

Hidrodinámica

Profesor: Ramiro Mege

Clase N° 6

Fecha: 08 de Mayo 2008

La primera sesión que tuvimos, estuvimos viendo la resistencia total y que tenía 2 componentes, una resistencia friccional que podíamos calcular a través de algunas fórmulas que estuvimos viendo y la resistencia residual, esta resistencia residual dependía principalmente del N° de Freud.

Después estuvimos viendo la incompatibilidad que existía entre el N° Freud y el N° Reynolds y lo vimos a través de las velocidades y aquí vamos a tomarnos para continuar la clase.

Con el N° de Freud veíamos que la velocidad del modelo, iba a ser igual a la velocidad del prototipo dividido por la raíz cuadrada de lamda.

$$\text{Freud} \quad V_m = V_p / \sqrt{\lambda}$$

Lamda era la relación entre la eslora del prototipo a la del modelo y por otro lado, si esto era Freud.

$$\lambda = L_p / L_m$$

Por otro lado Reynolds nos decía que esta misma velocidad V_m iba a ser igual a la del prototipo por lamda, cosa que hace una diferencia bastante notable.

$$\text{Reynolds} \quad V_m = V_p \cdot \lambda$$

Si nosotros tomáramos un valor de la velocidad o de la escala, tomáramos por ejemplo igual a 30, eso significaría que según Freud la velocidad del modelo tendría que ser la velocidad del prototipo partido por la raíz de 30, eso sería igual a 0, 182 veces la velocidad del prototipo, que es una velocidad bastante pequeña y fácil de reproducir.

$$\text{Freud} \quad V_m = V_p / \sqrt{30} = 0.182 \cdot V_p$$

Pero si lo tomamos por el otro lado, la velocidad sería igual a 30 veces la velocidad del prototipo,

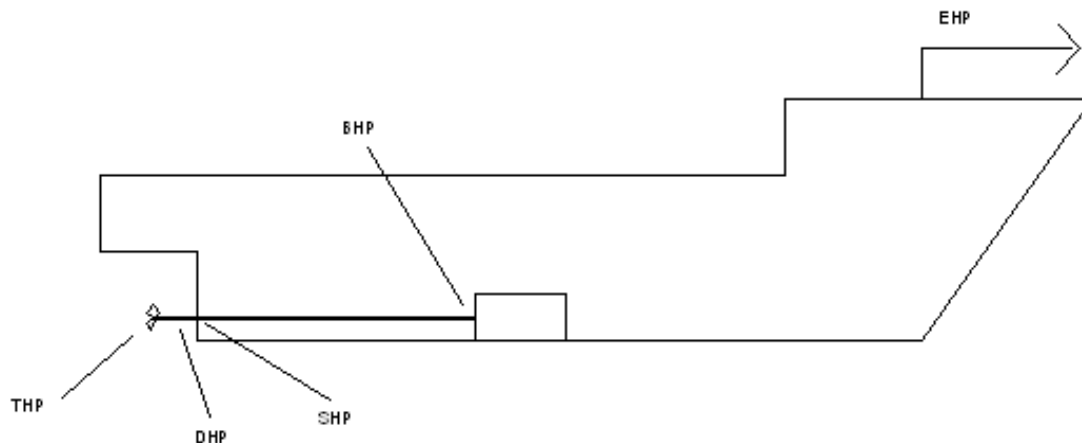
$$\text{Reynolds} \quad V_m = V_p \cdot 30$$

entonces como ven ustedes, estas dos cosas no combinan, ya no solo visto en fórmula sino visto en una situación, podíamos decir práctica. No podríamos tener dos V_m que fueran tan iguales a no ser que lamda fuera 1 y ahí pierde toda la gracia de tener un modelo y un prototipo.

Ahora, que es lo que sucede, que la resistencia friccional, depende de Reynolds pero esa la podemos calcular en forma independiente, en cambio la resistencia friccional que depende de Freud, esa la que llevamos adelante o la determinamos a través de los ensayos, en ese caso entonces nos desentendemos del N° de Reynolds y vamos a trabajar con el N° de Freud

De fricción depende de Reynolds y la residual de Freud, pero la friccional la podíamos calcular, vimos unos coeficientes de fricción y dábamos dos fórmulas y había una tercera además de esas dos pero esas son las dos más ocupadas, en cambio la otra, la residual la vamos a determinar a través del modelo de Freud. Y piensen que por un lado la incompatibilidad es esa y por otro lado el poder llegar a esta velocidad 30 veces la velocidad del prototipo, así que si pensamos que el prototipo navegara a 20 nudos, tendríamos que llegar a una velocidad de 20×30 que es casi imposible de lograr; entonces se dan las dos dificultades, entonces nos vamos a desentender de Reynolds y nos vamos a quedar con Freud

Vamos a ver algunas potencias y ahí vamos a hacer un monito porque lo vamos a necesitar en lo que estamos viendo. Vamos a suponer una embarcación, acá tenemos la hélice, el eje y después del eje vamos a llegar hasta el motor, entonces vamos a tener varias potencias con algunas siglas. Aquí en la hélice, tenemos THP, después entre la hélice y este punto acá vamos a llamarle DHP, después tenemos otra acá, porque acá hay un descanso y esta se llama SHP, después tenemos BHP aquí y tenemos la.....bueno no vamos a colocar la IHP por que no la vamos a usar, vamos a usar eso sí, aquí tendríamos la fuerza de arrastre, la potencia de arrastre que la vamos a llamar EHP.



