

Charla 8 de construcción naval
Tema XLII: La propulsión del buque
1ª Parte

"La totalidad esta presente incluso en las piezas rotas". Aldous Huxley (1894-1963); novelista, ensayista, crítico y poeta inglés.

Simbad: Supongo que para calcular la potencia del motor que nos será necesaria, tendremos que tener en cuenta no solo la resistencia que hemos visto, sino además la que no hemos visto, es decir la de los apéndices del casco.

Capitán Isidore Caubin: En efecto, hasta ahora hemos hablado de resistencia al avance suponiendo el casco desnudo y liso, pero en la realidad no es así.

Los apéndices principales considerados habrá que medirlos y calcular sus respectivas superficies; una vez calculadas sus respectivas resistencias habrá que sumarlas y agregarlas a nuestra formula sobre la resistencia, obteniendo así la verdadera resistencia total al avance del casco.

Las partes más importantes que forman los apéndices del casco son las quillas de pantoque, el timón, la quilla de varado si la hay, el árbol de la hélice, el alerón de quilla de los veleros, el alerón de salida de la propulsión, el codaste, la pala, la madre, casquillos y pinzotes del timón y también la hélice cuando si se trata de un velero, naveguemos sin poner en marcha el motor...

Simbad: ¡Maria Santísima!

Capitán Isidore Caubin: Si, parece complicado calcular todo esto pero en realidad es muy sencillo; nos confeccionaremos como siempre una tabla Excel y para cada elemento enumerado calcularemos su superficie y después su resistencia, con lo cual y sumándolas todas, tendremos la resistencia total a añadir, por lo tanto no es difícil.

Simbad: ¿Y estas resistencias son muy importantes?

Capitán Isidore Caubin: Pueden llegar a representar un 10% de la resistencia total y en algunos casos se llega al 30% de la resistencia del casco desnudo.

Simbad: ¿Y como consideraremos entonces esta resistencia total?

Capitán Isidore Caubin: Emplearemos la formula siguiente:

$$R_T = R_{ic} + R_{ap} + R_{as} \quad (\text{XLII.1.1})$$

Donde R_T es la verdadera resistencia total, R_{ic} es la resistencia total de carena, R_{ap} es la de los apéndices y R_{as} , la resistencia aérea de las obras muertas y de las superestructuras.

R_{as} puede descomponerse en R_{asp} (Resistencia superestructuras y R_{acm} (resistencia obra muerta casco), dando nos:

$$R_{as} = R_{asp} + R_{acm} \quad (\text{XLII.1.1.BIS})$$

Simbad: O sea que las superestructuras también ofrecen resistencia...¿Pero qué es la resistencia aérea, "la de un avión"?

Capitán Isidore Caubin: No te hagas el gracioso, decimos resistencia aérea por oposición a la que está en el agua y en efecto el casco posee como sabes una parte u obra muerta que será frenada por el aire y no por el agua; a esta resistencia la llamamos aérea y como te puedes imaginar, las superestructuras, según sea su forma más o menos aerodinámica, también frenaran al buque.

Simbad: ¿Y aquí, se termina el problema?; es decir, si calculo todo esto y lo añado a lo que tenía como resistencia total anteriormente, ¿Ya está?

Capitán Isidore Caubin: Pues si, pero ten en cuenta que un navío con aperturas laterales en el casco para propulsores laterales también habrá que considerarlo, o un navío que tenga cisternas laterales o de operaciones oceanográficas, tendrán apéndices que habrá que calcular específicamente y que no están en la lista que té di antes...

Simbad: Pero para calcular estas superficies que después traduciremos a resistencias, el problema será que las formas serán a veces muy complejas y esas superficies difíciles de calcular...

Capitán Isidore Caubin: Así es, tendremos que volver hacia atrás y acordarnos de las lecciones que vimos sobre el cálculo de formas complejas, pero en general el arquitecto naval, cuando sabe que algún apéndice va a estar bajo del agua, intenta darle una forma más o menos aerodinámica, para que ofrezca el mínimo de resistencia al avance.

Sabiendo esto, nos encontraremos en general con apéndices que tienen más o menos una forma de ala y podremos aplicar una formula bastante practica:

$$R = 512,5 \times S \times V^2 \times K_f \times (1+k) \quad (\text{XLII.1.2})$$

R será la resistencia al avance del apéndice considerado, S su superficie total o sea de los dos lados, V la velocidad, Kf como hemos visto es el coeficiente de frotamiento calculado con en nº de Reynolds propio de este apéndice y el factor (1+k) el que nos resume la viscosidad como ya vimos anteriormente. Todas las unidades son el segundo, el metro y los Newtons, como siempre.

