

ESQUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DEL ECUADOR

# INGENIERIA NAVAL

ESQUELA DE FORMACION TECNICA  
DE LA ARMADA

**Diseño de un Remolcador Portuario para ser empleado  
en la Base Naval de Guayaquil**

**Realizado Por:**

**Marcos Bastidas Jiménez**

**Escuela de Perfeccionamiento de  
Oficiales de la Armada**

**Guayaquil - Ecuador**

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DEL LITORAL

INGENIERIA NAVAL

ESCUELA DE FORMACION TECNICA  
DE LA ARMADA

TESIS

"DISEÑO DE UN REMOLCADOR PORTUARIO  
PARA USO EN LA BASE NAVAL DE GUAYAQUIL

ESPECIALIDAD

INGENIERIA NAVAL

REALIZADA POR

MARCOS BASTIDAS JIMENEZ

Guayaquil - Ecuador

1987

.....

ING. ROBERT TOLEDO

## LISTADO DE PLANOS

- 1.- Plano de Líneas de Forma
- 2.- Plano de Distribución general (a y b)
- 3.- Plano Eléctrico
- 4.- Plano de Propulsión
- 5.- Plano de Curvas Hidrostáticas
- 6.- Plano de Curvas Sonjean

## LISTA DE GRAFICOS

- 1.- Areas de Operación
- 2.- Acciones generales de remolque
- 3.- Diseño de Remolcadores
- 4.- Curvas de  $C_p$  vs  $V_L/L$  para diferentes coeficientes prismático
- 5.- Curvas aproximadas de remolcadores modernos, práctica americana
- 6.- Comparación de remolcadores Hidrocónicos con diseños convencionales Americanos y Europeos (SHP vs desplazamiento y eslora).
- 7.- Comparación de dimensiones entre remolcadores hidrocónicos y diseños americanos e ingleses (Eslora vs puntal y calado medio)
- 8.- Rendimiento de la hélice en el Bollard Pull de los Remolcadores.

## DEDICATORIA

Dedico esta obra a mi presente hijo y a los posteriores que vendrán, para que apoyados en este trabajo puedan seguir mis pasos con deseos de superarme.

## AGRADECIMIENTO

A LA ARMADA DEL ECUADOR

por la oportunidad de superación que me ha brindado

AL SR. CALM. GUILLERMO DUENAS ITURRALDE

por aceptar mi solicitud para participar en este Convenio Educativo

A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

por acoger mi derecho a la educación

AL SR. ING. ROBERT TOLEDO.

por haber guiado este trabajo hasta su culminación

# INDICE

PAG.

## CAPITULO I

	INTRODUCCION A LA TEORIA DEL REMOLCADOR.....	
1.1	Origen y evolución.....	
1.2	Clasificación de los Remolcadores.....	
	1.2.1 Remolcadores de altura.....	
	1.2.2 Remolcadores costeros.....	
	1.2.3 Remolcadores de puerto.....	
	1.2.4 Remolcadores fluviales.....	
	1.2.5 El uso del remolcador para el trans- porte de Barcazas empleadas en Buques tipo LASH, SEABEE.....	

## CAPITULO II

	NECESIDAD DEL DISEÑO	
2.1	Principios y consideraciones básicas.....	
2.2	Zonas de operación.....	
2.3	Determinación de las características de for- ma de los remolcadores.....	
2.4	Coefficientes de forma.....	



2.4.1	Coeficiente de block.....
2.4.2	Coeficiente prismático.....
2.4.3	Coeficiente de la sección media.....
2.4.4	Coeficiente del plano de agua.....
2.5	Características de diseño.....
2.5.1	Determinación de manga y puntal.....
2.5.2	Determinación de la estabilidad.....
2.5.3	Determinación de velocidad.....
2.5.4	Autonomía.....
2.5.6	Maniobrabilidad y gobierno.....
2.6	Líneas de forma.....

CAPITULO III

CALCULOS HIDROSTATICOS Y DE ESTABILIDAD

3.1	Escala.....
3.2	Plano de línea de formas.....
3.2.1	Líneas de referencia.....
3.2.2	Líneas de forma.....
3.3	Tabla de puntos.....
3.4	Cálculos hidrostáticos y coeficientes de formas.....
3.4.1	Graficación de curvas.....
3.5	Cálculos de estabilidad dinámica.....
3.5.1	Graficación de curvas.....

## CAPITULO IV

### INSTALACION ELECTRICA

- 4.1 Generalidades.....
- 4.2 Normas y reglas de aplicación.....
- 4.3 Proyecto de instalación eléctrica en el.....  
remolcador.....
- 4.4 Selección de las características eléctricas...
  - 4.4.1 Tipo de corriente.....
  - 4.4.2 Planta generadora.....
  - 4.4.3 Cuadros y red de distribución.....
  - 4.4.4 Aparatos consumidores.....
- 4.5 Conclusiones.....
  - 4.5.1 Balance eléctrico para remolcadores.....  
de puerto.....
- 4.6 Número de generadores necesarios.....
  - 4.6.1 Cuadro principal.....

## CAPITULO V

- 5.1 Cálculo estructural y resistencia longi-.....  
tudinal.....
- 5.2 Quillas, Rodas y codastes.....
  - 5.2.1 Quillas de barra.....
  - 5.2.2 Rodas de barra.....
- 5.3 Estructura del fondo.....
  - 5.3.1 Quillas verticales.....

5.4	Doble fondo.....
5.4.1	Vagra central.....
5.4.2	Planchas del doble fondo.....
5.4.3	Cuadernas del doble fondo.....
5.4.4	Longitudinales del doble fondo.....
5.5	Mamparos estancos.....
5.5.1	Puertos estancos.....
5.6	Pruebas.....
5.7	Forro exterior del casco.....
5.7.1	Extensión de las plachas del fondo.....
5.7.2	Planchas de forro del costado.....
5.7.3	Recomendación para buques sometidos a... impacto.....

## CAPITULO VI

6.1	Construcción del casco.....
6.2	Alojamientos.....
6.3	Cámara frigorífica y gambuza.....
6.4	Pintura general y exteriores.....
6.4.1	Pintura de interiores.....
6.5	Pisos de baldosa.....
6.6	Servicio de agua salada.....
6.7	Servicio de agua dulce.....
6.8	Servicio de aceite lubricante.....
6.9	Servicio de combustible.....

## CAPITULO VII

7.1	Propulsión y operación.....
7.2	La maquinaria principal.....
	7.2.1 Características de la maquinaria.....
	7.2.2 Especificaciones de poder.....
7.3	Cálculo de la hélice óptima.....
7.4	Cálculo de la línea de ejes.....

## CAPITULO I

### INTRODUCCION A LA TEORIA DEL REMOLCADOR

#### 1.1 SU ORIGEN Y EVOLUCION.

El remolcador es normalmente un buque de reducidas dimensiones dedicado al remolque o empuje de otras embarcaciones. Uno de los más antiguos testimonios de una operación de remolque se encuentra en un monumento Egipcio del año 5000 a.C donde está representado el transporte de los obeliscos de Karnak por el Nilo, desde Assuán, donde fueron construidos. Aquellos enormes bloques de piedra, de 33 metros de longitud, iban cargados a bordo de chatas que fueron remolcadas por el río por veintisiete embarcaciones de treinta remeros cada uno.

Se sabe que en 1736 Jonathan Hull diseñó un Tug Boat, es decir, literalmente, una "embarcación de remolque", con una caldera a proa y una máquina atmosférica en su medianía que movía dos ruedas de paletas montadas a popa. Aunque no existe constancia alguna de la construcción de esta embarcación, el principio fue recogido por Symington, quien en 1801 recibió el encargo del proyecto para efectuar la construcción del Charlotte Dundas, con el fin de sustituir los caballos que hasta entonces se empleaban para arrastrar las chatas a lo largo del canal Forth-Clyde. Esta

embarcación tenía 17 metros de eslora, 5.5 metros de manga y un puntal de construcción de 2.4 metros. Una máquina Tipo Watt de 10 HP instalada a babor movía mediante una larga biela, una rueda de paletas montada en un pozo situado en la parte de popa del casco. La caldera se hallaba a estribor, un poco más a popa que la máquina. En Marzo de 1802 el Charlotte Dundas remolcó con éxito dos chatas de 70 toneladas por espacio de 19.5 millas a lo largo del canal y con un fuerte viento contrario. No obstante los buenos resultados, el temor a los daños que la estela pudiera producir a los diques del canal cerró el paso a posteriores experimentos y la embarcación fue abandonada. Robert Fulton, que había examinado el Charlotte Dundas, decidió construir un remolcador que, tras fracasar en la primera prueba (se partió por la mitad durante una tempestad), el 9 de Agosto de 1803 remolcó con éxito dos embarcaciones a lo largo del Sena. Más tarde, Fulton llevó su proyecto a los Estados Unidos, donde fue acogido con mayor entusiasmo que en Europa.

En 1814 un remolcador bautizado "Industry" entró en servicio en el Clyde, dedicándose al remolque de gabarras entre Greenock y Glasgow, toda vez que a la sazón el canal no era aún lo suficientemente profundo para los buques de alta mar. En 1822 tuvieron lugar las primeras operaciones de remolque en el Tyne, como consecuencia del creciente tráfico de carbón, y dieciocho años más tarde hicieron su

aparición los primeros remolcadores en el Támesis. En 1825 un remolcador llamado Hércules fue construido en Holanda, y el año siguiente empezó a prestar servicio en el Hudson, en los Estados Unidos.

Poco después la hélice reemplazó a la rueda de paletas como medio de propulsión en los buques en general; sin embargo, para los remolcadores, la posibilidad de aplicar toda su potencia en ambos sentidos, y, en el caso de ruedas laterales independientes, de hacerlas girar en sentido contrarios, y, con ello de permitir la evolución del remolcador sobre un punto fijo, condujo a que la rueda siguiera siendo preferida hasta el siglo XX. Incluso el Almirantazgo británico, en la década de los años cincuenta, encargó la construcción de varios remolcadores de ruedas de paletas con motor Diesel eléctrico proyectados a propósito para remolcar los grandes portaaviones en las maniobras de atraque y desatraque en puertos angostos.

## 1.2 CLASIFICACION DE LOS REMOLCADORES.

Los remolcadores pueden clasificarse en cuatro categorías:

- a) De altura, para socorro y salvamento;
- b) Costeros;
- c) Portuarios, y

d) Fluviales o de río.

### 1.2.1 REMOLCADORES DE ALTURA

Las características principales de un remolcador de altura son: óptimas cualidades náuticas, potencia adecuada, gran autonomía y máxima maniobrabilidad. Por lo general el remolcador de altura debe de ser de grandes dimensiones, y su eslora en algunos casos supera a los 75 metros (246 pies). También destaca su calado, que debe ser lo suficiente como para garantizar la eficiencia del propulsor y del sistema de gobierno. Por el mismo motivo, las carenas de los remolcadores suelen estar diseñadas con cierto asiento apopante. El propulsor en sí es de gran diámetro con el fin de proporcionar un fuerte empuje aún en velocidad reducida. El peso o desplazamiento del remolcador de altura es también muy elevado, lo que constituye una notable ventaja para su misión, toda vez que el buque remolcado comúnmente es mucho mayor que el remolcador. La potencia y autonomía son interdependientes, dentro de ciertos límites, y es preferible que la propulsión se realice con varios motores, pues esto permite mantener parado un motor cuando sea preciso navegar a la velocidad económica. A este respecto resulta muy conveniente el sistema diesel eléctrico, aunque el peso sea mayor, la efectividad del conjunto ligeramente más baja y el costo inicial más elevado.



TABLA 1

DIMENSIONES DE REMOLCADORES

CLASE	<u>DIMENSIONES EN</u>			H	VEL		NUM	HEL	L/B	L/R	B/H	
	<u>PIES Y METROS</u>				s/t	S.P						de
	LBP	B	D		BHP	nud						TON
R10	75-0	20-0	9-0	7-6	500	10.5	8.75	2	3.75	8.33	2.67	
	22.8	6.1	2.7	2.3	500	10.5	8.75	2	3.75	8.33	2.67	
R10	55-0	13-0	7-7	5-8	140	6.5	1.9	1	4.73	7.26	2.30	
	16.7	3.9	2.3	1.7	140	6.5	1.9	1	4.73	7.26	2.30	
PT0	66-0	18-3	9-0	7-0	330	9	4	1	3.62	7.33	2.61	
	20.1	5.5	2.7	2.2	330	9	4	1	3.62	7.33	2.61	
PT0	86-0	23-0	11-6	9-0	740	10.5	9	2	3.74	7.48	2.56	
	26.2	7.0	3.5	2.7	740	10.5	9	2	3.74	7.48	2.56	
PT0	70-0	16-0	8-0	5-7	337	8.5	3.25	1	4.38	7.93	2.87	
	21.3	4.6	2.4	1.7	337	8.5	3.25	1	4.38	7.93	2.87	
PT0	96-0	27-0	13-0	10-3	1260	12.5	20	1	3.36	7.37	2.64	
	29.2	8.2	3.9	3.1	1260	12.5	20	1	3.36	7.37	2.64	
E08T	63-0	18-6	8-0	6-9	600	11	7	2	3.62	8.13	2.74	
	19.8	5.6	2.9	2.9	600	11	7	2	3.62	8.13	2.74	
E08T	53-0	25-9	11-9	9-9	1320	10.75	19	2	3.61	7.92	2.64	
	28.3	7.8	3.6	2.9	1320	10.75	19	2	3.61	7.92	2.64	
E08T	100-0	25-6	12-6	10-32	1400	12.75	16.25	1	3.92	7.91	2.49	
	30.5	7.7	3.9	3.12	1400	12.75	16.25	1	3.92	7.91	2.49	

Por otro lado, como los remolcadores de altura transportan grandes cantidades de combustible, normalmente son capaces de embarcar lastre en cantidades suficiente para compensar en consumo y, además al tener que trabajar en cualquier condición climatológica, desde las altas latitudes hasta los trópicos, la habitabilidad está muy estudiada. En este aspecto se tiene en cuenta que la tripulación puede moverse por todo el buque sin necesidad de salir a cubierta. Por otro lado, el puente y la caseta de gobierno se encuentran situados muy a proa a fin de dejar libre la mayor parte del espacio a popa para la manipulación del remolque.

En el centro de la cubierta hay un cabrestante automático movido por energía eléctrica o hidráulica, cuyo freno puede ser regulado a una carga pre-determinada, y así, cuando la tensión aumenta de improviso, el aparato arria automáticamente el remolque, para virarlo nuevamente en cuanto la tensión decrece.

Algunos remolcadores llevan unos rodillos verticales que, al entrar en acción, desplazan el punto giratorio del remolcador del centro del buque a la popa. En alta mar y con buen tiempo, esto suele representar una ventaja, pero si el buque remolcado es de grandes dimensiones, es mejor no hacer uso de ellos. De ahí que tales rodillos sean abatibles, y así, cuando no se usan, el remolque puede

correr libremente sobre unos arcos de acero dispuestos de un costado a otro buque; ligeramente convexos para limitar al máximo el roce del cabo y evitar que se enrede con las salientes de la cubierta. Además de cabrestante, el remolcador lleva un gancho de remolque, pues aunque el principio sea más seguro para largas operaciones de remolque en mar abierto, no siempre es así en algunos servicios que los remolcadores pueden prestar. El gancho está hecho de acero de elevada resistencia y va asegurado a un soporte mediante un perno vertical que permite el movimiento horizontal del mismo y adaptarse a la dirección en que solicite el cable de remolque. La posición del gancho es muy importante y debe estar lo más bajo posible; su situación en el eje proa-popa varía de acuerdo con el tipo de remolcador aún cuando es preferible que se halle hacia proa, con el fin de que la popa pueda girar libremente. La posición normal del gancho se encuentra entre el 42 y 45% de la eslora, contando desde la popa, aunque en los remolcadores fluviales se halla sólo al 38% de la popa.

Todos los remolcadores de altura llevan medios de salvamento, incluyendo una bomba de una capacidad no inferior a las 150 toneladas por hora y otra contraincendios con tomas de conexión adaptables. El molinete del remolcador es normalmente bastante más potente que lo preciso para las necesidades de las anclas, y las cadenas, más largas. Con esto se consigue que el remolcador, cuando

se halla recuperando un buque encallado, puede fondear sus propias anclas bien lejos, y así, cuando comience a cobrar, puede ayudarse virándolas. La experiencia demuestra que trabajando de esta forma la operación es siempre más fácil.

Los remolcadores de altura modernos, que en su mayoría llevan motores diesel, disponen también de una caldera auxiliar destinada a suministrar vapor a los buques socorridos. Análogamente pueden abastecerlo de energía eléctrica, y a tal fin el generador tiene un amplio margen de potencia, muy superior a la precisa para las necesidades del propio remolcador. A veces llevan también una potente lancha, como parte integrante del equipamiento de salvamento, y que puede utilizarse para dar el remolque.

El palo de proa está convenientemente diseñado para llevar las luces previstas en el Reglamento para prevenir los abordajes en el mar, mientras el palo mayor lleva un puntal de carga de 5 toneladas.

A veces los remolcadores modernos llevan una grúa en lugar de palo mayor. Forman también parte del equipo de un remolcador: proyectores, cañones o lanza cohetes para dar la guía del remolque, pistolas very, extinguidores portátiles y medios de auxilio inmediato. Algunos remolcadores disponen de una pequeña enfermería con cuatro camas, para los heridos y naufragos víctimas de shock o de una prolon-

gada exposición a los elementos.

El equipo normal del remolque consta de dos cables flexibles de 127 milímetros de diámetros y longitud no inferior a los 600 metros, y uno o varios calabotes de cáñamo o abacá de 305 milímetros destinados a ser empleados en remolques ligeros o simultáneamente con los cables metálicos. Hoy, sin embargo, hay una clara tendencia a sustituir los cabos de abacá por los de nylon, en razón de su mayor duración, solidez y elasticidad. No obstante, su empleo resulta más peligroso para la tripulación, pues siendo la capacidad de extensión de un cabo de nylon doble que la de uno de abacá, en caso de rotura los daños suelen ser mayores.

### 1.2.2 REMOLCADORES COSTEROS

Estos buques son generalmente más pequeños que los remolcadores de altura, y como a menudo trabajan con mal tiempo, al no poder tener un francobordo suficiente, están diseñados con un marcado arrufo hacia proa y llevan siempre numerosos imbornales a lo largo de los costados. En general su velocidad de crucero oscila entre 12 y 13 nudos y su capacidad de tracción es el orden de las 30 toneladas. Normalmente se trata de unidades comprendidas entre los 30 y 40 mts. de eslora y potencia motriz de 1500 a 3000 HP..

Al igual que los remolcadores de altura, llevan un molinete de gran potencia y cadenas más larga de lo normal. Están además equipados con bombas contra incendio y extinguidores capaces de arrojar tanto espuma como agua.

Entre sus características es de destacar la particularidad de ser reforzados; la relación de características se la puede considerar: Eslora máxima 29.4 metros; Manga 8.5 metros. Puntal 4.45 metros; Calado o plena carga 3.96 metros; Dos motores propulsores de 650 HP; Velocidad de crucero 11.5 nudos; Impulso sobre amarras 16.5 toneladas.

### 1.2.3 REMOLCADORES DE PUERTO

Estos remolcadores responden a una gran variedad de diseños debido a la necesidad de adaptarlos a las condiciones locales. Un considerable número de ellos se emplean en puertos de todo el mundo para ayudar en las maniobras de entrada y salida de los buques y remolcar chatas, grúas y otros dispositivos de trabajo.

En general se trata de buques de eslora comprendida entre 23 y 35 m., de 3.5 a 4.2 m. de calado, y con motores de 1000 a 1800 HP. Las características comunes a todos ellos son la buena estabilidad y rapidez de maniobra. El gancho del remolque va articulado y por tanto es susceptible de girar tanto en el plano vertical como en el horizontal,

toda vez que frecuentemente deben remolcar buques cuyas proas se elevan hasta 10 metros por encima de ellos. El gancho del remolque lleva un mecanismo de desenganche automático, accionable desde el puente. Cuando un remolcador trabaja existe siempre el riesgo de que se atraviece y, por consiguiente, pueda volcar; por ello es muy importante que abordo del buque remolcado junto a la bita donde se haya hecho firme el remolque, vaya siempre un hombre de guardia preparado para filar dicho cabo rápidamente y anular la tracción.