Entonces en primer lugar la EHP se llama potencia efectiva del casco, la E es de efectiva, hp es de potencia como HP, caballos de..... vapor, la efectiva del casco, esta sería correspondería a la que obtendríamos también arrastrándola.

La THP esa viene a ser la potencia de empuje, la T es de trust (de empuje), la potencia de empuje que produce la hélice. Todas estas potencias son para alcanzar la velocidad que va a tener en un caso va a ser el modelo o el prototipo en otro, V_m o V_p , para alcanzar esa velocidad, porque tendríamos distintas potencia a distintas velocidades

Después la DHP, esa se denomina potencia antes de la hélice es la potencia desarrollada (delivered) permite determinar el rendimiento de la hélice. Claro la relación entre estas dos, nos permite determinar el rendimiento de la hélice y como vamos a ver ese rendimiento es bastante bajo y esta se obtiene directamente de los ensayos de la hélice. Los ensayos de la hélice se hacen independientemente a los ensayos del casco, se ven de otro lado, otro tipo de ensayo pueden ser ensayos autopropulsados o de otra manera

La SHP, la que tenemos aquí, esa es la potencia en el eje, por eso la S es de shaft (el eje), potencia antes del descanso del codaste, el descanso del coarte al codaste es toda esta zona, donde se afirma el timón y muchas veces es parte...casi parte de la quilla, o se puede considerar como parte de la quilla en todas las embarcaciones de una construcción metálica, en las de madera es una pieza especial que va colocada ahí que sujeta o que es el soporte del timón, entonces esta, la potencia en el eje es antes del descanso que va ahí en el codaste

Y BHP es break, es la potencia al freno, es la potencia de salida de la máquina motriz cualquiera que sea, a veces tenemos acá una IHP pero esa podría ser para motores de combustión interna en que se tiene la potencia indicada del motor que es la potencia que se desarrolla en los cilindros, pero ahora no nos va a interesar.

Entonces tenemos esas 5 distintas potencias y hay algunas relaciones típicas para que tengamos idea que valores se tienen.

La EHP dividido por la THP, es decir la potencia de arrastre o la potencia del casco en relación a la potencia de empuje que da la hélice esa tiene un valor de 0,98 a 1,05, esto es, varía 0,98 a 1,05 vale decir no son iguales esas dos potencias. El empuje que produce la hélice no es igual a lo que se obtiene aquí arrastrándola y puede ser entonces, más grande el efecto de la hélice o más chico, porque si nosotros ponemos aquí $EHP = 0,98 THP$, ahí significa que esta es mayor que esa porque tenemos que disminuirla en un 2% para que llegue a ser esa. Pero si usamos 1,05 quiere decir que la potencia de arrastre, la potencia del casco es mayor que la potencia que genera la hélice. Esa es una situación bien curiosa porque uno que es lo que debiera pensar, que lo que aquí se genera hacia allá es igual a lo que está acá arriba, pero hay una ligera variación en eso. Esa es la primera, vale decir, podríamos decir que en promedio es prácticamente 1

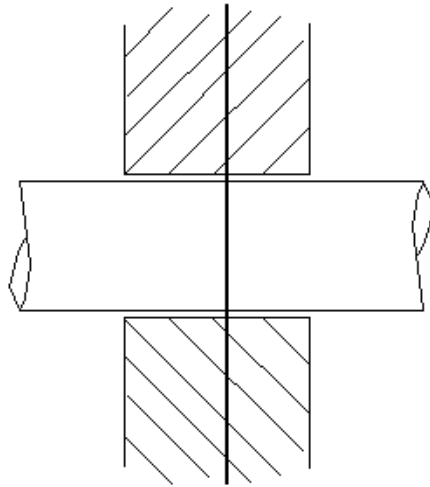
$$EHP/THP = 0.98/1.05$$

Después tenemos la THP/ por la Break HP, BHP, vale decir nos saltamos desde aquí hasta allá directamente y vamos a incluir todos los roces y efectos mecánicos que hay intermedios y este valor es de un 0,6 para las buenas hélices, para hélices óptimas. Eso me está indicando que la hélice tiene un rendimiento bastante bajo, porque está perdiendo un 40% de la energía a lo menos. Así que si nosotros desarrollamos una potencia de un caballo pedaleando por ejemplo vamos a obtener en la hélice 0,6 con suerte.

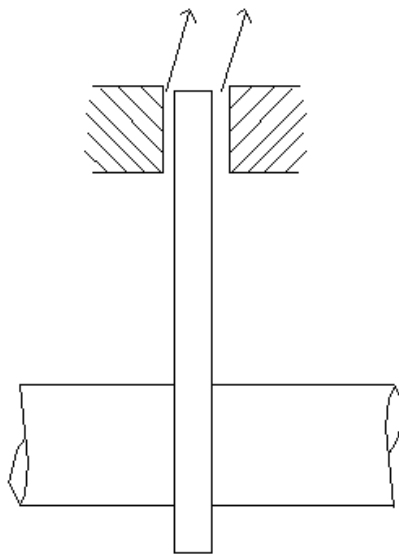
$$THP/BHP = 0.6 \text{ (para hélices óptimas)}$$