En lo que concierne el factor (1+k), diremos que un frotamiento puro, o importante nos dará un $1+k = 1$ para un apéndice bien aerodinámico, y un $1+k = 3$ para apéndices más o menos poco perfilados... Se puede subir este valor hasta a veces 50 en casos extremos.

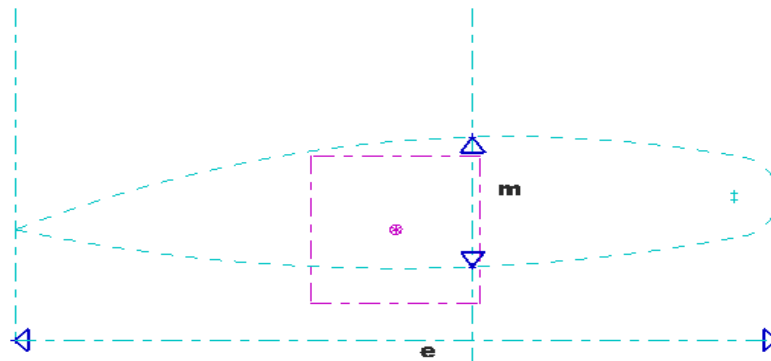


Figura XLII.1.1: Apéndice en forma de "ala"

Simbad: O sea que en cada caso concreto tendremos que calcular resistencias diferentes.

Capitán Isidore Caubin: En la figura anterior ves que hemos dibujado un apéndice con forma de "ala" y eso quiere decir que podremos aplicar la formula anterior sobre su resistencia "al avance".

Pero como ya he dicho, tendremos que adaptarnos a casos que se alejen más o menos de esta "ala" y así por ejemplo para tener un orden de ideas tendremos:

Timones: Uno, dos... → 3 a 5% de la Resistencia de la carena "desnuda"

Aperturas de propulsores de roda o hélices de roda → 3 a 4%

Quillas de pantoque → 2 a 4%, si están bien perfiladas y siguen "grosso modo" los filetes de agua...

Árboles de hélice y soportes → 4 a 6%

Estos porcentajes están dados para nº de Froude de alrededor de 0,30, en efecto si el nº de Froude aumenta, la resistencia de la carena aumenta también y estos porcentajes tendrían tendencia a disminuir...y a muy altas velocidades el fenómeno se invierte.

Cuando apliquemos nuestra formula y estemos calculando la superficie S de un apéndice, no habrá que olvidar como dije antes que esta superficie total comporta las dos caras del apéndice, o las que estén en contacto directo con el agua.

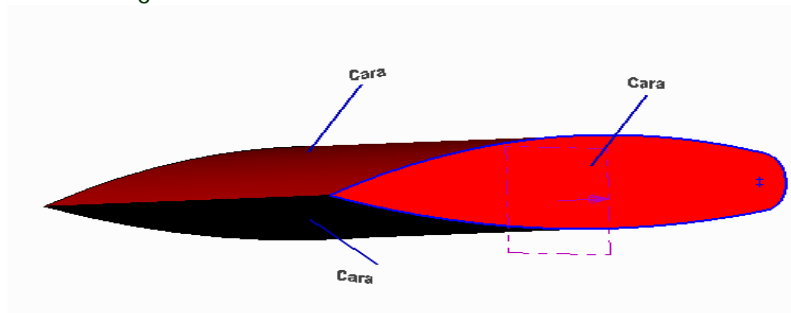


Figura XLII.1.2: No olvidarse de calcular las S de todas las caras del apéndice.

Simbad: Muy bien mi capitán, pero yo creo que un ejemplo...