Estos remolcadores pueden también realizar la tarea de aguantar la popa de un buque que avanza a lo largo de un canal donde hay recodos muy acusados, a fin de ayudar a superarlos, y con tal objeto llevan una bita en forma de cruz en el castillo de proa. Si el remolcador trabaja amadrinado al costado del buque, se amarra a él mediante un spring a proa y otro a popa, además de los necesarios cabos de través. En cambio, si trabaja a popa del través del buque y forma con él un ángulo de  $45^\circ$ , es preciso trincarlo bien por las amuras.

La tendencia actual en materia de remolcadores de puerto es de aumentar la automatización mediante el empleo de motores controlados desde el puente. Así no es extraño que algunos tengan una tripulación de un solo hombre.

#### 1.2.4 REMOLCADORES FLUVIALES O DE RIO

En casi todos los ríos navegables y muy en particular en aquellos que atraviesan zonas industrializadas o de producción agrícola, existe un considerable tráfico de barcazas, chatas, lanchones, algunas de las cuales poseen propulsión propia, pero en su mayoría no.

En este caso los sistemas de remolque empleados varían de un lugar a otro pero normalmente ~~son~~ de empuje, en flecha o abarloado.

El sistema de remolque por empuje tuvo su origen en los primeros tiempos de comenzar a usarse este tipo de actividad; este sistema permite realizar el "remolque integrado", que está constituido por remolcador y por grupos de dos o tres chatas abarloadas cada una de las cuales llevan normalmente a proa otras seis; la longitud de remolque es excepcionalmente larga y la capacidad de transportación es muy alta.

En la tabla 1, están descritos para las distintas clases de remolcadores sus dimensiones principales en pies y metros y las relaciones que deben existir entre ellos.

#### 1.2.5 EL USO DEL REMOLCADOR PARA EL TRANSPORTE DE BARCAZAS EMPLEADAS EN BUQUES TIPO LASH, SEABEE



Una forma nueva de empleo del remolcador hace su aparición con el advenimiento de los buques "LASH, SEABEE", o porta barcazas los mismos que para agilizar su maniobra en el puerto de carga o descarga, están dotados de barcazas standar de 87 toneladas metricas las mismas que son descargadas o cargadas, sin que el buque tenga que acoderarse al muelle, con esto se reducen los costos portuarios, los costos de manipuleo de la carga ya que se lo hace en forma automática y rápida, el empleo de personal se vuelve mínimo, con lo que las utilidades para la empresa naviera se incrementa gradualmente.

El tipo de remolcador dedicado a estas labores está diseñado para transportar entre cuatro y seis barcazas por viaje, las mismas que van colocadas a popa o proa del remolcador y mediante gancho pasante se sujetan de la siguiente barcaza en él un caso, para que sean transportadas con entera seguridad y en el otro caso se engasta en la proa. Este remolcador es muy maniobrable y necesita una tripulación reducida para su trabajo debido a que está dotado de modernos equipos que hacen posible su transporte rápido y seguro desde el buque al puerto y viceversa.

### 1.3 OPERACION DE REMOLQUE

#### 1.3.1 GENERALIDADES.

Existiendo un número indeterminado de tipos de remolque, la elección del más idóneo depende en cada caso del tamaño y de las formas, de la embarcación a remolcar y de los dispositivos de que se disponga.

Cuando se trata de una chata o un pontón (para remolque de altura) es probable que el remolque se afirme a una boza que rodee su casco y vaya suspendida a intervalos por abrazaderas metálicas; para evitar los roces con la cubierta de la chata en los sitios donde van las abrazaderas se disponen cuñas de madera dura; si las amuras de las chatas presentan entradas muy pronunciadas será necesario pasar en aquella parte un seno de cabo por debajo de la quilla.

Si el buque remolcado tiene propulsores, estos deben estar en condiciones de girar libremente, así se disminuye notablemente la resistencia al remolque.

La capacidad de tracción de un remolcador es aproximadamente de una tonelada por cada 100 HP de potencia, si se remolca con buen tiempo. El mal tiempo y la carena sucia aumentan la tracción requerida para mantener una velocidad determinada.

La fuerza requerida para el remolque depende de:

- a) Dimensiones y forma del remolcador,
- b) Condiciones de operación,
- c) Velocidad a la que se pretende remolcar.

Durante la operación de remolque, los buques tienen tendencia a dar guiñadas. Para disminuir este efecto, se recurre a varios artificios:

- a) Variación del asiento del remolcador;
- b) Disminución de la velocidad;
- c) Bloqueo del timón;
- d) Desplazar el punto del remolque, alterando la longitud de las bozas;
- e) Remolcar un ancla a la Pendura.

En la mayoría de las operaciones de remolque, (excepto en aguas muy tranquilas) el periodo de guiñadas del remolcado es diferente del periodo del remolcador, con vientos intensos, un buque medianamente cargado puede abatir aún a una velocidad de 2 nudos; un buque cargado se atravesará al viento y el mismo buque con asiento apopante recibirá al viento a popa de través.

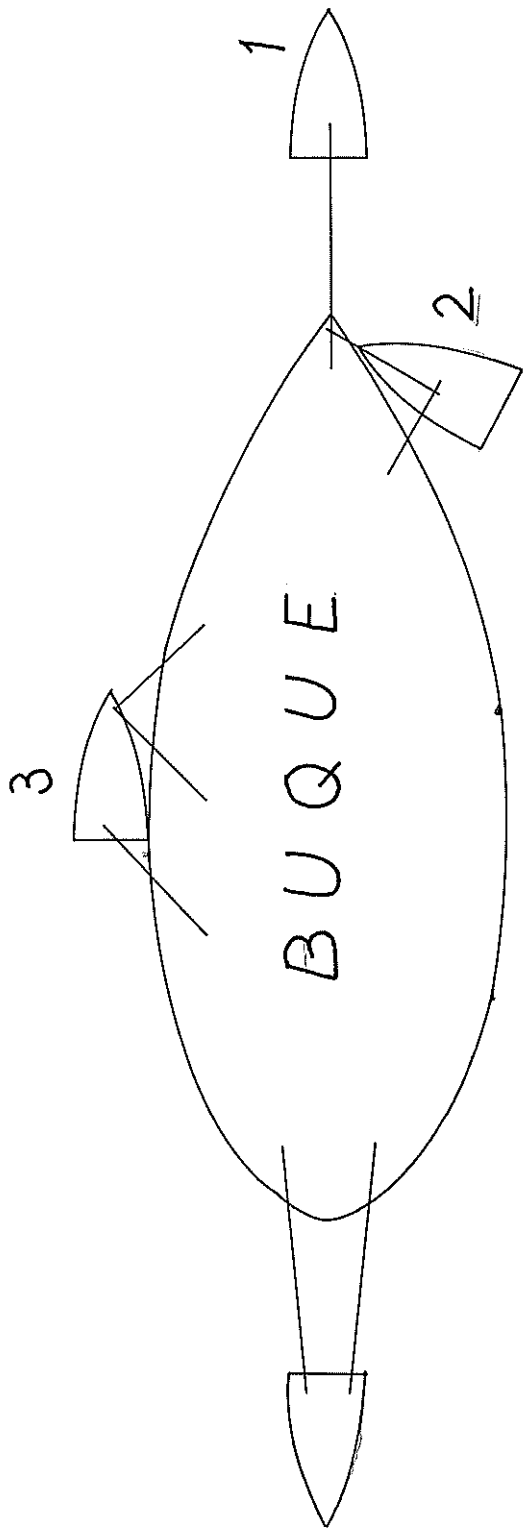
La longitud del cable de remolque depende además de muchos factores como la velocidad a que se pretende navegar, el tamaño del buque remolcado, salvo cuando se usa solamente un cabo de nylon, la longitud viene determinada

por la necesidad de conseguir que una vez que el remolcado y el remolcador se muevan a la velocidad deseada, el peso del cable del remolque forma una catenaria que absorva cualquier posible estrechazo.

Al mismo tiempo, el remolque no debe ser tan largo que corra riesgo de enredarse en el fondo, en general un cable de remolque corto y pesado es preferible a uno largo y liviano.

La norma esencial que se debe tener presente es que, la longitud del remolque debe ser tal que los buques reciban las olas en todo momento en las mismas condiciones.

Las acciones generales de remolque están explicadas graficamente en la Fig. 1.



## Acciones Generales de Remolque

- 1 en flecha
- 2 en punta
- 3 abarloado

### 1.3.2 PARTICULARIDADES SOBRE EL REMOLQUE

LONGITUD DEL REMOLQUE.- De esta longitud depende, no sólo la elasticidad del sistema, sino también el modo de conducirse ambos buques en la navegación en mar abierto.

En caso de remolque, el modo ideal de recibir la mar es de través, pero en general nunca se podrá lograr esto, bien por imposición de la derrota seguida o por los bandazos tan amplios que impidan recibir la mar en dichas condiciones.

La norma esencial que hay que tener presente, es que la longitud del remolque sea tal que los dos buques reciban las olas en todo momento en las mismas condiciones.

Por el contrario, si se halla un buque en el seno de una ola cuando el otro se halla en la cresta de otra y viceversa, habrá momentos en que el remolque se hallará en banda y otros en que sufrirá un fuerte estrechazo. La longitud de las olas es, de ordinario, constante durante un cierto tiempo, así que en las travesías breves será fácil satisfacer el principio que acabamos de exponer; en cambio, en viajes muy largos será dificultoso enmendar una o varias veces la longitud del remolque, pues es sabido lo complicados que son los amarres a bordo de los chicotes del remolcador. En estos casos, la mejor solución es darle una

longitud adecuada para la navegación cómoda en la mar.

### 1.3.3 VELOCIDAD Y RESISTENCIA DEL REMOLCADOR

VELOCIDAD MAXIMA DE REMOLQUE EN AGUAS CALMAS.- Como se comprende, es muy interesante determinar a qué velocidad podrá un buque remolcar a otro en agua calma y cuáles serán la potencia máxima y el número de revoluciones del remolcador.

El conocimiento de esta velocidad permite determinar el radio de acción del convoy para una cierta provisión de combustible, y la tracción ejercida sobre el remolque.

Este problema no ha sido resuelto más que aproximadamente, pudiendo considerarse como una aplicación del "estudio de la influencia de las variaciones de resistencia de las carenas en el régimen de las máquinas".

## CAPITULO II

### 2.1 NECESIDAD DEL DISEÑO

#### PRINCIPIOS Y CONSIDERACIONES BASICAS

El avance de la tecnología moderna en lo referente a sistemas electrónicos y de armamento ha hecho necesario el incremento de unidades navales acorde con esta tecnología, y, es así como se adquieren modernos buques que vienen a ser la cuota para el desarrollo del poder naval Ecuatoriano. A la vez que se incrementa el número de unidades, también se lo hace en tonelaje de desplazamiento por tanto es necesario dotar a estas modernas unidades de las ayudas básicas con el a fin de evitar su deterioro prematuro.

Uno de los múltiples servicios que en la actualidad va perdiendo su eficiencia por pequeño y moderado de su trabajo son los remolcadores que actualmente existen en BASUIL. De aquí se crea la necesidad de complementar estas pequeñas unidades con un remolcador de dimensiones y empuje estático adecuado para atracar o desatracar las unidades que tenga que irse a la mar en forma eficiente y segura para el cumplimiento de una operación, o para maniobras de ingreso o salida del dique y reducir los riesgos de averías que causan estas tareas cuando no se posee el auxilio de un remolcador.



## 2.2 ZONAS DE OPERACION

En la figura 2, se observan los esteros a lo largo de los cuales será el área de operación, entre los cuales está el Estero del Muerto y el Estero Caracol que tiene a un costado respectivamente la ubicación de los muelles que sirven para el atraque de las unidades navales, que en la actualidad posee nuestra Fuerza Naval.

Las profundidades en el área en el Estero del Muerto van desde los 14 metros hasta 8 metros, mientras que en el Estero Caracol son de 4 metros a 3.5 metros con lo que se hace factible el desempeño del remolcador sin problemas de bajo fondo.

## 2.3 DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE FORMA DE LOS REMOLCADORES.

Las cuatro clases de remolcadores señalados en el capítulo I, pueden ser analizadas en forma simultánea, ya que aparte de las dimensiones físicas hay muy pocas diferencias fundamentales, entre ellas.

Para el diseño del remolcador verificaremos que los datos iniciales entregados por el Armador, poder, eslora, puntal, guardan relación con la velocidad, estabilidad, maniobrabilidad, tamaño del Departamento de máquinas y

forma del casco.

Para el diseño se seleccionará los coeficientes de forma adecuados dando especial énfasis en el prismático, posición longitudinal del centro de boyantez; fineza del cuerpo a proa y popa de tal forma de obtener una mejor configuración del casco. También será considerado el francobordo en proa porque tiene que ver con la velocidad de carrera libre.

Luego de determinar las características preliminares de forma, se le equipará con máquinas y una hélice que proporciona la máxima tensión estática posible al cable, a una velocidad óptima de remolque, al mismo tiempo que permite a la embarcación su velocidad de carrera libre deseada. Debido a la rapidez con que debe maniobrar el remolcador se dará especial atención al sistema de control de máquinas (adelante, atrás, aceleración, desaceleración, parada, arranque y sistema de Gobierno), puesto que de la maniobrabilidad depende completamente el éxito en las tareas que le concierne realizar.

#### 2.4 COEFICIENTES DE FORMA

Para la comparación de las formas de los buques, desplazamientos, dimensiones se usan en Arquitectura Naval los coeficientes. Estos coeficientes son útiles en cálculos

de poder y para expresar claramente las formas, secciones y líneas del agua del buque. En la tabla 2 (Proporciones de remolcadores Americanos y Europeos) están las relaciones entre los coeficientes y los números típicos para los remolcadores, con lo que se puede visualizar la importancia que tienen estos coeficientes.

#### 2.4.1 COEFICIENTE DE BLOCK

El coeficiente de Block es la razón entre el volumen de desplazamiento ( $\nabla$ ) de la parte moldeada del remolcador y el volumen de un sólido rectangular formado por la eslora manga y calado.

$$C_b = \nabla / L.B.H.$$

Otras formas de calcular el coeficiente de Block fueron presentados por el arquitecto naval A.R. Taylor:

$$C_b = 1.08 - V_k / 2 (L)^{1/2}$$

$V_k$  = Velocidad de remolque

$L$  = Eslora.

Mientras MUNRO SMITH como valor mínimo para este coeficiente 0.50 en el caso de remolcadores.

#### 2.4.2 COEFICIENTE PRISMÁTICO LONGITUDINAL

El coeficiente prismático es la razón entre el volumen de desplazamiento de la acción moldeada de un buque y el volumen de un sólido igual a la línea de agua y el área de la sección central.

$$C_p = \nabla/L * A_m = \nabla/L * B * H * C_m$$

El coeficiente prismático tiene especial interés para el diseñador por su relación que mantiene con el empuje del remolcador y sus velocidades de trabajo y carrera libre al hacer el análisis de las líneas de forma de las series standar de Taylor se observa que un coeficiente Prismático mayor que 0.86 implica forma similar a un cajón, mientras que un coeficiente menor que 0.48 nos da como resultado un cuerpo medio exagerado de extrema fineza a proa y popa.

Luego de estos análisis podemos concluir diciendo:

- a) Es ventajoso tener una alta razón de desplazamiento-eslora por que con esto disminuye la resistencia
- b) Por el contrario no es conveniente tener un coeficiente Prismático grande por que su resistencia aumenta.

En la figura 3 se hace un análisis del comportamiento de este coeficiente y su relación con los coeficientes de

TABLA 2

PROPORCIONES DE REMOLCADORES - TECNICAS EUROPEAS VS. AMERICANAS.

<u>EUROPEOS SEGUN A. CALDWELL.</u>					<u>AMERICANOS SEGUN D. ARGYRIADIS</u>			
<u>ALTA/MAR</u>	<u>COST</u>	<u>PTO</u>	<u>RIO</u>		<u>ALT/MAR</u>	<u>COSTN</u>	<u>PTO</u>	<u>RIO</u>
1.04	1.04	1.20	1.15	$V/(L)^{1/2}$	1.20	1.25	1.30	No existen
4.75	4.25	3.75	4.00	L/B	4.10	3.70	3.30	Represent-
0.85	0.90	0.80	0.85	KG/D	0.89	0.91	0.88	tantes Ame
0.56	0.55	0.52	0.47	Cb	0.52	0.48	0.50	ricanos de
0.85	0.85	0.85	0.90	Cm	0.80	0.80	0.78	este Dise-
0.66	0.65	0.61	0.52	Cp	0.65	0.66	0.64	no. Actual-
0.70	0.75	0.71	0.70	Cw	0.74	0.75	0.74	mente los
0.09	0.09	0.09	0.0095 m'		0.091	0.091	0.092	pequeños
9.5	8.5	8.0	7.5	L/D	8.4	7.2	7.8	remolcado-
----	---	---	-----	GM, liger	1.70	3.30	2.0	res de
5.75	5.75	5.75	5.0	Arrf.pr%del	2.5	3.9	3.6	Puerto son
1.5	1.35	1.25	1.0	Arrf.po%del	1.2	1.2	1.1	similares
2.5	2.5	2.5	2.5	m/H	2.2	2.2	2.9	a los Euro
250	300	310	320	$/(001L)^{1/3}$	320	400	400	peos de
1000p/	600 a	300 a	300 más	SHP(aprx)	1500 a	1200 a	300 a	Rio.
arriba 1000	600	o menos			3000	1800	900	

m' ES EL COEFICIENTE BM PARA USO EN LA FORMULA DE LA MANGA DE SIMPSON.

resistencia residuales versus razones de velocidad/eslora manteniendo constante la razón desplazamiento-eslora presentado por Doros Argyriadis.

Las curvas están graficadas para razones de desplazamiento-eslora en valores que fluctúan entre 200-450 con incrementos de 50; para el ejemplo este valor es 400.

En el gráfico se puede visualizar que los mejores valores de coeficientes prismáticos varían entre 0.57 y 0.67 ya que la mayoría de los remolcadores poseen una razón de velocidad-eslora de 1.10 a 1.4 en condición de carrera libre y de 0.60 a 0.70 en condición de remolque.

Al hacer la consideración de los coeficientes prismáticos para 0.60 y 0.68 con una razón de velocidad-eslora de 1.15 en condición sin remolque, se observa que el remolcador que posee un casco con coeficiente prismático 0.68 duplica su resistencia residual y en general la resistencia total con relación a otro casco cuyo coeficiente es 0.60, con este resultado se desmiente la práctica de usar alto  $C_p$  en el diseño del casco debido a las velocidades de remolque y confirmar la conclusión general de las (series standard de Taylor).

#### 2.4.3 COEFICIENTE DE LA SECCION MEDIA ( $C_m$ )

El coeficiente de la sección media es la razón entre el área sumergida de la sección media del buque y un rectángulo que tiene un ancho igual a la manga moldeada y altura igual al calado.

$$C_m = A_m / B.H.$$

#### 2.4.4 COEFICIENTE DEL PLANO DE AGUA (C<sub>w</sub>)

Es la razón que existe entre el área del plano de agua a una línea de agua, al área que circunscribe un rectángulo que tiene de longitud la eslora entre perpendiculares y de ancho la manga moldeada.