Tiene que ver por la eficiencia de la misma hélice más las pérdidas mecánicas en los descansos que hayan entre medio, pero generalmente los descansos tienen pérdidas bajas, un descanso radial tendrá un 1 o 2% de pérdida. Los descansos axiales, esos si pueden llegar a un 4% de pérdida por efectos de roce por eso generalmente los descansos axiales son lubricados con una bomba, con aceite a presión, en cambio los radiales pueden ser lubricados por simple goteo de aceite, porque en un descanso radial, supongamos que este es un eje, que el descanso radial es algo que está aquí.... Ahí hay un espacio y el aceite ocupa este lugar; entonces gira el eje y se mantiene la película, no tiende a salirse tan fácilmente, como es una distancia pequeña también un poco por capilaridad tiende a quedarse ahí, entonces basta un sistema sencillo que haga gotear algo de aceite ahí periódicamente y se soluciona el problema. Muchos de estos descansos tienen aquí.... viene partido (dibujo), viene dividido y aquí hay un anillo, un anillo, que descansa aquí arriba y que pasa hacia abajo, cuelga, un anillo.

Pero este anillo toma contacto con el aceite acá abajo y se moja, y como si yo coloco un anillo aquí y lo hago girar, el anillo también va a girar sobre el eje arrastra las gotitas de aceite y las deposita arriba y se reparte, entonces una lubricación muy simple, muy efectiva, porque ese aceite se escurre en cierta cantidad, va cayendo pero lentamente.

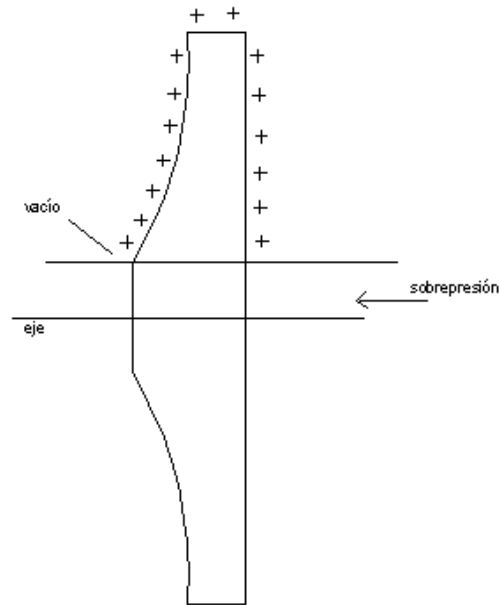


En cambio los descansos de empuje axial, esos, tienden por su construcción a vaciarse, un eje con un descanso de empuje axial, viene a ser eso, tiene aquí un disco que es parte del eje y el eje seguirá hacia allá. ¿Y entonces donde está el descanso?, el descanso son superficies que van aquí, ahí, pongamos a ese lado no mas, en la parte superior, ahí y allá, puede que lo rodee totalmente. Pero que sucede, el aceite tiene que llegar aquí, pero como esto está girando el aceite sale disparado por fuerza centrífuga y entonces deja el espacio ese que debiera llenar. Entonces tenemos que estarlo reponiendo permanentemente y en forma abundante, por eso ahí ya no puede ser un sistema tan sencillo como ese si no que a través de una bomba se inyecta aceite en esa zona, entonces esos descansos tienen siempre pérdidas mucho mayores que estos otros, como digo, esto puede ser en un 1 % y ese llegar a un 4 o 5 %



Por las fuerzas que se generan. En el caso por ejemplo aquí de la hélice, la hélice decíamos el otro día que empuja al buque ¿Y sobre que lo empuja? Sobre un descanso de empuje axial, ese descanso, este.... Está unido a la estructura del buque, de tal manera de que es capaz de resistir toda la fuerza que produce la hélice y va a empujar al resto del casco y del buque completo, así que en los buques los descansos de empuje axial son tremendamente grandes. Ahora, en otras máquinas se producen

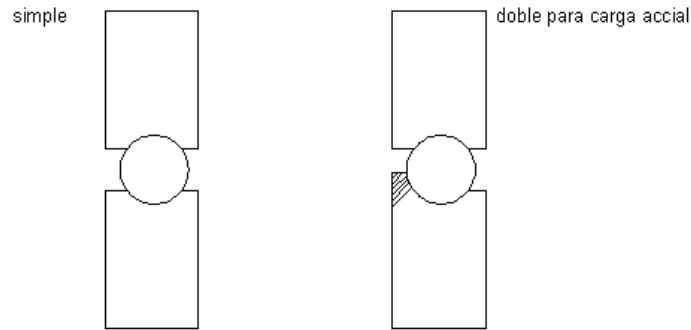
por pequeños desequilibrios que hay en el sentido del eje. Por ejemplo: si yo tengo una bomba centrífuga tiene un rodete que es así (vamos a dibujar la mitad); ahí, aquí viene el eje.



