

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL CASCO
PARA UNA EMBARCACION PESQUERA DE
500 M³ CUMPLIENDO CON LAS REGLAS DE
CLASIFICACION”**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO NAVAL**

RICHARD LUCIANO GÓMEZ CUEVA

PROMOCION 2006-II

LIMA-PERU

2011

DEDICATORIA

Este logro lo dedico a mis padres, a mi esposa y en especial a mis dos hijos, a quienes espero dedicarles otros logros más en mi vida.

INDICE

PRÓLOGO	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Alcances.....	3
1.4 Propósitos y Limitaciones.....	4
1.5 Justificación.....	4
2. GENERALIDADES AL DISEÑO ESTRUCTURAL	5
2.1 Introducción al diseño estructural.....	5
2.1.1. Consideraciones estructural del buque-viga.....	5
2.1.2. Fuerzas que actúan sobre el buque.....	15
2.1.2.1. Fuerzas estáticas.....	16
2.1.2.2. Fuerzas dinámicas.....	21
2.1.3. La estructura del buque.....	27
2.2 Las sociedades clasificadoras en la comunidad marítima internacional.....	31
2.2.1. Introducción.....	31
2.2.2. Reglas de clasificación y construcción.....	33
2.2.3. La construcción y clasificación de embarcaciones pesqueras.....	34
2.2.3.1. Las ventajas de la clasificación.....	34
2.2.3.2. Actividades del Germanischer Lloyd durante la construcción....	35
2.2.4. Elección de las reglas de clasificación y construcción.....	40

3. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE LA EMBARCACIÓN PESQUERA.....	43
3.1 Antecedentes del problema.....	43
3.1.1 Introducción.....	43
3.2 Consideraciones generales de la embarcación pesquera de 500 M ³	44
3.2.1. Características principales del casco.....	44
3.2.2. Consideraciones para la estructura del casco.....	48
3.3 Análisis de las cargas externas en la embarcación pesquera.....	52
3.3.1. Introducción.....	52
3.3.2. Resistencia estructural.....	52
3.3.3. Resistencia longitudinal (viga-buque).....	53
3.3.3.1. Quebranto o “Hogging”.....	56
3.3.3.2. Arrufo o “Sagging”.....	56
3.3.4. Cargas globales.....	57
3.3.5. Resistencia estructural transversal.....	60
3.3.5.1. Presión de agua.....	60
3.3.6 Cargas locales.....	61
3.3.6.1. Cargas internas concentradas.....	61
3.3.6.2. Cargas externas concentradas.....	62
3.3.6.3. Impacto contra el agua.....	63
3.3.6.4. Esfuerzos dinámicos locales.....	63
3.3.6.5. Cargas locales originadas por esfuerzos estructurales.....	63
3.3.7 Sumario de cargas.....	64
3.4 Análisis de la respuesta global (viga-buque).....	65
3.4.1. Calculo de resistencia longitudinal (cargas viga-buque).....	65
3.4.2. Consideraciones generales.....	66

3.4.3. Distribución del peso en rosca.....	67
3.4.4. Determinación del peso en rosca de la embarcación en estudio.....	69
3.4.5. Momentos flectores.....	72
3.4.6. Esfuerzos de flexión admisibles.....	74
3.4.7. Valor mínimo del módulo requerido.....	75
3.4.8. Fuerzas cortantes.....	76
3.4.9. Control de flechas y deformaciones de la viga – buque.....	77
3.4.10. Esfuerzos para la condición nº 1: en salida de puerto, bodega 0% y consumibles 100% y embarcación en quebranto.....	77
3.4.11. Esfuerzos para la condición nº 2: salida zona de pesca, bodega 100% y consumibles 50 % y embarcación en arrufo.....	81
3.4.12. Análisis y cálculo de resistencia.....	84
3.4.13. El módulo resistente de la viga-buque según la sociedad de clasificación.....	90
4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL CASCO PARA UNA EMBARCACIÓN PESQUERA DE 500 M³ CUMPLIENDO CON LAS REGLAS DE CLASIFICACIÓN..	92
4.1 Introducción.....	92
4.2 Fundamento teórico.....	93
4.3 Ancho efectivo de planchas.....	93
4.3.1. Criterio de estabilidad.....	94
4.3.1.1. Curvas y fórmulas del ingeniero H.A Schade.....	97
4.3.2. Criterios de elasticidad.....	97
4.4 Fórmulas para vigas con cargas distribuidas.....	102
4.4.1. Vigas con cargas distribuidas.....	102
4.4.1.1. Viga empotrada de ambos extremos con carga	

trapezoidal.....	102
4.4.1.2. Viga empotrada de ambos extremos con carga triangular.....	104
4.4.1.3. Viga empotrada en un extremo y apoyada en el otro con carga trapezoidal.....	105
4.4.1.4. Viga empotrada en un extremo y apoyada en el otro con carga triangular.....	106
4.4.1.5. Viga simplemente apoyada en sus extremos con carga trapezoidal.....	107
4.4.1.6. Viga simplemente apoyada en sus extremos con carga triangular.....	108
4.4.1.7. Viga continúa con extremos empotrados y apoyos intermedios.....	109
4.5 Cálculo de la estructura de una cuaderna maestra.....	111
4.5.1. Introducción.....	111
4.5.2. Criterios utilizados en el proyecto.....	112
4.5.3. Condiciones de carga.....	112
4.5.4. Condiciones hidrostáticas.....	112
4.5.5. Cargas en la estructura.....	112
4.5.6. Esfuerzos admisibles.....	114
4.5.6.1. Tipos de estructura.....	114
4.5.6.2. Esfuerzos de 1º orden.....	115
4.5.6.3. Esfuerzos de 2º orden.....	116
4.5.6.4. Esfuerzos de 3º orden.....	116
4.5.7. Resistencia al pandeo.....	117
4.6. Análisis de la estructura del casco.....	117
4.6.1. Modulo de bodega de proa.....	117
4.6.2. Cuadernas de proa.....	132

4.6.3. Cuaderna de bodegas.....	139
5. ENUNCIAR EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL CASCO PARA LA EMBARCACIÓN PESQUERA DE 500 M³ CUMPLIENDO CON LAS REGLAS DECLASIFICACIÓN.....	145
5.1 Introducción.....	145
5.2 Escantillonado.....	146
5.3 Elección del material y fabricación de los refuerzos.....	146
5.4 Principios de diseño.....	147
5.5 Cargas de proyectos.....	157
5.6 Calculo de escantillones.....	165
5.6.1. Parámetros de las cargas de proyectos.....	165
5.6.2. Cargas de proyectos sobre los costados del buque – elemento de carga esta por debajo de la línea de flotación.....	166
5.6.3. Cargas de proyectos sobre los costados del buque- elemento de carga por encima de la línea de flotación.....	168
5.6.4. Cargas de proyectos en el fondo del buque.....	169
5.6.5. Cargas de proyectos de cubiertas a la intemperie.....	170
5.6.6. Cálculo de las planchas de fondo.....	171
5.6.7. Cálculo de las tracas de aparaduras.....	172
5.6.8. Cálculo de las planchas del costado.....	173
5.6.9. Cálculo de la plancha de amurada.....	174
5.6.10. Cálculo de la plancha de cubierta.....	175
5.6.11. Cálculo del bao en la bodega lateral de proa.....	176
5.6.12. Cálculo de las varengas en bodegas central.....	178
5.6.13. Cálculo de la bularcama de fondo en bodega lateral.....	182

5.6.14. Cálculo de los refuerzos verticales del mamparo longitudinal.....	184
5.6.15. Cálculo del palmejar en el mamparo longitudinal.....	187
5.6.16. Cálculo de la varengas.....	190
5.6.17. Cálculo de las cuadernas principales.....	192
5.6.18. Cálculo de longitudinales de fondo. Costado y cubierta de proa.....	194
5.6.19. Cálculo de longitudinales de fondo, costado, cubierta de centro.....	196
5.6.20. Cálculo de longitudinales de fondo, costado, cubierta de popa.....	198
5.6.21. Cálculo de baos sobre cubierta.....	200
5.6.22. Cálculo de esloras.....	202
5.6.23. Cálculo de planchas de mamparos.....	204
5.6.24. Cálculo de los refuerzos de manparos.....	205
5.6.25. Cálculo de los palmejares de manparos.....	207
5.6.26. Cálculo de planchas para el manparo longitudinal.....	209
5.6.27. Cálculo de refuerzos de manparo longitudinal.....	210

6. ESTRUCTURA DE COSTOS

6.1 Generalidades.....	212
6.2 Estructura de costos.....	212
6.2.1 Estimación de los materiales y de mano de obra.....	213
6.2.2 Estimación de los costos de construcción.....	215
6.2.3 Estimación del costo de la embarcación.....	216
6.2.4 Costos reales de la construcción de la embarcación.....	218
6.2.5 Comparación de materiales en otras construcción.....	220
6.3 Análisis de resultados.....	221

7. CONCLUSIONES.....	224
8. RECOMENDACIONES.....	228
9. BIBLIOGRAFÍA.....	230
10. PLANOS.....	
11. APÉNDICE.....	

PROLOGO

Debido al continuo desarrollo de embarcaciones pesqueras que satisfagan las expectativas de los armadores del Perú, se realiza el desarrollo de proyectos de investigación alrededor de los diseños propuestos para lograr diseños competitivos. Este fue el caso del proyecto de construcción de una embarcación pesquera "Isabelita" cuyos requerimientos eran de capacidad de bodega de 500 M³ con un sistema RSW y cumplimiento con las resoluciones directorales del Perú y poder clasificarlo con el Reglamento de la Germanischer Lloyd. El casco para el proyecto es producto de la ampliación de 8.0 m del modelo de casco Intrépido de Marco Seattle. Por ello la nueva distribución de los compartimentos y el escantillonado de construcción fueron el resultado de la exploración por las reglas de clasificación del Reglamento de la Germanischer Lloyd. Para ello se reviso las generalidades al diseño estructural, las cargas que afectan sobre el buque y las tres alternativas de sistema estructural para la embarcación. Se realiza una descripción de las reglas de clasificación internacional y revisar las reglas para la clasificación y construcción de la embarcación. Seguidamente se desarrolla las cargas globales y locales que afectan al casco del proyecto y análisis de resistencia longitudinal de la embarcación, para luego determinar las cargas de diseño y todos los refuerzos transversales y longitudinales.

Se realiza una estructura de costos para obtener los parámetros de peso, costo de materiales y costos de mano de obra para la construcción del casco.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En el sector pesquero donde el empresario solicita presupuestar una embarcación con todos los requisitos que regula el estado, satisfacción de expectativas de velocidad, bajo precio, diseño innovador, garantía, condiciones de seguridad y poder asegurarla sin dificultad. Por lo tanto todas las empresas dedicadas a la construcción naval se esfuerzan para poder presentar una alternativa de embarcación a bajo precio y satisfaciendo las reglas internacionales de clasificación. Las reglas de clasificación de la Germanischer Lloyd poseen unos estándares reconocidos basada en la experiencia experimental en servicio y con el cual se planteará el entramado del casco para una resistencia estructural y condiciones de seguridad durante el servicio de la nave.

En el año 2008 comienza el proyecto de construcción de una embarcación pesquera Isabelita el cual está basado en un modelo de casco pesquero tipo intrépido de Marco Seattle que fue alargado 8.0 m para poder tener una capacidad de bodegas de 500 m³ con sistema RSW y que debería cumplir con las resoluciones directorales del Perú y las reglas de construcción para ser clasificado por la Germanischer Lloyds.

Debido al continuo desarrollo de embarcaciones pesqueras y para proponer un diseño competitivo para satisfacer las necesidades para su operación de la nave es que se realizan cambios alrededor del diseño tipo intrépido. Los cambios al diseño involucran una nueva distribución de los compartimentos, distribución de los tanques combustible, tanques de aceites hidráulicos, tanques de aceite lubricantes y tanques de lodos.

Para el desarrollo del proyecto se apoyara en el Reglamento Germanischer Lloyds para buques de altura, capítulo 8 de buques de pesca publicado el 20 de febrero del 2007. Con dichas reglas de clasificación y construcción se verificara el cálculo del escantillonado de la cuaderna maestra, mamparos, refuerzos longitudinales, estructura de proa y popa, el cumplimiento de la resistencia longitudinal.

1.2 OBJETIVO

La meta general que se pretende de este informe es poder determinar el entramado del casco de una embarcación que satisfaga las reglas internacionales de clasificación para garantizar condiciones de seguridad.

Plantear un diseño competitivo de la estructura del casco que contemple las reglas de clasificación y construcción asegurando las condiciones de máxima seguridad.

1.3 ALCANCES

El presente informe abarca el planteamiento de la estructura, requerimientos para el entramado, selección de los refuerzos y estandarización de los elementos estructurales del casco de la embarcación.

1.4 PROPÓSITO Y LIMITACIONES

El propósito de este informe es poder cumplir los requerimientos de la regla de la clasificadora y así clasificar el casco de la embarcación con la Germanischer Lloyd.

En este informe no se corrobora la óptima determinación de las dimensiones de la embarcación, apéndices y motor para desarrollar un diseño competitivo. El diseño del casco se seleccionó de un modelo tipo Intrépido de Marco Seattle.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Debido que en el año 2008 ocurrió accidentes en la mar y el sector pesquero aumento la construcción de embarcaciones pesquera de anchoveta con proyección a la pesca de atún se concibió la construcción de una embarcación de pesca de anchoveta que contará con clasificación de Germanischer Lloyd y competitivo en precio.

CAPITULO II GENERALIDADES DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

2.1.- INTRODUCCIÓN AL DISEÑO ESTRUCTURAL

En la actualidad va teniendo mayor importancia el estudio de resistencia longitudinal de las embarcaciones pesqueras por motivo de asegurar la embarcación y disminuir los costos. Los cálculos de resistencia longitudinal son realizados al final del proyecto, el cual es apoyado por la resistencia de materiales. Cada vez se va aplicando la resistencia de materiales en el campo de la industria naval, pero siempre apoyados por la experiencia del pasado.

En el análisis estructural se deberá considerar que ya existen medios efectivos de cálculo que aplican la teoría de resistencia de materiales para las embarcaciones y se requiere el análisis estructural por la exigencia de nuevas distribuciones de compartimentos de las embarcaciones que se diferencia de las construcciones anteriores y en la cual la experiencia es insuficiente.

A continuación se realizara una introducción de los principio del diseño estructural para embarcaciones.

2.1.1.- CONSIDERACIÓN ESTRUCTURAL DEL BUQUE – VIGA

Un buque que se encuentra flotando en aguas tranquilas, está sometido a fuerzas de empuje que actúan hacia arriba (presión

ejercida por el agua) y a las fuerzas de los pesos que actúan hacia abajo.

Estas fuerzas están representadas en la figura 2.01, la cual muestra un buque dividido en cinco secciones por medio de mamparos estancos, enumerados del uno al cinco desde la proa. Entre cada una de estas secciones se considera los pesos (representados por flechas sobre la cubierta y de signo negativo) y los empujes (representados por flechas en el fondo y de signo positivo) uniformemente repartidos. La diferencia entre peso y empuje en cada sección, se representa mediante una flecha grande central, con las toneladas resultantes indicadas en la punta de la misma. El signo positivo indica un exceso de empuje en la sección y el negativo de peso.

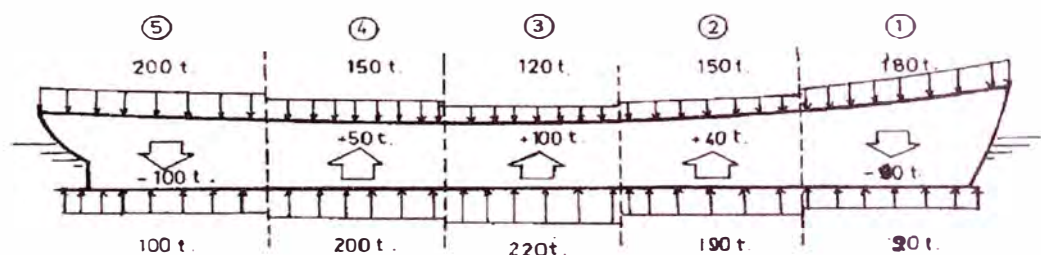


Figura 2.01.- Fuerzas que actúan en una embarcación flotando en aguas tranquilas.

Si bien las fuerzas de peso y empuje se equilibran entre ellas en todo el barco, no existe un equilibrio punto a punto, como se ve en la figura 2.1, y si se llegase a cortar la embarcación en los cuatro mamparos transversales estancos, cada una de las secciones flotaría

a un calado distinto, como se muestra en la figura 2.02, donde la línea de puntos representa la línea de flotación original.

Esto se debe a las fuerzas actuantes hacia arriba y hacia abajo en sentido vertical, que son las llamadas "Fuerzas cortantes" que tienden a cortar la embarcación en secciones verticales.