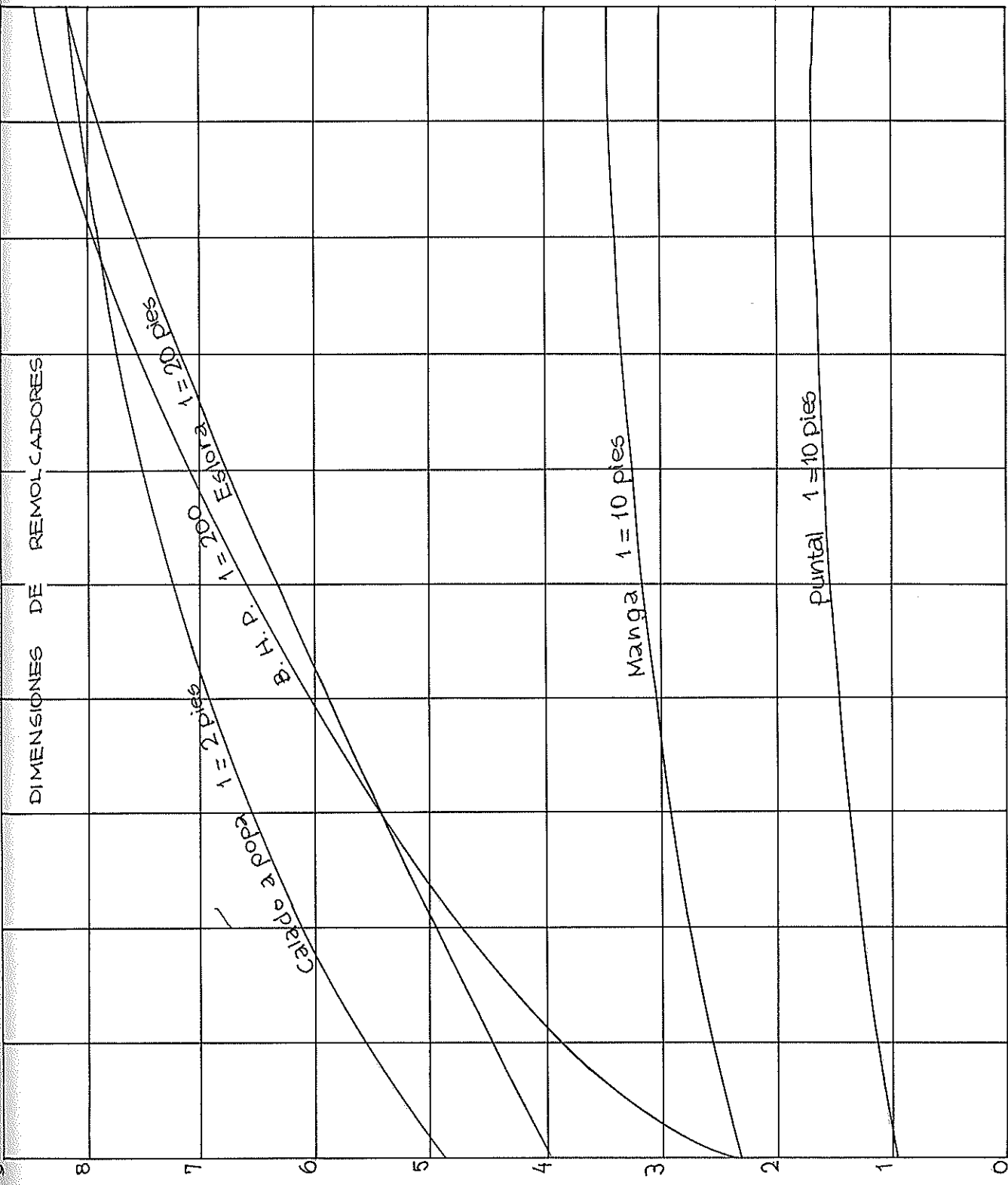
$$C_w = A_w / C.B.$$

Este coeficiente también puede ser estimado a base las relaciones que entre los coeficientes de forma existen y es, aproximadamente igual a:

$$C_w = C_b + 0.12$$

#### 2.5 CARACTERISTICAS DEL DISEÑO.

Las características de Diseño especificadas por la Dirección General del Material a quien consideramos como un supuesto armador para la elaboración de este proyecto y que



DIMENSIONES DE REMOLCADORES



servirán para "El Diseño de un Remolcador Portuario" a ser empleado en la Base Naval de Guayaquil, son:

Eslora =	25	mts..
Puntal =	2.8	mts.
Bollard Pull =	12	toneladas.
Autonomía =	300	millas.
Dotación =	6	personas
Casco =		acero naval

Para la determinación de las características adicionales que a su vez estén en concordancia técnica con los datos existentes nos valemos de diseños anteriores, los mismos que han sido probados y que sirven como punto de partida para los cálculos iniciales.

#### 2.5.1 DETERMINACION DE MANGA (B) Y PUNTAL (D).

Haciendo un análisis de las relaciones, L/B, L/D, y de las diversas combinaciones entre ellos para los remolcadores de puerto diseñados se puede determinar que para nuestro caso la manga sería:

<u>AUTOR</u>	<u>RELACION L/B</u>	<u>MANGA B</u>
Munro smith	3.74	6.68
Doros Argyriadis	3.36	7.44
A. Caldwell	3.60	6.94

$$B = 7\text{mts.}$$

Al obtener un promedio se determinará que la manga será:  $B = 7\text{mts.}$

De igual manera para encontrar el puntal óptimo y su relación con las otras dimensiones tomamos:

<u>AUTOR</u>	<u>RELACION L/D</u>	<u>PUNTAL D</u>
Munro Smith	7.4	3.4
Doros Argyriadis	7.3	3.3
A. Caldwell	7.2	3.5

$$D = 3.5 \text{ mts.}$$

Al promediar estos valores obtenemos el puntal:  $D = 3.5 \text{ mts.}$ , por tanto es necesario la modificación del puntal entregado en las características iniciales del diseño para lograr un trabajo eficiente del Remolcador.

Según Simpson el calado medio (H) debe ser de dimensiones cercanas al 10% de la eslora (L) lo que en nuestro caso representaría calado  $H = 2.5 \text{ mts.}$

En cuanto al francobordo (F) su mínimo valor debe ser igual a 10% de la manga moldeada de acuerdo a lo que señala Munro Smith. Considerando este dato, nuestro francobordo está dentro del límite requerido  $F = 1 \text{ mt.}$

Algunos arquitectos navales proporcionan figuras con las cuales ayudan al diseñador de estas embarcaciones en sus primeras etapas de trabajo para la optimización en las dimensiones adecuadas las mismas que presentamos como Fig. 4 y Fig. 5 las mismas que nos permiten dimensionar cualquier remolcador propuesto, tomando como base una de las variables.

#### 2.5.2 DETERMINACION DE LA ESTABILIDAD.

Entre los requerimientos básicos que deben poseer los remolcadores, la estabilidad juega un papel muy importante, por tanto el diseñador tiene completa responsabilidad en relación a este punto ya que es de singular importancia.

La estabilidad puede ser definida por criterios estáticos, dinámicos o por la longitud de altura metacéntrica (GM).

Este último criterio es frecuentemente tomado como el más conveniente y está relacionado íntimamente con el rango de estabilidad más apropiado.

Tiene importancia para la estabilidad, la altura del francobordo que fue definido anteriormente, el que permitirá una estabilidad mínima sobre los  $65^\circ$ , bajo cualquiera de las condiciones ligeras del buque.

### 2.5.2.1 ALTURA METACENTRICA (GM)

En la tabla 3, (Valores de alturas metacéntricas de Remolcador) estan dados algunos valores sugeridos de alturas metacéntricas para remolcadores, según las referencias indicadas.

En las fórmulas 3, 4, 5 de la tabla 3, se hace referencia a la bita de remolque, y se toma en cuenta la potencia del remolcador.

Para evitar escoras excesivas e incluso que la embarcación de vuelta como consecuencia de la tracción oblicua. El ingeniero naval Godino Gill (6) nos da como variaciones mínimas de alturas metacéntricas los valores de 0.6 a 0.7 mts., para remolcadores de puerto. El ingeniero naval Antonio Mandelli señala como valores usuales de altura metacéntricas para remolcadores en porcentajes con la manga como 10 al 12%.

### 2.5.2.2 POSICION DEL CENTRO DE BOYANTEZ LONGITUDINAL (LCB)

La óptima posición del centro de Boyantez longitudinal (L.C.B) tiene suma importancia desde el punto de vista de la resistencia; es ventajoso que esté ubicado a popa de la estación central a una distancia que se obtiene por medio de la siguiente fórmula empírica:

TABLA 3

VALORES DE ALTURAS METACENTRICAS DE REMOLCADORES

<u>No.</u>	<u>ALTURA METACENTRICA(GM)</u>	<u>REFERENCIAS</u>
1	1.00a2.00pies(Cond.Ligera)	TAYLOR:Trans.of Royal Int.ofNaval Arch.V. 84
2	2.50pies mínimo (Cond.Carga)	SIMPSON:Trans of the Amer.SNAME. 1951Vol. 59
3	$GM=(BHP \times h)/(150 \times f/B)$	ROACH:Trans. of the Amer.SNAME. 1954 Vol. 62
4	$GM=(SHP \times h)/(100 \times f/B)$	ARGYRIADIS:T. of the Amer.SNAME. 1957 Vol.65
5	$GM=[(SHP \times D)^{2/3} \times S.h]/(38 \times 2f/B)$	MURPHY: U.S. Coast Guard.
6	2.3 pies para L<82 pies 2.0 pies para L>82 pies	U.R.S.S. Regulaciones
7	GM/R = 0.088 a 0.096(pies)	
8	GM/B = 0.15 (metros)	Ecola Nationale du Génie Maritime.
9	GM = 0.5 a 0.6 (metros)	CHARPENTIER:Teoría del Buque y Apli. C.Godino

$2f/B$  = tangente mínima de escora al borde de la cubierta

$h$  = distancia vertical del centro de esfuerzo del timón al tope de la bita de remolque (pies).

$S$  = coeficiente de retroceso efectivo.

$B$  = manga moldeada (pies).

$f$  = francobordo mínimo (pies).

$D$  = diámetro de la hélice (pies).

= desplazamiento en agua salada (tons).

$L$  = eslora entre perpendiculares (pies).

$$L.C.B. = 0.01 L$$

En nuestro caso sería 0.25 a popa de la sección central.

### 2.5.2.3 POSICION VERTICAL DEL CENTRO DE GRAVEDAD (KG)

La posición vertical del centro de gravedad (KG) puede ser derivada de datos de remolcadores similares, pero como primera aproximación de valores, puede ser tomado de la relación con el puntal moldeado (D),  $KG/D = 0.80$ ; según el ingeniero Caldwell para remolcadores portuarios.

### 2.5.3 VELOCIDAD

En un remolcador se trabaja con dos clases de velocidades, con remolque y carrera libre o sin remolque, es decir, está en función directa al trabajo que desarrolla.

Un factor importante para la limitación de la velocidad es la eslora, por tal motivo Munro-Smith señala una expresión para estimar una velocidad económica de carrera libre para remolcadores con eslora cercana a los 90 pies y es la siguiente:

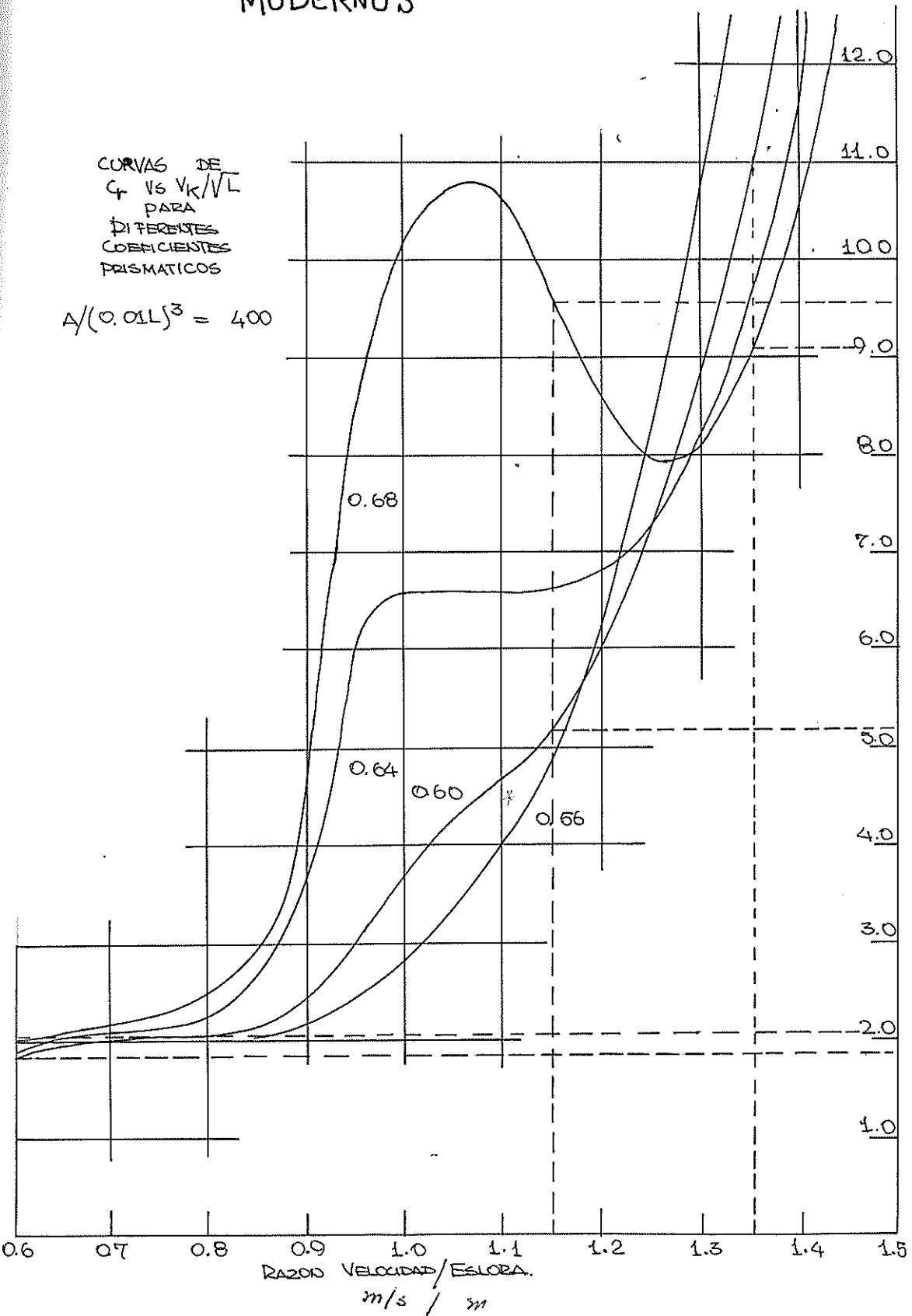
$$v_k = [(L_{BP} - 30)/30] + 8 \text{ pies (nudos).}$$

$$v_k = [(82 - 30)/30] + 8$$

# DISEÑO DE REMOLCADORES MODERNOS

CURVAS DE  $C_r$  VS  $V_R/\sqrt{L}$   
 PARA  
 DIFERENTES  
 COEFICIENTES  
 PRISMATICOS

$$A/(0.01L)^3 = 400$$



coef. de Resistencia R x 10<sup>3</sup>

$$V_k = 9.73 \text{ nudos}$$

$L_{PP}$  = Eslora entre perpendiculares en pies.

Lo que determina para nuestro caso una velocidad de carrera libre de 10 nudos.

Cadwell emplea otra fórmula en función del coeficiente prismático y la eslora del buque dada en metros.

$$V_k = [0.417(L_{PP})^{1/2}/C_p]^2$$

$L_{PP}$  = eslora entre perpendicular en metros

$C_p$  = coeficiente prismático

$V_k$  = velocidad de carrera libre en nudos.

$$V_k = [0.417(25)^{1/2}/0.662]^2$$

$$V_k = 9.979 \text{ nudos.}$$

Esta expresión nos confirma que la razón velocidad-eslora depende sólo del valor del coeficiente prismático.

#### 2.5.4 AUTONOMIA

Es un elemento esencial su estimación en el diseño ya que indica la independencia o facultad de auto-abastecimiento de la embarcación, para una ruta de navegación



TABLA 4

PROVISIONES PARA RENOLCADORES.- U.S. NAVY.

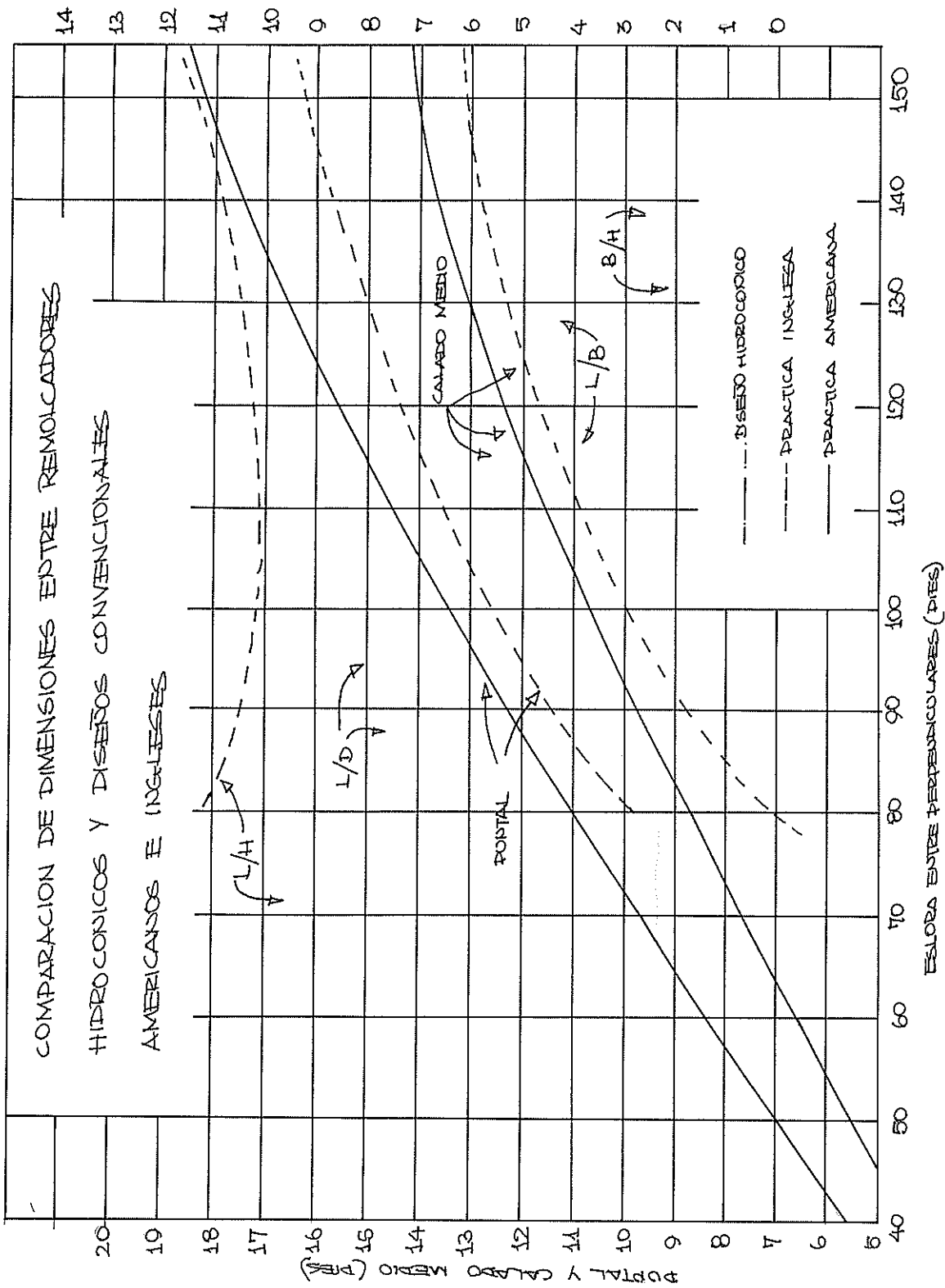
	Libras/hombre/día	Pies cúbicos/Ton.
<u>VIVERES SECOS</u>	3.25	77.0
<u>VIVERES REFRIGERADOS:</u>		
Congelados	1.16	107.0
Frescos	2.37	92.0
Lácteos	<u>0.26</u>	<u>120.0</u>
TOTAL	3.79	319.0
Equipos y vestidos	0.146	267.0
Cantina y respuestos	0.965	169.0
Equipos especiales	38.0*	<u>3.25<sup>b</sup></u>
Agua potable	<u>25.0<sup>c</sup></u>	

---

a Libras por hombre

b Pies cúbicos por hombre

c Galones por hombre por día.



determinada.

Para calcular la autonomía, poniendo como condición una velocidad particular, es necesario conocer la potencia requerida para empujar el buque a cierta velocidad, y poder así estimar la cantidad de combustible a consumirse.

Como la mayoría de los remolcadores hoy en día son equipados con máquinas a diesel; el diseñador para calcular la autonomía, y de hecho el consumo de combustible, puede servirse de la información y curvas que proporcionan los fabricantes acerca de los rendimientos de sus máquinas.

Después de establecer el combustible requerido para la máquina principal, debe también señalarse el combustible necesario para las máquinas auxiliares. Estas pueden ser aunque no necesariamente las siguientes:

- a) Generadores de servicios del remolcador
- b) Calderas auxiliares, cocina, lavadero de agua caliente
- c) Servomotor
- d) Tablero de controles
- e) Cualquier otro generador para operar independientemente un equipo electrónico
- f) Winches y molinetes
- g) Bomba contra incendios o cualquier otra clase de

bombas.