El líquido llega aquí con una presión pequeña y sale acá con una presión grande, por lo tanto, hay líquido que me va a llenar todo este espacio y me va a llenar todo este espacio, pero en general podríamos decir que esta zona va a ser positiva con una presión alta y esta va a ser con una presión alta. Hasta ahí vamos bien, porque esa superficie se equipara con esa, pero aquí no. La mayor presión que queda en esta zona genera una fuerza en esa dirección porque aquí tengo un vacío normalmente y aquí tengo una sobre presión entonces se genera una fuerza axial. ¿Cómo voy a contrarrestar esa fuerza axial? Con un descanso de empuje axial. A veces cuando son pequeñas cargas axiales, basta un rodamiento que se llama de doble contacto, que permite pequeñas fuerzas axiales. Pero si esta fuera una bomba de varias etapas en que hay varios rodetes puestos en esa posición ya no va a ser suficiente un descanso de doble contacto si no que voy a tener que poner un descanso de empuje axial y a veces otros mecanismos para contrarrestar esa carga adicional que va en esa dirección

Pregunta

Pero tiene que haber algo que sujete el rodete que se está moviendo. Tiende a moverse en esa dirección, así que tengo que sujetarlo; sino chocaría contra la carcasa. No puede estar libre ese movimiento. Un rodamiento simple, va alojado ahí y va alojado acá. Uno de doble contacto; la parte esta viene ahí y la parte de acá llega más abajo vale decir, tiene una zona de mayor contacto ahí y probablemente.....generalmente este son y la otra podría ser acá. Entonces ese exceso que hay ahí es el que soporta la carga axial, pero pequeña, sino hay que colocar como en las ruedas de los autos unas cuestiones, unos rodamientos cónicos ¿para qué son esos rodamientos cónicos? Para las fuerzas axiales que se producen en la dirección o en las ruedas traseras donde hay los mismos movimientos, esas cargas son complicadas.



Entonces acá en este.... es la relación entre la potencia generada por la máquina que mueve esto y la fuerza de empuje o la potencia de empuje de la hélice. En este 40% que se pierde está la eficiencia de la hélice que es baja más las pérdidas mecánicas que hay aquí entremedio en los descansos etc... que eso va a ser lo menos, lo más va a ser la eficiencia misma de la hélice

Y la última es la DHP y la BHP y esa es alrededor de 0,97. Eso que está diciendo, que en este espacio, vale decir en el descanso que hay en el codaste es un 3% que se pierde por eso este de arriba queda más claro que este de acá arriba que es más el efecto de la eficiencia de la hélice

$$DHP/BHP = 0.97$$

Pregunta Ingrid

De lo que hay aquí al medio, si bueno si está más cerca, que si está más lejos vamos a tener que colocar descansos intermedios, así que lo ideal sería que estuviera lo más cerca de acá atrás. Pero generalmente como la parte motriz es una carga muy fundamental tiene que estar bien ubicada para generar la posición, la estabilidad del barco; no solo que el centro de gravedad baje sino que también que el barco mantenga su línea de flotación correcta y no vaya quedar sentado o si lo ponemos muy adelante va a quedar encabuzado, pero esto mismo nos está diciendo que la pérdida en este pedacito es relativamente chica 3% pero en ese pedacito llega a un 40% de pérdida, porque se aprovecha solo el 60%. Esos son valores típicos que uno puede tener como referencia para darse cuenta; más que decir que va a ser así exactamente, para tener una cierta sensibilidad de donde están los problemas más grandes

Bien, vamos a ver ahora o vamos a alcanzar a partir con alguna... ¿cómo es el método de correlación de Freud? y aquí lo vamos a ir haciendo por pasos, que es lo que hay que ir haciendo paso a paso:

Bueno, el paso 1. Entonces pónganle como título

Método de correlación de Freud, los pasos a seguir. Suponemos que el paso primero es llegar a hacer un diseño preliminar de una embarcación. Se entiende que no es el definitivo, por que el diseño definitivo va a salir una vez que se hagan todas las pruebas sobre él. Pero este diseño preliminar ya está bastante encaminado a ser el definitivo o muy cercano a ser el definitivo, entonces ese es el paso 1 y por lo tanto tenemos los planos del prototipo.

Punto 1. Planos preliminares del prototipo

Entendiendo que el plano preliminar este a nosotros nos está interesando principalmente el casco la superestructura no nos interesa por el momento sino que el casco, que es el que vamos a poder ensayar en un canal de pruebas.

El segundo paso, son bastante obvios algunos, es construir el modelo que sea similar al prototipo y vale decir; aquí tenemos que elegir la escala, - construir modelo a una escala definida – ese es L del prototipo sobre L del modelo. Después vamos a ver algunas cosas que nos van a limitar las escalas que podemos usar. Porque uno puede decir: siempre una escala, si hago un modelo hago un modelito o puedo hacer un modelaso, pero vamos a ver que hay ciertos tamaños que son los más convenientes para hacer los modelos y obtener resultados que los podamos traducir del modelo al prototipo, porque podemos hacer ensayos pero si no hay una buena relación entre una y otra cosa los ensayos van a servir de poco.

$$\lambda = L_p/L_m$$

En tercer lugar viene la parte de, el modelo se remolca y esto lo hacíamos a la velocidad que decíamos delante, a la velocidad V_m que es igual a la velocidad del prototipo partido por la raíz cuadrada de λ o sea, 0,182 por la velocidad del prototipo, bueno en ese caso si estábamos tomando un valor λ de 30, pero según el valor que tomemos ahí nos va a dar a qué velocidad tenemos que hacerlo. Vamos a ver también en un rato más que esta velocidad no puede ser cualquier velocidad sino que tiene que estar entre, por lo menos tiene que tener un límite superior y con esto el remolque del modelo

$$V_m = V_p/\sqrt{\lambda}$$

¿porqué en Valdivia, en la conversión de velocidades el denominador estaba multiplicado también x 0.516?