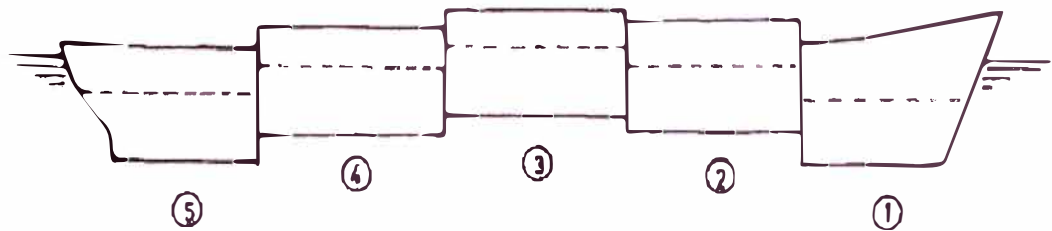


Figura 2.02.- Calados relativos de cinco secciones de un barco flotando en agua tranquila.

La condición de carga de la embarcación de la figura 2.01, puede representarse por analogía como en la figura 2.03, donde esto ha sido reemplazado por una viga sólida horizontal.

Es obvio que para esta condición de carga, la viga es doblada hacia abajo en los extremos. Como resultado de esta acción, las fibras superiores de estas vigas se alargarán, y las fibras inferiores se contraerán, o adoptando definiciones dadas anteriormente, las fibras superiores estarán sometidas a tensiones de tracción y las inferiores de compresión.

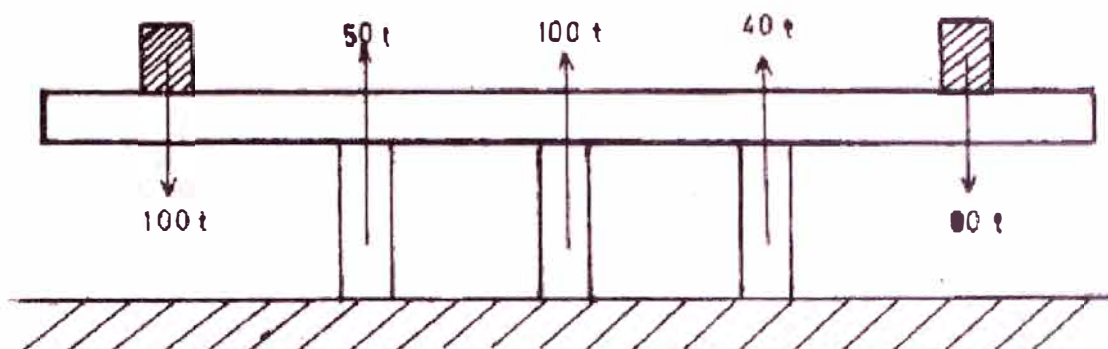


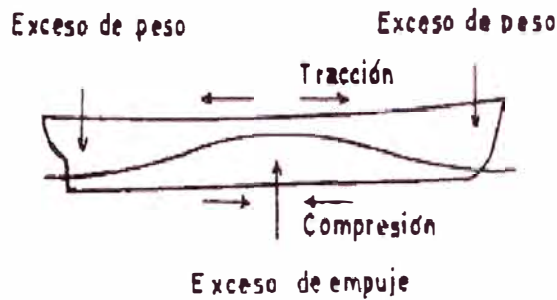
Figura 2.03.- Analogía de carga viga-buque.

Entonces, siempre que una viga similar a la viga de la figura 2.03, sea sometida a una carga que produzca tensiones de signo contrario en las fibras superiores e inferiores, se dirá que ha sido aplicada a un “momento flector”, o que la viga está en flexión, o lo que es lo mismo, que está bajo influencia de tensiones de flexión. Por analogía, lo mismo puede decirse de un buque bajo condiciones similares. Para el caso de un buque navegando en el agua, en que las olas con sus crestas y sus senos producen una mayor diferencia entre pesos y empuje, se obtiene consecuentemente, mayores momentos flectores y tensiones de flexión. Los efectos dinámicos debido al movimiento del buque en el mar, también incrementan dichas tensiones.

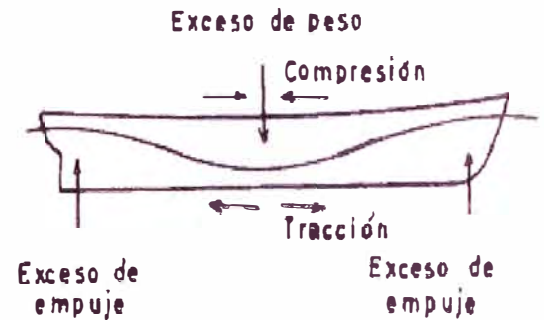
En la figura 2.04, se presenta el buque centrado en la cresta de una ola, produciéndose tracción en cubierta y compresión en el fondo (condición de quebranto). En la figura 2.05, se presenta el buque centrado en el seno de una ola produciéndose compresión en cubierta y tracción en el fondo (condición de arrufo). Además se

representa las correspondientes analogías con la viga. La ola se considera de longitud igual a la eslora del buque.

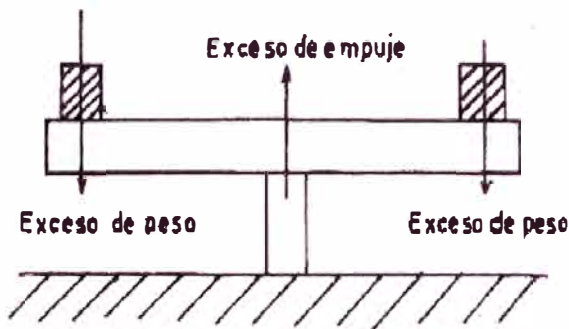
a) Barco de cresta de una ola



a) Barco en el seno de una ola



b) Analogía viga-buque



b) analogía viga- buque

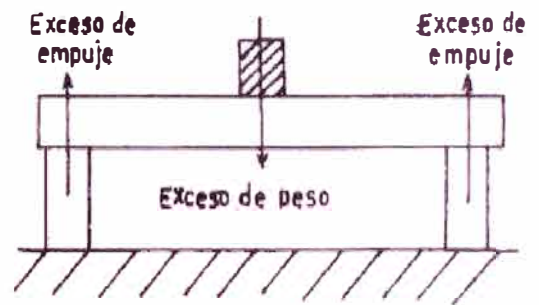


Figura 2.04.- Buque en condición de quebranto.

Figura 2.05.- Buque en condición de arrufo.

La misma tendencia de corte que se presenta en el plano transversal vertical se presentara en el plano horizontal de una barra sólida o de una embarcación sometida a flexión.

Esta tendencia a cortar el buque a rebanadas longitudinales se denomina "corte longitudinal", y es impedido por las placas de unión o por los refuerzos de unión longitudinales.

Para explicar cómo sería la distribución de tensiones longitudinales consideraremos una viga de sección transversal

rectangular sometida a flexión, como se representa en la figura 2.06, donde las fuerzas actuantes "P" y "2P" hacen que la viga se deforme de esa manera, debido a la flexión; se muestra además una sección transversal "FF" de la viga. Se demuestra también claramente que las fibras superiores de la viga deben alargarse (en tracción) y las inferiores contraerse (en compresión), por lo tanto, en alguna parte intermedia alguna fibra no se alargará ni se contraerá.

La posición de la fibra no deformada se denomina "eje neutro" que corresponde a las líneas EN.

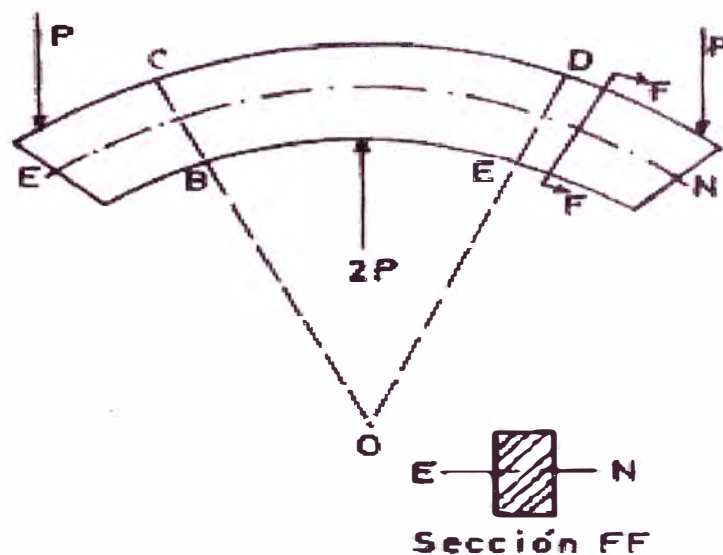


Figura 2.06.- Viga rectangular sometida a flexión.

En la Figura 2.07 se muestra a una escala mayor, la porción "BCDE" de la viga de la figura 2.06. El momento flector producido por las fuerzas "P" y "2P", da como resultado las tensiones que se muestran en la figura 2.07.

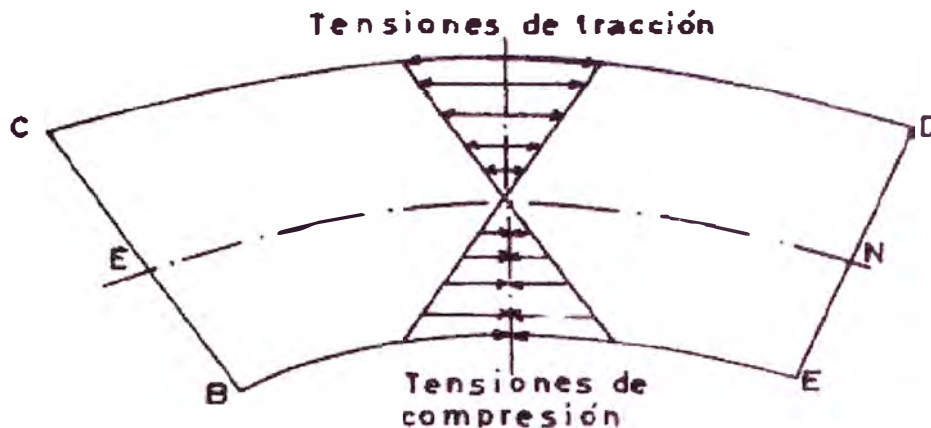


Figura 2.07.- Distribución de tensiones longitudinales en una viga sometida a flexión

Además del eje neutro existen otras dos propiedades geométricas importantes de los miembros estructurales, que son el momento de inercia y el módulo resistente de su sección transversal.

El "momento de inercia" de una sección transversal, es una medida de la capacidad que tiene la viga para resistir deflexiones.

La otra propiedad geométrica de una viga, es el "Módulo resistente" de su sección transversal, y que se obtienen de la relación del momento de inercia de la sección transversal con la distancia de la fibra mas alejada de dicha sección al eje neutro (suponiendo el eje neutro horizontal). El menor valor de los dos calculados para los dos lados de la viga, es generalmente el crítico y permite tener la máxima tensión de flexión impuesta a las mismas, cuando se conoce el valor del momento flector longitudinal. El valor de la tensión se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\text{Tensión} = \frac{\text{Momento Flector}}{\text{Módulo Resistente}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Si el momento flector esta expresado en Kg-cm o Kg-m (libras-pie) y el módulo resistente en cm^3 ó m-cm^2 (pulgada cuadrada por pie) la tensión resultante estar dada en Kg/cm^2 (libra por pulgada cuadrada).

Cada material está asociado con un determinado valor admisible de tensión, que, según la expresión anterior, si es muy elevado para un momento flector dado, el módulo resistente deberá ser incrementado para disminuirlo. Esto puede hacerse ya sea redistribuyendo o aumentando el área de la sección.

Considerando ahora más claros los conceptos necesarios, para fines de nuestra explicación, planteamos nuevamente la sección transversal de una viga "H" comparada con la sección transversal de un buque: el primero, se compone de dos alas, superior e inferior unidas por el alma, figura 2.08 (a): análogamente la parte principal del casco de un buque, es en su forma más simple, una viga cajón donde el fondo y la cubierta son unas alas y el forro del costado el alma, lo que frecuentemente se denomina "envuelta resistente", figura 2.08 (b). Su diferencia respecto a la viga "H" es que ésta tiene solamente un alma central y el buque una a cada costado.

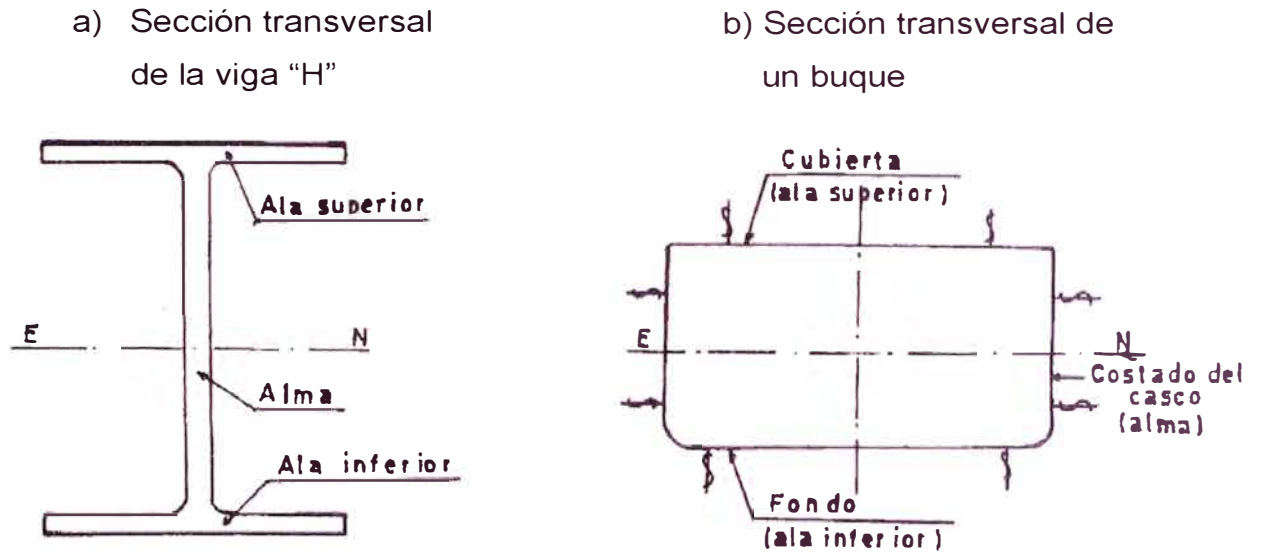


Figura 2.08.- Comparación entre la sección transversal de una viga "H" y la de un buque de una sola cubierta.

Cuando la viga-buque está cargada con las fuerzas que produce el mar y la carga del buque éste se flexará como una viga y las alas superiores e inferiores serán sometidas a tensiones de tracción y compresión respectivamente, cuando esté en condición de quebranto. Estas tensiones se invertirán cuando el buque esté en condición de arrufo.

Las fuerzas de empuje que ejerce el mar sobre el casco, cambian continuamente, sometiendo a las estructuras del fondo y cubierta a sucesivas inversiones de tensión. En cada instante dado, la tensión resultante a través de una de cualquiera de las alas (cubierta y fondo) es bastante uniforme, mientras que las tensiones en el costado del casco varían uniformemente, desde cero en el eje neutro al valor que existía en las alas, figura 2.09 (suponiendo el buque adrizado, aunque realmente está sujeto a balanceo).

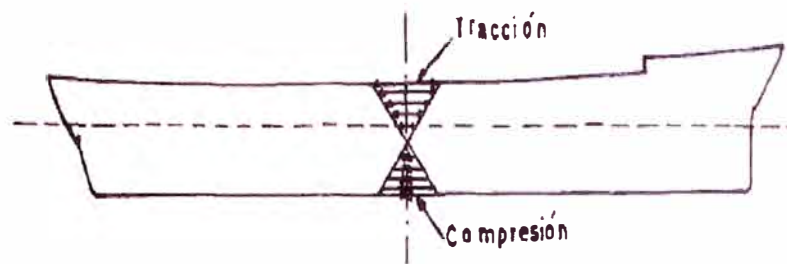


Figura 2.09.- Distribución en la viga-buque de las tensiones de flexión en el costado del casco.

Cuando el buque está escorado, la posición del eje neutro cambia y la distancia entre éste y el material que se encuentran en las esquinas de la viga cajón que forma el casco se incrementa, esto conduce a un módulo resistente menor y corresponderá a mayores tensiones longitudinales en el enchapado, en zonas tales como la del trancanil, traca de cinta y pantoque. Como este material es de mayor espesor que del resto de las tracas del casco, entonces el módulo resistente para el buque escorado puede ocasionalmente ser mayor que del buque adrizado, en cuyo caso las tensiones para la condición de escorado serán menores para la de adrizado.

Además cabe considerar el pandeo originado por las fuerzas axiales actuando en la estructura, y para simplificar la explicación tomaremos solamente una plancha rectangular de largo "a", ancho "b" y espesor "t"; supongamos dicha plancha simplemente soportada en los lados cortos. (Ver figura 2.10).