La suma del combustible requerido por la máquina principal y las auxiliares nos da la cantidad total de consumo de combustible para determinar la autonomía. A ese valor hay que añadirle un 10% del total por cualquier emergencia que se puede presentar. Este nuevo valor es el peso total del combustible necesario para un remolcador.

Además del combustible, se debe calcular la cantidad de agua potable, víveres, repuestos, consumo de alimentos, etc., que ocurren dentro de la autonomía señalada, ya que al mismo tiempo que se posee una suficiente capacidad de combustible, se puede carecer, para ese mismo radio de acción, de agua y alimentos frescos.

En relación con el peso, espacio y autonomía, la Marina de Guerra de los Estados Unidos de N.A., proporciona una tabla de las diversas provisiones que un remolcador debe poseer y que sirven de gran ayuda al arquitecto naval en los pasos preliminares de diseño. Tabla 4 (Provisiones para Remolcadores).

El consumo de aceites o lubricantes puede ser tomado como igual o cerca de 0.0025 o 0.0026lbs/hp.hr., valor indicado para máquinas diesel modernas. Por lo tanto, si conocemos la potencia de la máquina y el tiempo total

requerido para la autonomía, se calcula la cantidad de lubricantes necesarios para ese rango, aunque también se debe aumentar el 10% del total previamente calculado, por cualquier emergencia que ocurra. La capacidad de los tanques de combustibles o lubricantes, deben ser tomados sobre la base de que al ser llenados ocupan al 95% del volumen total.

En lo que se refiere a los remolcadores de Puerto, su autonomía varía entre los 300 a 2.000 millas, y no representan un problema mayor, ya que, después de haber operado se dirigen a un lugar cercano al mismo puerto o sitio donde laboran, y se aprovisionan del combustible necesario.

#### 2.5.5 MANIOBRABILIDAD Y GOBIERNO

La maniobrabilidad es otro de los básicos requerimientos que se debe tener en cuenta en el diseño de remolcadores, importancia que ya se enunció en el Capítulo I.

El timón es el elemento que más influencia ejerce en la maniobrabilidad de los remolcadores y su diseño, es quizás tan importante como la selección de la máquina de propulsión como del diseño de la hélice.

Por supuesto que la habilidad para girar rápidamente, no es sólo función del tamaño o diseño del timón, sino

TABLA 5

AREAS PARA EL DISEÑO DEL TIMON - REMOLCADORES

<u>AREA DEL TIMON</u>	<u>REFERENCIAS</u>
1. Ar. = 0.0275 Am. (mínimo)	A. Caldwell
2. Ar. = 6.3% Apl.	L. C. Norgaard
3. Ar. = 5.3% Apl.	D. S. Simposon
4. Ar. = 1/25 Aw.	A. R. Taylor
5. Ar. = 5.5% Apl. a 6.5%	R. Munro Smith

---

Ar. = área del timón (pies<sup>2</sup>)  
Apl. = área del plano lateral sumergido (pies<sup>2</sup>)  
Aw. = área del plano de agua (pies<sup>2</sup>)  
Am. = área de la sección media (pies<sup>2</sup>).

también de otros factores, tales como la forma del casco, arrastre de la quilla, etc., que lógicamente también deben ser considerados.

El remolcador como se conoce realiza sus operaciones en cualquiera de las condiciones adversas de tiempo o vientos que se presentan, por lo tanto variedades y diferentes tipos de timones se han diseñado con el propósito de incrementar la maniobrabilidad lo máximo posible.

La relación entre el área del plano lateral sumergido al área del timón, es la que más se utiliza, aunque el área obtenida es mayor que la necesaria. Varias fórmulas para determinar el área del timón de los remolcadores han sido proporcionadas por diferentes diseñadores y se presentan en la Tabla 5 (Área para el diseño del timón del Remolcador).

Todas ellas son utilizadas especialmente para remolcadores de Puerto; para remolcadores de Alta Mar o Salvataje, deben usarse para mayor seguridad valores un poco más pequeños de los obtenidos.

El ángulo que forma el timón desde su máxima posición de estribor a babor o viceversa, debe ser de un valor igual a  $35^\circ$ , y el tiempo de duración para cambiar de un lugar a otro, debe efectuarse en 12 segundos, si se desea que el timón rinda lo mejor posible.

Cuando el diámetro de evolución o giro es igual a dos veces, la longitud de la eslora, el remolcador se puede decir que posee una maniobrabilidad excelente (Fig. # 6).

Otro factor principal para obtener una buena maniobrabilidad, es el cuidado que se efectúa en la selección de los controles de la máquina principal, en su buen funcionamiento y cumplimiento de las órdenes impartidas desde el Puente de Gobierno, ya que tanto el diseño del timón como la confianza en unos buenos controles de la máquina principal, hacen del remolcador un buque maniobrable y seguro.

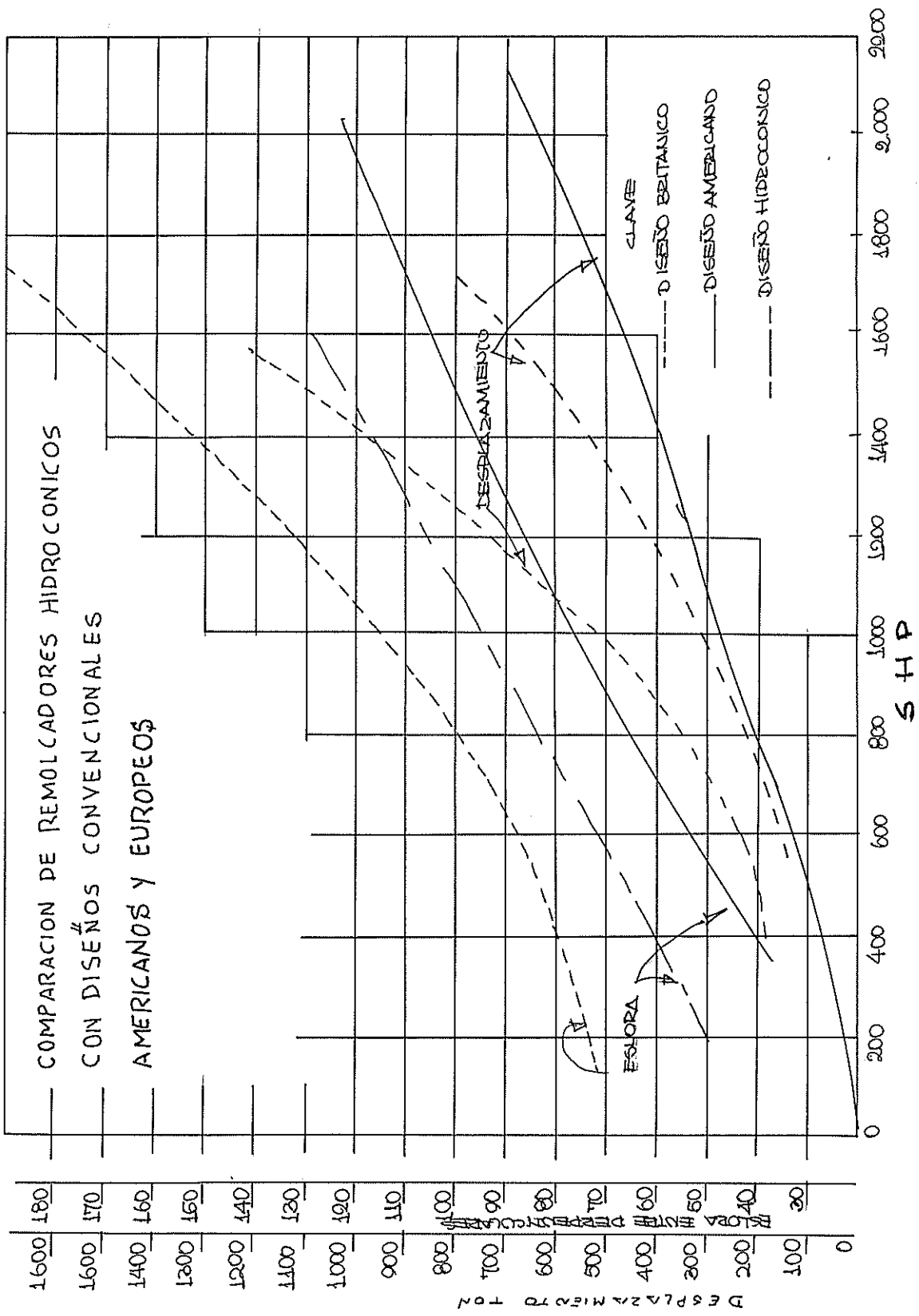
En la mayoría de los remolcadores modernos existen dos palancas para el control de las máquinas, que están interconectadas entre sí y ubicadas en el Puente de Mando, junto a la rueda de gobierno y hacia una y otra banda.

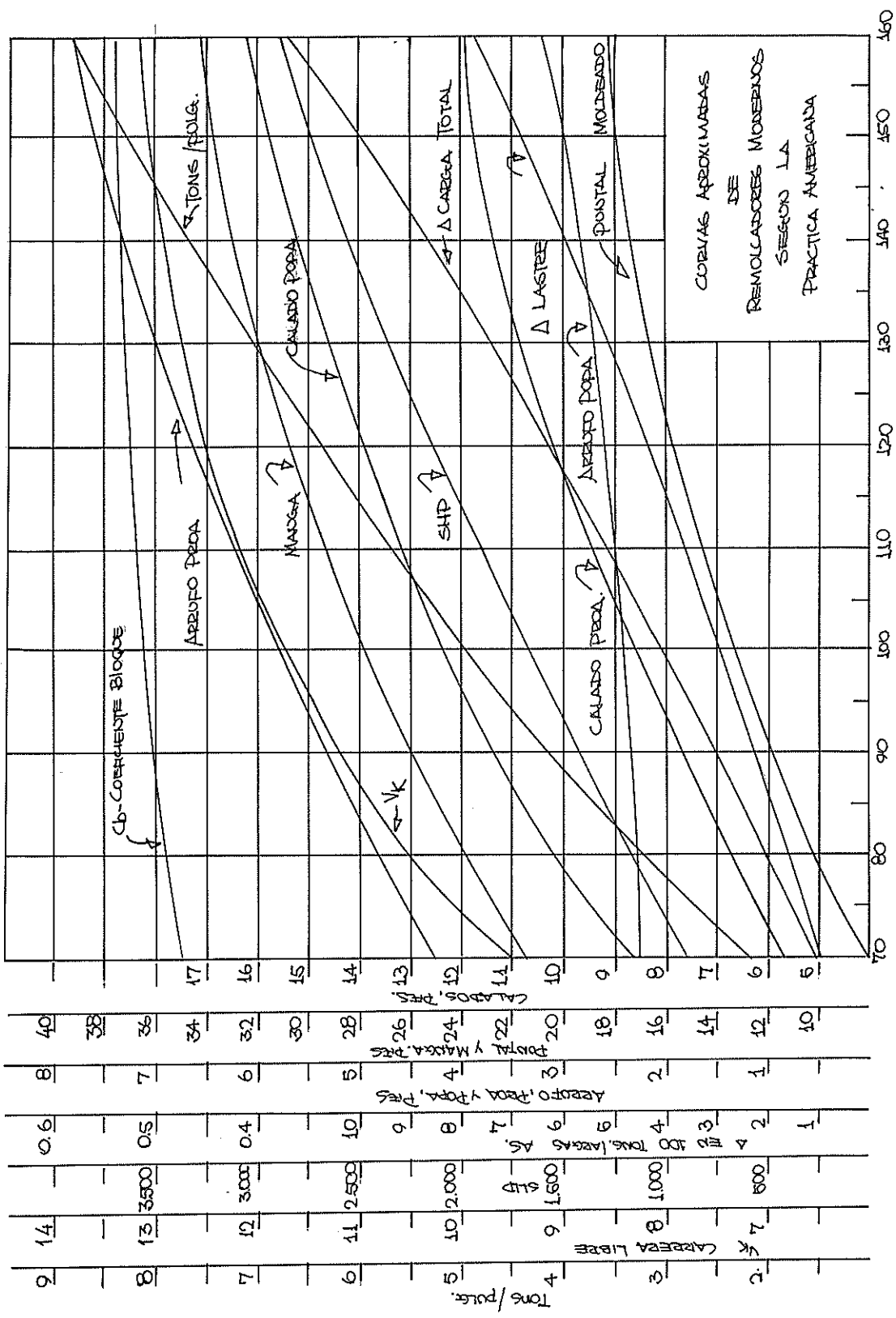
## 2.6 LINEAS DE FORMAS

Un buen diseño de las líneas de formas de un remolcador es aquel que obtiene una mayor eficiencia en las fuerzas de remolque o empuje, lo mismo que una buena maniobrabilidad, para lo cual es esencial asegurar el mayor flujo posible de agua, tanto a la hélice como al timón.

Existen principalmente hoy en día dos tipos de diseños de remolcadores: El Convencional o común de secciones







CURVAS APROXIMADAS  
DE  
REMOLCADORES MODERNOS  
SEGUN LA  
PRACTICA AMERICANA

ESLORA ENTRE PERPENDICULARES, PIES.

transversales de forma redonda y, el Hidrocónico o de chinas de formas casi rectas.

El conocimiento de este último tipo será ampliado posteriormente en este trabajo por ser el que adoptamos como la mejor opción para nuestro diseño.

Las líneas del cuerpo de proa deben ser finas, y eso se hace posible con ángulo medios de entrada en la roda de 15 a 30°, o con el ángulo más común que es el de 20°. Las líneas de agua de proa deben ser corregidas al máximo para evitar cualquier discontinuidad que se presente, y tienen algunas veces un ligero cambio en o cerca de la sección media, para permitir la continuidad de la curva.

El valor del coeficiente bloque de los remolcadores permite a estos poseer líneas de formas finas, tanto en proa como en popa, y a las curvas de pantoque ser un tanto llenas.

La astilla muerta debe ser igual al 7% del valor de la manga. La línea de cubierta debe ser continua y casi recta y con un ligero arrufo en popa para mejor facilidad y control de las maniobras. Las líneas de agua de carga en popa deben dar la máxima protección total y seguridad posible a la hélice, por lo tanto deben tener una forma llena. Las líneas del cuerpo de popa debajo de la línea de

agua de carga deben ser lo más finas posibles, y los perfiles posteriores tener una conveniente inclinación, condición que permite formar una concavidad en vista a dar a la hélice la máxima cantidad de agua y poder evitar de esta manera el fenómeno de la presencia de vibraciones.

## CAPITULO III

### CALCULOS HIDROSTATICOS Y DE ESTABILIDAD

#### 3.1 ESCALA

La escala utilizada para la confección de los planos, será 1:50. Las unidades serán dadas en metros.

#### 3.2 PLANO DE LINEAS DE FORMAS

Según lista de planos.

##### 3.2.1 LINEAS DE REFERENCIA

a. Lineas de Referencias.- Trazada la Línea Base LB, que es básicamente de una línea horizontal, el espaciamiento entre líneas de agua será 50 centímetros. De esta forma se ubicará la línea de agua de diseño LAD como la quinta a partir de la base.

$$S_{LA} = \text{Calado}/5 = 2.5/5 = 0.50 \text{ m}$$

El plano contará con siete líneas de agua sin contar la LB y la cubierta; total: nueve.

b. Perfiles.- Serán siete perfiles; el espaciamento será la semi-manga dividido para cinco.

$$S_p = \text{Semi-manga}/5 = (7/2)/5 = 0.5 \text{ m}$$

La línea de referencia será la Línea de CrujialC, que es básicamente una perpendicular a la LB.

c. Estaciones.- De acuerdo a las normas de construcción para embarcaciones menores de 61 metros, el número de estaciones será 10, y el espaciamento será la eslora entre perpendiculares  $L_{PP}$  dividido para el número de estaciones.

$$S = L_{PP}/10 = 25/10 = 2.5 \text{ mts.}$$

Las estaciones irán numeradas de cero al diez espaciadas 2.5 m., entre sí. La línea de referencia es la LB.

### 3.2.2 LINEAS DE FORMAS

Debido a que la nueva técnica de diseño para remolcadores es de formas hidrocónicas colocamos dos chinas para asegurar su completa estabilidad.

Además el diseño con chinas nos permite un mejor rendimiento y bajo costo inicial, mayor eficiencia de la hélice debido a la gran masa de agua que se suministra a la misma.

Una de las obvias ventajas que se consigue con el tipo hidrocónico es el ahorro de hombres-hora de trabajo, requerido para construir el casco por el uso que hace de planchas rectas en su mayoría, debido precisamente a esa asociación de líneas. Se ha observado en la construcción de remolcadores hidrocónicos arriba de los 50 pies de eslora que se obtiene una reducción de cerca de 30% de hombres-hora de trabajo, debido a la simplicidad de construcción, y en parte también a la forma de pre-fabricación que es posible realizar con este tipo de casco. Esta economía producida por la adaptación de los trabajos de hierro, soldadura, gasfitería, etc., puede ser usada indistintamente para producir embarcaciones más baratas o para poder suplir inmediatamente cualquier pedido que se solicite de esta clase de embarcaciones.

### 3.3 TABLA DE PUNTOS

Se la obtiene a partir de el Plano de Líneas de Formas, en el Corte Vertical Transversal, midiendo altos y anchos.

### 3.4 CALCULOS HIDROSTATICOS Y COEFICIENTES DE FORMAS

Con la información de la Tabla de Puntos y el "Programa de computación que para la obtención de los Cálculos Hidrostáticos, que existen. Se facilita la determinación de los distintos parámetros que tienen relación con el diseño del remolcador.

#### 3.4.1 GRAFICACION DE LAS CURVAS

Cada curva será graficada en dos ejes, como abscisa la escala correspondiente y como ordenada las Líneas de Agua de la embarcación.

a. Trazado del "Centro de Plano de Flotación CPF".- Da la ubicación del centro de gravedad con respecto a la proa, la eslora entre perpendiculares es usada como referencia.

b. Curva "Centro de Boyantez Longitudinal CBL".- Da la ubicación del centro de gravedad de la parte sumergida, con respecto a la perpendicular de proa.

c. Curva "Metacentro de Boyantez Transversal BMT".- Con una inclinación transversal, da la distancia del centro de gravedad al punto M (metacentro), situado en la vertical del centro de carena, define la estabilidad transversal.



d. Curva "Sección Media SM.".- Da el área de la sección media.

e. Curva "Plano de Flotación FE.".- Da el área de flotación para cada línea de agua de trazado.

f. Curva "Volumen Vol".- Da el volumen existente para cada trazado, incluyendo la cubierta.

g. Curva "Centro de Boyantes Vertical CBV".- Da la ubicación de el centro de boyantez en cruzía con respecto a la quilla.

h. Curva "Metacentro de Boyantez Longitudinal BML".- Con una inclinación longitudinal, es la distancia del centro de gravedad al punto M (situado sobre el punto M) en la vertical del centro de carena. Define la estabilidad longitudinal.

i. Curvas "Coeficientes de Formas".- Se escoge la escala adecuada para las curvas Coeficiente de bloque, Coeficiente prismático vertical, Coeficiente prismático longitudinal, Coeficiente de la sección media y el Coeficiente del plano de flotación que es adimensional??

j. Curvas de "Desplazamiento DAD Y DAS".- Da el desplazamiento en agua salada DAS, y en agua dulce DAD para

TABLA 6

PESOS PROMEDIOS PARA REMOLCADORES DE TAMAÑO MODERNO

Peso del casco en hierro	L.B.D. * 0.003	Tons.
	$82 \times 23 \times 11.5 \times 0.003 =$	65.06
Peso de la superestructura	l.b.d. * 0.001 Tons.	
	$32.8 \times 16.4 \times 13.3 \times 0.001 =$	7.1
Peso de equipos y herramientas	L. * 0.35 Tons.	
	$82 \times 0.35 =$	28.7
Peso de accesorios y madera	L.B.D. * 0.001 Tons.	
	$82 \times 23 \times 11.5 \times 0.001 =$	21.68
Peso de dos máquinas	2 * 12 Tons =	<u>24</u>
	TOTAL	146.5 T

---

Se añade el peso estimado de la máquina en función de la Potencia:

500 HP = 12 Tons.

SÍMBOLOS:

D.23 = manga máxima, pies

L.B2 = eslora entre perpendiculares, pies

D.11.5 = puntal moldeado, pies

l.32.8 = longitud de la superestructura, pies

b.16.4 = ancho promedio de la superestructura, pies

d.13.2 = altura promedio de la superestructura, pies.