Puede ser por alguna característica del canal, que si el canal es muy angosto hay que usar otras velocidades

Bueno, y de este arrastre se obtiene a esa velocidad se obtiene la resistencia total del modelo. Midiéndola directamente, ¿donde la vamos a medir directamente? Del sistema de arrastre que tengamos. Si acá tuviéramos un cable con un dinamómetro será en ese, si bien aquí una pértiga especial, que sé yo si es un carro que se mueve con el modelo en el canal, de ahí va a salir la medición de la resistencia total del modelo. Ese es el paso tercero.

El cuarto paso, es determinar la resistencia friccional. ¿y cómo vamos a determinar esa? Con algunas de las fórmulas que veíamos el otro día. Nosotros decíamos que la resistencia friccional del modelo era $\frac{1}{2}$ por la superficie del modelo, la superficie del casco del modelo por la velocidad a que estuviera el modelo (esta estaba al cuadrado) por la densidad del modelo y por un C_f del modelo, un coeficiente friccional del modelo y este coeficiente friccional lo obteníamos a su vez;

$$R_{fm} = \frac{1}{2} \cdot S_m \cdot V_m^2 \cdot \rho_m \cdot C_{fm}$$

teníamos a su vez dos posibles formulitas: una que era 0,0075 dividido por, eso va un logaritmo del n° de Reynolds menos 2 elevado al cuadrado, esa era una de las, un cero no más le había puesto un cero adicional aquí.

$$Cf = 0.0075 / \log (Rd - 2)^2$$

Esa era una o una formula, hay otra fórmula aparte de esta que es (no lo pongo la flechita porque noo uno que es la fórmula de Freud, que esa fórmula de Freud determina la resistencia friccional del modelo como un factor de fricción que se obtiene experimentalmente multiplicado por S (esta es del modelo) por la velocidad del modelo elevado a 1,825

$$Rfm = fm \cdot Sm \cdot (Vm)^{1.825}$$

pero nosotros habíamos tomado esta alternativa que era más o menos fácil y teníamos otra fórmula de más que teníamos el problema que el Cf salía en dos partes, así que era complicada esa otra fórmula, pero dijimos que esa era la más fácil y ahí podemos conocer todo porque podemos conocer el n° de Reynolds y conociendo el n° de Reynolds todos los demás son constante, entonces logaritmo en base diez de esa expresión dividiendo a 0,075 nos da el Cf que lo tomamos acá y aquí tenemos todos estos otros datos, bueno esta es la densidad del agua donde hagamos los ensayos del modelo la velocidad que se mueve el modelo y la superficie en contacto con el agua, la superficie húmeda del casco y entonces de esa manera podemos determinar la resistencia friccional. Bueno y si tenemos la resistencia friccional y tenemos ya la resistencia total que la medimos acá por efecto del remolque vale decir esta podemos obtener la resistencia residual, entonces la resistencia residual del modelo va a ser igual a la resistencia total del modelo menos la resistencia friccional del modelo

$$Rrm = Rtm - Rfm$$

y entonces ahí tendríamos todos los valores que a nosotros nos van a interesar para seguir nuestros cálculos. Este coeficiente de acá, este Fm de la fórmula de Freud, ese coeficiente friccional, como decía se determina experimentalmente y ese valor experimental se obtiene con una plancha metálica de un cierto largo y ese factor Fm se tabula en función del largo de la plancha y ese ensayo de esa plancha hay que hacerlo en agua a 15 ° centígrados esa es la regla que indica para que esa relación funcione adecuadamente, porque si ustedes se fijan, acá el exponente no es 2 como es allá arriba sino que es 1,825, o sea se está haciendo una corrección ahí pero naturalmente esa corrección tiene que ver con las condiciones a las cuales se obtuvo este valor. Entonces el paso cuarto ya nos queda definido y sacamos.....la bueno, de aquí nos pasamos allá que este era el paso quinto

5. determinación de la resistencia residual del modelo, ese sería el quinto paso.

El sexto paso; hasta aquí dura todo lo que hacemos con el modelo, ahora tenemos que tomar estos datos y transformarlos al prototipo, entonces el paso seis va a ser la resistencia residual del buque o del prototipo. Esta resistencia residual del prototipo va a ser la resistencia residual del modelo por lamda al cubo y multiplicada por una relación entre las densidades del agua, las densidades del agua del prototipo a la densidad del agua del modelo.

$$R_{rp} = R_{rm} \cdot \lambda^3 (\rho_{pw} / \rho_{mw})$$

Así con eso se corrige, que probablemente en el canal de prueba estamos usando agua dulce y el modelo pueda estar en agua salada y también por correcciones de temperatura en los dos mismos casos. Si pensamos en el agua de mar, podemos tener una temperatura de 9 a 10 ° en cambio en el agua dulce podemos tener cualquier temperatura, más si está dentro de un canal de prueba en que está a una temperatura bastante más alta del ambiente, el canal de prueba no es algo que esté enterrado sino que normalmente está soportado vale decir está sobre el piso entonces el agua ahí además de ser agua dulce está a una temperatura que puede ser muy superior. Entonces podemos llegar a determinar ahora la resistencia residual del prototipo a través de la resistencia residual del modelo que obtuvimos acá arriba por diferencia; simplifican esta obtenemos la resistencia total menos la resistencia calculada de fricción y ahí estamos en el paso n° 6