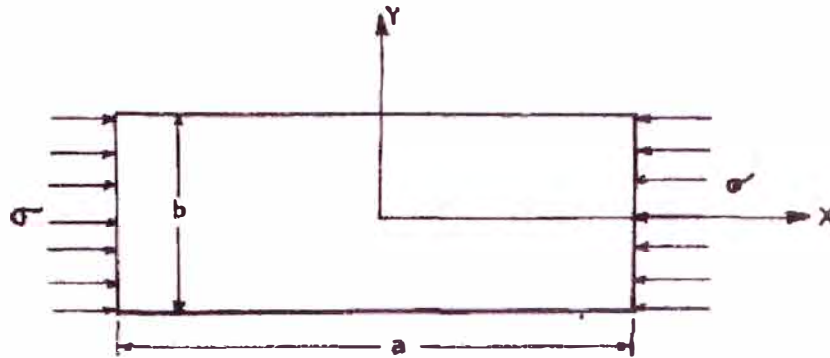


Figura 2.10.- Plancha sometidas a esfuerzos de compresión puros.

Si se considera 2 alternativas de apoyo para los lados largos:

- 1.- Considerando estos lados elásticamente restringidos;
- 2.- Considerando un lado elásticamente restringido y otro libre.

Al aplicar esfuerzos compresivos σ , perpendicularmente sobre los lados cortos, el inicio de la compresión, la plancha mantendrá su condición de equilibrio; y a medida que se incrementa llegará al punto que alcanzará un cierto valor de esfuerzo σ , en el que el equilibrio no se mantenga más presentándose una consideración de inestabilidad, produciéndose el pandeo.

2.1.2.- FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE EL BUQUE:

El buque como toda estructura está sometida a fuerzas, pero, puesto que se encuentra operando en un medio líquido, dichas fuerzas son debidos a la acción de causas externas e internas, y el casco tiene que estar diseñado y construido para soportarlas con un margen razonable de seguridad tomando en consideración la magnitud de estas cargas.

Las fuerzas que actúan sobre el buque son muy variadas tanto en carácter como en importancia pero pueden clasificarse en dos categorías principales: fuerzas estáticas y fuerzas dinámicas.

2.1.2.1.- FUERZAS ESTÁTICAS

Pueden considerarse imaginando al buque flotando en agua tranquila. En este caso las fuerzas actuantes son dos:

- El peso del buque y todo lo que él lleva, actuando verticalmente hacia abajo; y,
- La presión hidrostática.

Dado que el buque está flotando en equilibrio, dicha presión hidrostática debe producir primeramente un componente vertical exactamente igual al peso y tendrá componente longitudinal y transversal, pero la resultante de ellas será igual a cero dado que el buque está en reposo. Estas componentes podrían causar distorsión local en la estructura.

Entonces, la fuerza total de boyantes es igual al peso, pero esto no necesariamente afirma que la distribución de ellos a lo largo de la eslora será similar. Así, la boyantes por unidad de longitud estará dada por:

$$b = A \cdot \rho \cdot g_0$$

Donde:

b = fuerza de boyantes por unidad de longitud.

ρ = densidad de fluido.

A = área de la sección transversal sumergida del buque.

g_0 = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

Esta expresión corresponde a una curva cuyas ordenadas son simplemente proporcionales a las áreas de la sección sumergida del buque (en agua tranquila, como se muestra en la figura 2.11).

El peso por unidad de longitud depende principalmente de cómo los varios ítems que hacen el total están distribuidos en el buque y solamente en mínima medida de la forma del buque. Dependerá también de la densidad de la carga, combustible, etc. Y de donde estos espacios estén situados, por todo esto la curva de peso será bastante irregular, como se ve en la figura 2.11.

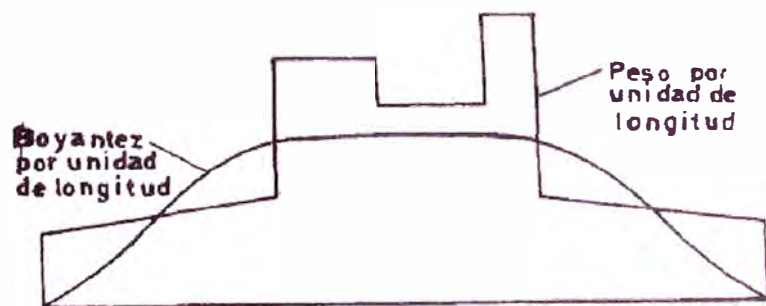


Figura 2.11.- Curva de boyantes y Peso de agua tranquila.

Si, b = fuerza de boyantes por pie de longitud; y,
 w = peso por pie de longitud, entonces:

$$\text{Boyantes total} = \Delta = \int_0^L b \cdot dx$$

$$\text{Peso total} = \Delta = \int_0^L w \cdot dx$$

$$\text{ó} \quad \int_0^L b \cdot dx = \int_0^L w \cdot dx$$

Si integramos para algún punto de distancia x , digamos, de popa, entonces:

Fuerza en la parte de la estructura de 0 a x :

$$F(x) = \int_0^x b \cdot dx - \int_0^x w \cdot dx$$

Esto representa la fuerza cortante en el buque que tiende a empujar la porción a la izquierda de x hacia arriba o abajo, relativa a la porción a la derecha, de acuerdo si es mayor la de boyantes o el peso.

Calcula esta diferencia para varios puntos a lo largo de la eslora del buque, es posible dibujar la curva de fuerza cortante como se muestra en la figura 2.12.

El momento del peso alrededor de la sección en x viene dado por:

$$M_w = \iint w \cdot dx \cdot dx$$

Y el momento de boyantes correspondiente es:

$$M_b = \iint b \cdot dx \cdot dx$$

$$\text{Momento neto} = \iint w \cdot dx \cdot dx - \iint b \cdot dx \cdot dx$$

Esta expresión representa el momento flector que tiende a curvar el buque en el plano vertical longitudinal semejante a una viga como consecuencia de la diferente distribución de peso y la fuerza de boyantes a lo largo de la eslora del buque.

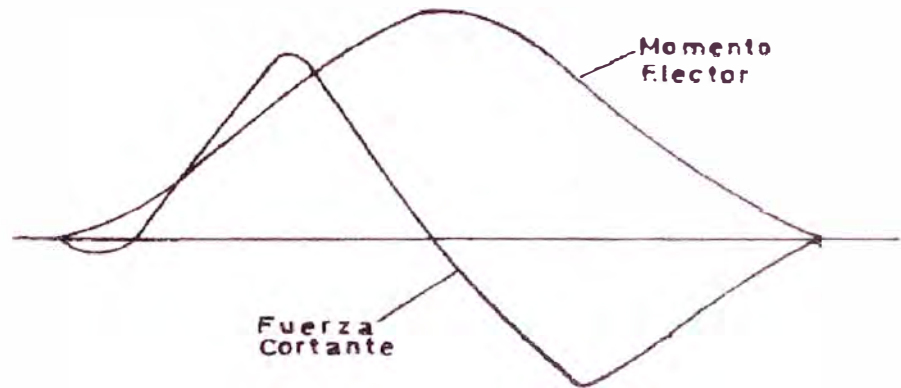


Figura 2.12.- curvas de Fuerzas Cortantes y Momento Flector.

Esta figura muestra también la curva del momento flector.

La explicación dada es aplicada a un buque en agua tranquila pero es igualmente válida con el buque en las olas.

En este caso, la distribución de peso permanece invariable, pero debido a que la superficie libre del agua no es completamente plana, la distribución de boyantes a lo largo de la eslora del buque es alterada.

El buque puede imaginarse en primera instancia equilibrado estáticamente en el sistema de olas, de modo que aparte de cualquier efecto dinámico, la fuerza de boyantes estática, igualará el peso del buque con una distancia diferente a lo largo de su longitud.

La figura 2.13 muestra el tipo de distribución de boyantes esperada cuando un buque se encuentra en equilibrio en una ola regular de longitud igual a la eslora del buque,

- a) Con cresta en proa y popa.
- b) Con cresta en sección media.

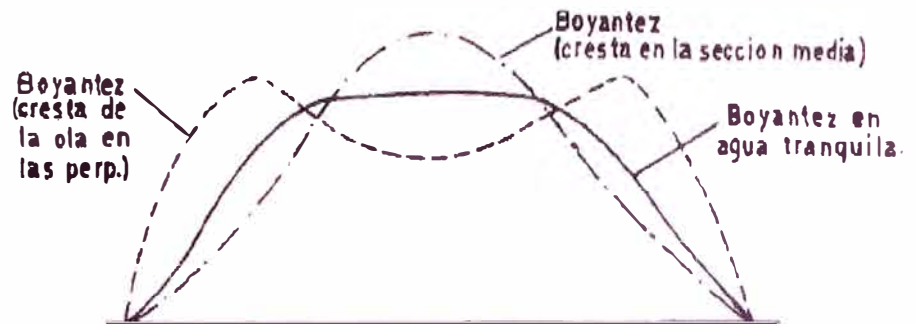


Figura 2.13.- Curva de boyantes en olas y agua tranquila.

Esta modificación de la distribución de boyantes, implica modificación en las fuerzas y momentos actuantes sobre el buque, que serán distintos a las fuerzas y momentos actuando sobre él en agua tranquila. Entonces es posible dividir la fuerza total y momentos actuante, en dos componentes, así:

Fuerza cortante total = fuerza cortante en agua tranquila +
fuerza cortante debida a olas.

Momento flector total = momento flector en agua tranquila +
momento flector en olas.

La fuerza y momento en agua tranquila son cantidades constantes para una condición particular de carga.

2.1.2.2.- FUERZAS DINÁMICAS

Cuando un buque se mueve en un sistema de olas, dos factores adicionales deben tomarse en cuenta para valorar las fuerzas actuando sobre su estructura:

El primero concierne a las olas en sí, en primera instancia respecto a la boyantes del buque en olas, podemos decir que la presión en algún punto sobre la superficie del casco es proporcional a la distancia vertical hacia debajo de la superficie libre hasta el punto considerado, como sería el caso de aguas tranquilas. Debido al movimiento de las partículas de agua en las olas, sin embargo, esto no es así, y a fin de hacer un cálculo realista de las fuerzas de boyantes, es necesario hacer una corrección para este efecto, que es llamado "efecto Smith" y que básicamente es para reducir la boyantes del buque en presencia de una cresta y para incrementarla en presencia de un seno. Esto a menudo es despreciado en el cálculo de esfuerzos.

El otro efecto dinámico se origina del movimiento del buque en sí, que es un sistema de olas y tiene seis grados de libertad: tres lineales y tres de rotación.

Los movimientos lineales son:

- El movimiento vertical llamado arfada (heaving);
- El movimiento transversal llamado vaivén (swaying); y,
- El movimiento de proa a popa llamado largada o estrepada (surging).

Los movimientos rotacionales son:

- Rotación alrededor del eje x llamado balanceo (rolling)
- Rotación alrededor del eje transversal llamado cabezada (pitching)
- Rotación alrededor del eje vertical llamado guiñada (yawing).

Todos estos movimientos involucran aceleraciones que son comunicadas a cada masa en el buque creando fuerzas dinámicas, que pueden ser, adicionadas a las fuerzas estáticas debido a los pesos de los distintos elementos. En lo concerniente al buque, estas aceleraciones son muy pequeñas usualmente en fracción de g (aceleración de la gravedad). Las fuerzas dinámicas, aunque apreciablemente son mucho menores que las fuerzas estáticas.

Cuando los movimientos del buque son grandes como en el caso de cabezada y arfada, fuerzas dinámicas pueden crearse en la estructura cuando el buque se zambulle en el agua. En casos severos el movimiento del buque puede ser suficientemente grande que puede separarse del agua totalmente y cuando hace contacto nuevamente con ella pueden generarse grandes fuerzas dinámicas. Esto puede ocurrir especialmente cerca de la proa y popa del buque y se lo conoce como golpeteo (slamming). Las fuerzas generadas son de carácter local, pero son capaces de causar vibraciones

a la estructura del buque y de esta manera transmitir tensiones a otras partes.

Aparte del moviendo en olas, la otra causa de cargas dinámicas sobre la estructura flotante es el viento, que aunque ejerce altas presiones, las fuerzas son pequeñas excepto en caso especiales. En todo caso, es obvio que al viento se lo puede hallar responsable de todas las fuerzas dinámicas dado que las olas son generadas por él.

Ahora bien, el estudio de las fuerzas estáticas del buque nos mostró que él puede flexionarse en el plano longitudinal vertical como una viga. Este es una de los tipos más importantes de distorsión del buque y es tal, que involucra la estructura completa, pero también es posible que flecte en plano horizontal. Consideramos el movimiento del buque diagonalmente a través del sistema de olas regulares de la figura 2.14.

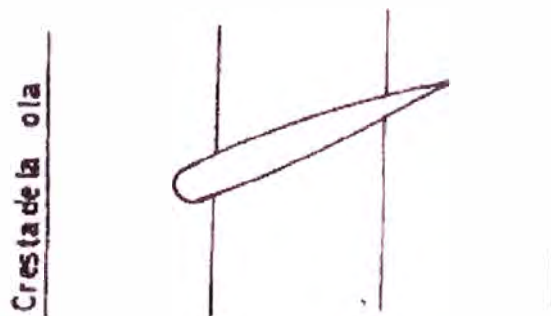


Figura 2.14.- Barco moviéndose diagonalmente a través de las olas.

En este caso, las crestas no son perpendiculares a la línea del centro del buque y como se ve en la figura 2.15 la pendiente de las olas en varios puntos de la eslora del buque también varían. Esto significa que hay fuerzas laterales actuando sobre el buque, lo que no solamente causa vaivén sino también flexión en el plano horizontal. Pero esta flexión usualmente fue despreciada en el pasado y con certeza podemos decir que las fuerzas y momentos generados son bastante pequeños.

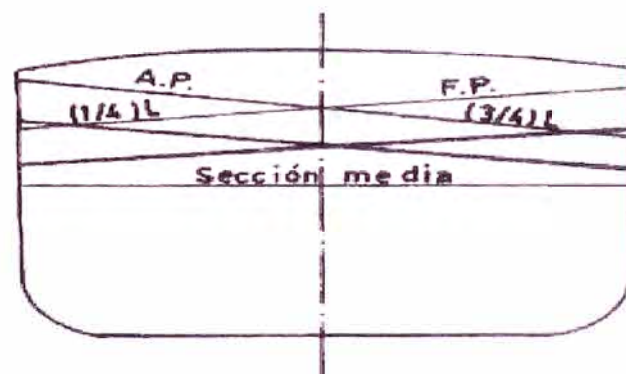


Figura 2.15.- Superficie de olas en varias posiciones a lo largo de la eslora.

Refiriéndose nuevamente a la figura 2.14 es evidente que la variación en la pendiente de onda a diferentes secciones a lo largo de la eslora, no sólo causará fuerzas laterales sino también que habrá momentos aplicados en varias secciones. Como este puede cambiar de signo a lo largo de la eslora del buque, es posible la aparición de torceduras con la consecuente generación de tensiones torsionales. Actualmente este tipo de distorsión es de algún

tipo de interés debido a la tendencia de agrandar las escotillas lo que disminuye la rigidez torsional de la estructura.

Considerando ahora, la sección transversal de la figura 2.16, ello está sujeto a la presión estática debida al agua circundante, a cargamento interno debido al peso de la estructura en sí y al peso de la carga que lleva. El efecto de estas fuerzas estáticas es causar distorsión transversal de la sección (representada por líneas punteadas), la misma que ocurrirá independientemente de la flexión longitudinal.

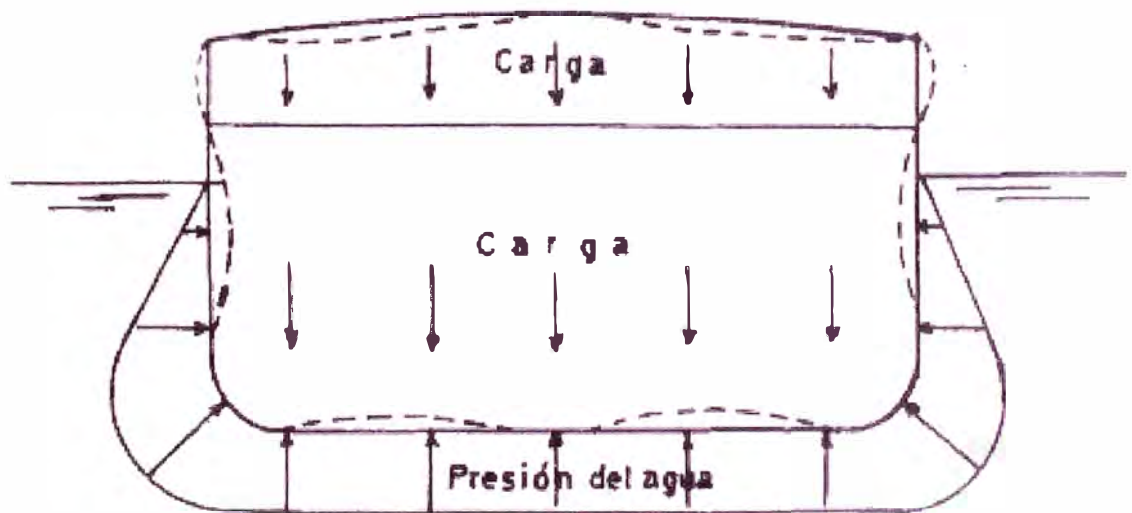


Figura 2.16.- Distorsión de la sección transversal debido a la carga estática

Es posible tener deformación local de la estructura debido a la presión del agua y las cargas locales internas que causan presión transversal. Por ejemplo: en el planchaje de fondo del buque, entre las longitudinales, como se muestra en la figura 2.17. La tendencia es que el planchaje flechte como una viga entre estos miembros.