TABLA 7

PORCENTAJES DE PESOS DEL CASCO PARA REMOLCADORES

<u>ITEMS</u>	Hierro	Madera	Fundición y Forja	Equipos y Accesorios
<u>CLASES</u>				
Río	80	7	8	5
Puerto	75	8	10	7
Costanero	70	10	10	10
Alta Mar	70	10	10	10

las distintas líneas de agua de trazado incluyendo la cubierta.

### 3.5 CALCULOS DE ESTABILIDAD DINAMICA

Con la información de la Tabla de Puntos, y el "Programa de computación que para la obtención de los Cálculos de Estabilidad", que existen. Determinamos las condiciones, óptimas en las que va actuar nuestro remolcador bajo la influencia de las situaciones reinantes.

#### 3.5.1 GRAFICACION DE LAS CURVAS

Estas curvas están graficadas para cada KG asumido. Los ejes de referencia son: como abscisa los diferentes grados de inclinación (escora), y como ordenada los brazos de adrizamiento (GZ) que permiten recuperarse al remolcador cuando existan condiciones de escora.

Con esto encontraremos el máximo ángulo de inclinación, el valor máximo del metacentro transversal, el máximo brazo de adrizamiento y el ángulo a que este ocurre.

Finalmente graficaremos las curvas cruzadas de estabilidad.

	ALTOGRA	EST 0	EST 1	EST 2	EST 3	EST 4
L.A. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
L.A. 1	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
L.A. 2	1.000	0.000	0.120	0.240	1.040	1.430
L.A. 3	1.500	0.000	0.480	1.140	1.940	2.480
L.A. 4	2.000	0.000	0.720	1.620	2.360	2.830
L.A. 5	2.500	0.000	1.050	2.040	2.700	3.060
L.A. 6	3.000	0.000	1.440	2.420	2.960	3.260
L.A. 7	3.500	0.000	1.720	2.800	3.240	3.440
CUBIERTA	0.500	2.320	3.080	3.340	3.340	3.460

	ALTOGRA	EST 5	EST 6	EST 7	EST 8	EST 9
L.A. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
L.A. 1	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
L.A. 2	1.000	1.860	1.520	1.020	0.000	0.000
L.A. 3	1.500	2.740	2.770	2.520	1.540	0.000
L.A. 4	2.000	3.000	3.120	3.080	1.800	1.180
L.A. 5	2.500	3.280	3.230	3.180	3.080	2.730
L.A. 6	3.000	3.340	3.340	3.300	3.250	2.980
L.A. 7	3.500	3.480	3.470	3.400	3.300	3.100
CUBIERTA	0.500	3.500	3.470	3.400	3.300	3.100

	ALTOGRA	EST 10
L.A. 0	0.000	0.000
L.A. 1	0.500	0.000
L.A. 2	1.000	0.000
L.A. 3	1.500	0.000
L.A. 4	2.000	0.000



	ALTOURA	EST 0	EST 1	EST 2	EST 3	EST 4
L.A. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
L.A. 1	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
L.A. 2	1.000	0.000	0.216	0.628	1.107	1.550
L.A. 3	1.500	0.000	0.421	1.409	2.137	2.673
L.A. 4	2.000	0.000	1.415	2.103	2.790	3.318
L.A. 5	2.500	0.000	2.040	2.756	3.401	3.850
L.A. 6	3.000	0.000	2.650	3.384	3.964	4.383
L.A. 7	3.500	0.000	3.223	4.012	4.537	4.920
CUBIERTA	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000

	ALTOURA	EST 5	EST 6	EST 7	EST 8	EST 9
L.A. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
L.A. 1	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
L.A. 2	1.000	1.734	1.991	1.058	0.000	0.000
L.A. 3	1.500	2.943	2.343	2.639	1.582	0.000
L.A. 4	2.000	3.553	3.578	3.421	3.598	1.181
L.A. 5	2.500	4.073	4.090	3.930	5.041	2.382
L.A. 6	3.000	4.592	4.602	4.445	5.583	3.429
L.A. 7	3.500	5.111	5.118	4.955	6.084	3.943
CUBIERTA	4.000	5.131	5.258	4.959	6.184	4.143

	ALTOURA	EST 10
L.A. 0	0.000	0.000
L.A. 1	0.500	0.000
L.A. 2	1.000	0.000
L.A. 3	1.500	0.000
L.A. 4	2.000	0.000



	ALTO	EST 0	EST 1	EST 2	EST 3	EST 4
L.A. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
L.A. 1	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
L.A. 2	1.000	0.000	0.022	0.173	0.395	0.681
L.A. 3	1.500	0.000	0.312	1.013	1.885	2.691
L.A. 4	2.000	0.000	0.932	2.405	4.032	5.395
L.A. 5	2.500	0.000	1.815	4.240	6.575	8.365
L.A. 6	3.000	0.000	3.086	6.470	9.405	11.525
L.A. 7	3.500	0.000	4.666	9.080	12.505	14.875
CUBIERTA	0.000	0.000	7.171	11.196	13.689	15.220

	ALTO	EST 5	EST 6	EST 7	EST 8	EST 9
L.A. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
L.A. 1	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
L.A. 2	1.000	0.830	0.714	0.286	0.000	0.000
L.A. 3	1.500	3.121	2.899	2.056	0.954	0.000
L.A. 4	2.000	6.062	5.890	4.934	2.670	0.255
L.A. 5	2.500	9.192	9.005	8.064	5.574	2.310
L.A. 6	3.000	12.462	12.350	11.304	8.559	5.208
L.A. 7	3.500	15.872	15.755	14.654	11.854	8.248
CUBIERTA	0.000	15.872	14.500	14.654	12.514	9.488

	ALTO	EST 10
L.A. 0	0.000	0.000
L.A. 1	0.500	0.000
L.A. 2	1.000	0.000
L.A. 3	1.500	0.000
L.A. 4	2.000	0.000

LA 0 ( 0.000)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LA 1 ( 0.500)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LA 2 ( 1.000)	11.564	11.837	2.903	38.858	0.373	-0.014		
LA 3 ( 1.500)	12.562	12.654	3.901	84.530	0.762	0.002		
LA 4 ( 2.000)	12.266	12.533	2.791	123.827	1.027	-0.010		
LA 5 ( 2.500)	13.448	12.921	2.442	161.900	1.242	0.047		
LA 6 ( 3.000)	14.527	13.226	2.105	197.483	1.469	0.119		
LA 7 ( 3.500)	14.241	13.354	1.785	223.302	1.552	0.108		
CUBIERTA	13.897	13.055	1.763	236.574	1.605	0.090		

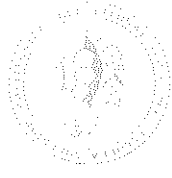
L.A. ALTURA M      P.F. M\*\*2      VCL M\*\*3      C.B.V. M      B.M.L. M      <sup>1)</sup> <sup>2)</sup>

LA 0 ( 0.000)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LA 1 ( 0.500)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LA 2 ( 1.000)	37.222	7.824	0.991	72.175		
LA 3 ( 1.500)	76.089	36.581	1.201	41.856		
LA 4 ( 2.000)	102.620	82.125	1.500	37.459		
LA 5 ( 2.500)	124.081	138.724	1.813	32.580		
LA 6 ( 3.000)	146.755	207.262	2.113	31.880		
LA 7 ( 3.500)	155.013	282.562	2.424	25.210		
CUBIERTA	160.372	305.007	2.246	25.234		

<sup>3)</sup> <sup>4)</sup> <sup>5)</sup> <sup>6)</sup> <sup>7)</sup>



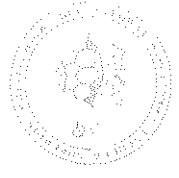




LA 0 ( 0.000)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
LA 1 ( 0.500)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
LA 2 ( 1.000)	0.26537	0.42037	0.53075	0.50000	0.63128				
LA 3 ( 1.500)	0.31517	0.48076	0.55335	0.56956	0.62556				
LA 4 ( 2.000)	0.38755	0.53352	0.58753	0.60030	0.72715				
LA 5 ( 2.500)	0.43351	0.55901	0.60370	0.71809	0.77550				
LA 6 ( 3.000)	0.46622	0.56450	0.62480	0.74620	0.82532				
LA 7 ( 3.500)	0.50036	0.60761	0.66878	0.76013	0.83667				
CUQUIERIA	0.44767	0.54339	0.72191	0.64782	0.86064				
L.A.S. ALTURA M.	D.A.S. TUN.	D.A.D. TUN.	M.T.T. TUN-M/CM	D.T.A.S. TUN.	D.T.A.D. TUN.				
LA 0 ( 0.000)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
LA 1 ( 0.500)	0.00	0.00	0.00	0.38	0.37				
LA 2 ( 1.000)	7.39	7.67	0.32	8.60	8.37				
LA 3 ( 1.500)	36.91	55.89	0.73	37.76	36.71				
LA 4 ( 2.000)	82.86	80.56	1.35	83.78	81.46				
LA 5 ( 2.500)	155.97	136.09	1.82	140.91	137.00				
LA 6 ( 3.000)	269.13	203.32	2.50	210.07	204.24				
LA 7 ( 3.500)	285.16	277.19	2.70	286.05	278.11				
CUQUIERIA	307.75	299.21	2.92	308.69	300.13				

0 0

0.00	0.03	0.24	1.14	1.62	2.04	2.47	1.80	3.28
0.00	0.03	1.04	1.54	2.36	2.70	2.42	2.24	3.34
0.00	0.03	1.48	2.48	2.88	3.00	3.20	3.44	3.46
0.00	0.03	1.88	2.74	3.00	3.20	3.34	3.48	3.50
0.00	0.03	1.52	2.77	3.12	3.20	3.34	3.47	3.47
0.00	0.03	1.02	2.32	3.08	3.10	3.30	3.40	3.40
0.00	0.00	0.00	1.54	1.80	3.08	3.29	3.30	3.30
0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	2.78	2.98	2.10	3.10
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.48	2.48	2.48
3	5	1						
3	5	7						
12.00	50.00	45.00	60.00	75.00				
0.60								



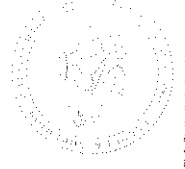
CALCUL  
(M.)

1 NO ASUMIUDU  
(M.)

1.000	1	1.000	DES (TUN)	1	5.03	18.04	57.45	54.03
	1			1	0.50	1.00	1.36	1.19

2.000	1	1.800	DES (TUN)	1	51.46	117.48	130.37	136.45
	1			1	0.63	1.15	1.19	1.07

3.000	1	1.800	DES (TUN)	1	214.11	202.94	189.48	177.27
	1			1	0.59	0.87	0.59	0.98



CALADE (M.)	1	KG ASUMIDO	1						
	1		1						
1.000	1	DES (TON)	1	5.03	18.04	37.45	54.03	66.25	
	1	UZ (M.)	1	0.81	1.60	2.21	2.23	2.06	
-----									
	1		1						
2.000	1	DES (TON)	1	91.40	117.48	120.37	136.45	139.89	
	1	UZ (M.)	1	0.94	1.75	2.04	2.11	2.02	
-----									
	1		1						
3.000	1	DES (TON)	1	214.11	202.94	189.46	177.27	165.28	
	1	UZ (M.)	1	0.90	1.47	1.84	2.02	2.03	



ESTACION 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ESTACION 1	0.000	0.000	0.011	0.157	0.467	0.935	1.586	2.359				
ESTACION 2	0.000	-0.003	0.136	0.552	1.247	2.165	3.281	4.580				
ESTACION 3	0.000	-0.002	0.270	1.020	2.115	3.383	4.802	6.351				
ESTACION 4	0.000	-0.001	0.550	1.404	2.769	4.264	5.843	7.516				
ESTACION 5	0.000	0.000	0.445	1.568	3.050	4.622	6.257	7.962				
ESTACION 6	0.000	0.000	0.397	1.480	2.990	4.587	6.230	7.931				
ESTACION 7	0.000	-0.005	0.233	1.102	2.541	4.125	5.744	7.420				
ESTACION 8	0.000	0.000	0.000	0.277	1.070	2.247	3.884	5.540				
ESTACION 9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.128	1.172	2.671	4.194				
ESTACION 10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.620	1.860				



## CAPITULO IV

### INSTALACION ELECTRICA

#### 4.1 GENERALIDADES

La evolución y desarrollo de la energía eléctrica a bordo ha sido tan sorprendente, que en la actualidad es difícil encontrar un servicio del buque en el que la electricidad no esté presente. Hasta llegar a convertirse en la maquinaria principal en los buques propulsados electricamente.

El valor de la planta eléctrica o auxiliar, llamada así para diferenciarla de la principal o propulsora, llega en los buques modernos a alcanzar un valor relativo ya que la potencia consumida oscila dependiendo del tipo del buque y propulsión del buque entre el 12 y 25% de la potencia propulsora principal. Es por tanto tan extensa y variada la utilización de la electricidad a bordo que en la práctica se aconseja dividir su estudio, en los siguientes grupos:

- Instalaciones de alumbrado
- Instalaciones de Fuerza y aire acondicionado
- Instalaciones especiales y de servicios.

Tanto en los primeros como terceros grupos el uso de

la energía es irremplazable, debido a los adelantos continuos en la técnica de la iluminación eléctrica; como el gran auxilio que la electricidad y electrónica han podido proporcionar para los servicios de radar, comunicaciones, posicionamiento, etc.. En el segundo de los grupos anteriores al tratar de las instalaciones de fuerza, donde conviene analizar las razones por las que el empleo de la energía eléctrica se ha impuesto, los cuales reuniremos en las siguientes:

- Carencia de condensaciones,
- Rapidez de entrada en servicio,
- Gastos de mantenimiento bajos,
- Mayor limpieza, y
- Automatismo y facilidad de control.

A todo esto hay que agrupar la "Seguridad" y "Autonomía" debido a que el remolcador durante su trabajo no puede contar con más energía eléctrica que la por él producida, lo que obliga a la autonomía mencionada, y los riesgos, condiciones especiales a lo que está sometida la instalación, obligan a extremar medidas de seguridad.

De acuerdo a esto, la instalación eléctrica está formada por:

- Una planta generadora donde se transforme la energía

eléctrica en mecánica.

- Un cuadro principal de distribución que permita el accionamiento y acoplamiento de generadores.
- Una red de distribución que permita el enlace del cuadro principal con las estaciones y subestaciones de distribución.
- Los sistemas que vayan a utilizar la energía producida.

Con esto mantendremos una planta autónoma, y para dotarla de seguridad colocaremos:

- Planta de emergencia o socorro constituida por diesel generadores o baterías de acumulación.
- Para proteger servicios esenciales, la interposición de disyuntores y conmutadores.
- Para asegurar la continuidad en el suministro de energía.
- Las disposición de repuestos necesarios.
- Características especiales de los elementos que permita trabajar en condiciones de mal tiempo.

#### 4.2 NORMAS Y REGLAS DE APLICACION

Existe una gran cantidad de reglas y normas que rigen el proyecto y la realización de toda instalación eléctrico-naval.



La normalización tiene como principal objeto facilitar la fabricación y control de los distintos elementos y permitir la intercambiabilidad de los mismos, así como de los sistemas en que se integran. Su cumplimiento no es obligado, pero sí altamente aconsejable, sobre todo por razones de tipo económico:

- Normas de fabricación, calidad y dimensiones de los diferentes elementos, motores, cables.
- Normas de instalación definiendo los esquemas de distribución, tendido de las canalizaciones, tensiones.

#### 4.3 PROYECTO DE INSTALACION ELECTRICA EN EL REMOLCADOR

Fijada las necesidades de consumo de energía eléctrica en un nuevo remolcador de acuerdo con las especificaciones del armador y previa determinación de la sociedad en que el buque vaya a clasificarse, las fases sucesivas que permitan el desarrollo completo del proyecto de la nueva instalación son las siguientes:

- Preparación de la lista completa en la que agrupados en instalaciones de fuerza, alumbrado y servicios, figuren todos los receptores que hayan de instalarse a bordo y que necesiten para su accionamiento de la energía eléctrica. En esta lista se expresarán

cuantas características se conozcan, y se hará una estimación tan aproximada como sea posible. Se indicará la potencia consumida por el receptor y a que régimen ha de trabajar; el par de arranque necesario; regulación de velocidad exigida; protección mecánica; si su alimentación ha de ser de la red normal de a bordo, de la de socorro, por baterías, etc.; si el servicio ha de ser considerado como vital, y, en general, cuantos datos puedan completar la información.

- Selección del tipo de corriente y tensión de distribución más adecuados al tipo de remolcador, según el número y clase de aparatos que hayan de ser accionados de acuerdo con la relación del aparato anterior.
- Realización del balance eléctrico que permita el conocimiento de la máxima potencia que se prevé pueda ser solicitada, en los diferentes estados de carga, de la planta generadora. Como consecuencia, determinación del número y potencia de los generadores que van a constituir tanto la planta auxiliar como la de socorro.
- Situación sobre los planos de disposición de las distintas cubiertas del barco, de los elementos consumidores de energía eléctrica. Hecho esto, se complementará el esquema general previamente estudiado, situando definitivamente las estaciones y subestaciones y determinando el lugar de alimentación de

cada aparato.

- Realización, como consecuencia del apartado anterior de los planos de cableado por plantas. A fin de que tales planos no resulten confusos, se dibujarán por separado las instalaciones de fuerza y alumbrado normal y de socorro, representándose asimismo los servicios por separados o agrupados, en tanto los esquemas resulten legibles. Es normal que todos estos planos se realicen sobre los de disposición general de cubiertas del barco, empleándose la proyección isométrica.
- Redacción de tablas en las que se indicarán, por servicios y líneas, los cuadros, estaciones o subestaciones de que se alimenten, con las longitudes de los cables así como de sus secciones. En estas mismas tablas se comprobará que la caída de tensión está dentro de los valores admitidos.
- Relación de las listas de respaldos, con indicación de su situación, medios de fijación y cuantos datos sean necesarios.

#### 4.4 SELECCION DE LAS CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Una vez determinado el número y tipo de receptores o consumidoras de energía eléctrica que han de montarse en un remolcador, el costo y rendimiento dependerá del acierto en la selección de las características eléctricas de tensión,

frecuencia, tipo de corriente y distribución que hayamos adoptado en el proyecto inicial.

#### 4.4.1 TIPO DE CORRIENTE

Hasta hace relativamente poco años, la corriente continua había sido la exclusividad empleada a bordo, y ha sido sólo a partir del presente siglo cuando en Estados Unidos, y a semejanza de lo que había ocurrido anteriormente con las instalaciones eléctricas terrestres, se ha comenzado a desarrollar con gran interés el estudio de la adopción a bordo de la corriente alterna. Las primeras experiencias aisladas llegaron pronto a proporcionar tales resultados que, a partir de 1932, se dedicó por la marina de guerra de los Estados Unidos el empleo exclusivo de las corrientes alternas para sus nuevas construcciones.

Veamos seguidamente los aspectos más destacados de la cuestión, considerándolos bajo el doble punto de vista técnico y económico.

Ya que toda instalación eléctrica naval, por su carácter de autónoma, está compuesta por planta generadora, cuadros, red de distribución y receptores, un estudio completo del problema exigirá el análisis por separado de cada uno de tales conceptos.

#### 4.4.2 PLANTA GENERADORA

La energía eléctrica a bordo ha de ser generada por dinamos o por alternadores.

Los problemas que da lugar la conmutación de las dinamos hace que el valor máximo de la tensión generada no suele superar a los 250 V cuando los generadores alcanzan grandes potencias, al mismo tiempo que éstas obligan a limitar la velocidad de rotación.

Ambas razones, que evidentemente se traducen en aumento de secciones en el cobre y de peso en general frente a los alternadores que, por no tener tales limitaciones, permiten el empleo de mayores voltajes, se unen el hecho conocido de que un alternador con su excitatriz es más barato y origina menos gastos de mantenimiento que una dinamo de similares características. El sensible ahorro que aparentemente puede obtenerse, queda en parte contrarrestado por el incremento de valor a que dan lugar la presencia de reguladores de tensión y de velocidad del motor primario. Dicho ahorro, aun variando con el número y potencia de los generadores de cada planta, puede valorarse en cifras que oscilan entre el 10 y el 15% de coste inicial de la planta generadora, y de un 5 a un 7% en cuanto al peso de la misma.