El paso 7 este se nos repite un poco con respecto a lo que teníamos antes, porque aquí es determinar la resistencia friccional del prototipo. Esta nuevamente la vamos a calcular y la vamos a calcular tal como se había hecho acá, pero hay que incluirle también como lo habíamos visto en la clase pasada, unos factor..... un C_f pero debido a la rugosidad, la habíamos puesto un ΔC_f por efectos de rugosidad el otro día en la fórmula entonces ahora lo vamos a incluir acá. Entonces la resistencia friccional del prototipo, va tardada por la misma relación que habíamos visto $\frac{1}{2}$ por S prototipo por V prototipo al cuadrado por la densidad ahora del prototipo y aquí viene el cambio que aquí multiplicábamos por eso pero aquí vamos a hacer el C_f del prototipo y a ese hay que agregarle más el ΔC_f del prototipo, que este era por un efecto de la rugosidad, una corrección a la rugosidad. Vale decir, siempre la resistencia friccional la estamos calculando. Bueno y aquí esa es una de las formas y la otra es con la otra relación que tenemos acá o la resistencia friccional del prototipo va a ser F del prototipo por S del prototipo por V del prototipo elevado a 1,825. Este podría ser el método **b**, **a** o **b** cualquiera de las dos, pero al parecer la de arriba tenemos toda la información y la de abajo nos está complicando este factor de fricción que no tenemos como calcularlo que habría que ensayarlo aparte, independientemente

$$R_{fp} = \frac{1}{2} \cdot S_p \cdot V_p^2 \cdot \rho_p \cdot (C_{fp} + \Delta C_{fp})$$

o

$$R_{fp} = f_p \cdot S_p \cdot (V_p)^{1.825}$$

y con eso concluimos el paso n° 7 y vamos al paso n° 8 que es la resistencia total del prototipo

Bueno la resistencia total del prototipo va a ser la suma de la resistencia residual más la resistencia de fricción del prototipo, así de simple viene a ser eso por lo menos en el papel y teniendo este valor, podemos ahora calcular la resistencia efectiva, la potencia efectiva

$$R_{tp} = R_{fp} + R_{rp}$$

Paso 9. Potencia efectiva la EHP y esta va a ser la resistencia total del prototipo multiplicado por la velocidad del prototipo. En algunas de estas fórmulas podrá ir una constante según las unidades que usemos para dejarlo en las unidades que nosotros queremos pero esto nos daría una unidad de potencia y sería la potencia del casco del prototipo, podríamos ponerle aquí la P para que no se nos olvide que esta es del prototipo

$$EHP_p = R_{tp} \cdot V_p$$

Esos son los pasos o una de las formas de hacerlo utilizando esta analogía o este principio de Freud. Existen otros métodos que también se utilizan pero más ocasionalmente. Hay un método que se llama por coeficiente de resistencia, otro por coeficiente circulares y otros por diagrama de resistencia. Pero esos otros métodos son menos usados en los canales de prueba sino que, principalmente se usa este método que en principio se ve bastante sencillo. Claro que hay que hacer.... Las dificultades parten en el punto 1 cuando hay que tener ya un diseño del prototipo después elegir una escala y luego hacer el modelo y los ensayos y una vez que se tiene la información, bueno los cálculos pueden ser relativamente fáciles, sobretodo que ahora se pueden meter a un computador y sale todo el listado como uno quiere. Probablemente uno va a hacer ensayos no solo a la velocidad de diseño del buque, podríamos decir la velocidad de crucero sino que la hará a otras velocidades también de tal manera de tener una información bastante clara de la energía que va a estar necesitando, porque este valor de aquí va a tener que ver después con cual es la máquina que vamos a poner, la potencia del motor llamémosle y tiene que ver mucho también con la hélice que vayamos a colocar.

Dimensionamiento al modelo. Algunos aspectos que hay que considerar aparte de lo que ya hemos hablado de la relación que tiene que haber entre el modelo y el prototipo, una escala lo más perfecta posible en todos sus detalles. También hay que ver el peso del modelo, la velocidad como ya la hemos mencionado acá, tienen que estar en directa relación con la escala que se esté utilizando bajo las premisas que vimos hace algún momento atrás. Pero además hay que hacer otras consideraciones. La primera de estas consideraciones (las vamos a ir dando media como receta), la dimensiones de modelo deben estar relacionadas con las dimensiones del canal de prueba, esa también es clave; no solamente con el prototipo sino que cual es el canal de prueba que vamos a utilizar y en esa entonces tener relación con dimensiones del canal de pruebas

¿Qué es lo que hay que evitar? Si hacemos un modelo demasiado grande, se va a producir el oleaje que produzca el modelo va a chocar contra las paredes del canal de pruebas y se va a devolver y este rebote nos va a afectar las mediciones y lo otro es que está el fondo también, si el modelo es demasiado grande y la distancia al fondo va a ser inapropiada y va a generar una resistencia extra entonces esos dos efectos van a provocar que la resistencia total que estemos determinando va a estar errónea, entonces hay que ver que ese efecto, tanto los efectos laterales como los efectos del fondo no se produzcan.

En segundo lugar hay que ver el peso y el volumen. En qué sentido; que el tamaño del modelo tiene que permitir la instalación de instrumentos sobre él. Y que al instalarlos haya primero el espacio y

por eso habla del volumen pero segundo que no vaya a alterar eso el peso excesivamente de tal manera de que haga que la distribución de pesos en el modelo o que la línea de flotación no sea la adecuada y tiene que quedar una cantidad extra por ejemplo de peso a colocar para que nosotros podamos hacer algunas pruebas con distintos puntos de flotación para que el primado sea el correcto o nosotros queramos. Entonces el modelo también que cumplir con esa segunda condición.