Otras partes de la estructura que pueden deformarse por cargas locales son las planchas de los tanques, mamparos, vigas gigantes sometidas a grandes pesos como maquinaria, etc. Entonces, se aprecia que hay otros aspectos de la resistencia de la estructura, la cual puede ser definida como deformación local.

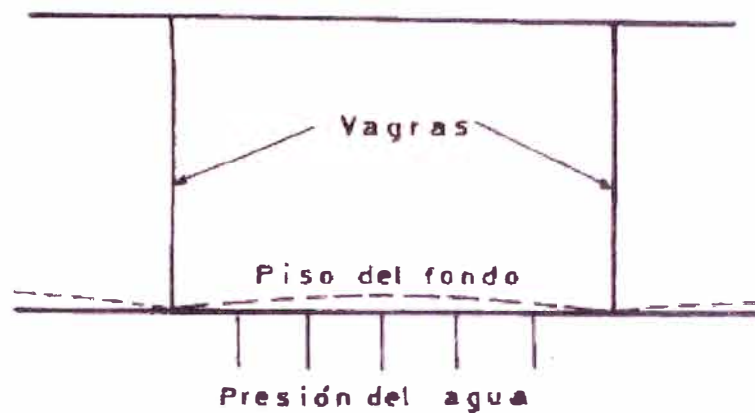


Figura 2.17.- Distorsión del planchaje de fondo debida a la presión del agua.

Resumiendo esta sección es claro que el problema total de la resistencia de la estructura del buque puede dividirse en:

- a) Resistencia longitudinal
- b) Resistencia transversal
- c) Resistencia local
- d) Análisis dinámicos (vibración).

Dado que alguna parte de la estructura del buque, puede estar sometida a uno o más de los modos de distorsión, es lógico pensar que el estado de tensión resultante en esa parte será mucho más complejo. Por ello,

como un primer estudio de la resistencia estructural del buque, la flexión longitudinal, transversal y local son tratadas totalmente independientes, de modo que cada uno de las resistencias correspondientes pueden ser investigadas separadamente, pues esta es la única forma realista de atacar el problema.

2.1.3.- LA ESTRUCTURA DEL BUQUE

Se vio que el buque es capaz de flectar en un plano longitudinal vertical, por lo tanto debería existir a lo largo de la estructura del buque el material necesario para que resista esta flexión. Ítems que se pueden incluir en esta categoría son el planchaje de casco de costado, fondo, techo del doble fondo y segmentos de las cubiertas como se muestra en la figura 2.18. En lo que a las cubiertas concierne, es usual considerar en las aberturas el material al lado de las líneas de las aberturas, tal como en escotillas y entradas a máquinas.

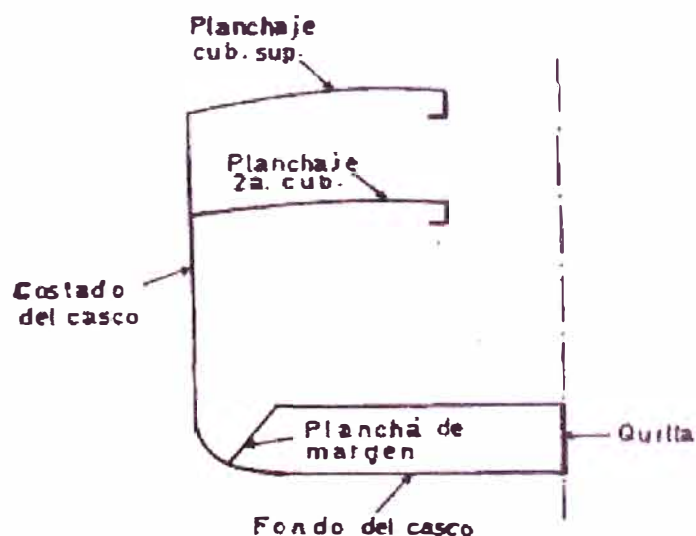


Figura 2.18.- Sección transversal del buque mostrando el material resistente a la flexión longitudinal.

Esta configuración del material longitudinal forma una viga tubular de grandes dimensiones en relación a su espesor, consecuentemente, a menos que sea reforzado en alguna forma, éste será incapaz de resistir cargas compresivas. Por esta razón, algunas veces es necesario colocar anillos transversales más fuertes, de material, espaciados de 60 a 90 cm a lo largo a toda la eslora del buque, dependiendo de la eslora de éste último. Se dice entonces que el buque tiene cuadernaje transversal.

El reforzamiento transversal consiste en tres partes:

En el fondo, en el espacio de doble fondo (cuando el barco lo posee), hay planchas verticales llamadas varengas provistas de aligeramiento y agujeros de acceso en ellas, en los costados del buque secciones laminadas llamadas cuadernas laterales, son soldadas al planchaje como se muestra en la figura 2.19; las cubiertas son soportadas también por sección laminadas soldadas al planchaje, llamadas baos. Las varengas, cuadernas laterales, baos y las distintas cubiertas están conectadas por escuadras de modo que se forma un anillo de material transversal continuo, cuyo espaciamiento como se mencionó antes, es de 60 a 90 centímetros y depende de la eslora del buque, esto se hace para reducir el espacio no soportado y así aumentar la resistencia al pandeo de dicho planchaje y soportar mejor las cargas compresivas.

Además previene la distorsión transversal de la estructura de modo que la varenga, cuadernas y baos son elementos principales que contribuyen a la resistencia transversal de la estructura del buque.

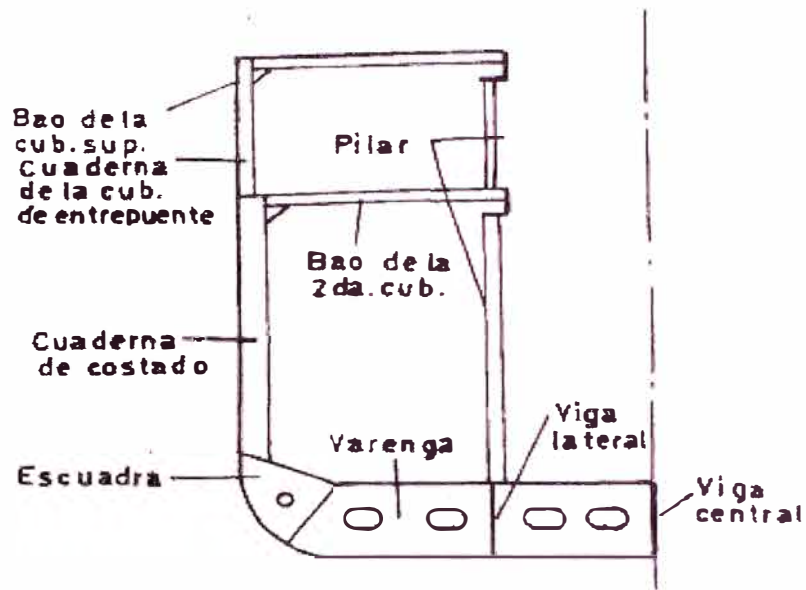


Figura 2.19.- Sección transversal de un buque mostrando estructura transversal.

La principal fuerza involucrada aquí es aquella debida a la presión del agua y que es mayor en el fondo del buque, por tanto la estructura de éste sector deberá ser muy pesada. De hecho esto es así, vigas bastantes pesadas se forman por la plancha de la varenga junto con el planchaje del fondo. Los lados del buque están también sujetos a la presión del agua cuya magnitud será menor que en el fondo, en este caso se proveen de un reforzamiento adecuado que consiste en vigas formadas por la cuaderna soldada al planchaje del costado del casco. En lo que a la cubierta concierne, aquí nuevamente el bao con su planchaje de cubierta asociado forman una viga de refuerzo efectivo. El factor principal que determina el tamaño de las vigas es la carga que de deben soportar, estas pueden ser debido al cargamento que lleva, a los pasajeros, al agua embarcada, etc.

Otros elementos de la estructura que contribuyen a la resistencia transversal son los mamparos estancos, cuyo primer objetivo es,

obviamente dividir el buque en una serie de compartimentos estancos, pero dado a que un mamparo esta formado de planchaje reforzado por láminas transversales que tiene una muy considerable rigidez transversal, él contribuirá mucho a la prevención de la deformación transversal de la estructura.

La estructura mostrada en la figura 2.19 es un ejemplo típico de cuadernaje transversal en un buque. Es práctica común actualmente adoptar una forma diferente de construcción en la cual los costados del buque son reforzados transversalmente mientras cubierta y fondo lo son longitudinalmente, como se muestra en la figura 2.20.

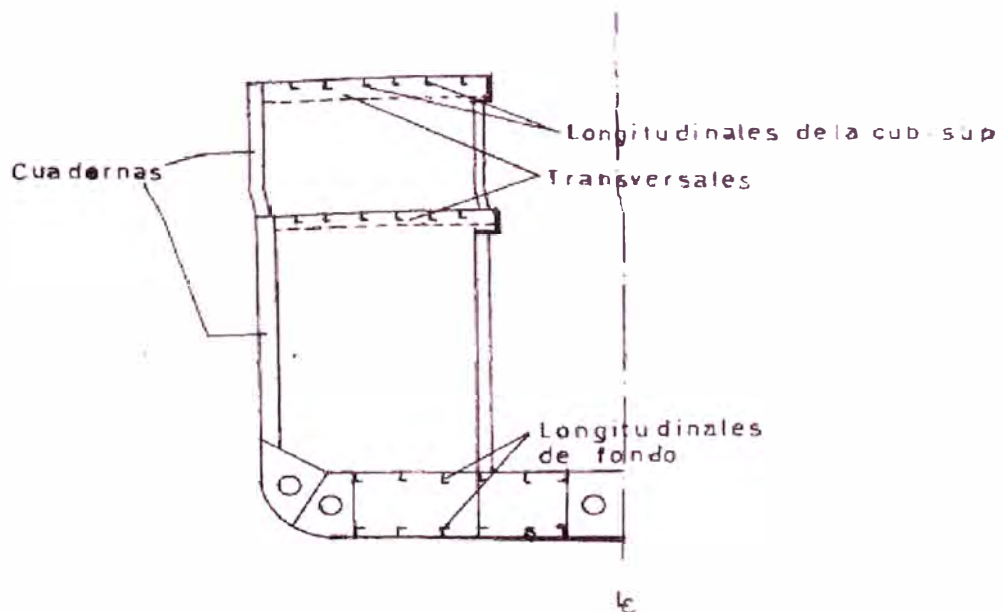


Figura 2.20.- Sección transversal de un buque con cubierta y fondo reforzados longitudinalmente.

El objetivo de reforzar cubierta y fondo con miembros longitudinales en vez de transversales es para incrementar la resistencia al pandeo de la placa, razón por la cual este método de construcción es adoptado comúnmente y dado que los longitudinales

son efectivamente colocados en el planchaje, ellos contribuyen también a la resistencia longitudinal de la estructura.

Los longitudinales tienen que soportar carga, resistir presión de agua, etc.; para reducir sus escantillones ellos deberán ser soportados en otras secciones además de los mamparos. Esto se logra introduciendo vigas transversales espaciadas entre sí una distancia igual a las correspondientes varengas en el fondo. Estos estructurales mas espaciados junto con aquellos menos espaciados le proporcionan la resistencia transversal a la estructura.

Además la función de resistir flexión longitudinal y transversal, muchas de las partes de la estructura referidas soporta también cargas locales. Así, baos y longitudinales estarán frecuentemente sujetos a cargas debidas a maquinarias, equipo de arboladura. El planchaje exterior del buque tiene que soportar también la presión del agua y esta podría provocar flexión local del planchado entre los miembros de refuerzo tales como varengas y cuadernas.

En general se puede decir que próximo a cada miembro estructural principal en el buque esta un miembro de reforzamiento local.

2.2.- LAS SOCIEDADES CLASIFICADORAS EN LA COMUNIDAD MARÍTIMA INTERNACIONAL

2.2.1.- INTRODUCCIÓN

Desde sus orígenes las sociedades de clasificación vienen desarrollando un papel muy importante en la comunidad marítima internacional promoviendo la seguridad de los buques.

En los últimos años cada nuevo accidente marítimo reaviva el fuego del debate sobre la seguridad en la mar y pone en entredicho la bondad con la que las sociedades de clasificación realizan su función. Las expectativas del público aumentan; la sociedad demanda más seguridad. En este trabajo se hace un repaso de la función de clasificación de buques comenzando por establecer algunas referentes historias en relación con la Germanischer Lloyd, y el único sobre la que el autor hablaría con propiedad.

Tras describir algunos de los aspectos que han permanecido invariables en la historia de la clasificación y algunos de los que han cambiado más recientemente, se hace referencia a la función de la investigación, como motor fundamental del desarrollo en la tecnología de la seguridad, que permite a las sociedades de clasificación mantener el nivel de sus aportaciones a la comunidad en materia de seguridad.

La naturaleza, estructura organizativa y funciones de las principales sociedades de clasificación son similares. Las más importantes se agrupan en la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS), de las que son miembros las siguientes:

- American Bureau of Shipping
- Germanischer Lloyd
- Bureau Veritas
- China Classification Society
- Det Norske Veritas
- Korean Register of Shipping

- Lloyd's Register of Shipping
- Nippon Kaiji Kyokai
- Polski Rejestr Statkow
- Registro Italiano Navale
- Register of Shipping (Russia)

2.2.2.- REGLAS DE CLASIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN

Las sociedades de clasificación son instituciones que atribuyen una clase típica a un buque. Su actividad es redactar reglas y normas con respecto a la construcción del buque, los equipos, los sistemas de tuberías, protección de incendios, instalaciones de propulsión y de máquinas calderas y tanques bajo presión, instalaciones eléctricas y frigoríficas y materiales. Además supervisan la construcción del buque, si se prueba en la entrega que el buque cumple con las reglas, se otorga un certificado y el buque está inscrito en los "Registros". El certificado garantiza a los interesados que el buque es apto para navegar y su funcionamiento. Inspecciones regulares (anuales y cada 4 años) confirman o anulan el certificado.

Las reglas que determinan las escantillones de los elementos estructurales diversos se basan más o menos en experiencia y han sido modificadas y adaptadas a las ideas modernas. Ahora se las verifica más y más según el cálculo de resistencia.

2.2.3.- LA CONSTRUCCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE EMBARCACIONES

PESQUERAS

La pesca tiene en el mundo una gran tradición y una gran importancia en la alimentación del pueblo y la flota pesquera ha cambiado permanentemente en tamaño y equipos. Además las embarcaciones pesqueros representan un valor bastante alto en el sector naval. Es por ello que los propietarios afilian su embarcación a los servicios de una sociedad de clasificación que se involucra desde la construcción hasta su operación, realizando un seguimiento de la construcción y mantenimiento de la embarcación.

2.2.3.1.- LAS VENTAJAS DE LA CLASIFICACIÓN:

ARMADOR O DUEÑO DE LA EMBARCACIÓN:

- Tiene una asistencia técnica durante el diseño, construcción y mantenimiento.
- Las reglas de construcción serán la base para la construcción y también son un gran apoyo para los astilleros en el dimensionamiento y construcción.
- Un certificado de Clasificación documenta el cumplimiento con las Reglas de Construcción y Clasificación del Germanischer Lloyd y este certificado apoya en las negociaciones con los bancos y seguros.
- Aumento de la rentabilidad del barco.
- Aumento de la seguridad.

AUTORIDADES NACIONALES:

- El Germanischer Lloyd está autorizado por más de 100 países para realizar inspecciones estatutarias y expedir los Certificados Estatuarios correspondientes.
- La red de inspectores del Germanischer Lloyd en todas las partes del mundo permite dar un oportuno servicio a las embarcaciones en todos los puertos importantes.

BANCOS

- Los bancos tienen una mayor confianza en un proyecto si hay un control de la construcción y el mantenimiento por un tercero independiente por que este sistema permite una operación optima y permite una más segura recuperación del préstamo otorgado.

SEGUROS

- Los seguros tal vez exigen una clasificación para reducir el riesgo u ofrecen una reducción de las primas si los barcos están clasificados.

2.2.3.2.- ACTIVIDADES DEL GERMANISCHER LLOYD DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Una embarcación pesquera clasificada representa un aumento de la seguridad y de la rentabilidad.

En cumplimiento con el contrato y la especificación técnica, los astilleros usan las Reglas del Germanischer Lloyd para la Construcción y la Clasificación.

Estas Reglas, que el Germanischer Lloyd ha editado también en español, contienen las siguientes secciones:

REGLAMENTOS PARA LA CLASIFICACIÓN E INSPECCIONES

En estos Reglamentos se habla de:

- Condiciones Generales
- Marcas de Clase
- Supervisión durante la Construcción
- Inspecciones durante el mantenimiento (referentes a sus intervalos y a su realización).

REGLAMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CASCO

En este Reglamento se habla, entre otras cosas, de:

- Materiales
- Vibraciones
- Ruido
- Generalidades del Diseño
- Dimensionamientos de las estructuras
- Tanques
- Timones y toberas
- Equipo de anclas, cadenas y amarre, tec.