Capitán Isidore Caubin: Para darte un ejemplo, tendremos que haber confeccionado la tabla Excel correspondiente como sigue:

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------|----------|----------------------|------|------|------------|---------------|-------------------|--------|
| 1 | Calculo R apendices con n° de Froude alrededor de 0,30; Rt carena = 200000Newtons, velocidad V= 10 nudos=10*0,514 m/s | | | | | | | | | | |
| 2 | eslora pieza | manga pieza | S=2*(exm) | 1+k | v | v^2 | Re | kf | Rap | | |
| 3 | Timones(2) | 0,7 | 0,45 | 1,26 | 1,45 | 10 | 51,4 | 6481481,48 | 0,00161642 | 77,7945316 | Newton |
| 4 | Quillas pantoque(2) | 7 | 0,25 | 7 | 1 | 10 | 100 | 64814814,8 | 0,00122906 | 440,925201 | |
| 5 | Huevo hélice de proa(2), 3,5% carena desnuda: | | | | | | | | | 7000 | |
| 6 | Arboles hélice(pi*D*Eslora)=S | 0,502656 | 6 | 6,031872 | 3 | 10 | 100 | 4654222,22 | 0,0016869 | 1564,43406 | |
| 7 | Sonda, loch, etc | | | | | | | | | 500 | |
| 8 | | | | | | | | | Total= | 9983,13379 | |
| 9 | Total general= Rcarena+Rapendices: | 209583,154 | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | |
| 11 | Calculo R aereas= Rasp | botalon petifo | botalon foque moco | baupres | macho de trin etc... | | | | Rasp | | |
| 12 | Superestructuras kx = 1 | | | | | | | | | | |
| 13 | Superficies: | 1,5 | 2,3 | 0,5 | 1,6 | | | 197,119 | Newton | | |
| 14 | Calculo R carena = Racm | 32 | | | | | | 493,44 | Newton | | |
| 15 | kx = 0,6 | | | | | | | | Total= | 690,539 | Newton |
| 16 | RT=Rcarena+Rap+Rasp+Racm: | 210273,713 | Newton | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | |

Figura XLII.1.3: calculo de resistencia de los apéndices y resistencia total

Aquí hemos supuesto una resistencia total de carena de 200.000 Newtons, una velocidad de 10 nudos o de $10 \times 0,514 = 5,14$ m/s, un n° de Froude de alrededor de 0,30 y suponemos que las S de las superestructuras y de la carena es como se indica, para no sobrecargar la cosa...

Simbad: Bueno mi capitán, ya tenemos la resistencia total al avance de nuestro buque, pero ahora tendremos entonces que calcular y adaptar la potencia motriz a todo esto y para empezar, tendría Ud., que hablarme de las hélices, etc., etc., ¿No?

Capitán Isidore Caubin: En efecto, para llegar a calcular potencias de motor necesarias tendremos que empezar por estudiar las hélices y las interacciones entre ellas y nuestro casco o carena...

"La hélice es un conjunto de palas unidas a un núcleo que giran alrededor de un eje y que al girar empujan una masa de agua que produce una reacción que hace que el buque avance en el sentido opuesto a este empuje"; esta es la definición clásica de una hélice.

También podríamos decir que una hélice, definida geoméricamente, absorbe "un cierto par" cuando está en rotación a "un cierto régimen" en una corriente de agua, a "una cierta velocidad" y ejerce sobre el árbol de hélice "un cierto empuje axial"...

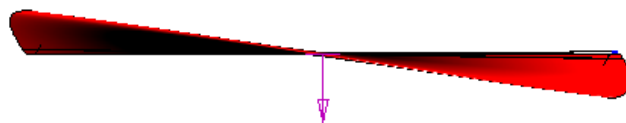


Figura XLII.1.4: hélice a dos palas

La hélice se mide por el diámetro de la circunferencia que la circunscribe D y por su paso P, lo que nos da la relación:

$$P / D \tag{XLII.1.3}$$

El paso P es:

$$P = \delta Z X \frac{360}{\alpha} \tag{XLII.1.4}$$

La superficie A_D , es la suma de las áreas inscritas en el contorno de cada pala, medida en la tangente a la superficie helicoidal.

El eje o núcleo no cuenta.

Para los cálculos usaremos la relación A_D / A_0 donde A_0 es:

$$A_0 = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (\text{XLII.1.5})$$

Otros parámetros son:

V_a o velocidad de la traslación del agua, su régimen de rotación n en vueltas / segundo, el par necesario para asegurar la rotación, Q y el empuje producido que se expresa por T .

