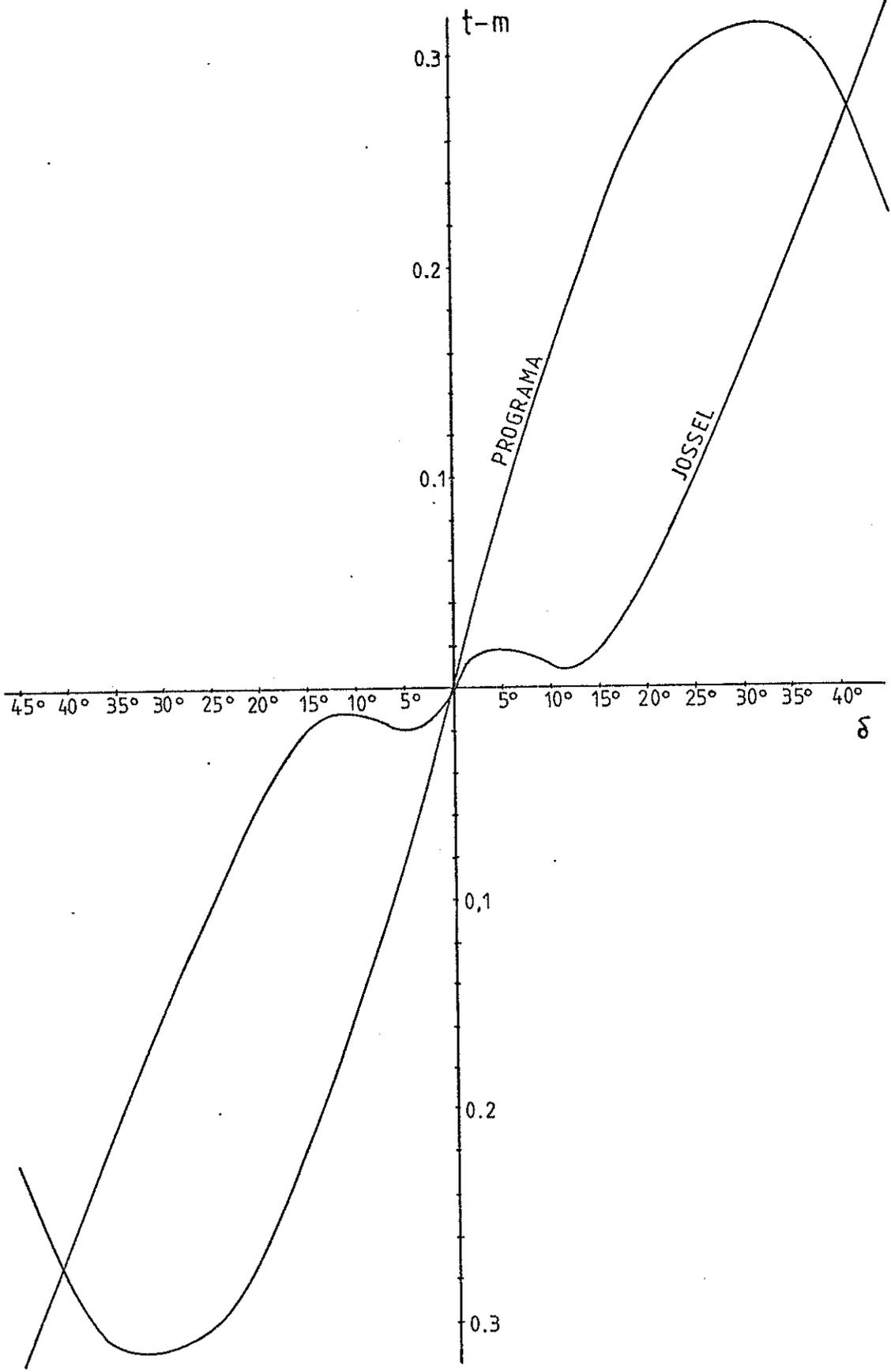


FIGURA N^o 9.b. VALORES DE MOMENTO SOBRE EL TIMON, USANDO LOS COEFICIENTES Y LA FORMULA DE JOSSEL (CAMARONERO).