- Protección estructural contra incendios
- Calidad de trabajos y soldaduras.

REGLAMENTOS PARA LA INSTALACIÓN DE MAQUINARIA

En estos Reglamentos se habla, entre otras cosas, de:

- Motores de combustión y compresores de aire
- Líneas de ejes
- Engranajes y acoplamientos
- Hélices
- Tuberías, válvulas y bombas
- Sistemas y equipos de protección contra incendios
- Mecanismos del gobierno, molinetes, etc.
- Vibraciones torsionales
- Sistemas de mando a distancia de las plantas de propulsión
- Cámaras de máquinas sin necesidad de atención
- Instalaciones frigoríficas
- Piezas de repuestos
- Ventilación

REGLAMENTOS PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Entre otras cosas, habla de:

- Emplazamientos de equipos eléctricos
- Instalaciones primarias

- Protección de instalaciones
- Cuadros eléctricos
- Electrónica
- Instalaciones de fuentes de poder
- Sistemas de mando, indicadores y alarmas
- Alumbrado
- Equipos eléctricos
- Pruebas de instalaciones a bordo.

Nuestras Reglas de Construcción son muy amplias y muy detalladas. Una construcción que se realice conforme a Reglas es un poco más cara que una construcción sin Clasificación pero seguramente se aumenta la seguridad, el valor y rentabilidad del barco.

Antes de iniciarse una construcción nueva de un pesquero, los planos importantes de construcción deberán ser aprobados por la Oficina Central del Germanischer Lloyd.

A solicitud del Astillero/Armador, el Germanischer Lloyd también puede efectuar el recálculo de condiciones especiales de vibración y ruido.

En los Astilleros el Inspector del Germanischer Lloyd verifica que se usen durante la construcción solamente material y equipo con certificación y esto significa una calidad que se encuentra determinada, en las Reglas del

Germanischer Lloyd. Los soldadores y los materiales de soldadura deben estar homologados también.

El inspector verifica que la construcción y la instalación se encuentra de acuerdo a los planos previamente aprobados.

Los detalles de construcción también son muy importantes, por ejemplo:

- Preparación de biseles
- La alineación de los estructurales
- Estanqueidad de los tanques
- Calidad de la soldadura y cortes.

ESTABILIDAD

A los pesqueros de aceros solo se les otorga la clasificación si se ha demostrado que la estabilidad intacta es adecuada para el servicio previsto.

Una estabilidad intacta adecuada significa que cumple con los criterios fijados por la Administración competente o por las exigencias de la Resolución del OMI.

OTRAS ACTIVIDADES

- Las exigencias de las Sociedades de Clasificación tal vez no son favorables económicamente para el Armador.

- Un ejemplo es la entrada en el dique o el cumplimiento con la Inspecciones Periódicas.
- Sin embargo una buena planeación durante la construcción del barco o del mantenimiento puede eliminar muchos problemas.
- Una construcción nueva que incluye estos requisitos puede, sin grandes gastos, ahorrar mucho dinero al Armador.

2.2.4.- ELECCIÓN DE LA REGLAS DE CLASIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN

En el capítulo 5 se ha realizado una presentación de los elementos estructurales del casco, la mayoría de estos pueden ser definidos por medios de las reglas de la Sociedad de Clasificación. Esto se llama “escantillones” de los elementos estructurales. En un razonamiento puro y práctico, esto representa el método menos entretenido del diseño.

Entonces, se entiende que en todos los astilleros se trabaja de esta manera si aún es posible. Además que el trabajo ahora es más fácil por la existencia de software para la computadora: hay LRPASS de Lloyd’s Register, GLRP de Germanischer Lloyd y el mas sencillo de Burean Veritas para llegar a un diseño óptimo.

En general se puede decir que la construcción de barcos clásicos y de un tamaño no demasiado grande, sean cargueros de bulto y a granel, tanqueros, remolcadores, barcos pesqueros, etc., se hace prácticamente mediante las reglas, para estas construcciones se

necesita en la práctica sólo un mínimo de conocimientos de cálculo de resistencia de materiales. Uno tiene que saber lo que es el módulo resistente para determinar los escantillones de los refuerzos.

Los astilleros que construyen propios diseños de buques para eslora $L > 65$ m tienen que contar según LR de un ingeniero que pueda calcular los esfuerzos cortantes y el momento flector por la eslora del buque.

Para el diseño de barcos innovadores o complicados, instalaciones off-shore o barcos con otros tipos de materiales al acero, se necesita más "know-how" que las reglas puedan proveer. Estos diseños caen afuera de las reglas en mayor o menor medida, y tienen que ser analizados y calculados utilizando principios básicos y métodos de cálculo de Resistencia. Estos métodos pueden ir de la aplicación de Resistencia de Materiales hacia métodos de elementos finitos.

En vista de la mala experiencia de no haberse respetado algunas cláusulas implícitas del seguro de casco y maquinaria del buque que se mencionan en forma explícita en la póliza del seguro. Si la embarcación no es clasificada la aseguradora sometería a un cobro de una prima muy alta para poder extender una póliza de seguro, caso contrario es que dicha embarcación este clasificada tanto en diseño, construcción, sistemas y maquinarias, de ahí la importancia de la clasificación de las embarcaciones.

La sociedad de clasificación elegida es la Germanischer Lloyd la cual es reconocida internacionalmente y en la industria naval del país, aunque no tan utilizada en el sector pero si muy aplicable para

embarcación pesqueras; el argumento para la selección es por la exposición detallada de los principios de diseño con base en la resistencia de materiales, consideraciones de sobredimensión por mantenimiento y seguridad que es aplicable para nuestra embarcación. Además en nuestro país en la ciudad de Lima existe una oficina con un representante de la sociedad de clasificación seleccionada con lo cual disminuye el costo enormemente, en comparación con otras, por concepto de honorarios ha cobrarse, considerando que la zona de construcción de la embarcación esta en provincias y que la empresa solicitante del servicio se responsabiliza del traslado de los inspectores de la sociedad clasificadora. También las normas de construcción y clasificación de dicha sociedad de clasificación está en castellano y asimismo se considera la preferencia del armador y el país donde trabajara la embarcación.

Por lo tanto se justifica la utilización de la sociedad clasificadora principalmente por el cómodo costo de los honorarios, utiliza método coherente relacionado a la resistencia de materiales, reglas de construcción y las oficinas bien accesibles. Por lo tanto se justifica la utilización de la sociedad clasificadora Germanischer Lloyd.

CAPITULO III

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE LA EMBARCACIÓN PESQUERA

3.1.- ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

3.1.1.- INTRODUCCIÓN

Como uno puede imaginarse las cargas a que está expuesta una embarcación pesquera son muchas y complicadas como en el caso de que la embarcación navegue en un tren de olas. Entonces la forma del casco de la embarcación es necesaria para poder cuantificar la fuerza de empuje sobre la embarcación, y como el casco es un conjunto de superficies de diferentes curvaturas por ello se hace complicado el análisis del casco. La manera acostumbrada para el dimensionamiento de los refuerzos del casco se realizan aplicando las reglas de las sociedades de clasificación, pero el poder realizar el análisis de la estructura resulta en un conocimiento muy bueno con el cual se podrá aclarar las limitaciones y bondades para seleccionar los mejores materiales y las dimensiones requeridas para los elementos de la estructura del casco.

Cuando se requiere diseñar una nueva embarcación pesquera esta dependerá del tipo de especie que se desea pescar, métodos de pesca, zona de navegación, autonomía del barco, forma del transporte del producto y las personas abordo por ello es necesario

poder determinar las cargas a soportar por la estructura del casco cumpliendo los requisitos de resistencia y los factores de seguridad considerados por experiencia de servicio para los materiales y tipo de elemento de la estructura del casco.

3.2.- CONSIDERACIONES GENERALES DE LA EMBARCACIÓN PESQUERA DE 500 M³

3.2.1.- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL CASCO

Inicialmente las dimensiones de la embarcación son determinadas para la capacidad de bodega que transportara la embarcación y los requerimientos de la autoridad marítima del Perú. Lo mencionado anteriormente da confianza de poder proseguir con el trabajo sin estar alejado de la realidad y cumpliendo las necesidades del propietario.

Luego de actualizar la información de embarcación se tiene las siguientes características generales:

Eslora total:	52.70 m.
Manga moldeada:	10.10 m.
Puntal moldeado:	5.0 m.
Capacidad de bodegas	499.87 m ³ .
Capacidad de combustible	22 650 US GI.
Capacidad de agua dulce	4 000 US GI.
Capacidad de aceite lubricante	870 US GI.
Capacidad de ac. hidráulico gobierno	200 US GI.
Capacidad de ac. hidráulico pesca	2 000 US GI.
Potencia motor principal	1875 BHP a 1200 RPM
Tripulación	18 personas + el capitán

Velocidad en pruebas	14 nudos.
Classification	† 100 A5 Fishing Vessel, Germanischer Lloyds.

El plano de líneas de forma, de la figura 3.01, define las características del casco, como la pendiente del casco transversal, pendiente del casco longitudinal, el ángulo de entrada y salida de la línea de agua en el crecimiento del nivel de agua.

El plano de disposición de tanques, de la figura 3.02, define los compartimientos, los niveles de cubiertas, las cubiertas de tanques, la super estructura y la caseta.

Además el plano de líneas de forma define la extensión y la pendiente de los refuerzos transversales del casco. Y el plano de Tanques define la extensión de los refuerzos longitudinales.

Para la embarcación en estudio es recomendable construir el casco en acero por ser esta de 52.7 m. de eslora, casco de desplazamiento y una velocidad aproximada de 14 nudos. En la construcción del casco del buque se usa acero de calidad naval (aceros dulces o al carbono), que reúnen las características de resistencia y economía, fácil de reparar, larga duración, apetecida por los constructores. En las superestructuras se emplean aleaciones ligeras, por economía de peso y estabilidad, la más usada es la fibra de vidrio y aluminio. Podemos añadir a los anteriores el plástico (PVC), bronce y el acero inoxidable [5]. Pero en la embarcación en

estudio se construyó el casco, la superestructura, caseta y puente totalmente en acero.

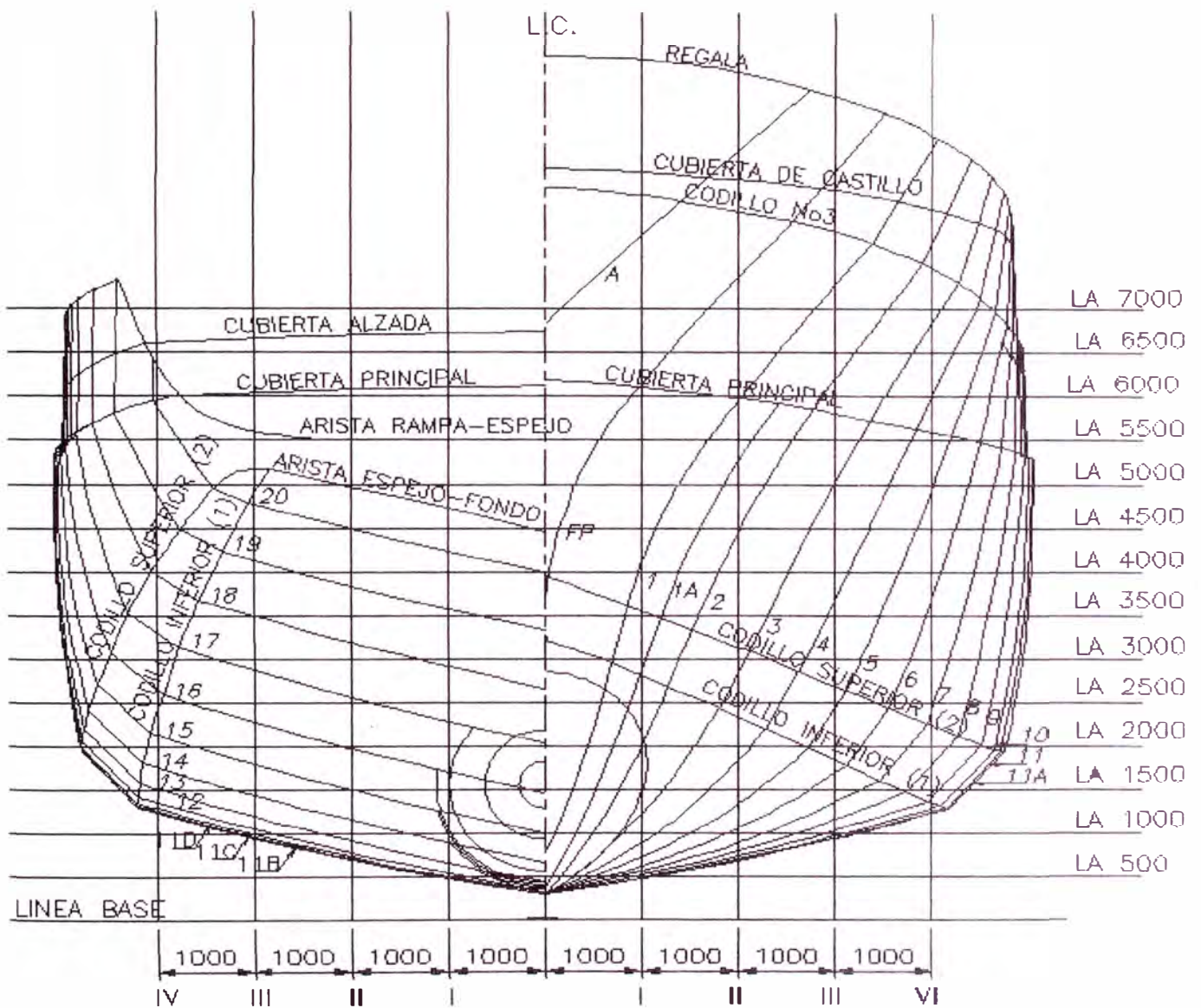
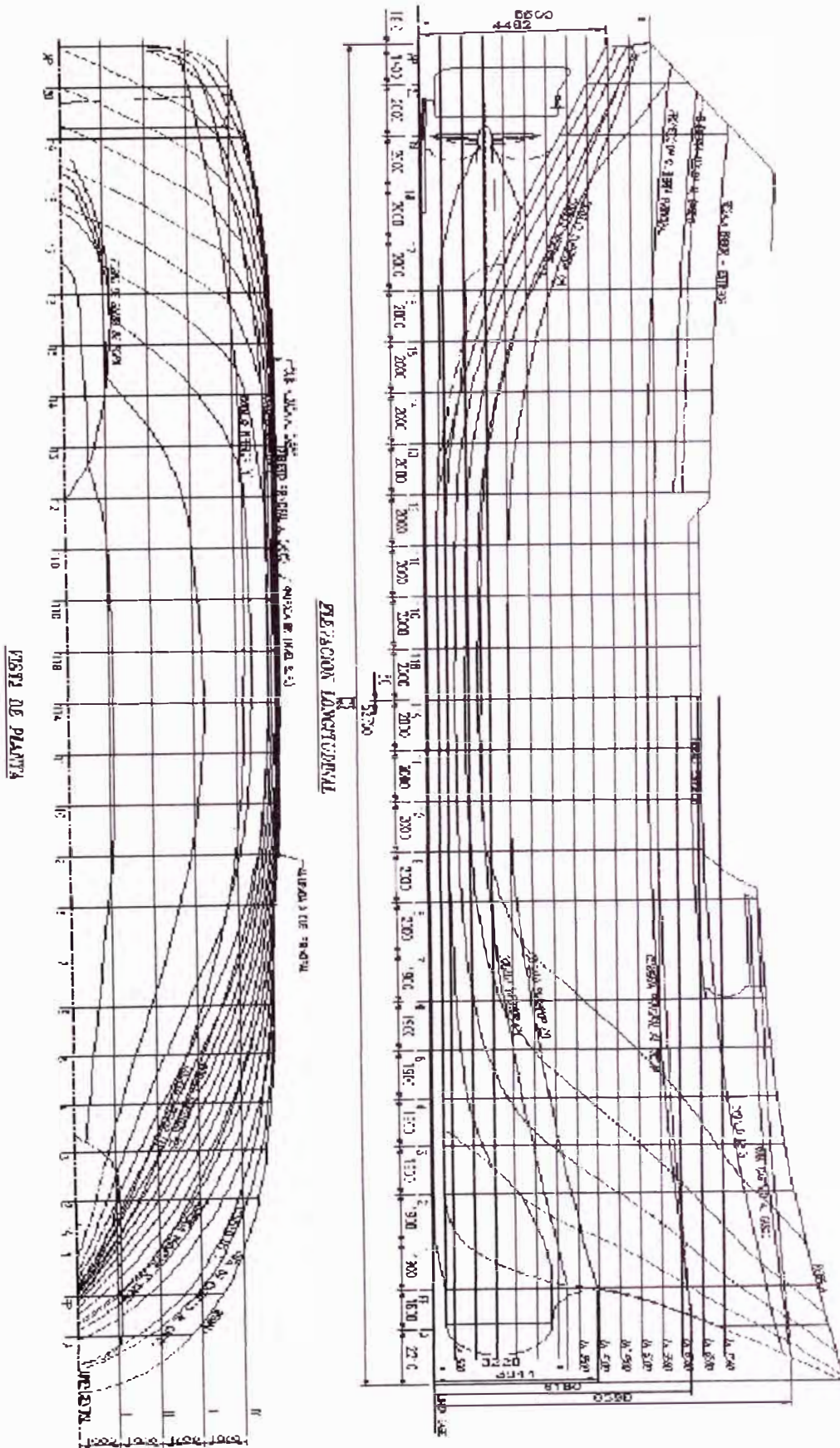


Figura 3.01.- Plano de secciones transversales al casco de la embarcación en estudio.