A esta indudable ventaja que presenta el empleo de la corriente alterna sobre la continua, en cuanto a planta generadora, debe añadirse que, mientras los cambios de tensión en los remolcadores se requieran dos o más valores para ella tienen que ser producidas en corriente continua mediante la disposición de grupos convertidores moto-generadores, en distribuciones por corrientes alternas dichos cambios pueden ser fácilmente obtenidos mediante el empleo de transformadores estáticos de los que son conocidos por su robustez, sencillez, buen rendimiento y fácil mantenimiento.

Mediante el empleo de corrientes alternas a bordo, existe la posibilidad de alimentar la red del buque con la del puerto cuando a éste se arribe. Ello supone una gran ventaja y comodidad al permitir parar en puerto toda la planta generadora auxiliar.

Diremos, por último, que el manejo y acoplamiento de alternadores es más complicado que el de las dinamos, como tendremos ocasión de estudiar en el capítulo correspondiente.

Ello no representa, sin embargo, una sensible dificultad, ya que toda tripulación discretamente entrenada se acomoda con facilidad al empleo tanto de la corriente continua como de la alterna.

#### 4.4.3 CUADROS Y RED DE DISTRIBUCION

Pasemos a analizar las ventajas e inconvenientes que en los cuadros principales y secundarios, así como en la red propiamente dicha, presenta el empleo de uno u otro tipo de corriente.

El mayor coste de un cuadro principal, al ser construido para corriente alterna, va siendo menos sensible cuanto mayor es la importancia de la instalación. Insistimos que esta comparación es a base de cuadros que distribuyan tensiones iguales y que gocen de protecciones semejantes. Si para el empleo de corriente alterna podemos emplear tensiones de distribución mayores que en continua, es evidente que la diferencia de precio puede cambiar de signo, llegando a producirse ahorros en el empleo de corrientes alternas en cuanto al costo de los cuadros principales.

#### 4.4.4 APARATOS CONSUMIDORES

Empezaremos ahora el análisis en orden inverso a la importancia instalada, y así estudiaremos:

- Comunicaciones interiores y servicios auxiliares a la navegación.
- Instalación de alumbrado.

- Instalación de fuerza y aire acondicionado.

El primero de los tres grupos tiene dos características perfectamente definidas: En primer lugar, todos los aparatos que lo constituyen timbre, teléfonos, incluso radio y telegrafía, consumen escasa potencia; luego no han de ser ellos los que influyan en la selección del tipo de corriente.

Bajo el punto de vista de utilización de corriente continua o alterna, diremos que siempre que se trate de lámparas de incandescencia, que prácticamente constituyen una resistencia pura, el empleo de una u otra es indiferente. No ocurre así cuando se quiere instalar luz fluorescente, ya que el rendimiento de los tubos, al ser alimentados por corriente alterna, es tan ventajoso que hace que rara vez se alimenten con corriente continua. La técnica de la iluminación avanza cada día y los tubos electrónicos se presentan con mejores y más eficaces modelos realizados para ser alimentados exclusivamente en corriente alterna.

Pasemos por último, a ocuparnos de las instalaciones de fuerza y aire acondicionado. Siendo esta última de importancia generalmente pequeña a bordo, en comparación con la potencia instalada para fuerza, y por su carácter de resistencia pura, siendo, por tanto, indiferente el empleo en tales servicios de uno u otro tipo de corriente, dejamos



esta parte del estudio limitada al análisis de las ventajas e inconveniente que la corriente continua o alterna presenta para alimentar las instalaciones de fuerza; es decir, su mejor o peor adecuación para el accionamiento de los diferentes motores. Es este sin duda, el punto más importante en todo el estudio realizado en el presente capítulo y su consideración la que ha de pesar, en definitiva, para la elección de una u otra clase de corriente.

#### 4.5 CONCLUSIONES

De todo cuanto se ha expuesto en el presente capítulo, se desprenden las siguientes consecuencias:

- El empleo de corriente alterna presenta las ventajas que se deducen del menor costo, peso y volumen de sus generadores y motores, tanto más si estos son de rotor en jaula de ardilla. Proporciona, asimismo mayor seguridad y origina menores gastos de mantenimiento y repuestos necesarios. Además permite el empleo de tensiones más elevadas.
- En cambio los motores accionados por corriente alterna producen menores pares de arranque que los de continua, y, sobre todo, presentan imposibilidad o dificultades en cuanto a la regulación de su velocidad. Este inconveniente se va superando ya que, debido a sus grandes ventajas todos los constructores

- trabajan y se interesan en la solución del problema.
- Las ventajas que proporciona el empleo a bordo de la corriente alterna son tanto más acusadas cuanto mayor sea la importancia de la potencia eléctrica instalada.
  - Dentro de una determinada potencia instalada, el empleo de corriente alterna será tanto menos significativo cuanto menor sea la proporción de aquella absorbida de la maquinaria de cubierta. Ello no obstante, los modernos sistemas de alterna hacen que ésta se emplee también más cada día, aun en buques de carga.

#### BALANCE ELECTRICO PARA REMOLCADOR DE PUERTO

RECEPTORES		KWATTS.
Ventilador	1	1.1
Ventilador	2	1.1
Ventilador	3	1.1
Rectificador		1.2
Bomba de combustible	1	1.5
Bomba de combustible	2	1.5
Motor hidráulico del timón		7.5
Calentador de agua		4
Bomba contra incendio		5
Bomba de agua salada		0.5
Bomba de agua dulce		0.5

Receptor (convertidor 220-24)	3.2	
Compresor de aire 1	4	
Compresor de aire 2	4	
Elevador del ancla	<u>2</u>	
TOTAL	39.2	Kwhs.

Tomando en cuenta un 15% debido a pérdidas de potencia tanto por las caídas de tensión como por la distribución y nos da un incremento de 5.8 Kw., lo que sumado con el resultado del balance eléctrico nos determina una potencia total del generador de 45 Kw..

#### 4.6 NUMERO DE GENERADORES NECESARIOS

Una vez determinado por medio del balance eléctrico la potencia necesaria del Generador se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Una avería en el Generador dejaría al remolcador sin posibilidad de producir energía eléctrica.
- Una falta aunque sea momentánea de llegada de tensión al tablero de distribución dejaría sin alimentación a los servicios vitales del remolcador.

Las Sociedades de Clasificación recomiendan la provisión de dos grupos electrógenos mínimo para este tipo de buques; donde la electricidad constituye el único medio

de mantener los servicios auxiliares indispensables a su propulsión y seguridad.

En este caso tomaremos dos generadores con igualdad de características con lo que se reduce la cantidad de repuestos necesarios para su mantenimiento.

#### 4.7 INSTALACION

Para la ubicación a bordo tomaremos en cuenta la ventilación, alejamiento y protección de materiales combustibles.

La separación mínima a de ser 0.4 metros en horizontal y 1.2 metros en vertical.

En cuanto al sentido de los ejes debería ser en lo posible longitudinalmente.

Los elementos de maniobra se dispondrán de tal forma que puedan ser accionados desde un solo lado, que uno a su vez debe permitir en cuanto sea posible la visión de los diferentes aparatos indicadores situados en el cuadro de distribución.

#### 4.8 CUADRO PRINCIPAL

El tipo de corriente producida por los generadores será alterna trifásica de 440 Volts., 50 Hz.

Se utilizará una red de distribución trifásica a 440 Volts. entre fases para los servicios de fuerza, es decir para todos los motores eléctricos de a bordo, salvo para los de muy baja potencia.

Para los servicios de alumbrado, radio, instrumentos náuticos, accesorios de cocina y motores de muy baja potencia se utilizará corriente trifásica a 220 Volts. entre fases. Esta corriente se obtendrá mediante una planta de transformación constituida por un banco de transformadores monofásicos que se dispondrán en las proximidades del cuadro principal y se controlarán desde el mismo. Serán del tipo marino, protegidos contra goteo y refrigerados por aire. Tres de ellos serán de servicio y otro de repuesto.

Los motores y otros receptores de gran potencia se alimentarán directamente desde el cuadro principal, los motores trifásicos de menos potencia se alimentarán a través de cajas de distribución.

En los circuitos de alumbrado, la distribución será de tres hilos, hasta las cajas de distribución y de dos hilos

desde dichas cajas a los receptores.

El cuadro de distribución principal será del tipo de "frente muerto" de estructura autosoportada, con reforzado de perfiles en su parte posterior. El frente será esmaltado, y llevará una visera de protección contra goteo.

Se instalarán pasamanos aislados en el frente y en la parte posterior del cuadro principal. También se instalarán enjaretados de goma en la parte anterior y posterior.

El cuadro principal constará de los siguientes paneles:

- a. Un panel principal
- b. Un panel para servicios especiales
- c. Un panel para alumbrado.

Desde el panel principal se accionará las instalaciones para servicios básicos que sirven para movimiento de máquinas, bombas de agua, combustible, instalaciones de contra incendio, bombas de inundación, circuito de agua dulce, que representan.

El panel de servicios especiales quedará para dar poder a los equipos que sirven para la navegación, reflectores, que son instalaciones de carácter especial usados a

bordo.

El panel de alumbrado es el que da poder a toda la red eléctrica en lo referente a los servicios de habitabilidad, pañoles, entre puentes, etc..

## CAPITULO V

### 5.1 CALCULO ESTRUCTURAL Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

Para definir el escantillonado del remolcador se tomará como punto de partida las regulaciones del "AMERICAN BUREAU OF SHIPPING", para buques de acero de eslora inferior a 61 mts.

Si se satisfacen los requerimientos de estas Reglas en cuanto a elementos longitudinales y planchas, se tiene asegurada una resistencia longitudinal suficientes en buques de formas normales, apoyando a esto se representará el módulo resistente de la cuaderna maestra.

Se cuidará el mantenimiento de la continuidad estructural, los miembros resistentes no han de cambiar de dirección bruscamente, los puntales y mamparos van a estar alineados para proveer soporte y minimizar las cargas excentricas. Los apéndices principales fuera del casco y los mamparos resistentes en superestructuras han de estar alineados con los elementos estructurales principales del casco.

### 5.2 QUILLAS, RODAS Y CADASTES

#### 5.2.1 QUILLAS DE BARRAS



El espesor y altura de las quillas de barra no serán menores que los obtenidos de las siguientes ecuaciones:

$$t = 0.625L + 12.5 \text{ mm.}$$

$$t = 0.625 (25) + 12.5$$

$$t = 2.8 \text{ cmts.}$$

$$h = 1.46L + 100 \text{ mm.}$$

$$h = 1.46 (25) + 100$$

$$h = 136.5 \text{ mm.}$$

Donde:

t = espesor en milímetros

L = eslora del buque en metros

h = altura en milímetros.

### 5.2.2 RODAS DE BARRA

El espesor y anchura de las rodas de barra, en donde se utilicen, no serán menores que los obtenidos de las siguientes ecuaciones:

$$t = 0.625L + 6.35 \text{ mm.}$$

$$t = 0.626 (25) + 6.35 \text{ mm.}$$

$$t = 2.19 \text{ cmts.}$$

$$w = 1.25L + 90 \text{ mm.}$$

$$w = 1.25 (25) + 90 \text{ mm.}$$

$$w = 121 \text{ mm.}$$

Donde:

$t$  = espesor en milímetros

$L$  = eslora del buque en metros

$w$  = anchura en milímetros.

### 5.3 ESTRUCTURA DEL FONDO

#### 5.3.1 QUILLAS VERTICALES

Los buques con fondos sencillo, cuya manga entre pantoques redondeadas sea superior a 2.13 mts., deberán tener quilla vertical central o lateral, o ambos. Las quillas verticales se extenderán hacia proa y popa tan lejos como sea practicable, y deberán tener alturas iguales a las de las varengas de plancha.

Los miembros estructurales longitudinales, tales como vagras para maquinarias y mamparos de tanques laterales, pueden ser considerados como quillas verticales.

ESPEJOR.- El espesor de las quillas verticales dentro del 0.5L central no será inferior al obtenido de la ecuación siguiente:

$$t = 0.063L + 5 \text{ mm.}$$

$$t = 0.063 (25) + 5$$

$$t = 6.5 \text{ mm.}$$

Donde:

t = espesor en milímetros

L = eslora en metros.

El espesor de las quillas verticales a proa y a popa del 0.5L central, puede ser reducido el 85% del espesor de la quilla vertical en la zona central.

FLANCHA HORIZONTAL SUPERIOR.- Cuando la eslora del buque L excede de 21.35 mts., las quillas verticales deberán tener planchas horizontales en la parte superior. El área de estas planchas no será inferior al obtenido de la ecuación siguiente:

$$a = 1.8 (L-20.7) \text{ cm}^2$$

$$a = 1.8 (25 - 20.7) \text{ cm}^2$$

$$a = 7.74 \text{ cm}^2$$

Donde:

a = área de la sección en centímetros cuadrados

L = eslora del buque.

### 5.3.2 DOBLE FONDO

#### 5.3.2.1 VAGRAS CENTRAL

Se dispondrá una vagra central que se extenderá hacia

proa y popa tanto como sea posible.

a) Altura.- La altura de la vagra central no será inferior a la obtenida de la ecuación siguiente:

$$h_w = 32B + 190 (d)^{1/2} \text{ mm}$$

$$h_w = 32B + 190 (d)^{1/2} \text{ mm.}$$

$$h_w = 32 (7) + 190 * (2.5)^{1/2}$$

$$h_w = 624 \text{ mm.}$$

Donde:

$h_w$  = altura en milímetros

B = manga del buque en metros

d = calado de escantillonado en metros

b) Espesor.- El espesor de la vagra central dentro del 0.5L central no será inferior al obtenido de la ecuación siguiente:

$$t = 0.066L + 5 \text{ mm.}$$

$$t = 1.65 + 5$$

$$t = 6.65 \text{ mm.}$$

Donde:

t = espesor en milímetros

L = eslora del buque en metros.

El espesor de la vagra central en  $0.25L$  a proa y popa desde la maestra, podrá reducirse al 85% del espesor de la vagra en la maestra.

#### 5.3.2.2 PLANCHAS DEL DOBLE FONDO

El espesor de las planchas del doble fondo en toda la eslora del buque se obtendrá de la siguiente ecuación:

$$t = 0.037L + 0.009s \text{ mm.}$$

Donde:

$t$  = espesor en milímetros

$L$  = eslora del buque en metros

$s$  = claro entre cuadernas en milímetros.

Donde no haya cubierta bajo los huecos de escotillas de carga, el espesor de las planchas del doble fondo se aumentará 2 mm..

Donde la estructura del doble fondo forme parte de una toma de mar, el espesor de la plancha no será inferior al requerido para las planchas del forro exterior.

#### 5.3.2.3 CUADERNAS DEL FONDO

MODULO RESISTENTE

El módulo resistente SM de cada cuaderna del fondo, hasta el codillo o el extremo superior del pantoque redondeado, asociada a la plancha a que va unida, no será inferior al obtenido de la ecuación siguiente:

$$SM = 7.9 chSl^2 \text{ cm}^3$$

Donde:

- c = 0.85 para cuadernas transversales fuera de tanques
- = 1.10 para longitudinales fuera de tanques
- = 1.00 para transversales dentro de tanques
- = 1.30 para longitudinales dentro de tanques

s = claro o separación de refuerzos en metros

l = luz no soportada tomada en línea recta en metros.

h = distancia vertical en metros desde el centro de M1, hasta la cubierta en un costado; dentro de un tanque profundo, h es la mayor de las distancias en metros desde el centro de l hasta:

a. cubierta en el costado

b. un punto situado a dos tercios de la distancia desde el techo del tanque al extremo superior del tubo del rebose

c. un punto situado por encima del techo del tanque, una distancia no inferior a la máxima de:

1)  $0.01L + 0.15$  metros, donde L es la eslora del buque

2) 0.46 metros.

## LONGITUDINALES DE DOBLE FONDO

El módulo resistente SM de cada longitudinal de doble fondo, cuando éstos existan, podrá ser el 85% del módulo resistente SM requerido para los longitudinales del fondo.

## 5.4 MAMPAROS ESTANCOS

Todos los buques de eslora igual o superior a 12 metros han de estar provistos de mamparos estancos como se indica en esta sección.

Los planos sometidos han de mostrar claramente la situación de cada mamparo estanco.

Los mamparos de colisión se colocarán a una distancia no menor de 1.25 mts., a popa de la intersección de la roda con la flotación. Los mamparos serán intactos excepto para el paso de tuberías y se extenderán hasta la cubierta de francobordo, preferentemente en un plano. En buques que tengan superestructuras de gran longitud en el extremo de proa, los mamparos se mantendrán estancos a la intemperie hasta la cubierta de superestructura. Si el mamparo no se extiende a una distancia mayor del 1.25 mts., a popa de la intersección de la roda con la flotación no es necesario

situarlo directamente sobre el mamparo de colisión; en tales casos, la parte de la cubierta de francobordo que forma el escalón habrá de hacerse estanco a la intemperie.

La cámara de máquinas estará limitada por mamparos estancos que se extiendan hasta la cubierta de francobordo.

Las cajas de cadenas situadas a popa de los mamparos de colisión o que se prolonguen dentro de los tanques profundos del pique de proa tendrán que ser estancas al agua.

#### 5.4.1 PUERTAS ESTANCAS

Podrán instalarse puertas estancas en todos los mamparos estancos, excepto en los mamparos de colisión. Las puertas tendrán amplia resistencia para soportar la presión hidrostática a que puedan verse sometidas. Cuando los refuerzos se interrumpen en una puerta estanca, se reforzará la abertura para mantener intacta la resistencia del mamparo.

#### 5.4.2 PRUEBAS

Los mamparos de colisión se probarán con una altura de agua igual al calado  $d$ , según se definió. Los mamparos de la cámara de máquinas se probarán con manguera con una



presión de agua en la boquilla no inferior a 2.11 Kg/cm<sup>2</sup>. Las cajas de cadenas situadas a popa del mamparo de colisión se probarán llenándolas de agua. Los mamparos que formen los contornos de tanques profundos o tanques de piques se probarán de acuerdo con los requerimientos del ABS. La prueba puede realizarse después de la aplicación de pinturas especiales, siempre que se haya inspeccionado previamente toda la soldadura y haya sido encontrada aceptable por el inspector. Las pruebas podrán realizarse después de la botadura del buque.

#### 5.5 FORRO EXTERIOR DEL CASCO

El espesor del forro exterior no será menor que el requerido por las respectivas fórmulas de esta Sección para espesores mínimos de las planchas del fondo y costado, ni menor que el requerido para planchas de tanques profundos con h medido hasta la cubierta del francobordo en el costado. Cuando la separación de cuadernas sea mayor que la obtenida por la siguiente fórmula, podrá pedirse que se sometan cálculos de resistencia a pandeo de las planchas.

$$s = 508 + 0.83L \text{ mm.}$$

$$s = 508 + 0.83 (25)$$

$$s = 528 \text{ mm.}$$

En donde:

s = separación de cuadernas en milímetros

L = eslora del buque, en metros

### 5.5.1 PLANCHAS DEL FORRO DEL FONDO

#### 5.5.1.1 EXTENSION DE LAS PLANCHAS DEL FONDO

El término "planchas del fondo" se refiere a las planchas desde la quilla hasta el extremo superior del pantoque, o hasta el codillo superior.

Para buques con estructura longitudinal en el fondo

$$t = s/671 [(L-18.3) (d/D)]^{1/2} + 2.5 \text{ mm.}$$

$$t = 528/671 [(25-18.3) (2.5/3.5)]^{1/2} + 2.5 = 1.72 = 2.5$$

$$t = 4.22 \text{ mm.}$$

En donde:

t = espesor de las planchas del forro del fondo, en milímetros

s = separación de cuadernas en milímetros

L = eslora del buque, en metros, ó 20.1 metros, lo que sea mayor

d = calado de escantillonado

D = puntal del buque, en metros

#### 5.5.1.2 PLANCHAS DE FORRO DEL COSTADO

El espesor de las planchas de forro del costado no será menor que el obtenido por la ecuación siguiente:

$$t = s/645 [(L-15.2) (d/D)]^{1/2} + 2.5 \text{ mm.}$$

$$t = 528/645 (25-15.2) (2.5/3.5) + 2.5 \text{ mm.}$$

$$t = 46 \text{ mm.}$$

En donde:

t = espesor en milímetros

s = separación entre cuadernas o longitudinales, en milímetros

L = eslora del buque, en metros, ó 30.5 metros, lo que sea mayor

d = calado de escantillonado

D = puntal del buque, en metros

### 5.5.1.3 RECOMENDACION PARA BUQUES SOMETIDOS A IMPACTO

Para remolcadores, buques de suministro y otros buques sometidos a impacto durante sus operaciones de rutina, se recomienda incrementar el espesor de las chapas del forro del costado un 25% respecto al valor obtenido por la fórmula del párrafo.

$$t = 0.46 + 0.11$$

$$t = 0.57$$

## METODO DE CALCULO DIRECTO DE LONGITUD INUNDABLE

El procedimiento es propuesto por el Ing. Shirokawer.