La potencia rotativa entregada a la hélice es:

$$Pr = 2 \times \pi \times Q \times \eta \quad (\text{XLII.1.6})$$

Finalmente el rendimiento de la hélice se escribe:

$$\eta_o = \frac{T \times V_a}{2 \times \pi \times Q \times \eta} \quad (\text{XLII.1.7})$$

a veces se dan dos coeficientes; el coeficiente de Par:

$$k_Q = \frac{Q}{\rho \times \eta^2 \times D^5} \quad (\text{XLII.1.8})$$

donde ρ , es la masa específica del fluido

y el coeficiente de empuje:

$$k_T = \frac{T}{\rho \times \eta^2 \times D^4} \quad (\text{XLII.1.9})$$

Finalmente el rendimiento de la hélice teniendo en cuenta estos dos coeficientes, se calcula:

$$\eta_o = \frac{k_T \times \left(\frac{V_a}{\eta \times D} \right)}{k_Q \times 2 \times \pi} \quad (\text{XLII.1.10})$$

Simbad: Ok, capitán... ¿Un ejemplo?

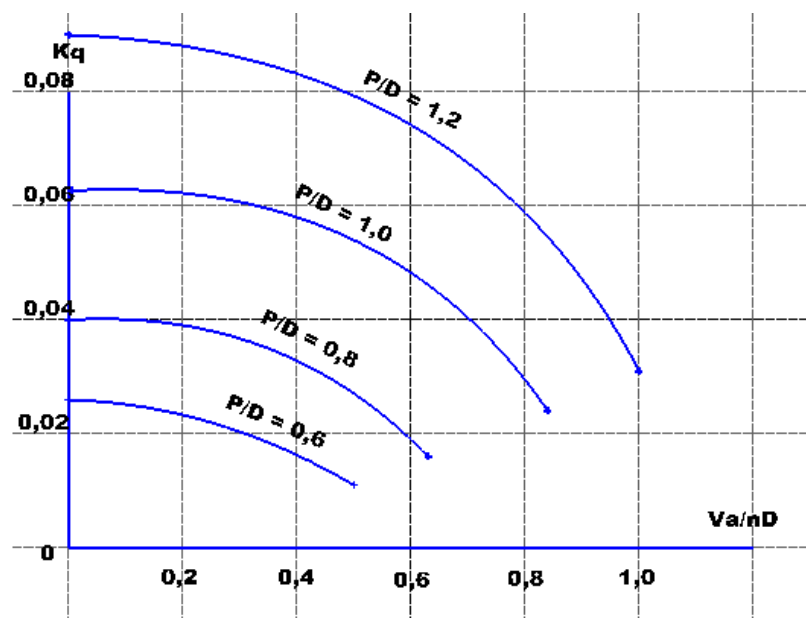


Figura XLII.1.5: Curva del "K_Q"

Capitán Isidore Caubin: Un ejemplo y su calculo con Excel...

Diámetro hélice: 0,65 m

Tenemos una $V_a = 1,6$ m/ s; $n = 4$ vueltas /s

Buscamos un empuje por ejemplo de $T = 900$ Newtons

O sea: $W = 900 \times 1,6 = 1440$ Watts = 1,44kW...

Tendremos:

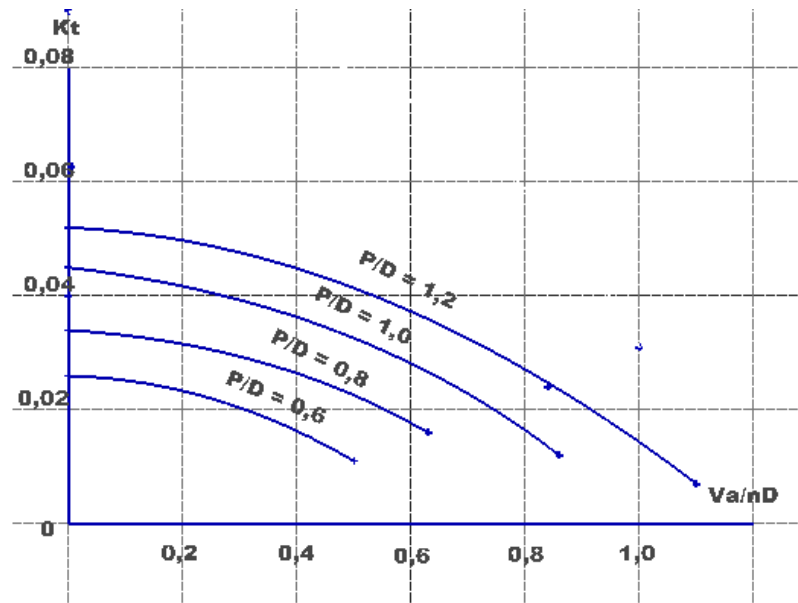


Figura XLII.1.6: Curva del "K_T"

$$\frac{V_a}{\eta \times D} = \frac{1,60}{4 \times 0,60} = 0,67 \text{ y } K_T = \frac{900}{1025 \times (4)^2 \times 0,65^4} = 0,31$$

en el gráfico del K_T, obtenemos P / D = 1,10 (Curva de K_T)
y un rendimiento de alrededor de 0,7 (Curva de η)