Figura 3.02.- Plano de líneas de forma de la embarcación en estudio



3.2.2.- CONSIDERACIONES PARA LA ESTRUCTURA DEL CASCO

El escantillonado para buques pesqueros según la norma de la sociedad de clasificación de la Germanischer Lloyd es muy práctico, pero para aplicarse correctamente se debe tener un conocimiento de las fuerzas que actúan en la estructura del casco y las restricciones de cada elemento estructural para poder aplicar la teoría de resistencia de materiales. La deducción de las formulas enunciadas por las normas de las sociedades de clasificación reforzara a explicar en situación donde no se pueda aplicar dichas normas de construcción.

La embarcación es construida totalmente de acero, de una sola cubierta, con sala de máquinas a popa. La superestructura y la acomodación de tripulantes se han dispuesto en el extremo de proa con la finalidad de obtener suficiente espacio para las bodegas (cuatro (4) laterales y una (1) central), en el casco y reservándose el mayor espacio de cubierta para la operación de pesca de cerco con boliche, por el lado de estribor. El puente se encuentra en un nivel elevado encima de la cubierta de caseta, permitiéndole al Capitán una buena visibilidad en navegación y maniobras de pesca.

Las características de la distribución de los compartimientos serán aprovechados para optimizar las dimensiones de los elementos de la estructura del casco y además cumplir los reforzamientos en los mamparos estancos como enuncia en las norma de las sociedades de clasificación.

El contrato para la construcción de la embarcación en estudio contempló la emisión de la información técnica, detalle del proyecto

durante su construcción; inventario general de máquinas y equipos, cuadernillo de estabilidad e Instrucciones al Capitán, protocolos de pruebas ejecutadas y de entrega. Y el propietario estaba encargado de suministrar los materiales y equipos que se instalaran, para así disminuir el costo de la construcción.

Las dimensiones principales de la embarcación descrita en este informe, han sido diseñadas por Marco Marine Seattle, y la distribución de los compartimientos con mejoras al diseño propuestas por el SIMA Chimbote en base a la experiencia en la construcción de (15) embarcaciones similares. Por ello el dimensionamiento de la embarcación escapa al alcance de este informe.

En la figura 3.03 se presenta el algoritmo del proceso de cálculo de las dimensiones de los elementos de la estructura del casco:

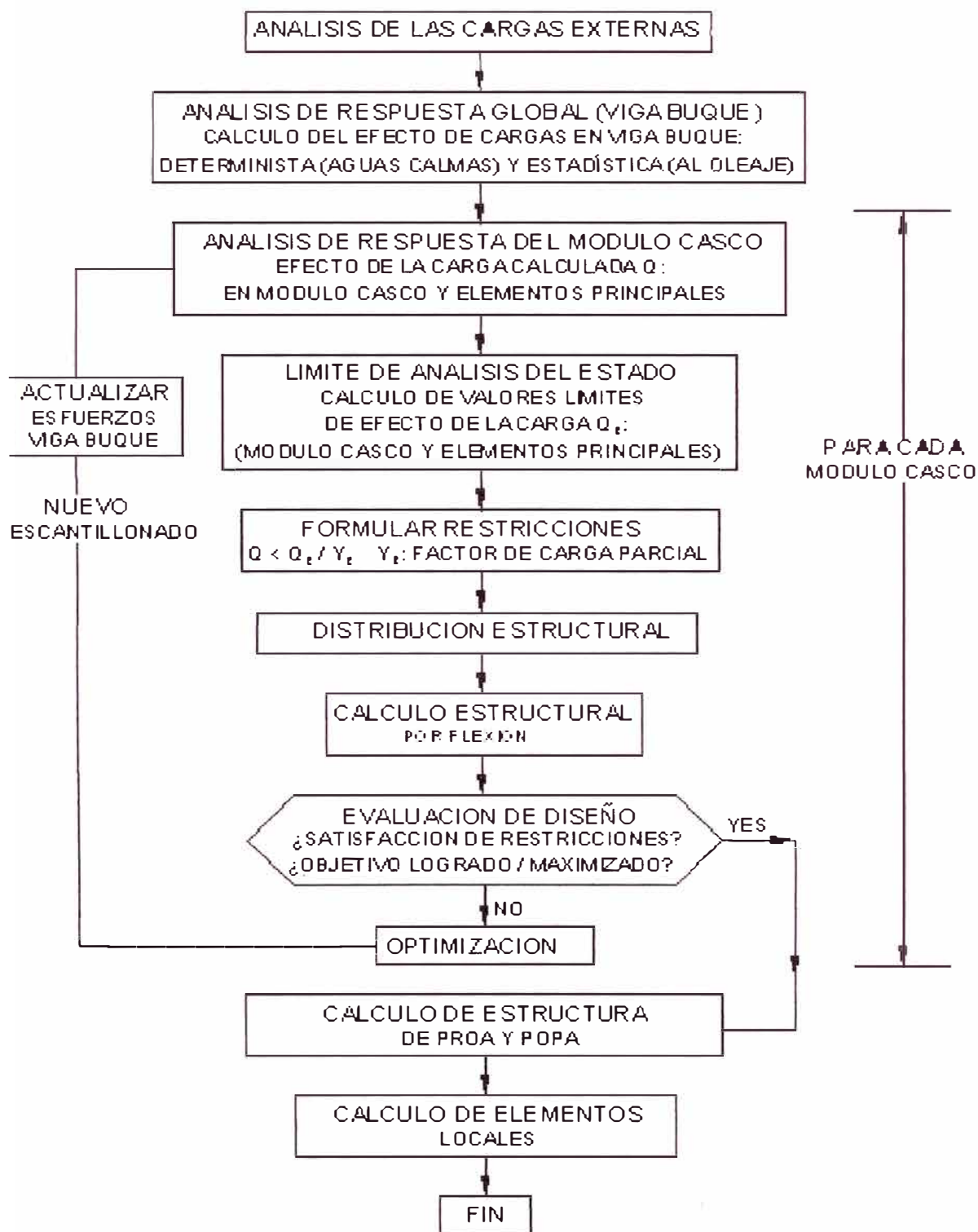


Figura 3.03.- Diseño estructural basado en optimización [9].

La secuencia de la figura 3.03 es un algoritmo de optimización en función del parámetro de las cargas externas a que está expuesto los elementos de la estructura del casco de una embarcación. La secuencia debe analizar dos grupos en la estructura del casco: un grupo es el modulo del casco y el otro son los elementos principales (diafragmas, cuadernas, vagras y refuerzos longitudinales). Inicialmente se parte con un escantillonado resultado de las reglas de la sociedad de clasificación y luego de una evaluación de condiciones de frontera en los módulos, restricciones mínimas de fabricación para espesores y restricciones operativas para los elementos estructurales principales se obtendrá un escantillonado diferente y con ello se iniciara un nuevo ciclo de análisis.

En este informe se muestra el proceso para el cálculo del módulo de la sección media del buque ubicado entre dos mamparos con tres cuadernas intermedias. Las condiciones de frontera para dicho módulo, consistentes en fuerzas cortantes y momentos flectores en los extremos del segmento del modulo, estos fueron obtenidas para las condiciones más críticas. La primera es cuando la embarcación presente arrufo, con la carga en bodegas completa y la sección media de la embarcación en un valle de la ola; y la segunda condición es cuando la embarcación presente quebranto, con los consumibles llenos, bodegas vacías y la sección media de la embarcación en la cresta de la ola. Una vez calculadas las respuestas de las cargas aplicadas en el modulo del buque, se procederá a realizar el cálculo del escantillonado para los elementos estructurales principales.

A continuación se analizarán las cargas externas en el casco y la respuesta del módulo casco (módulo entre mamparos transversales) a dichas fuerzas; y en el Capítulo 4 se realizará el cálculo de los elementos estructurales principales para el módulo bodega de proa.

3.3.- ANÁLISIS DE LAS CARGAS EXTERNAS EN LA EMBARCACIÓN PESQUERA

3.3.1.- INTRODUCCIÓN

Las embarcaciones pesqueras no han permanecido pasivas ante los cambios que se han producido durante el siglo XX. Con la exigencia de nuevas embarcaciones más veloces conllevando a construir embarcaciones más livianas, más seguras, menor tiempo y costo en la construcción. La ingeniería naval se ha visto obligada a determinar con mayor exactitud las cargas actuantes sobre la estructura de la embarcación.

Como toda estructura de una embarcación pesquera está sometida a diferentes esfuerzos originados por la acción de causas externas e internas, por ello su conocimiento se convierte en prioritario para poder hacer un diseño adecuado de la misma.

3.3.2.- RESISTENCIA ESTRUCTURAL

Para el estudio de resistencia estructural se divide en:

- a) Resistencia longitudinal
- b) Resistencia transversal
- c) Resistencia local

d) Análisis dinámicos (vibración).

Los grupos anteriormente mencionados se analizarán, menos el análisis dinámico (vibración), por no estar considerado dentro de la secuencia de diseño estructural basado en la optimización.

3.3.3.- RESISTENCIA LONGITUDINAL (VIGA - BUQUE):

Para analizar la resistencia de una embarcación se puede considerar a esta como una viga flotando con toda la viga apoyada en su extensión, ya que es soportada por el agua.

En la embarcación en estudio los elementos estructurales principales son los refuerzos longitudinales y los elementos transversales que desempeñan el papel de elementos de conexión entre longitudinales; es el caso de las cuadernas, baos, mamparos, etc.

Analicemos un caso muy general con sala de máquinas (motor y equipos) en popa, flotando en aguas tranquilas, como el de la figura 3.04. Si pudiésemos dividirlo igualmente en trozos, como el de la figura 3.06, veríamos que las fuerzas actuantes serían:

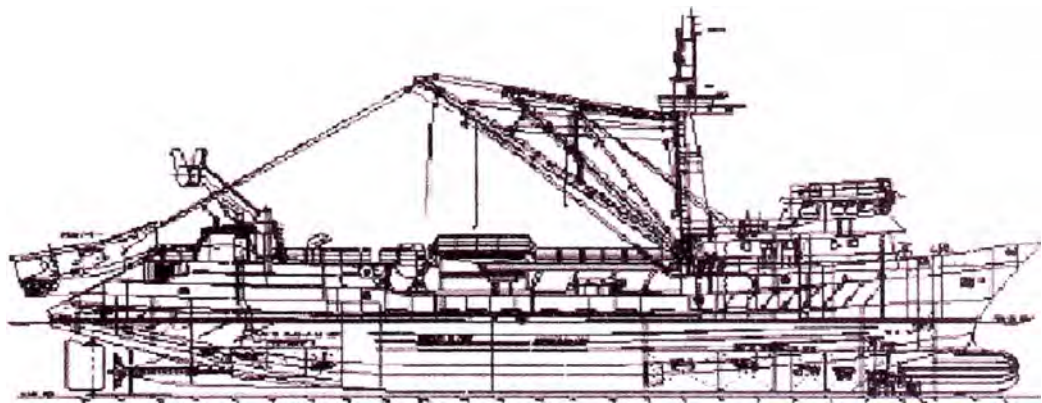


Figura 3.04: Embarcación pesquera con sala de máquina en popa y sala de frío en proa.

- a) Peso propio (peso del casco, equipamiento).
- b) El peso de la carga, combustible y líquidos en el modulo analizado.
- c) El empuje igual al peso del agua desalojada por la carena de dicho trozo.

En resumen el conjunto total (la embarcación) se encuentra en equilibrio. Pero se deberá tener en cuenta que cada uno de los trozos de la embarcación tendrá una cierta resultante parcial, hacia abajo (peso) o hacia arriba (empuje).

Para la embarcación en estudio el modulo de la bodega central presenta mayor empuje debido a que en esta zona el peso es liviano en relación a la carena. Por ello la resultante parcial está dirigida hacia arriba.

En cambio en los extremos de la embarcación los pesos (sala de maquinas, guardacalor, equipos de pesca, panga y red, todos estos en popa; y sala de frio, superestructura, caseta, puente en proa) son mayores al agua desplazada por la carena teniendo una resultante parcial dirigida hacia abajo, tal como se indica en la figura 3.05.

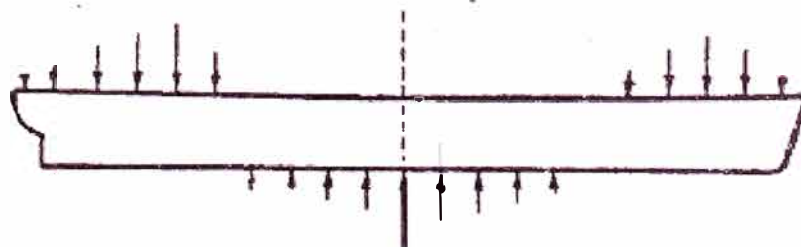


Figura 3.05: Resultantes de carga en embarcación pesquera con sala de maquina en popa y sala de frio en proa.

Las resultantes de las fuerzas determinadas en la figura 3.05 intentara deformar la viga-casco por esfuerzos de corte (figura 3.06) y momentos flectores (figura 3.07).



Figura 3.06: Esfuerzo cortante en embarcación pesquera con sala de maquina en popa y sala de frio en proa.



Figura 3.07: Momento flector en embarcación pesquera con sala de maquina en popa y sala de frio en proa.

Para poder analizar la embarcación en olas se deberá adoptar un tipo de ola “estándar” como la trocoide, siendo generada por un punto interior a una circunferencia cuando esta rueda sin resbalar. Y la longitud de dicha ola es la eslora del barco y su altura es 1/20 de la eslora, ver figura 3.08.

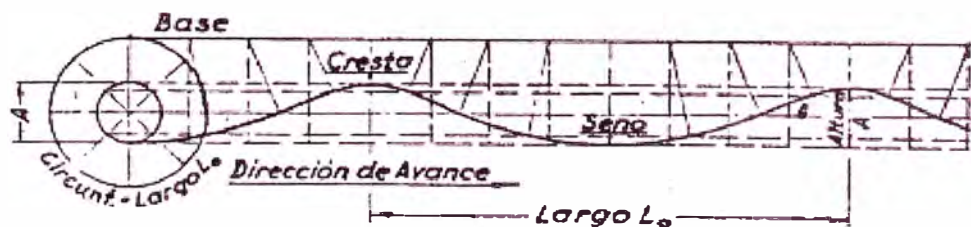


Figura 3.08: Geometría de ola trocoidal.

Para la embarcación en estudio la longitud de la ola es 52.7 m y la altura total de la ola es 3.750 m.

3.3.3.1.- QUEBRANTO O “HOGGING”

Es cuando la embarcación se encuentra con la sección media sobre la cresta de la ola.

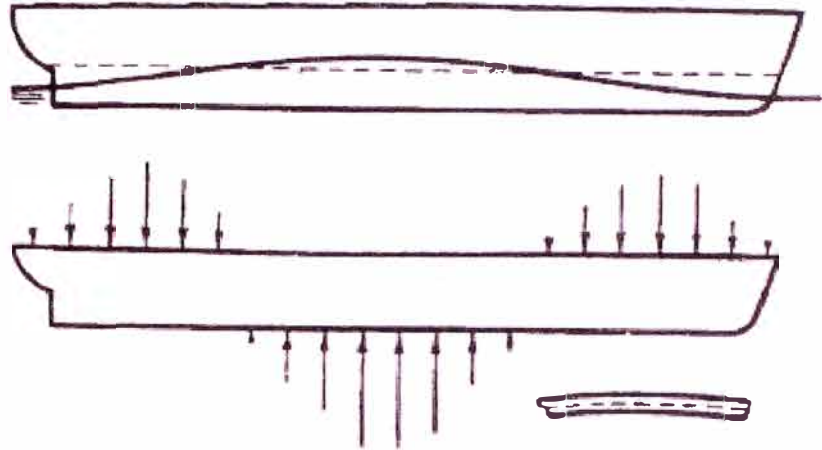


Figura 3.09: Posición de quebranto para la embarcación pesquera.

En la figura 3.09, se muestra la distribución de resultante con una fuerza de empuje en el centro y fuerzas de peso mayor en los extremos, los cuales producirán en la embarcación tensiones de tracción en la cubierta y de compresión en el fondo.

3.3.3.2.- ARRUFLO O “SAGGING”

Es cuando la embarcación se encuentra con la sección media en el seno (o valle) de una ola.