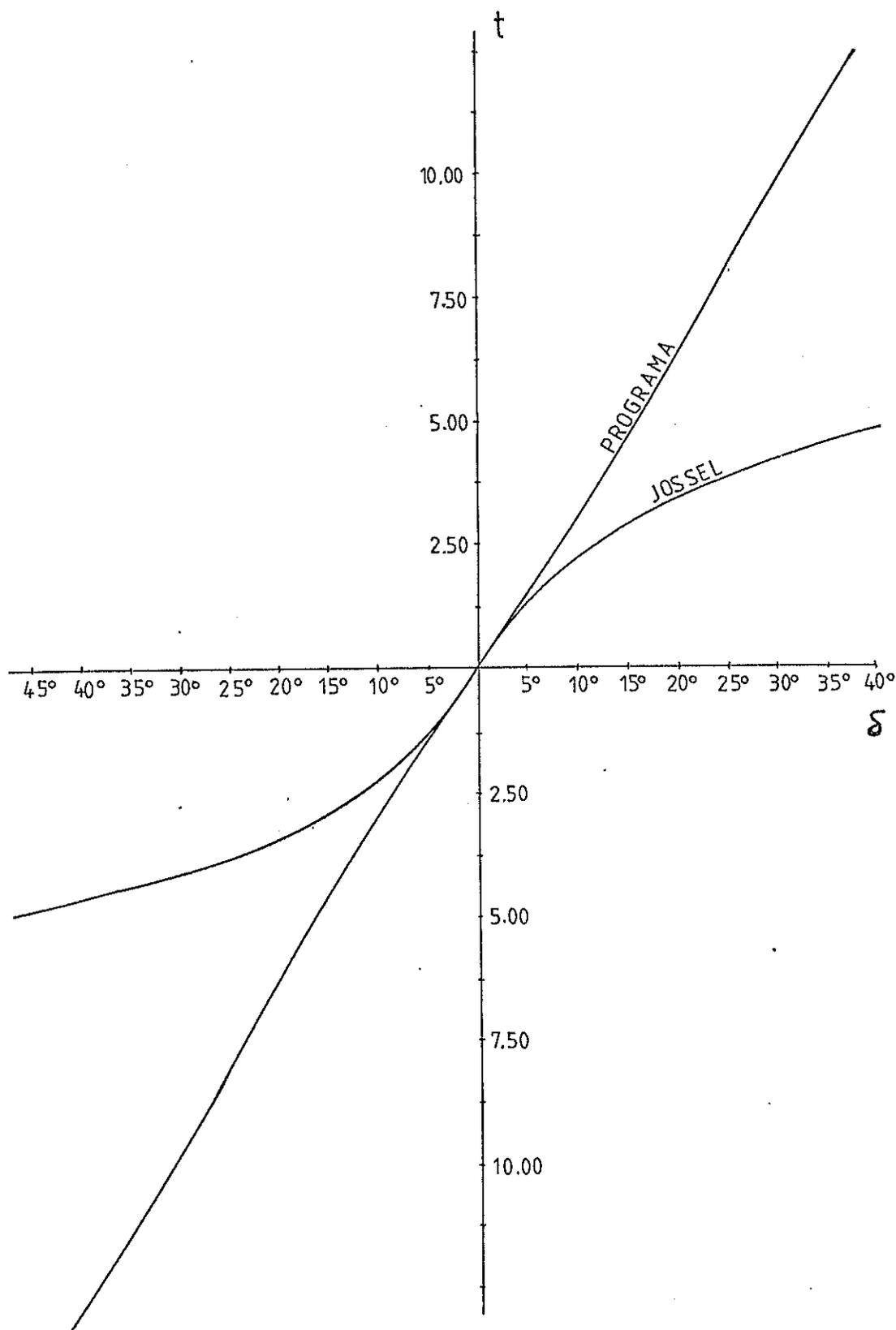


FIGURA N^o 10.a. VALORES DE FUERZA SOBRE EL TIMON, USANDO LOS COEFICIENTES Y LA FORMULA DE JOSSEL (ARRASTRERO).