Una tercera, es la velocidad del modelo. Aparte de lo que ya vimos que es una relación con la velocidad del prototipo, tiene que ser igual y yo creo que debe ser en la igualdad es muy limite, tiene que ser menor que la velocidad máxima permitida por el sistema del canal de pruebas tanto por su longitud como por el elemento que lo va a arrastrar al modelo. Son cosas que son bastante obvias pero que en algún momento a uno se le pueden olvidar. Entonces nosotros tenemos que ver que la velocidad con que se vaya a mover, sea; porque que es lo que pasa, cuando el modelo se empieza a mover hay un momento de aceleración, es decir, tiene que llegar, pasar un determinado tiempo hasta que llegue a la velocidad adecuada y ahí un espacio suficientemente largo o un tiempo suficientemente largo para hacer las mediciones para luego desacelerarse, vale decir, del canal de prueba hay una parte inicial y una parte final que se pierde. Entonces si la velocidad es muy alta no nos da tiempo para medir, porque nos vamos a demorar mucho en desacelerar, mucho en frenar y el espacio en que va a ir a una velocidad constante va a ser muy pequeño en longitud y muy pequeño en tiempo. Entonces esa es otra cosa que hay que concordar entre la velocidad del modelo, la longitud y la velocidad que se pueda alcanzar con los elementos de arrastre o de transporte del modelo

Pregunta Ingrid

La potencia efectiva, pero tú tienes que hacerlo a una velocidad determinada.

O sea tú tienes que calcular la hélice para que te dé el empuje que tú necesitas pensando en que la hélice tiene un rendimiento de un 60%. Podríamos decir, la potencia teórica de la hélice tiene que ser un 40% más de lo que necesitas para que en la realidad sean compatibles la potencia efectiva con la potencia de empuje o esté en el rango del 0,98 al 1,05

Pregunta Alejandro

Correcto, habrían dos valores, porque en el primer momento indudablemente que tienes toda la resistencia del casco y después solamente la resistencia que pone el perfil y de hecho lo que se pretende es al elevarlo es suprimir la resistencia del casco y quedarse solamente con la resistencia del perfil que es mucho menor y por lo tanto puedes alcanzar mayores velocidades con una misma planta motriz

Pregunta Alejandro

Claro, trabajar con más de una hélice, la suma de las dos tiene que generar la potencia efectiva total. Ahora, el trabajar con más hélices ¿Por qué se hace eso? ¿porqué se trabaja con dos o con tres?

Tamaño de hélice, requeriría de una hélice tal vez de un diámetro muy grande y con otros problemas adicionales. Te falla una de las hélices y quedas out, en cambio si tienes más de una, falla una de las hélices, porque a veces se le caen las hélices a los buques. Se acuerdan de un buque que estuvo aquí al frente no cuento tiempo, ¿Qué le había pasado? A no ese había perdido el ancla. Pero otros han

perdido la hélice o según la planta motriz, a veces tienes una planta motriz que se divide en 2 y va a una y otra hélice, pero podría fallar uno de los sistemas de transmisión pero el buque queda con una hélice disponible para seguir, podríamos decir navegando no en las condiciones óptimas pero sigue trabajando. siempre que uno duplica una cosa una de las ventajas que tiene es para tener más seguridad en la operación, por ejemplo si yo tengo un frigorífico y coloco un gran compresor, un gran sistema de refrigeración que tiene un solo compresor; en el momento en que ese falla todo lo que tengo guardado, muere. Sino muere definitivamente, pierde calidad. En cambio que es lo que se hace. Se tienen varios compresores en paralelo que van a ser capaces de ir alimentando las necesidades del frigorífico. En el primer momento (supongamos que esto sea lo que yo quiera refrigerar) y lleno con cajas de manzana aquí. En el primer momento tengo gran cantidad de calor que sacar porque las manzanas vienen del medio ambiente, la temperatura de afuera, como se han estado entrando las manzanas he tenido la puerta abierta etc,..... Luces prendidas, personas circulando que el calor corporal también hay que eliminarlo. Entonces tengo una carga frigorífica que es muy grande, entonces supongamos que tengo tres compresores los tengo los tres funcionando en ese momento pero una vez que va bajando la temperatura y la gente ya se fue y las luces se apagaron y no se abren más las puertas y la fruta como va disminuyendo la temperatura la respiración, porque la fruta respira, el proceso de maduración va decreciendo entonces genera menos calor la fruta entonces ya no necesito los tres compresores funcionando, después quedarán dos y al final quedará uno que va a ser para mantener en esa cámara la temperatura adecuada por la que se filtra, por el calor que se filtra por las paredes techo y piso y nada más. Y además en el caso de fallar ese compresor tengo otros dos que están listos para partir y remplazarlo y no perder toda la carga entonces el tener más de una hélice, primero me permite tener hélices más pequeñas y en segundo lugar tener cierto grado de resguardo. Muchas veces en los buques que antes usaban bueno y ahora se usan turbinas a gas pueden ser lo mismo o motores de.....bueno generalmente los de combustión interna es un gran motor que mueve todo. pero en otros casos eran varios motores distintos que movían las distintas hélices entonces nunca quedaban o era más difícil que quedaran sin fuerza motriz entonces por eso se prefiere más de una hélice y por el tamaño. Entonces la suma de las hélices tiene que generar la potencia efectiva total. Entonces la velocidad del modelo tiene que ver con el lugar que se va a ensayar, con el canal de prueba con su longitud y por las velocidades que se pueden alcanzar con el elemento que lo transporte que lo mueva.