Si ahora llevamos nuestro valores al gráfico K_Q, obtenemos un K_Q = 0,045 más o menos de lo cual deducimos el momento del par de rotación (despejarlo en fórmula XLII.1.8) :

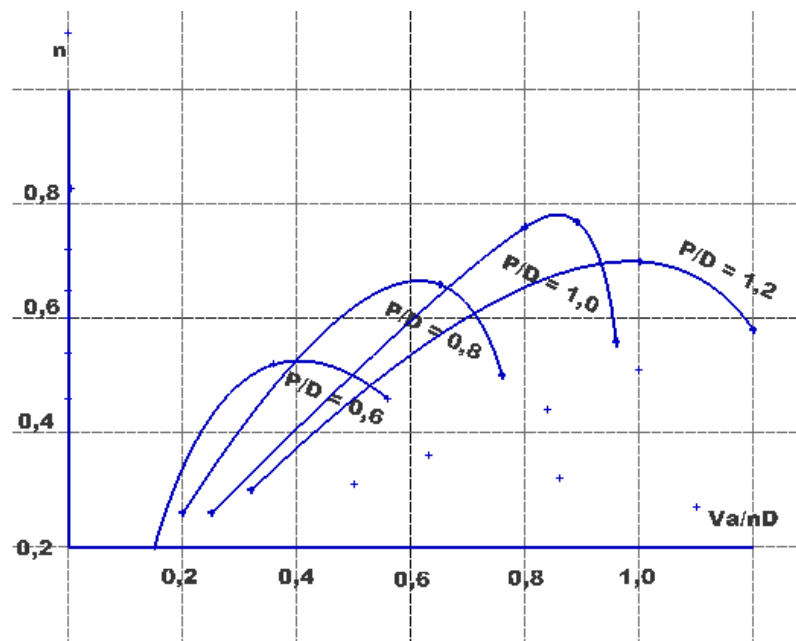


Figura XLII.1.6: Curva del "η"

$$Q = 0,045 \times 1025 \times (4)^2 \times (0,65)^5 = 86 \text{ N x m}$$

La comprobación es traduciendo estos Nxm a Watts:

86x2x3,1416x4 = 2152 W y relacionándolos con los 1440 W de antes:

$$1440 / 2152 = 0,67 \text{ que es el } \frac{V_a}{\eta \times D} \text{ calculado anteriormente...}$$

Hemos por lo tanto visto como calculamos con ayuda de gráficos y con un poco de imaginación en su manipulación, parámetros relacionados con nuestra hélice.

Habrá que tener cuidado con las "cavitaciones" de las hélices, ya que si el empuje es muy importante en relación con las dimensiones de la hélice, se producirán una serie de presiones y depresiones que si están equilibradas entre si, se produce cavitación y el rendimiento baja de golpe.

Te recomiendo en anexo bastante literatura que concierne estos fenómenos, pero aquí ya paramos.

Simbad: Muy bien mi capitán, pero   como me las arreglo para elegir la hélice que me convenga?

Capitán Isidore Caubin: En realidad, después de haber obtenido con los datos que queremos un K_Q determinado, podremos con ayuda de Excel fabricarnos un programa en el que vayamos variando el diámetro de la hélice según las dimensiones del espacio en popa de que dispongamos.

En Excel nos quedaría entonces solo introducir una formula tal como:

$$\text{Diámetro} = \sqrt[5]{\frac{P_D}{1025 \times 2 \times \pi \times \eta^3 \times K_Q}} \quad (\text{XLII.1.11})$$

Si hay algo de lo que no estemos seguros como por ejemplo la potencia o el rendimiento propulsivo, podremos empezar tanteando con una potencia aproximada y nos iremos poco a poco acercándonos hacia un valor de η_o , fiable; gracias a Excel este trabajo no implicará mucho esfuerzo.

También tendremos que tener en cuenta que la potencia salida de nuestro calculo, no será quizás suficiente ya que existen las perdidas de transmisión entre la generación de la fuerza primaria de nuestro motor y las perdidas sufridas en el conjunto de la transmisión.

Por otro lado, el rendimiento teórico será diferente de lo que nos pasar  en la realidad de la mar, con mar revuelta, etc.