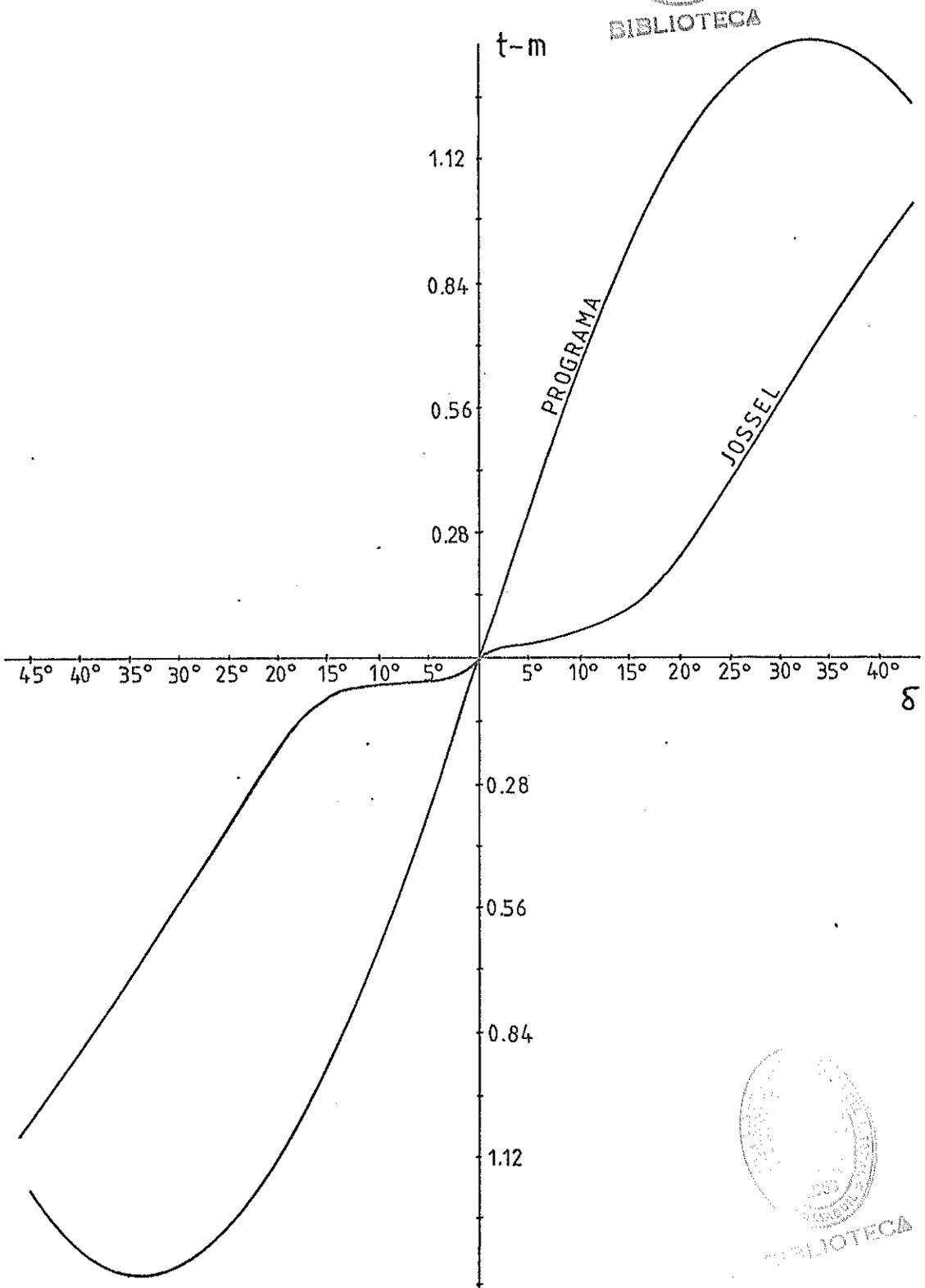


FIGURA N^o 10.b. VALORES DE MOMENTO SOBRE EL TIMON, USANDO LOS COEFICIENTES Y LA FORMULA DE JOSSEL (ARRASTRERO).