En cuarto lugar hay tres factores básicos limitantes en cuanto al tamaño mínimo del modelo. Tamaño mínimo del modelo. Las limitantes son las siguientes. Si es un canal en que se va a efectuar un ensayo autopropulsado vale decir el modelo tiene su hélice y su motor o ensayos similares a eso, la eslora mínima es de 2.5 mts. vayan tomando nota un poco de los tamaños porque uno siempre piensa un modelo algo pequeño, aquí son 2.5 mts. Mínimo. Ese, cual es el objetivo de eso, que los resultados sean confiables. Con tamaños muy pequeños se va a tener diferencias demasiado grandes entre el modelo y el prototipo y al hacer la relación de uno a otro se van a introducir errores que también son muy grandes. Dicen que generalmente lo que se prefiere es modelos de 3 mts. de eslora de longitud, o sea son de tamaño bastante notable a lo que uno piensa. Ese es el primero.

Una segunda consideración que tiene que ver también un poco con lo, también con lo anterior, está el efecto de escala, se refiere a que a la relación λ a la escala a la cual está el modelo con respecto al prototipo. Mientras mayor es la relación entre modelo y prototipo los errores son más grandes el ideal fuera que la escala fuera 1 pero como eso normalmente no se puede hacer hay que usar una escala pero dentro de lo posible lo más grande posible. Siempre hay este problema del

traspaso de las dimensiones de uno a otro y una de las causas es la viscosidad. La viscosidad tiene que ver mucho con este efecto de escala. Entonces la viscosidad tiene en modelos muy chicos una influencia muy grande y nos va a salir también potencias demasiado grandes y en parte es una combinación de la viscosidad con la rugosidad superficial. Yo ya les hablaba la otra vez, una cosa que nunca vamos a poder conseguir en el modelo es la misma rugosidad relativa entre el casco del modelo y el casco del prototipo aunque el casco del modelo sea muy pulido, siempre va a ser mucho más rugoso que el prototipo por las dimensiones que tiene uno con respecto al otro es que en modelos muy chicos ya empieza también a intervenir otros factores como la tensión superficial. Yo no sé si ustedes han hecho un prueba de tomar una aguja y ponerla sobre el agua. A pero la aguja es de acero debiera hundirse. Si se moja se hunde pero si uno la deposita, o una hoja, bueno, ahora ya ni se usan las hojas de afeitar tradicionales, pero antes la hoja de afeitar uno las podía poner en el agua y quedaban sobre el agua. Que pasaba ahí, estaba la aguja y el agua en buenas cuentas no la mojaba sino que el agua estaba aquí, formaba una verdadera superficie y entonces flota y tenía otra gracia que se orientaba dirección norte sur. Cuando en un vaso uno se, puede llenarlo más arriba del borde del vaso y queda ahí un bordecito y falta como dicen la gota que rebalsa el vaso ahí, y que es la tensión superficial. Entonces en modelos muy chicos no solo influye la viscosidad sino que la tensión superficial ¿y ambas cosas tienen relación con qué? Con la unión molecular. Entonces en los modelos para evitar estos problemas con la viscosidad principalmente, se trata que el número de Reynolds sea superior a 10^6 . Reynolds mayor que 5×10^6 . Eso hace que el flujo esté sobre la zona crítica sea un flujo turbulento y entonces la viscosidad va teniendo menos importancia. Porque cuando tenemos n° de Reynolds más bajos la viscosidad es más importante, con n° de Reynolds más altos, la rugosidad es más importante. Entonces ahí está en un punto podríamos decir de equilibrio entre las dos y los resultados que obtengamos al trabajar con n° de Reynolds de esa magnitud, van a ser más exactos y vamos a poder traducir mejor la relación entre modelo y prototipo. Esto nuevamente implica, como el n° de Reynolds aquí es la velocidad, por la eslora, por la densidad partido por la viscosidad, nuevamente nos dice que la eslora debe ser del orden de 2.5 mts. Aquí nos salía 2.5 mts al menos, esto acá nos refuerza la idea de los 2.5 mts. Nuevamente mínimo. Porque estamos ensayando con agua entonces se puede saber cuando vamos a llegar a este n° de Reynolds por que la viscosidad del agua se conoce, la densidad se conoce, entonces va todo en relación a la velocidad y la eslora. Entonces para llegar a estos números debemos tener una eslora del modelo de este orden

Y en tercer lugar.

Boris. En Valdivia no podemos hacer eso

Claro ahí vamos a hablar después de los distintos tipos de canal y ahí va a salir que allá es más chico de eso y entonces se puede, hay que trabajarlo de distinta manera y tal vez con modelos más pequeños

Y el tercer elemento que hay que tener en consideración y que también tiene que ver con el tamaño del modelo es la eficiencia y exactitud del instrumental. Mientras mejor sea el instrumental el modelo puede ser más pequeño. Mientras el instrumental sea más ineficiente o más inexacto va a tener que ser más grande para llegar a resultados que sean validables perfectamente con lo que se está utilizando. Esas son algunas consideraciones que hay que tener en cuenta y ya vemos que los modelos no son tan pequeños como uno quisiera, sino que en general son bastante más grande