Es por ello, que deberíamos tomar un margen en esta potencia obtenida, pero aquí no nos extenderemos más.

Simbad: Podríamos resumir un poco todo esto,   Verdad capitán?

Capitán Isidore Caubin: vamos a hacer un programa en Excel y si todo no está claro en tu cabeza revisa las lecciones anteriores o consulta los libros que se dan en anexo bibliográfico.

Voy a darte el ejemplo de un casco de velero de 55m de LOA (eslora total) y de 50m entre perpendiculares.

La carena tiene por lo tanto 50 metros y hay dos maneras de realizar la cosa, o bien trabajamos con el casco entero, o bien lo hacemos primero con la carena y después con el casco entero.

Para que las cosas sean más "digestivas", yo prefiero empezar por la carena y continuar después con el casco entero.

Simbad: El casco entero como Ud. dice mi capitán, será "una simple continuidad" de esta carena   No?

Capitán Isidore Caubin: Pues en realidad deberá serlo por lo que los dos cálculos, el de la carena y el del casco entero deben ser basados en la misma geometría general.

Simbad:   Y eso como lo hacemos?

Capitán Isidore Caubin: Cuando terminemos de "afinar" nuestra carena al máximo, obtendremos una forma final que en realidad estará definida por los famosos coeficientes que ya hemos visto y el casco final, debe ser grosos modo en acuerdo con estos coeficientes de la carena.

Simbad: Cuando terminemos   tendremos un velero de 55 metros de eslora?

Capitán Isidore Caubin: No, solo tendremos el casco de este velero, después tendríamos que agregarle los palos, la quilla, etc.

Simbad:   Y esto como lo haremos?

Capitán Isidore Caubin: lo más importante en un buque es lógicamente su casco, después veremos como calcular más cosas, pero lo primero es lo primero y aquí lo primero es el casco que sacaremos de la carena. Ya una vez este casco bien definido, obtendremos por calculo muchas cosas que nos servirán como por ejemplo su " T_c " o la inmersión que se producirá en este casco cuando lo carguemos con más cosas incluyendo la tripulación. Este primer estudio es la base de todo y también podremos estudiar teóricamente su estabilidad, etc.

Simbad: Los cálculos para la carena sola y para el casco total final,   serán los mismos entonces?

Capitán Isidore Caubin: El hecho de dibujar y calcular una carena bien equilibrada, será absolutamente fundamental para calcular el casco total, pero por ejemplo con el "Franco bordo reglamentario", la carena lo podría incluso tener negativo; es decir que estaríamos teóricamente bajo del agua y en cambio con el casco total, este franco bordo estará en su sitio y será perfectamente lógico.

Simbad: Pero no podremos hacer nada si no hemos dibujado nuestra carena...

Capitán Isidore Caubin: Lógico, por eso tendremos que coger papel y lápiz y empezar por esta cosa tan sencilla. A simple ojo, veremos si nuestras formas son elegantes, equilibradas y representan lo que más o menos queríamos. La hoja de calculo Excel, nos permitirá ir afinando la cosa, hasta que estemos convencidos de que todo está en su sitio.

Simbad: Para empezar con la hoja Excel ¿que hacemos?

Capitán Isidore Caubin: Simpson hijo...Simpson...pero antes que Simpson el dibujo.

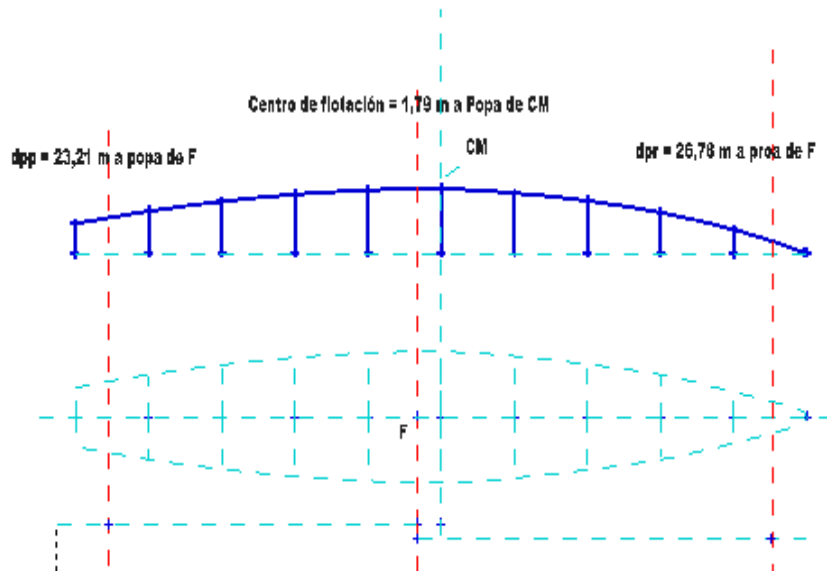


Figura XLII.1.7: Dibujo de una carena de 50m de eslora de un velero...