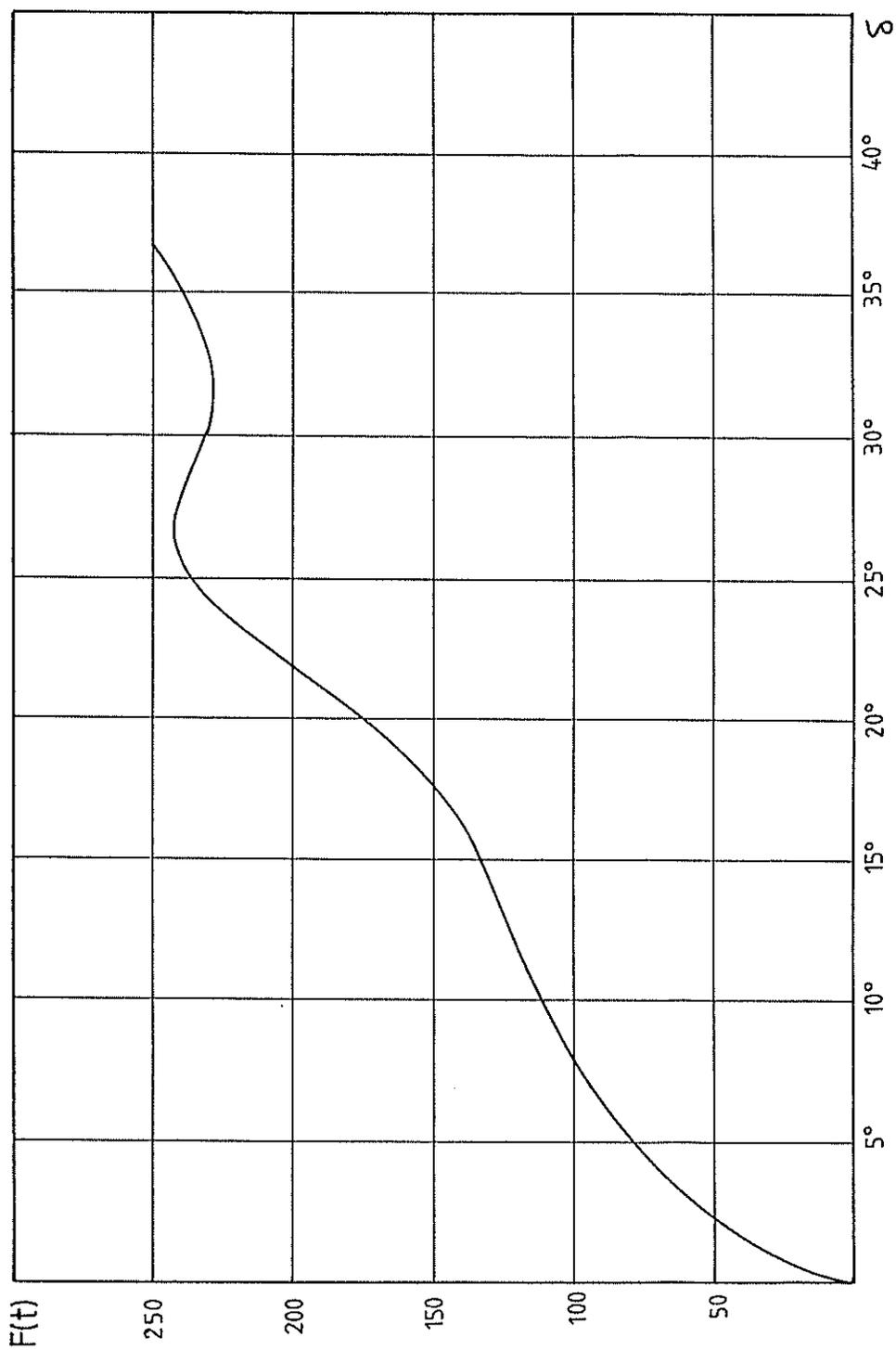


FIGURA N° 11.a. VALORES DE FUERZA MEDIDOS EN PRUEBAS DE MAR PARA EL BUQUE USS DE NORFOLK

BIBLIOTECA