Se parte de las curvas Bonjean, a continuación se grafica la línea marginal, la misma que debe estar ubicada tres pulgadas bajo la cubierta. Luego se traza una línea paralela a las líneas de agua a la tangente de la línea marginal, que nos servirá en lo posterior para determinar las ubicaciones de las líneas tangentes a la marginal.

Para obtener la distancia vertical a la que estarán ubicados los puntos desde los que saldrán las tangentes a la línea marginal nos valemos de la siguiente fórmula:

$$T = 1.6 D - 1.5 H$$

$$T = 1.6 (3.5) (3.281) - 1.5 (2.5)(3.28)$$

$$T = 6.06 \text{ pies}$$

$$T = 1.8.5 \text{ mts.}$$

Donde:

D = puntal

H = calado de carga

T = distancia vertical desde paralela a marginal hacia abajo.

Por tanto las líneas partirán de:

MODELO DE LA LONGITUD INUNDABLE

I	LIN.CARGA			3.A			2.A			1.A			PARALELA		
	AREA	F. VOLU	F. MOMENT	AREA	F.VOLUME	F.MOMENT	AREA	F.VOLUME	F.MOMENT	AREA	F.VOLUME	F.MOMENT	AREA	F.VOLUME	F.MOMENT
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.56	6.24	24.96	0.98	3.92	15.68	1.56	6.24	24.16	1.7	6.8	27.2	2.12	8.48	33.92
	3.28	6.56	19.68	2.46	4.92	14.76	2.9	5.8	17.4	3.8	7.6	22.8	4.2	8.4	25.2
	4.8	17.2	33.4	4.3	17.2	34.4	4.9	19.6	39.2	5.62	22.48	44.96	5.92	23.63	47.36
	5.8	11.6	11.6	5.4	10.8	10.8	6.2	12.4	12.4	6.84	13.68	13.68	7.1	14.2	14.2
	6.25	25	0	6.7	26.8	0	7.3	29.2	0	7.5	30	0	7.6	30.4	0
	6.23	12.46	12.46	7.7	15.4	15.4	7.6	15.2	15.2	7.55	15.1	15.1	7.5	15	15
	5.74	22.96	45.92	7.3	29.2	38.4	7.2	28.8	57.6	7.14	28.56	37.12	7.06	28.34	36.48
	3.88	7.76	23.28	5.7	11.4	34.2	5.6	11.2	33.6	6.4	10.8	32.4	5.82	10.04	30.12
	2.67	10.68	42.72	4.4	17.6	70.4	4.3	17.2	68.8	4.24	16.96	67.84	3.76	15.04	60.16
	0.62	0.62	3.1	2.25	2.25	11.25	2.1	2.1	10.5	2	2	10	1.46	1.46	7.3
MOMENT		123.08	-32.84		137.49	-114.01		146.54	-96.54		153.98	-75.82		154.94	-48.38
	3	123.08			137.49			146.54			153.98			154.94	
		V			92										
	%2				16.41			13.46			59.9			31.86	
V1%3	%3	-0.80045			-2.45200			-1.77638			-1.45823			-0.93674	
		X			X2										
	%4				-1.65158			-1.17593			-0.83778			-0.13629	
DW VOL1	%4	%5			1.457255			0.987675			-0.56977			-0.10826	
		%6			-0.95474			-0.98971			-1.94883			-1.04501	

signo menos significa que se encuentra a popa de la  
 longitud media  
 volumen de desplazamiento en la línea de carga.  
 volumen de desplazamiento en la condición de avería  
 CB del buque en la línea de carga medido desde la sección  
 media  
 CB del buque en condición de avería medida desde la sección  
 media

1.A		PARALELA			3.F			2.F			1.F		
.VOLUME	F.MOMENT	AREA	F.VOLUME	F.MOMENT	AREA	F.VOLUME	F.MOMENT	AREA	F.VOLUME	F.MOMENT	AREA	F.VOLUME	F.MOMENT
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.8	27.2	2.12	8.48	33.92	3.5	14	56	3.2	12.8	51.2	2.64	10.56	42.24
7.6	22.8	4.2	8.4	25.2	5.4	10.8	32.4	4.8	9.6	28.8	4.14	8.28	24.84
22.48	44.96	5.92	23.68	47.36	6.9	27.6	55.2	6.84	27.36	54.72	6.4	25.6	51.2
13.68	13.68	7.1	14.2	14.2	7.48	14.96	14.96	7.38	14.76	14.76	7.22	14.44	14.44
30	0	7.6	30.4	0	7.5	30	0	7.6	30.4	0	7.8	31.2	0
15.1	15.1	7.5	15	15	6.7	13.4	13.4	7	14	14	7.2	14.4	14.4
28.56	57.12	7.06	28.24	56.48	5.5	22	44	6.08	24.32	48.64	6.52	26.08	52.16
10.8	32.4	5.02	10.04	30.12	3.08	6.16	18.48	3.7	7.4	22.2	4.5	9	27
16.96	67.84	3.76	15.04	60.16	1.4	5.6	22.4	2.12	8.48	33.92	3.06	12.24	48.96
2	10	1.46	1.46	7.3	0.2	0.2	1	0.28	0.28	1.4	0.72	0.72	3.6
153.98	-73.82		154.94	-48.38		144.72	59.28		149.4	29.32		152.52	-13.4
153.98			154.94			144.72			149.4			152.52	
30.9			31.86			21.64			26.32			29.44	
1.43823			-0.93674			1.228855			0.588755			-0.26357	
0.63778			-0.13629			2.029310			1.389210			0.536882	
0.50979			-0.10826			1.725867			1.144471			0.433251	
1.94803			-1.04501			2.954723			1.733226			0.169679	

1A, 1F:  $1/3$   $T = 0.616$  mts.

2A, 2F:  $2/3$   $T = 1.23$  mts.

3A, 3F:  $T = 1.85$  mts.

Esto me sirve para con las intersecciones de las curvas "Bonjean" calcular las áreas para la obtención posterior de la subdivisión estanca del remolcador.

### SUBDIVISION ESTANCA E INUNDABLE

Para la obtención de una eficiente subdivisión estanca es necesario realizar la curva de longitud inundable de cada buque.

### CURVA DE LONGITUD INUNDABLE

Es una graficación de los datos obtenidos de los cálculos anteriores, cuya ordenada representa en porcentaje la longitud del remolcador que puede ser inundada sin que la línea marginal se sumerga.

### PERMEABILIDAD MEDIA ( $u$ )

Sirve para determinar la longitud del espacio de máquinas, como también los espacios en que puedo subdividir hacia proa y popa, ya que, la maquinaria está limitada por dos mamparos estancos.

Permeabilidad media para el espacio de máquinas:

$$85 + 10 [a-c/v] = u$$

Donde:

a = volumen por debajo de la marginal para espacio de máquinas

c = volumen bajo la marginal dentro de máquinas destinado a provisiones

v = volumen total del espacio de máquinas bajo la línea marginal.

permeabilidad media para los espacios a proa y popa del departamento de máquinas.

$$63 + 35 a/v = u$$

Donde:

a = volumen por debajo de la línea marginal hacia proa y popa del cuarto de máquinas

v = volumen total de la parte del buque situado debajo de la línea marginal a proa y popa del espacio de máquinas.



## CAPITULO VI

### 6.1 CONSTRUCCION DEL CASCO

El casco se construirá de acero Martin - Siemens para construcción naval, de calidad soldable; los electrodos serán de buena calidad dado el alto porcentaje de soldadura que se requiere. Los escantillones estarán de acuerdo a las reglas del ABS para buques inferiores a 61 mts., la estructura del casco será longitudinal con mamparos transversales estancos.

El forro exterior y cubiertas serán soldadas, así como también las cuadernas y baos a lo largo de toda la eslora.

Una vez finalizada la construcción del casco, se eliminarán las deformaciones que puedan existir en el forro, cuadernas y superestructuras, provocadas por cambios de temperatura provocados por la soldadura.

El doble fondo se extenderá desde el mamparo de proa hasta el pique de popa. En la sala de máquinas y en la zona de asiento del motor propulsor así como en el reductor se reforzará de manera tal que se elimine la posibilidad de vibración. En los laterales de la sala de máquinas irán colocados tanques de combustible y aceite.

En la zona contigua a los escobenes se colocará plancha de doble espesor.

En las proximidades de la hélice y tomas de mar se dispondrán anodos de zinc para evitar corrosión galvánica.

El codaste será de construcción compuesta por una parte de acero moldeado y otra de acero laminado que se soldarán entre si con anterioridad al montaje en la grada, el perfil del codaste será el adecuado para que la ubicación de la hélice sea la correcta a fin de evitar vibraciones.

En la roda y codaste se marcarán los calados en metros. La estructura será de acero salvo en la zona próxima al magistral donde irá colocado el material antimagnético.

## 6.2 ALOJAMIENTOS

Será para seis personas de acuerdo al plano de disposición general. Los techos y mamparos exteriores se aislarán con 50 mm. de lana mineral. En todos los alojamientos y locales de habitación se dispondrá de mamparo con tablero incombustible forrado con fórmica.

El mobiliario y tipos de pisos será el que se indica a

continuación:

Puente de Gobierno.- El piso será de enjaretado de madera desmontable, en el cual estará una mesa abatible, un armario con banderas, un cajón para prismáticos, un sillón para observación y un cuadro de luces de navegación.

Camarote del Capitán.- Ubicado a popa del puente de Gobierno, tendrá una cama con cajones debajo, un armario, estantería, una butaca, escritorio llevará además baño, lavabo servicio.

Camarote del Jefe de Máquinas.- Para el jefe de máquinas se ubicará un camarote individual con piso de loseta, vinílica, una cama con cajones debajo, sin armario, mesa, escritorio, sillón.

Camarotes para Tripulación.- Será habitado para dos tripulantes cada uno, en el que estará ubicado una litera doble.

Comedor.- Piso de loseta vinílica. Tendrá una mesa con capacidad para seis personas y se comunicará con la cocina.

Cocina.- Todos los mamparos de la cocina serán metálicos. La parte superior irá aislada con lana metálica chapa de cuero galvanizado de 1.5 mm.. El piso será de loseta cerámica blanca, se instalará además un tanque para

agua fria con capacidad de 50 litros.

- Una cocina con capacidad para 10 personas
- Una mesa de trabajo para cocina, con tapa de madera dura.
- Un fregadero de acero inoxidable.
- Armarios y estantes de acuerdo a necesidades
- Un calentador eléctrico tipo comercial.
- Una freidora eléctrica.

### 6.3 CAMARA FRIGORIFICA Y GAMBUZA

La cámara frigorífica de viveres servirá para: carne y vegetales, tendrá su aislamiento adecuado tomando en cuenta una temperatura ambiente de 37°C.

La Gambuza llevará las correspondientes separaciones para: arroz, papas y otros alimentos.

### 6.4 ASEO DE TRIPULACION

Los mamparos serán metálicos y pintados; tendrá dos duchas, WC y dos lavabos con agua fria.

### 6.5 PINTURA GENERAL Y EXTERIDRES

Fondos.- Tres manos de pintura anticorrosiva y dos manos de pintura antiincrustante.

Zonas del codaste y tomas de mar.- Dos manos de pintura antigalvánica.

Flotación.- tres manos de pintura anticorrosiva, una mano de pintura antiincrustante y una mano de pintura especial botoping.

Costados, amuradas, brazolas, superestructuras y caseta.- Dos manos de pintura anticorrosiva y dos manos de pintura de terminación.

Palo.- Dos manos de pintura anticorrosiva y dos manos de pintura de terminación.

Chimenea.- Dos manos de pintura anticorrosiva y dos manos de pintura resistente al calor.

Cubiertas.- Dos manos de pintura anticorrosiva y dos manos de pintura antideslizante.

## 6.6 PINTURA DE INTERIORES

Mamparos y techos de acero (no forrados).- Dos manos de pintura anticorrosiva y dos manos de pintura de esmalte.

Mamparos y techos de acero (forrado).- Dos manos de pintura anticorrosiva.

Cajas de cadenas e interiores de palos.- Dos manos de bituminosa.

Motores y maquinaria.- Pintura de fábrica.

Bajos de los mamparos de Cámara de Máquinas y fondo.- Dos manos de solución bituminosa.

Mamparos Cámara de Máquinas (altos).- Dos manos de pintura anticorrosiva y dos manos de bituminosa en caliente.

Los demás tanques destinados a combustible o aceite, no llevarán protección de cemento, sino que recibirán una imprimación de pintura de aceite después de un cuidadoso picado y rascado.

## 6.7 PISOS DE BALDOSA

Todos los espacios de alojamiento, camarote de capitán, camarote de jefe de máquinas, y camarotes de tripulación, serán provistos de baldosin blanco de buena calidad colocado sobre una capa de masa del menor espesor posible, del orden de unos 15 mm..

Antes de colocar el baldosin se soldarán a la cubierta grapas de acero de tela metálica, para permitir un buen

agarre de la misma.

## 6.8 SERVICIO DE AGUA SALADA

Constará de los siguientes elementos:

- a. Dos bombas de agua salada de servicio, que se instalarán en el circuito los manómetros y termómetros precisos para su control.
- b. Se colocarán dos tomas de mar, bajas con sus correspondientes rejillas de bronce o zincs electrógenos.
- c. Se situarán de modo que queden sumergidas incluso en la condición de buque en lastre.
- d. El agua salada descarga por la banda atravesará en primer lugar el enfriador de agua dulce y después el de aceite de cada motor.
- e. La tubería de servicio de agua salada será de acero pretensado sin soldadura, y se galvanizará después de curvada y una vez soldadas las bridas.

## 6.9 SERVICIO DE AGUA DULCE

Constará de los siguientes elementos:

- a. La bomba de agua dulce será accionada por el motor de propulsión e irá montada sobre el mismo.

- b. El enfriador de agua dulce será de haces tubulares.
- c. Los tanques de compensación de agua dulce, no estructurales de unos 100 litros, irán montados a mayor altura que los motores en el guardacalor.
- d. Se instalarán en el circuito los manómetros y termómetros que se precisen para el perfecto control del mismo.

#### 6.10 SERVICIO DE ACEITE LUBRICANTE

Constará de los siguientes elementos:

- a. Dos tanque de aceite almacén con una capacidad de 2m<sup>3</sup>
- b. Bomba de aceite de servicio, montada sobre cada motor principal, que proporciona el engrase al cojinete principal, al cojinete de biela, a la transmisión por engranaje, al eje de levas, a la transmisión de las válvulas y refrigera los embolos.
- c. Los filtros de aceite serán dobles montados sobre los motores propulsores.
- d. Los enfriadores de aceite serán de haces tubulares y se suministrarán con el motor principal. Se suministrará además un 5% de tubos de respeto.
- e. La depuradora de aceite será de tipo centrifugo, movida por motor eléctrico. El calentador de aceite



será eléctrico y será suministrado por el fabricante de la purificadora.

- f. El tanque de derrames de aceite estará situado en el doble fondo.
- g. En el circuito de aceite se instalarán las necesarias válvulas de pie y de cierre, así como los manómetros que se precisen para un perfecto control.
- h. La depuradora podrá aspirar de uno cualquiera de los tanques y del carter del motor principal, descargando también a cualquiera de los mismos.
- i. Los filtros, tanques y otros aparatos susceptibles de tener fugas de aceite, se montarán sobre bandejas de recogida con tubo de drenaje.

Capacidad de aceite lubricante:

$$\text{cap} = (0.00261 \text{ lb/hp-hr}) (30 \text{ h}) (1000\text{hp})$$

$$\text{cap} = 78 + 10\%$$

$$\text{cap} = 80 \text{ lbs aceite}$$

#### 6.11 SERVICIO DE COMBUSTIBLE

Constará de los siguientes elementos:

- a. Bomba de engranajes para tranvasije combustible.
- b. Un filtro sobre el motor propulsor.

- c. Los tanques de servicio diario de combustible serán no estructurales y colocados a ambos lados de los motores y de una capacidad de 6 m<sup>3</sup> cada uno.
- d. Los tanques de almacén de combustibles estructurales serán los indicados en la disposición general.
- e. La depuradora de combustible será de un tipo centrifugo, movida por motor eléctrico y con una capacidad de 1000 l/h.; llevará bombas incorporadas en la aspiración y descarga.
- f. Se instalarán las válvulas, filtros, manómetros y niveles necesarios para el control del circuito.
- g. El relleno de los tanques de combustible se hará mediante un colector de carga que tendrá dos tomas en cubierta, una a Br y otra a Er.
- h. Antes de cargar combustible por primera vez se verificará cuidadosamente la limpieza de todo el circuito.

#### RESERVORIO DE COMBUSTIBLE

##### DATOS:

Consumo por máquina	50 gal - hora
Número de máquinas	2
Autonomía	300 millas
Velocidad	10 nudos.

$$\text{tiempo} = \text{espacio/velocidad} = 300 \text{ millas}/10 \text{ nudos}$$

$$\text{tiempo} = 30 \text{ horas}$$

Capacidad = (2 Maq) (50 gal\*h) (30 horas)

Capacidad = 300 galones + 10%

Capacidad = 330 galones de combustibles.

## CAPITULO VII

### 7.1 PROPULSION Y OPERACION

El diseño más correcto de la hélice proporciona la mayor cantidad de fuerzas disponibles, para la tracción o el empuje, según lo que requiera el remolcador. Respecto a la hélice y su influencia en el "Bollard Pull, o tracción estática de fuerza" se encuentra una primera aproximación mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Bollard Pull} = 5250 * \text{BHP} * \text{Te/RPM} * \text{D}$$

BHP = Potencia de freno

Te = Coeficiente de empuje/coeficiente de torque (Fig. 9)

D = Diámetro de hélice

RPM = Revoluciones de giro de hélice

Estas fuerzas de operación se traducen en tracción con o sin obstáculos, y en empuje del objeto a ser remolcado. Considerando que el trabajo de los remolcadores se cobra por cada libra de "Bollard Pull" que realiza el remolcador; por tanto es necesario realizar una buena estimación de esta fuerza.

Para la entrega de un remolcador se realizan pruebas similares a las de otros buques, como así mismo la prueba

TABLA 8

VALORES ESTIMADOS DE "BOLLARD PULL" O TENSION ESTATICA PARA REMOLCADORES

No	<u>BOLLARD PULL</u>	<u>REFERENCIAS</u>
1o	T = 30 lbs. * SHP.	D. ARGYRIADIS
2o	T = 33.6 lbs(0.015) * DHP	L. C. NORGAAARD
3o	T = 28.5 lbs. * SHP.	E. F. MORAN
4o	T = 0.01125 tons. * IHP	A. R. TAYLOR
5o	T = 0.013 tons. * BHP	R. MUNRO - SMITH
6o	T = 22.4 lbs.(0.01tons) * SHP.	D. S. SIMPSON

---

T = Bollard Pull, tons. o lbs..