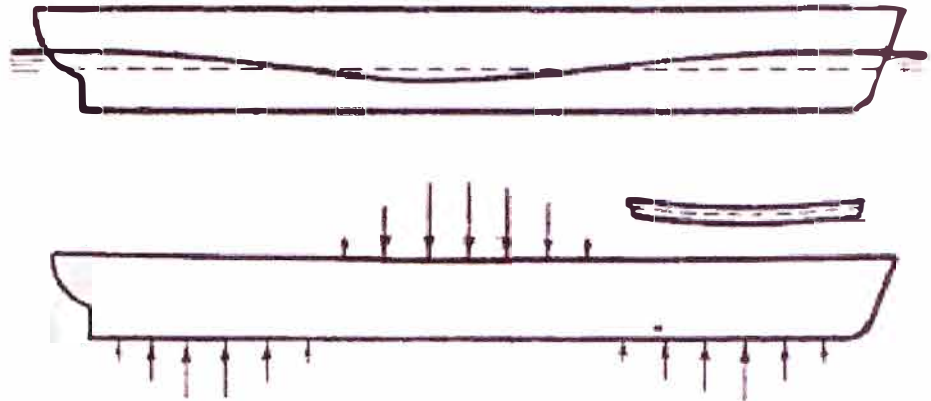


Figura 3.10: Posición de arrufo para la embarcación pesquera.

En la figura 3.10, se muestra la distribución de resultante con un peso mayor en el centro y unas fuerzas de empuje mayores en los extremos, los cuales producirán en la embarcación tensiones de tracción en la cubierta y de compresión en el fondo.

3.3.4.- CARGAS GLOBALES

En las embarcaciones pesqueras, de las dos condiciones anteriores expuestas, la más crítica es la de arrufo, es decir, cuando la sección media de la embarcación se encuentra en el seno (o valle) de la ola. La razón de esto es porque a la falta de empuje que sucede en la sección media debemos sumarle la fuerza ejercida por la carga en la bodega sobre la viga buque, traduciéndose en un momento flector longitudinal mayor.

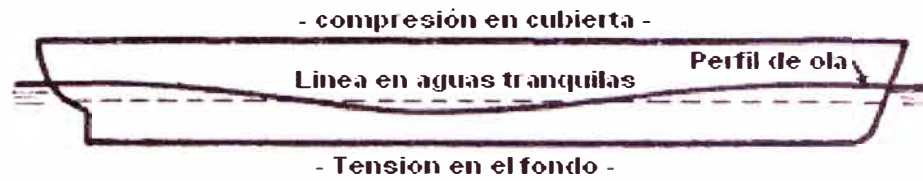


Figura 3.11: Cargas globales sobre el casco.

El peso de la carga en la bodega es distribuido longitudinalmente al centro de la embarcación en razón del 40% de la longitud total de la embarcación.

En una embarcación la presión acumulada en la zona de la bodega, proveniente de la carga, puede alcanzar al peso de la embarcación en rosca.

Longitudinalmente el casco es suficientemente reforzado para no perder la forma. Esto se consigue mediante los mamparos longitudinales que se extienden a lo largo de toda la bodega de carga.

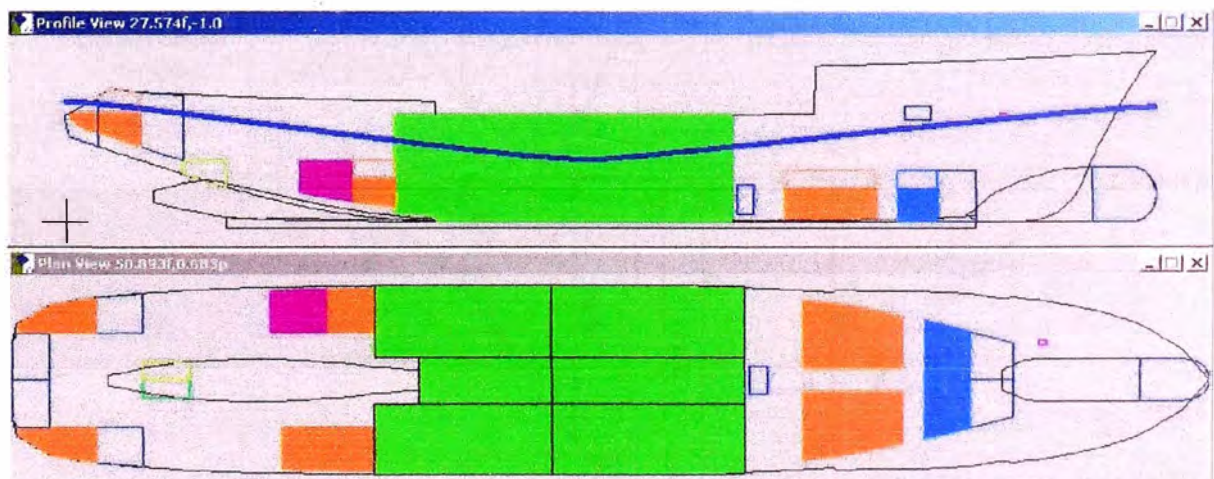


Figura 3.12: Cargas global en la estructura. Embarcación en condición salida de la zona de pesca con bodega 100% y consumibles 50%.

El resultado de estas fuerzas actuantes se traduce en la siguiente

figura 3.13:

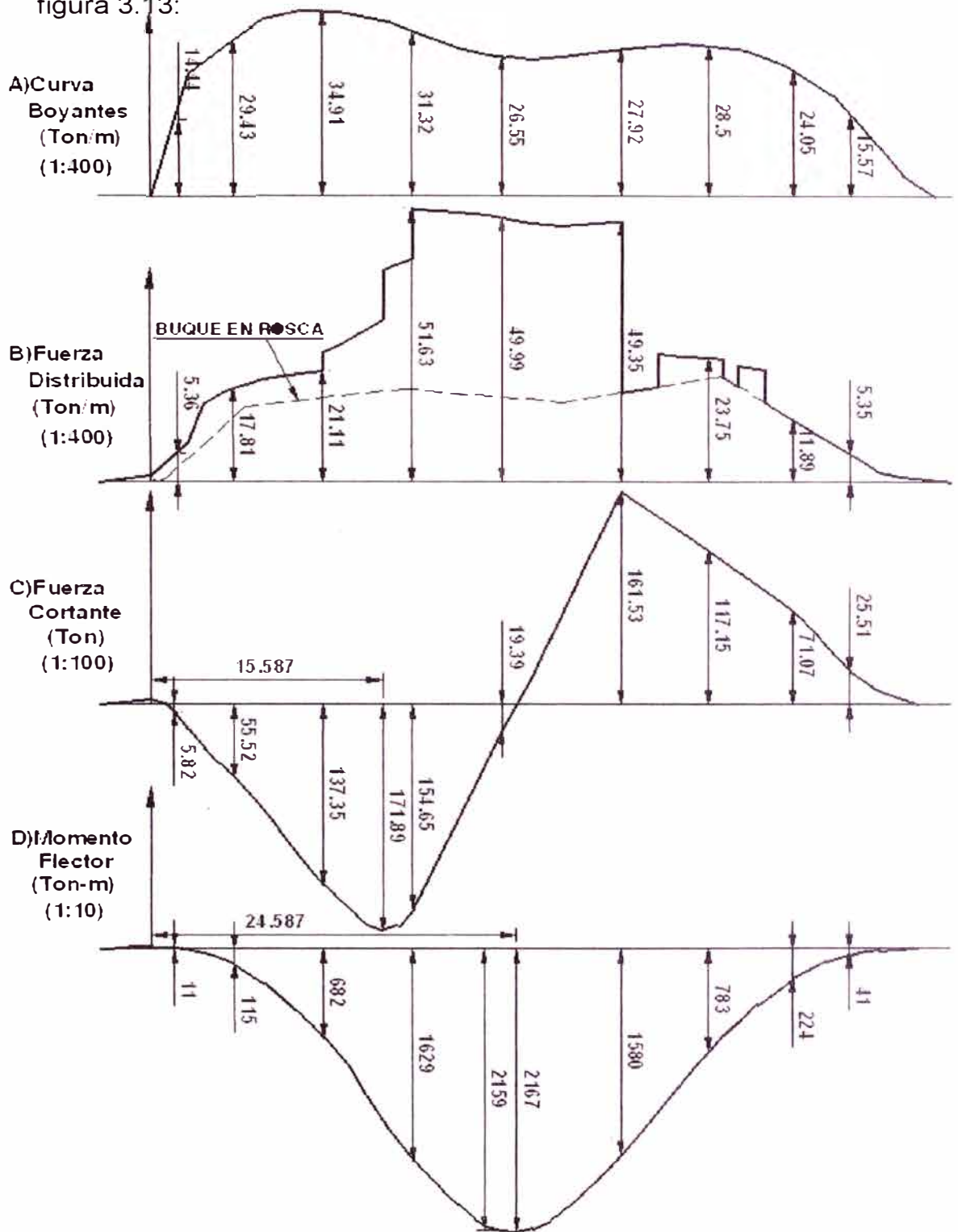


Figura 3.13: Análisis de las cargas. Embarcación en condición salida de la zona de pesca con bodega 100% y consumibles 50%.

El máximo momento flector ocurre en la sección media de la embarcación, entonces es aquí donde debemos calcular el modulo de sección del casco. Resultado de cargas globales es que el casco estará sometido a la tracción y la cubierta a compresión.

3.3.5.- RESISTENCIA ESTRUCTURAL TRANSVERSAL

El origen de los principales esfuerzos que actúan transversalmente son:

3.3.5.1.- PRESIÓN DE AGUA

La presión hidrostática que actúa sobre la parte sumergida de la embarcación (obra viva) esta expresado por la siguiente formula:

$$\text{Presión hidrostática } P_h = \gamma H$$

Donde:

γ : Peso especifico del agua salada

H: Altura de columna de agua.

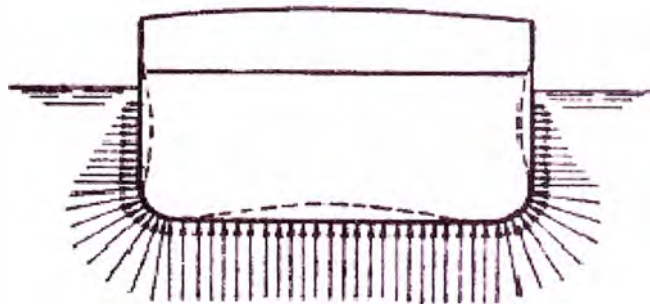


Figura 3.14: Presión hidrostática en una sección transversal del casco.

En el caso particular de las embarcaciones pesqueras cerqueras las cuales realizan la maniobra para tirar la red, escorando la embarcación, llegando el nivel del agua hasta

la cubierta, por lo que no es suficiente considerar la presión hidrostática como aquella que solo afecta a la parte sumergida de la embarcación en aguas tranquilas sino que debe considerarse como un valor mayor que aquel.

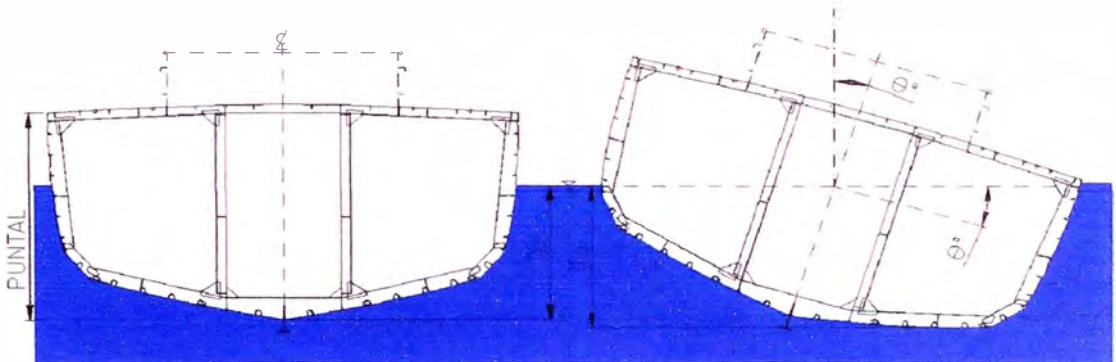


Figura 3.15: Presión hidrostática para la maniobra de pesca.

3.3.6.- CARGAS LOCALES

Las cargas o esfuerzos locales son:

- Cargas internas concentradas
- Cargas externas concentradas
- Impacto contra el agua
- Esfuerzos dinámicos locales
- Esfuerzos locales originados por esfuerzos estructurales

3.3.6.1.- CARGAS INTERNAS CONCENTRADAS

Son aquellas que originan tensiones considerables en zonas internas relativamente pequeñas de la embarcación (base del motor principal, bases de equipos pesca (winche),

timones, mástiles, red, etc.), y por lo tanto deben ser especialmente reforzadas.

En el caso de las embarcaciones pesqueras cerqueras, dos de las cargas locales más importantes son las producidas por el timón y el winche de pesca.

En el caso del timón, se debe considerar la generación de una fuerza lateral en la embarcación producto de girar la pala cuando se está navegando.

En el caso del winche de pesca se ha considerado para su análisis una carga de 17 t para el tambor principal, por ello se aplica una fuerza lateral a la cubierta principal durante la maniobra de pesca.

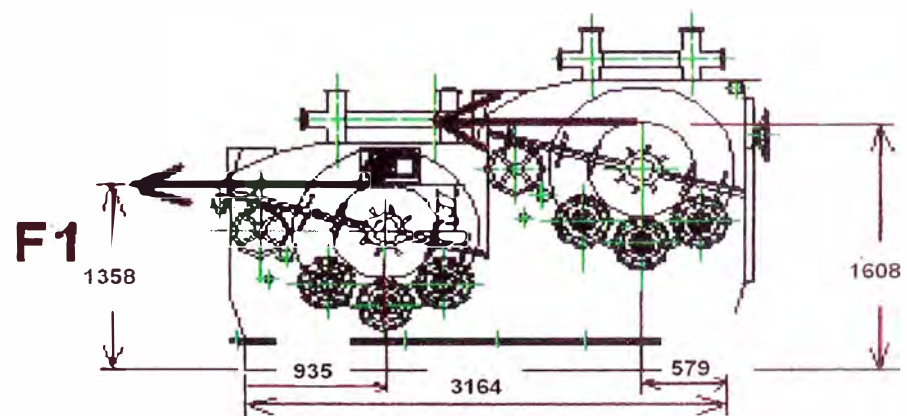


Figura 3.16: Fuerzas en el winche de pesca.

3.3.6.2.- CARGAS EXTERNAS CONCENTRADAS

Son aquellas que originan tensiones considerables en zonas o porciones externas relativamente pequeñas de la embarcación (presiones concentradas por botadura,

encallada y varada de una embarcación como en la figura 3.17, etc.)

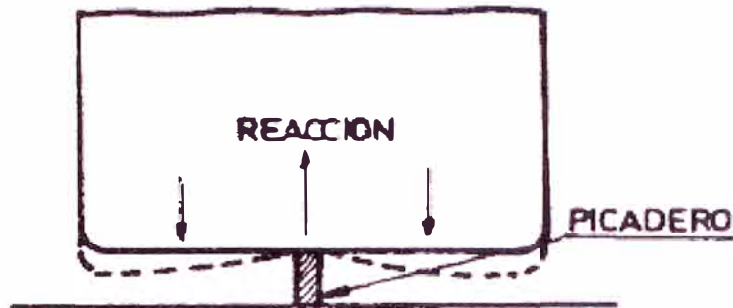


Figura 3.17: Concentración de fuerzas externas producto de una varada.

3.3.6.3.- IMPACTO CONTRA EL AGUA

Las presiones hidrodinámicas locales aumentan con el cuadrado de la velocidad. Cuando la proa de la embarcación sale del agua y golpea violentamente sobre la superficie de la misma (por ejemplo cuando navega en mala mar), se produce impactos locales muy severos.

3.3.6.4.- ESFUERZOS DINÁMICOS LOCALES

Todos los pesos de una embarcación cuando están navegando adquieren una cierta aceleración y, por ende, están sometidos a fuerzas de inercia. Por ejemplo los motores, que tienden a ser arrancados de su fijación durante un rolido,

3.3.6.5.- CARGA LOCALES ORIGINADAS POR ESFUERZOS

ESTRUCTURALES

Analizando la embarcación como viga buque hemos visto que está sometido a una flexión longitudinal. Esto comprime o tensiona las chapas del casco y cubierta dependiendo de las condición de arrufo o quebranto. Si una de estas chapas la consideramos apoyadas entre dos baos sucesivos, por ejemplo dicha chapa se encontrara sometida a tensión o compresión.

3.3.7.- SUMARIO DE CARGAS

La siguiente figura 3.18 nos muestra la embarcación pesquera en operación de pesca (condición mas critica) visto desde barlovento (estribor). Las flechas sombreadas nos indican las cargas globales impuestas en la viga buque por las fuerzas de su mástil, carga bodega y equipos de pesca en cubierta. Estas fuerzas se ven incrementadas cuando la embarcación se encuentra en arrufo, como cuando por ejemplo, la embarcación tiene las bodegas llenas y las dos crestas de la ola a proa y popa. Como puede verse la viga buque está sujeta a flexión lo que produce compresión a lo largo de la cubierta, tensión a lo largo del fondo y fuerzas de corte en los costados laterales.