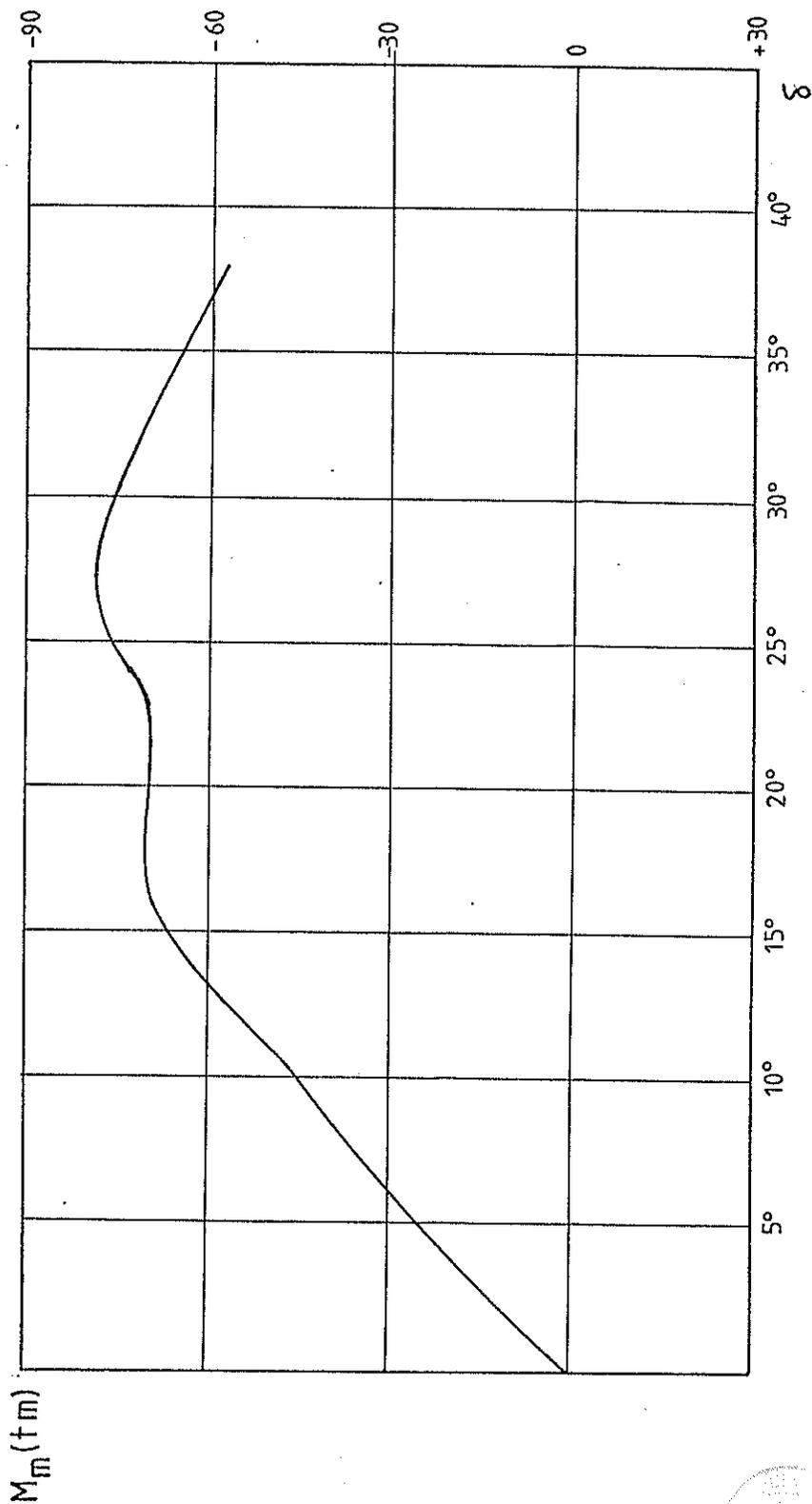


FIGURA N° 11.b. VALORES DEL MOMENTO MEDIDOS EN PRUEBAS DE MAR PARA BUQUES USS DE NORFOLK.