BHP = Potencia al Freno

IHP = Potencia Indicada

SHP = Potencia al Eje

DHP = POTENCIA ENTREGADA A LA HELICE

5-3-2

N3	Np1	Np2	Np3	DHP1	DHP2	DHP3	MARGEN 1	MARGEN 2	MARGEN 3	SHP1	SHP2	SHP3		
300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	1.656414	1.782908	1.930319	2.070517	2.228635	2.412899	2.132633	2.295494	2.485286
300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	4.686135	5.043997	5.461036	5.857669	6.304997	6.826295	6.033399	6.494147	7.031084
300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	9.261893	9.969189	10.79344	11.57736	12.46148	13.49180	11.92468	12.83533	13.89655
300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	15.06516	16.21563	17.55634	18.83145	20.26954	21.94542	19.39639	20.87762	22.60379
300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	21.81021	23.47578	25.41676	27.26277	29.34472	31.77095	28.08065	30.22507	32.72408
300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	29.52299	31.77755	34.40492	36.90374	39.72194	43.00615	38.01085	40.91360	44.29634
300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	38.81995	41.78448	45.23923	48.52493	52.23060	56.54903	49.98068	53.79752	58.24550
300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	51.18693	55.09588	59.65121	63.98366	68.86985	74.56402	65.90317	70.93594	76.80094
300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	69.25802	74.54699	80.71055	86.57253	93.18374	100.8881	89.16970	95.97925	103.9148
300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	97.09444	104.5091	113.1500	121.3680	130.6364	141.4375	125.0090	134.5555	145.6806
300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	140.4633	151.1900	163.6904	175.5791	188.9875	204.6130	180.8465	194.6571	210.7514

CALCULO DE LA POTENCIA DE UN BUQUE

K	C.	C1	EHP	L	N1	N2	N3	Np1	Np2	Np3	DHP1	DHP2	DHP3	MARGEN 1	MARGEN 2	MARGEN 3	SHP1	SHP2
0.610810	2.272687	1.04	1.174525	82	300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	1.656414	1.782908	1.930319	2.070517	2.228635	2.390753	2.558870	2.728987
0.661315	1.905074	1.04	3.322830	82	300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	4.686135	5.043997	5.461036	5.857669	6.304997	6.793329	7.322830	7.903321
0.711820	1.588475	1.04	6.567395	82	300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	9.261893	9.969189	10.79344	11.57736	12.46148	13.40332	14.40332	15.47075
0.762325	1.322892	1.04	10.68235	82	300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	15.06516	16.21563	17.55634	18.83145	20.26954	21.79344	23.40332	25.10332
0.812830	1.108324	1.04	15.46512	82	300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	21.81021	23.47578	25.41676	27.26277	29.34472	31.67075	34.24332	37.06332
0.863335	0.944772	1.04	20.93407	82	300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	29.52299	31.77755	34.40492	36.90374	39.72194	42.84332	46.26332	50.00332
0.913840	0.832234	1.04	27.52633	82	300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	38.81995	41.78448	45.23923	48.52493	52.23060	56.26332	60.63332	65.36332
0.964345	0.770712	1.04	36.29547	82	300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	51.18693	55.09588	59.65121	63.98366	68.86985	74.10332	79.66332	85.56332
1.014850	0.760205	1.04	49.10926	82	300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	69.25802	74.54699	80.71055	86.57253	93.18374	100.66332	108.10332	116.50332
1.065355	0.800713	1.04	68.84742	82	300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	97.09444	104.5091	113.1500	121.3680	130.6364	140.66332	151.50332	162.86332
1.115860	0.892236	1.04	99.59932	82	300	400	500	0.709076	0.658769	0.608461	140.4633	151.1900	163.6904	175.5791	188.9875	203.00332	217.66332	232.86332

Velocidad del buque en nudos

constante

$K=Cb+V/19.8$

Cb- Coeficiente de block

eficiente de resistencia

$C.=0.907-0.00012*L+10(K-1)^2-0.275*Cb$

L- Eslora del buque en pies

Factor de correlacion

$C1=1.04$

= potencia efectiva

$EHP=C1*C.*D^{(2/3)}+V^3/427.1$

D- Desplazamiento en tons

Eficiencia

$Np=0.86-N*\sqrt{L}/18000$

N-Revoluciones por minuto de la helice

- Potencia desarrollada

$DHP=EHP/Np$

GEN= Se considera el 25% mas del EHP

MARGEN=  $DHP*1.25$

- Potencia al eje

$SHP=MARGEN*1.03$



de tracción a un punto fijo, que consiste en fijar al muelle un extremo del cable, al que va instalado un dinamómetro alando del otro extremo un remolcador. Se va aumentando progresivamente el número de revoluciones hasta lograr la determinación aproximada de "Bollard Pull" del remolcador se realizan tres series de pruebas y luego se saca un promedio. En la tabla 8 se da los valores estimados de "Bollard Pull" para los remolcadores, según distintos autores.

Para nuestro caso particular el cálculo de potencia lo realizamos para el remolcador a máxima carga y usando la fórmula que nos presenta D. Argyriadis encontramos la tensión estática siguiente.

$$T = 30 \text{ lbs} * \text{SHP}$$

$$T = 30 (122) = 3660 \text{ lbs.}$$

$$T = 1.6 \text{ Ton.}$$

Pero dentro de los datos iniciales que el armador nos presenta estan el bollard pull como 12 toneladas, lo que nos sirve, pero usando la misma fórmula obtenemos el SHP adecuado para el trabajo eficiente del remolcador.

$$\text{SHP} = T/30 \text{ lbs.} = 12 (2240)/30 \text{ lbs.}$$

$$\text{SHP} = 896 \text{ HP.}$$



## 7.2 LA MAQUINARIA PRINCIPAL

Como maquinaria principal colocaremos 2 motores Detroit Diesel 12V - 71, debido a que poseen una velocidad de rotación alta en comparación a otras marcas, por tanto se puede emplear un reductor aceptable para que la hélice realice su giro a 400 rpm que es lo aconsejable para este tipo de remolcadores.

Según PNA para la obtención del IHP debemos pasar al:

$$\text{BHP} = 896 * 1.03 = 922 \text{ HP}$$

$$\text{IHP} = \text{BHP} * 1.03 = 950.6 \text{ HP}$$

Para la ubicación de estas máquinas en concordancia técnica con los engranajes de reducción y la hélice colocamos reducción aconsejada según fabricantes de Detroit Diesel 4.5:1; para carrera intermitente tendremos 1800 rpm y para carrera continua de la máquina que va a ser su trabajo normal 1800 RPM.

La potencia de cada máquina es 500 HP, lo que permite una labor eficiente del remolcador además con la colocación de las 2 hélices facilita las maniobras de trabajo.

## 7.2.1 CARACTERISTICA DE LA MAQUINARIA

DOS MAQUINAS 12V - 71/500 hp.

### Motor Básico

Modelo Babor	7122-30000, 7122-30001
Modelo Estribor	7122-70000, 7122-70001
Descripción	Aspirador Natural
Número de Cilindros	12
Diámetro y Carrera	4.25 * 5 pulg. (108mm * 127mm)
Desplazamiento	852 cu pulg. (13.97 litros)
Razón de Compresión	18.7 a 1
Peso	4925 lbs. (2234 kg)

### ESPECIFICACION DE PODER

#### Continuo

Inyectores	N55
Razón de Poder	359 BHP (268 kW) @ 1800 RPM
Poder Neto	340 SHP (254 kW) @ 1800 RPM

#### Intermitente

Inyectores	N65
------------	-----

Razón de Poder	456 BHP (340 kW)
	@ 2100 RPM
Poder Neto	437 SHP (326 kW)
	@ 2100 RPM

### Máxima

Inyectores	N70
Razón de Poder	500 BHP (373kW)
	@ 2300 RPM
Poder Neto	480 SHP (358 kW)
	@ 2300 RPM.

## 7.3 PROPULSION

Otras de las partes importantes relacionados con el diseño de los remolcadores, está en el diseño de la hélice o propulsor

La hélice debe ser escogida para dar el máximo empuje a una óptima velocidad de remolque como también para permitir al remolcador conseguir adecuadamente la velocidad de carrera libre. Para el remolcador de puerto cuyo trabajo es atracar y desatracar buques de grandes dimensiones mínima y un máximo de tracción estática.

En el remolcador se usará hélice de acero fundido porque la hélice tiende a cesar su movimiento cuando

golpean con un obstáculo, mientras las que son de bronce propenden a doblarse o torcerse, lo que conlleva a producir averías en el eje, casco o maquinaria.

#### 7.4 CALCULO DE HELICE OPTIMA REF. 1

Una vez determinado el SHP, para cada máquina procedo a determinar la velocidad de avance de la siguiente forma:

$$V_a = V (1 - w)$$

$$V_a = 10 (1 - 0.038)$$

$$V_a = 9.62$$

Donde:

$V$  = velocidad de carrera libre

$w$  = coeficiente de estela obtenido a partir del coeficiente de block.

Esta velocidad de avance servirá para determinar los coeficientes necesarios como son:  $(B_p)$  coeficiente de hélice,  $(S)$  coeficiente de avance para poder ingresar a las series standar de Tylor y encontrar la hélice más eficiente para el remolcador.

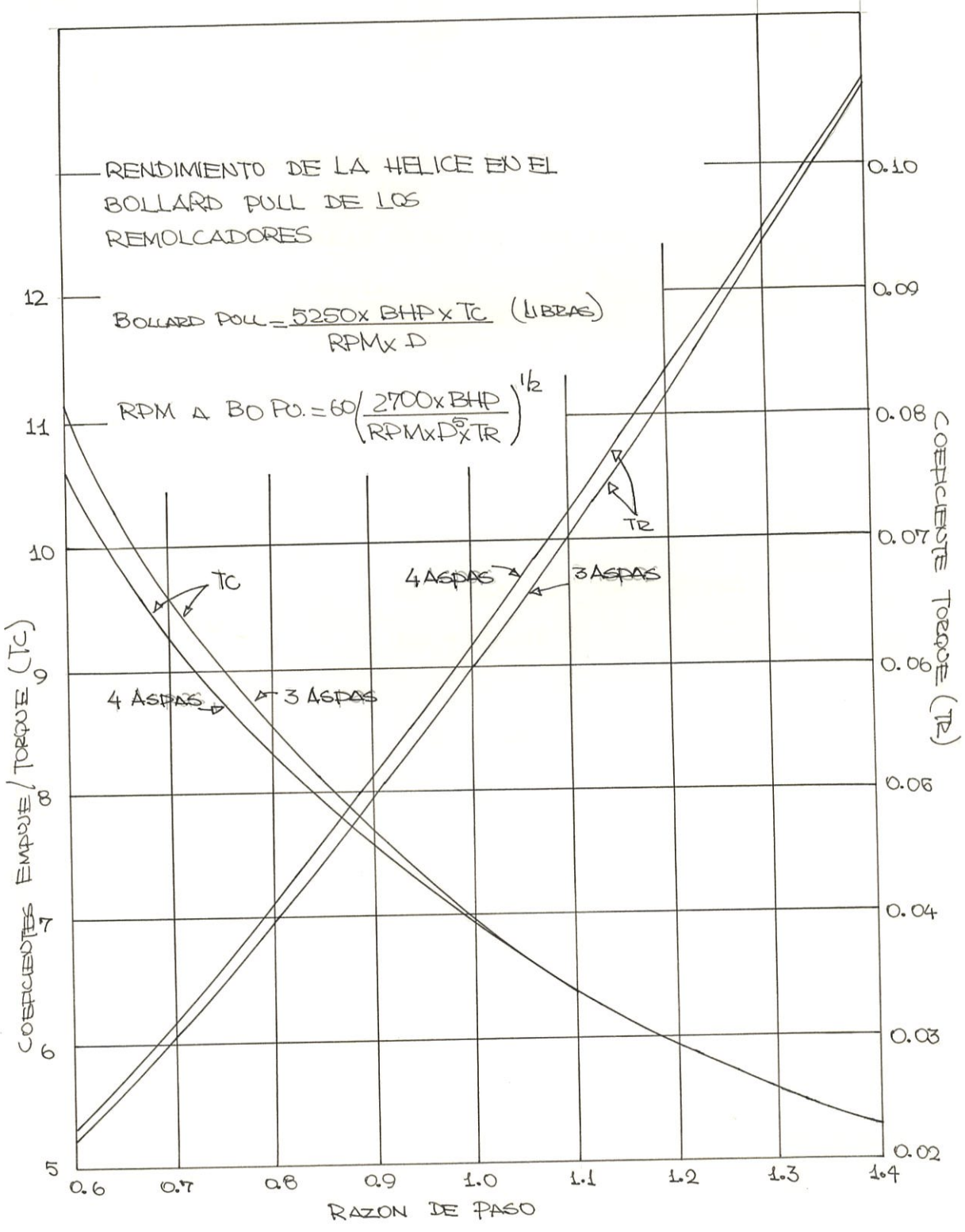
Para encontrar la potencia desarrollada del remolcador:

$$P_d = DHP = SHP \cdot n_s$$

RENDIMIENTO DE LA HELICE EN EL BOLLARD PULL DE LOS REMOLCADORES

$$\text{BOLLARD PULL} = \frac{5250 \times \text{BHP} \times T_c}{\text{RPM} \times D}$$

$$\text{RPM} \Delta \text{ BO PU.} = 60 \left( \frac{2700 \times \text{BHP}}{\text{RPM} \times D^5 \times T_R} \right)^{1/2}$$



$$P_d = 0.97 (896)$$

$$P_d = 870$$

$$P_{d_1} = 435$$

Donde:

$P_d$  = potencia desarrollada total

$P_{d_1}$  = potencia desarrollada por máquina

$\eta_s$  = eficiencia

Luego encontramos los coeficientes:

$$1.- B_p = \eta (P_d)^{0.5} / (V_a)^{2.5}$$

$$B_p = 400 (435)^{0.5} / (9.62)^{2.5}$$

$$B_p = 400 (20.85) / 287.03$$

$$B_p = 29.05$$

$$2.- = \eta D / V_a$$

$$= 400 (4.92) / 9.62$$

$$= 204.6$$

Donde:

$D$  = diámetro de la hélice en pies

Con estos dos coeficientes entro a los diagramas de Taylor (Ref.1 Pag. 415) y obtengo una hélice de 4 palas del tipo 4.85 B cuya eficiencia es 56%.

$$AD/A_0 = 0.85$$

$$t_0/D = 0.0045$$

$$d/D = 0.167$$

Esta hélice se desplaza de la siguiente forma:

$$P/D = 0.89$$

$$P = 0.89 (1.5) = 1.335 \text{ mts}$$

$$P = 1.335 \text{ mts.}$$

Le desplaza:  $1.335 \text{ mts} * 400 \text{ RPM} * 60 \text{ H}$

Se desplaza: 32040 mts en una hora

Y su velocidad:  $32040/1853 = 17.29$  nudos

Velocidad = 17.29 nudos si fuera 100% eficiente pero como su eficiencia es solamente 56% tenemos:

$$\text{Veloc} = 17.29 * 0.56$$

$$\text{Veloc} = 9.68 \text{ nudos} \sim$$

Lo que nos permite mantener la velocidad de carrera libre para el remolcador, sin alterar su eficiencia de tracción estática de fuerza cuando está realizando su trabajo.

## 7.5 LINEA DE EJES

### MATERIALES Y DIMENSIONES



Descrito ya el propulsor y el motor, pasaremos ahora a tratar el elemento que conecta uno con otro, es decir: la línea de ejes.

Para elegir a el material de la línea de ejes, se debe tener en cuenta el material del casco, para minimizar la acción corrosiva que pueda originarse entre los dos. También tomarse en cuenta el stock existente en el mercado para que resulte más ventajosa la compra.

Los ejes pueden construirse de:

- Acero dulce (preferiblemente con revestimiento de material no ferroso como medida de protección contra la corrosión).
- Acero inoxidable marino
- Bronce de alta resistencia
- Aleaciones de aluminio - níquel- cobre.

En este caso se hace el cálculo para acero inoxidable el mismo que soportará una carga de rotura mínima de 44.09 Kg/mm<sup>2</sup> y carga de fluencia mínima de 23, 62 Kg/mm<sup>2</sup>. Cuando el diámetro excede de 63 mm es norma presentar certificados de ensayos del material.

El diámetro del eje es un parámetro importante y debe ser tomado en consideración cuando se dimensionan las longitudes de los ejes y los espesores del codaste. Es



necesario también conocer el diámetro del eje para proyectar los elementos de la estructura del buque que tienen relación directa con los ejes..

Cuando la construcción de un buque se hace siguiendo reglas de clasificación determinadas se deberá calcular la línea de ejes de acuerdo a especificaciones propias de la clasificadora. No obstante, para cálculo preliminar se puede aplicar guías proporcionadas por los fabricantes de motores.

#### PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE EJES

El cálculo de ejes intermedios se lo puede hacer usando varios métodos de los cuales propondremos el siguiente.

$$d = C * \sqrt[3]{\text{BHP}/N}$$

Donde:

d = diámetro en mm

C = factor tomado de tablas de acuerdo al tipo de motor y número de cilindros.

N = RPM

BHP = potencia al freno.

$$d = 96.52 * \sqrt[3]{461/400}$$

$$d = (96.52) (1.048)$$

$$d = 101.2 \text{ mm}$$

El diámetro del eje de cola se lo hace siguiendo el mismo procedimiento, mediante la siguiente fórmula:

$$dt = 1.05d + 0.01P$$

Donde:

dt = diámetro del eje de cola en mm

d = diámetro del eje intermedio en mm

P = diámetro del propulsor en mm.

$$dt = 1.05 (101.2) + 0.01 (150)$$

$$dt = 106.26 + 1.5$$

$$dt = 107.7 \text{ mm}$$

## DISEÑO DEL EXTREMO

Los ejes de cola tendrán un ajuste cónico preciso con el núcleo de la hélice, prestándose particular atención al ajuste en el extremo mayor del cono. Cuando esté expuesto al agua de mar el conjunto de las hélices, se hará estanco en el extremo de proa mediante un anillo de empaquetadura de goma blanda. La chaveta encajará muy ajustada en el chavetero y será de dimensiones suficientes para transmitir todo el par de torsión del eje a la velocidad de régimen.

## RECOMENDACIONES

### CONSTRUCCION

Debido a la amplia experiencia que en Construcción Naval a adquirido Astilleros Navales Ecuatorianos, y al haber enfrentado el reto del avance tecnológico con decisión; en la actualidad estamos en capacidad de realizar la construcción de este remolcador en su totalidad en Astinave. Para lo cual contamos con el personal preparado, las maquinarias y herramientas adecuadas para hacerlo.

Para evitar el encarecimiento del remolcador, solamente debe funcionar con más agilidad la parte logística y la toma de decisiones acertadas y a tiempo.

Los grupos de trabajo se harán siguiendo el patrón que actualmente se está llevando para la construcción de las Lanchas Guardacostas tipo Puyango, para poder realizar seguimiento adecuado, dentro del cual se puede realizar pequeñas alteraciones a fin de adaptarlo a nuestras necesidades y cumplir el trabajo en una fecha prevista, de acuerdo a una planificación acertada.

Este análisis está basado en experiencias de construcciones anteriores como son: El Tanquero "TAURUS", La Gabarra "Bahia de Caraquez", los cuales están prestando su

servicio sin problemas de construcción.

Para esta construcción, Astinave cuenta con un varadero de 400 Tons. de capacidad, área de transferencia de 600 m<sup>2</sup> y con capacidad de carga de 200 Tons., por cada riel.

Además, para los trabajos que se requieran durante el desarrollo de la construcción se cuenta con:

Talleres de Mecánica

Talleres de Caldería y fundición

Talleres de Motoristas

Talleres de Soldadura y

Talleres de Electricidad

## NOMENCLATURA USADA

L =	Eslora
B =	Manga
D =	Puntal
H =	Calado
C <sub>b</sub> =	Coefficiente de Block
C <sub>p</sub> =	Coefficiente prismático
C <sub>m</sub> =	Coefficiente de la sección media
C <sub>w</sub> =	Coefficiente de la línea de agua
CPF =	Centro del plano de flotación
CBL =	Centro de Boyantez longitudinal
BMT =	Metacentro de Boyantez transversal
SM =	Sección media
∇ =	Volumen de desplazamiento
Δ =	Desplazamiento
BML =	Centro de Boyantez longitudinal
DHP = Pd =	Potencia desarrollada
BHP =	Potencia al freno
SHP =	Potencia en el eje
EHP =	Potencia
IHP =	Potencia indicada
RPM =	Número de revoluciones por minuto
V <sub>a</sub> =	Velocidad de avance.

## LISTAS DE REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Principles of Architecture Naval (PNA), SNAME.
- 2.- Electricidad aplicada al buque.  
Manuel Baquerizo Pardo.
- 3.- Enciclopedia del mar
- 4.- Notas de compilación.  
Ing. Kangarano.
- 5.- Published as Screw-Tug-Design 1969.  
Jerrold N. Wood and Mrs. A. Caldwell
- 6.- Modern Tug Design by:  
Doros B. Argyriadis
- 7.- Existencia de los buques (ESPOL)  
Dr. Dimitri Ananigu
- 8.- Teoría y selección de propulsores (ESPOL)  
Dr. Dimitri Ananigu
- 9.- Resistencia, propulsión y proyecto de buques.  
Ing. José F. Nuñez Bazaffes.