Simbad: en el dibujo solo pone Ud. once cuadernas si contamos la de proa...me parecen pocas para 50 metros de eslora...

Capitán Isidore Caubin: Nada te impedirá finalmente agregar otras intermediarias de las que vemos, pero gracias a estas once, podremos montar una tabla Excel y realizar los cálculos correspondientes con los métodos de la primera regla de Simpson por ejemplo.

| CALCULOS CARENA | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|-------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|-------------|--------------|
| | n°SM | ValorSM | FS | F.Area | Brazo | SM³ | F: IT | F:mto | F: IL | F: Vol |
| 30 | 0Ppp(1) | 2,00 | 1,00 | 2,00 | 5,00 | 8,00 | 8,00 | 10,00 | 50,00 | 2,00 |
| 31 | 1(2) | 2,85 | 4,00 | 11,40 | 4,00 | 23,15 | 92,60 | 45,60 | 182,40 | 45,60 |
| 32 | 2(3) | 3,50 | 2,00 | 7,00 | 3,00 | 42,88 | 85,75 | 21,00 | 63,00 | 14,00 |
| 33 | 3(4) | 4,00 | 4,00 | 16,00 | 2,00 | 64,00 | 256,00 | 32,00 | 64,00 | 64,00 |
| 34 | 4(5) | 4,30 | 2,00 | 8,60 | 1,00 | 79,51 | 159,01 | 8,60 | 8,60 | 17,20 |
| 35 | 5PM(6) | 4,40 | 4,00 | 17,60 | 0,00 | 85,18 | 340,74 | 117,20 | 0,00 | 70,40 |
| 36 | 6(7) | 4,10 | 2,00 | 8,20 | -1,00 | 68,92 | 137,84 | -8,20 | 8,20 | 16,40 |
| 37 | 7(8) | 3,55 | 4,00 | 14,20 | -2,00 | 44,74 | 178,96 | -28,40 | 56,80 | 56,80 |
| 38 | 8(9) | 2,75 | 2,00 | 5,50 | -3,00 | 20,80 | 41,59 | -16,50 | 49,50 | 11,00 |
| 39 | 9(10) | 1,62 | 4,00 | 6,48 | -4,00 | 4,25 | 17,01 | -25,92 | 103,68 | 25,92 |
| 40 | 10Ppp(11) | 0,00 | 1,00 | 0,00 | -5,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 153,18 | 0,00 |
| 41 | EsloraCarena Ppp= | 50,00 | Sareas= | 96,96 | | S:IT= | 1317,49 | -79,02 | 1238,47 | 323,32 |
| 42 | b°Intervalos= | 11,00 | | | | | Smtos= | 36,18 | | |
| 43 | a= | 4,545454545 | (m °) IT= | 1330,801881 | (fm)DESpto= | 502,125758 | Vertdpp/dpr | 50 | | |
| 44 | Stotal= | 293,8787879 | (m °) IL= | 77540,31192 | dpp=E/2-PosF= | 23,2105026 | | | | |
| 45 | CGF= | 1,789497366 | (m °) VOLT= | 489,8787879 | dpr=-E/2-PosF | -26,7894974 | | | | |
| 46 | Sumergido o carena= | 0,34 | osF=a°Smtos/s | 1,79 | | | | | | |
| 47 | CALCULOS CASCO COMPLETO | | | | | | | | | |
| | n° Flotación | ValorSM | FS | F.Area | Brazo | SM³ | F:IT | F:Mto | F:IL | F:Vol |
| 48 | 0Ppp(1) | 2,09 | 1,00 | 2,09 | 5,00 | 9,13 | 9,13 | 10,45 | 52,25 | 2,09 |
| 49 | 1(2) | 2,98 | 4,00 | 11,91 | 4,00 | 26,42 | 105,67 | 47,65 | 190,61 | 47,652 |
| 50 | 2(3) | 3,66 | 2,00 | 7,32 | 3,00 | 48,93 | 97,85 | 21,95 | 65,84 | 14,63 |

Figura XLII.1.8: cálculos sobre la carena de 50m de eslora de un velero...