BIBLIOTECA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El método utilizado para el cálculo de la fuerza y el momento sobre el timón, da resultados bastante buenos, pero sería aconsejable disponer de mayor información sobre los diferentes tipos de perfiles de timón que se han probado, de modo que se tenga mayor número de opciones.

A pesar de que los datos utilizados para ejecutar el programa y luego comprobados con los obtenidos de la información en la que se ha basado esta tesis, corresponden a tipos diferentes de buques, pesquero en el primer caso y buque de guerra en el segundo, los resultados son confiables, pues sin tener los mismos valores, la configuración de las curvas obtenidas guardan similitud.

El método lineal de Nomoto para determinar los índices de maniobrabilidad resulta el más práctico y de fácil aplicación con respecto a otros métodos analizados para la realización de este trabajo. Pues existen métodos que utilizan el análisis

sis matemático profundo y que de no ser aplicado en la investigación no ayudan mayormente en la de terminación de los índices arriba mencionados. Así - mismo existen métodos empíricos los que aparte de darnos un criterio cualitativo no nos conducen a resultados precisos.

La bibliografía actual o consultada es insuficiente, puesto que muy poco o nada se ha escrito al res pecto, existiendo en ciertos países dedicados a este asunto, artículos aislados difíciles de obtener en - nuestro medio.

Pruebas experimentales de maniobrabilidad, se deberán - realizar en cuanto entre en funcionamiento el canal de pruebas de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar.

RECOMENDACIONES

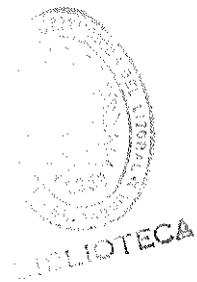
Crear conciencia en el futuro ingeniero, de la necesidad de ejecutar las pruebas de mar sobre maniobrabilidad y la manera de obtener datos más significativos de estas prue bas.

Se recomienda formar un banco de datos con información so-

bre: Sistemas de Gobierno, Indices de maniobrabilidad, fuerza y momento sobre el timón, de buques nacionales, a fin de poder utilizarlos en futuros diseños.

Encontrar y estudiar los efectos que produzcan la variación de algunos parámetros, en la condición de maniobrabilidad del buque, tales como: desplazamiento, coeficiente - bloque, asiento, distribución de pesos, posición del centro de gravedad, etc.

Se recomienda aumentar, corregir, mejorar, lo indicado en este trabajo, a fin de que en futuros proyectos se obtengan mejores respuestas del buque a su gobierno, las mismas que sin llegar a ser exactas sean al menos de aceptable maniobrabilidad.



BIBLIOGRAFIA

1. H.SIERRA "PROYECTO DE TIMONES MARINOS", 1970.
2. A. BAQUERO, ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL BUQUE BAJO LA ACCION DEL TIMON - TESIS DOCTORAL - 1981.
3. A. RODRIGUEZ, "ESTADO ACTUAL DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE MANIOBRABILIDAD DEL BUQUE EN AGUAS LIBRES" A.I.C.N., 1970.
4. H.SHIBA, "MODEL EXPERIMENT ABOUT THE MANOEUVRABILITY AND TURNING OF SHIPS. D.T.M.B. REPORT 1461, 1960.
5. H.EDA, C.L.CRAPE, "STEERING CHARACTERISTICS OF SHIPS IN CALM WATER AND IN WAVES". TIAN SNAME , 1965. Vol.73.