Simbad: Explique esta hoja de calculo "Please"...

Capitán Isidore Caubin: Ya ves que del dibujo y con una simple regla, hemos medido las semimangas que colocamos como se indica en la hoja. Ahora marcamos en "negrita" la cuaderna maestra que nos sale a 4,40 m de semimanga. A continuación calculamos las funciones siguientes:

1º: La función área que es igual a:

"Valor semimanga x factor de Simpson"

2º: Colocamos los brazos que van hacia Popa con signo positivo y hacia Proa con negativo a partir de la Cuaderna Maestra "CM", en serie natural de números tal como aparece en la figura así como una columna con los cubos de las semimangas

3º: Calculamos la función Inercia (IT) que es:

"La manga al cubo x el factor de Simpson"

4º: calculamos la función momento que es:

"el brazo x el área"

Aquí no hay que olvidarse de que como multiplicamos por los brazos y que los brazos a popa son positivos y a proa negativos, tendremos que sumar todos los momentos positivos a todos los negativos tal como se ve en la figura; la separación entre ellos la da la cuaderna maestra (O la perpendicular media en otros casos en que Pm y CM no coincidan)

5º: la función Inercia longitudinal que es:

"El brazo x el momento"

6º: finalmente la función volumen que es:

"El área x el factor de Simpson"

Simbad: pero yo veo que en la parte de debajo de la hoja Excel, hay otros cálculos...

Capitán Isidore Caubin: En efecto, no te olvides que por comodidad solo hemos trabajado con las semimangas y que por lo tanto el resultado es para una semicarena, ahora deberemos tratar la carena entera y aquí habremos terminado pero sin olvidarnos de hacer como en la figura las sumas correspondientes totales en las columnas, que nos servirán para los cálculos que siguen y que son:

1º: Eslora carena: Ponemos lo que queríamos, es decir 50 metros

2º: ponemos el nº de intervalos de nuestro dibujo, es decir 11 y calculamos "a" = Eslora / Intervalos...

3º: Calculamos la superficie total que según la hoja dada será: $2 \cdot B43/3 \cdot D41$; es decir:

$2 \times a/3 \times \text{Suma áreas} \dots$

4º: La posición del centro de gravedad de la flotación F que es: $=(B43 \cdot I42)/D41$; es decir:

$a \times \text{Momentos} / \text{S. Áreas}$.

5º: Calculo de la Inercia Transversal "IT" que es: $=2/3 \cdot (B43/3) \cdot H41$, es decir:

$2/3 \times a/3 \times \text{S.IT}$.

6º: Calculo de la inercia longitudinal "IL" que es: $=2 \cdot (B43/3) \cdot (B43^2) \cdot J41$, es decir:

$2 \times a/3 \times a^2 \times \text{S. IL}$.

7º: La posición de F a partir de la maestra, que es: $=B43 \cdot I42/D41$, es decir:

$a \times \text{S.momentos} / \text{S. Áreas}$

8º: El volumen total de esta carena VT que es: $=B43/3 \cdot K41$, es decir:

$a/3 \times \text{S. Volúmenes}$

9º: El desplazamiento total de la carena en agua de mar que será: $=D45 \cdot 1,025$, es decir:

$\text{VT} \times 1,025$

10º: la distancia de la flotación F a la Ppp, que es: $=B41/2 - D46$, es decir:

$\text{Eslora}/2 - \text{posición de F}$

11º: la distancia de F a la Ppr, que es: $= - B41/2 - D46$, es decir:

$\text{Eslora}/2 - \text{posición de F}$ (con signo negativo porque a proa.

12º: verificación de dpp y dpr, es decir que su suma en valor absoluto, debe ser igual a la eslora, que es: $=G44 + (G45 \cdot -1)$, es decir:

$\text{dpp} + \text{dpr} \times -1$

Simbad: Muy bien Capitán, pero tendremos que explotar esos resultados, ¿Verdad?

Capitán Isidore Caubin: Si señor, y eso lo veremos más adelante en las próximas charlas, ahora trae ese ron que estamos esperando, pero con un poco de hielo en el mío, por favor...

Simbad: ¡A sus ordenes mi capitán, ya se estaba haciendo larga la cosa!

Fin de la 1ª parte de la 8ª charla sobre construcción naval