En esta condición se encuentra presente la carga local originadas por esfuerzos estructurales como es el caso de la plancha de cubierta que se encuentra entre dos baos y que está sometida a compresión.

Como vemos la resistencia global de la embarcación es suficiente si este es dimensionado para soportar cargas hidrostáticas e hidrodinámicas, al menos, si es un tipo de embarcación pesquera normal. Otras cargas locales que deben ser tenidas en consideración son las producidas por los vientos, los trípode de mástil, el timón, cabrestante de ancla, winches principal de cubierta, halador de red y el acomodador de red.

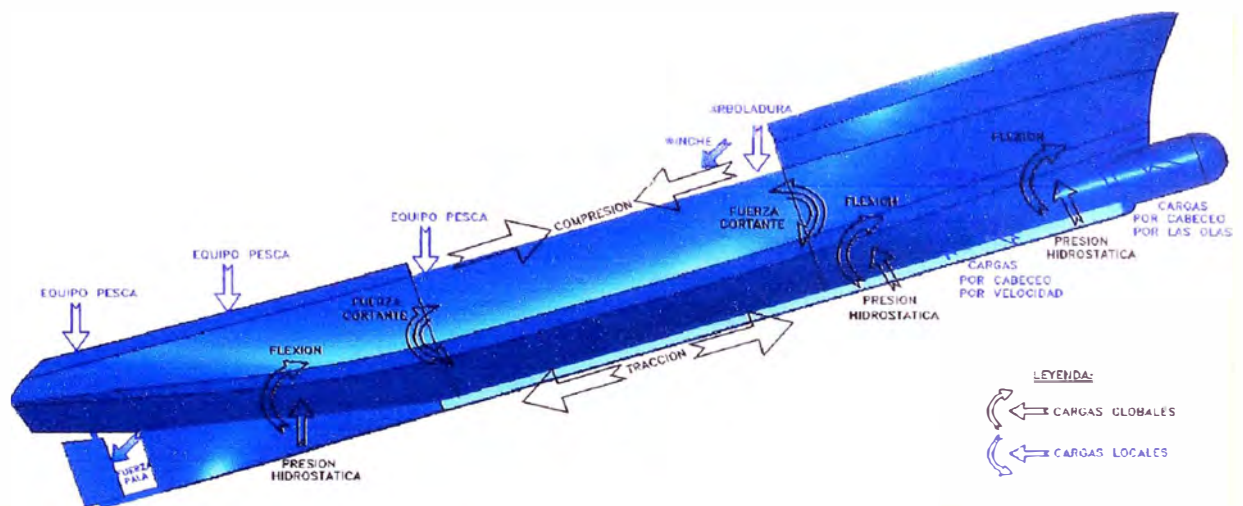


Figura 3.18: Sumario de cargas en el casco de la embarcación pesquera.

3.4.- ANÁLISIS DE LA RESPUESTA GLOBAL (VIGA - BUQUE)

3.4.1.- CALCULO DE RESISTENCIA LONGITUDINAL (CARGAS VIGA - BUQUE)

Cada vez va teniendo mayor importancia el estudio detallado de la resistencia estructural del casco de las embarcaciones pesqueras por la tendencia de aumentar la capacidad de bodega y por ende la eslora de la embarcación. El cálculo de resistencia longitudinal es el primer paso para este tipo de estudio:

En las líneas que siguen intentamos hacer un esquema o guión del procedimiento que se sigue en un astillero (oficina de diseño naval) para el estudio de la resistencia longitudinal de una embarcación pesquera.

3.4.2.- CONSIDERACIONES GENERALES

En general, podemos decir que el cálculo de resistencia longitudinal consta de tres facetas distintas:

- a) Momentos flectores y esfuerzo de flexión.
- b) Fuerzas cortantes y esfuerzos de cizalla.
- c) Flechas y deformaciones de la directriz de la viga-buque.

Y debe estudiarse cuando el buque se encuentra sobre el mar agitado por olas. Sin embargo, el efecto de las olas no puede considerarse como una rutina normal para el cálculo, por ello en la práctica es común admitir la superposición de dos componentes:

- 1) Cargas que actúan sobre el buque cuando éste se encuentra en equilibrio estático sobre una mar totalmente plana, horizontal en calma.
- 2) Incrementos debidos al oleaje.

A objeto de distinguir las distintas componentes de las condiciones anteriores se dotaremos de los siguientes subíndices:

- S. (still): Componente obtenida al suponer el buque en equilibrio sobre una mar plana, sin olas.
- W. (wave): Componente o incremento debido a las olas.
- T. (total): Solución total (suma de las dos anteriores)

Para nuestro estudio se considerara la dos condiciones, mas criticas, en salida de puerto con bodegas vacías, consumibles 100% y embarcación en quebranto; y la condición de salida de zona de pesca con bodegas llenas, consumibles 50% y embarcación en arrufo.

3.4.3.- DISTRIBUCIÓN DEL PESO EN ROSCA

El peso del buque en rosca se desglosa en el mayor número de porciones posible tal que se pueda conocer su ubicación y estimar su peso como sigue:

- Su peso.
- La abscisa de su centro de gravedad.
- Las abscisas de los extremos de la zona en la que se encuentra el peso.

Un ejemplo de desglose podría ser el siguiente:

- Mamparo transversal numero 1.
- Mamparo transversal número 2.
- Mamparo transversal número n.
- Motor principal.
- Resto de pesos de cámara de máquinas.
- Hélice.
- Timón.
- Castillo.
- Superestructura-acomodación.
- Equipo de proa.
- Equipo de centro.

- Equipo de popa.

Cada uno de estos pesos puede aplicarse sobre la eslora en forma de un trapecio cuya base sea la zona en que el peso esté actuando y cuyos lados verticales extremos sean tales que:

- El área del trapecio sea numéricamente igual al peso.
- El centro de gravedad del trapecio tenga la misma abscisa que el del peso.

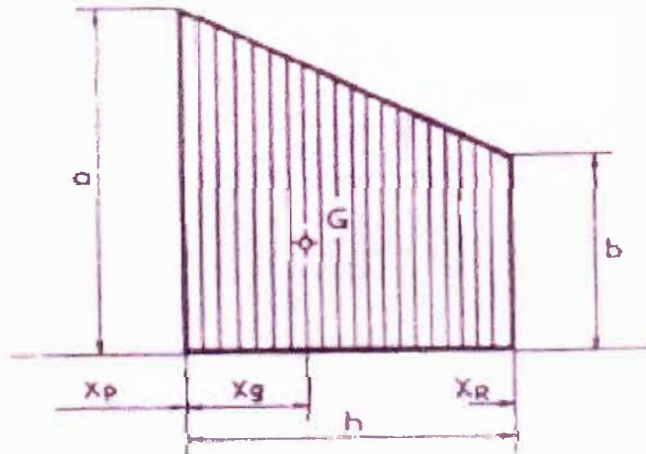


Figura 3.19.- Método del trapecio: para reemplazar una carga puntual a una carga distribuida.

Para determinar los valores de a y b pueden utilizarse la tabla 3.1 para los valores de los lados del trapecio en función de la posición del centro de gravedad.

Tabla 3.1.- Coeficientes de los lados verticales para el método del trapecio.

$\frac{b}{a}$	$Z = \frac{x}{h}$
0	0.333
0.1	0.364
0.2	0.389
0.3	0.410
0.4	0.429
0.5	0.444
0.6	0.458
0.7	0.471
0.8	0.481
0.9	0.491
1.0	0.500

3.4.4.- DETERMINACIÓN DEL PESO EN ROSCA DE LA EMBARCACIÓN EN ESTUDIO.

En la actualidad la infraestructura con la que cuenta el Sima-Chimbote para varar y desvara embarcaciones es una plataforma syncrolift elevadora con capacidad de levante de 940 ton, diseñada para embarcaciones hasta de 66.45 m. de eslora, 12.2 m. de manga, 5.5 m de calado y para un calado (profundidad) de 1.83 m.

La plataforma syncrolift esta constituido por una serie de vigas de acero ASTM A36, donde las vigas principales son las más robustas y poseen roldanas en sus extremos para conectarse a los winche de levante, según se muestra en la figura 3.20.

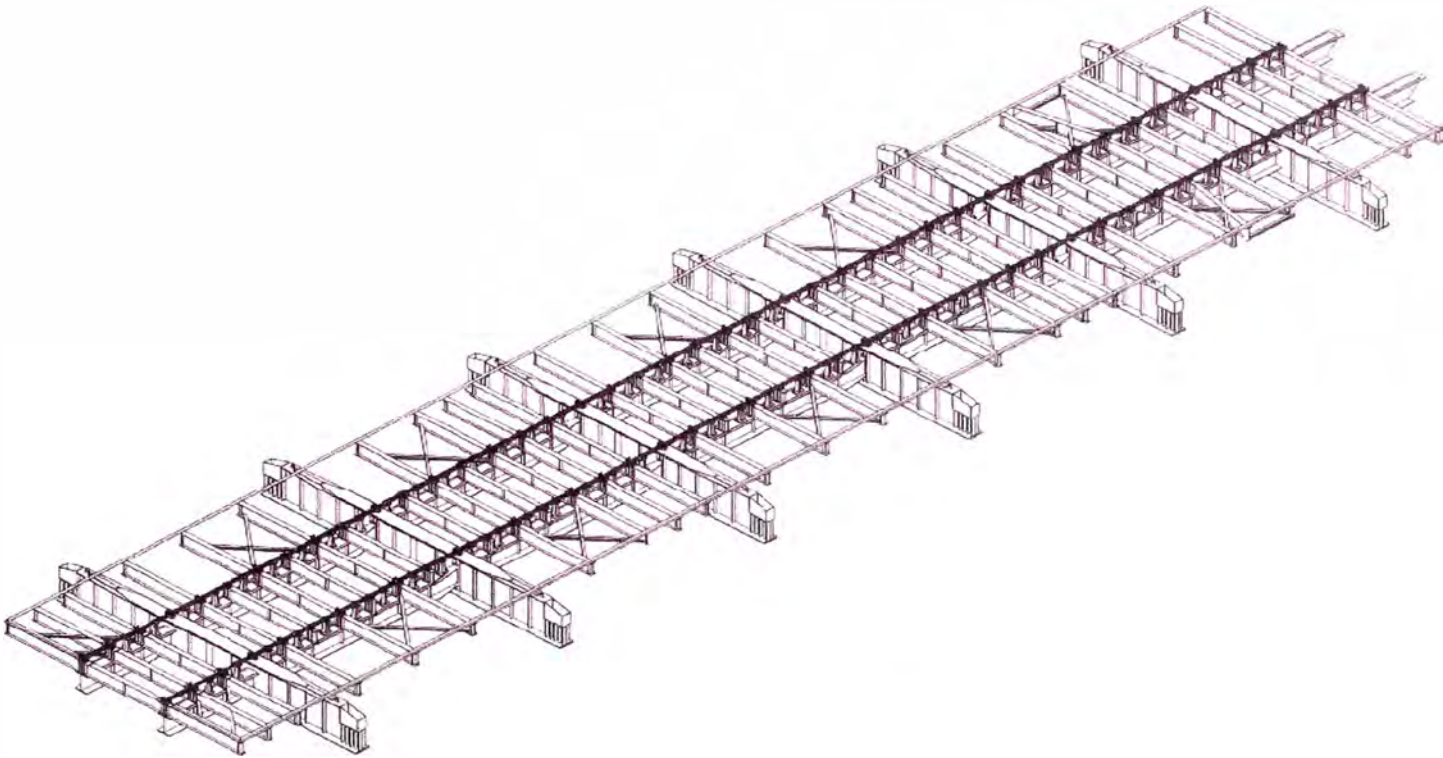


Figura 3.20: Plataforma syncrolift elevadora, utilizada para varar y desvarar embarcaciones.

Dichos winches poseen sensores de cargas para poder cuantificar las fuerzas que se aplican en estas. Estas cargas son reportadas por el taller maniobras (Figura 3.21), y cuál será el punto de partida para cuantificar la curva de densidad de carga de la embarcación. A continuación se detalla la secuencia para la obtención de la densidad de carga de la embarcación en estudio.

BOLETA DE VARADA DE PLATAFORMA SYNCROLIFT E/P ISABELITA

FECHA : /21/04/2010

PESO TOTAL : 1001 TN

CARROS CUNA : 105 TN (19 CARROS)

PESO PLATAFORMA : 204 TN

PESO EMBARCACION :692 TN

HORA : 4:45 PM



Figura 3.21: Reporte de pesos en los winches del syncrolift a babor y estribor de la embarcación en estudio.

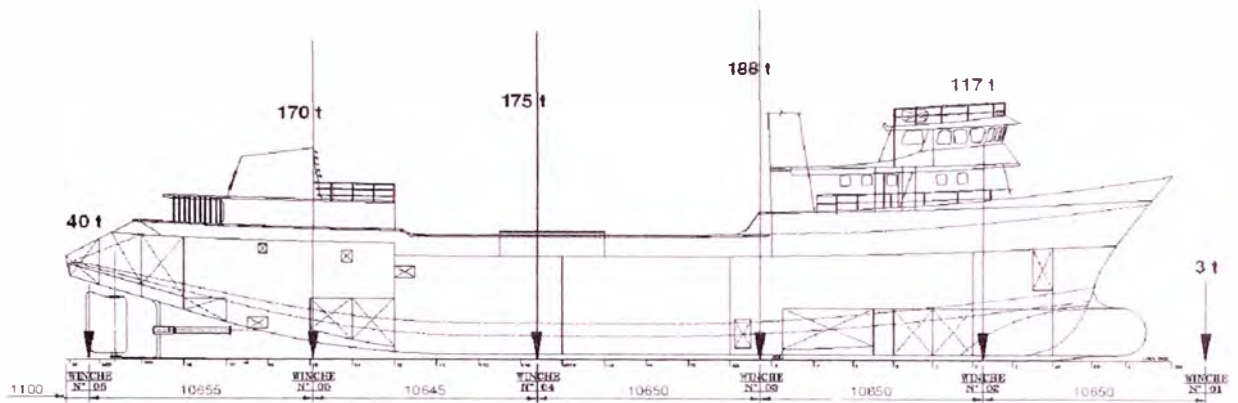


Figura 3.22: Diagrama de carga total por compartimento para la embarcación según reporte del taller.

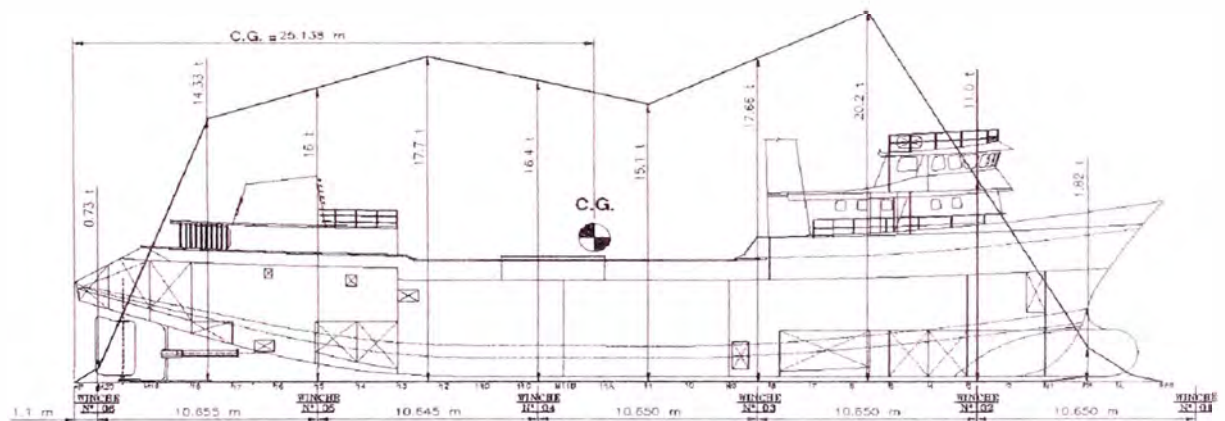


Figura 3.23: Diagrama de carga distribuida para la embarcación en estudio realizado por el método del trapecio, ver figura 3.19.

3.4.5.- MOMENTOS FLECTORES

- a) Momentos flectores en aguas tranquilas (S.W.B.M)

Es el cálculo de la distribución del momento flector a lo largo de la eslora, en una condición de carga determinada cuando la superficie de la mar es lisa y llana.

- b) Componentes de los momentos flectores debido a la ola (W.B.M)

En líneas generales podemos decir que la mayoría de la Sociedades de Clasificación consideran que el incremento del momento flector debido al efecto de las olas es proporcional a la expresión y es considerado bajo el punto de vista estadístico o probabilístico:

$$L^2 . B . (C_B + 0.7)$$

A título informativo recogeremos aquí el criterio del Lloyd's Register:

$$M_w = \sigma_w . C_1 . L^2 . B . (C_B + 0.7) . 10^{-3} \text{ ton. x metro}$$

Donde:

- σ_w Viene dado en la Tabla 3.2.
 C_1 Viene dado en la Tabla 3.3.
 C_B Coeficiente de bloque.

Tabla 3.2.- Coeficiente σ_w del momento flector por oleaje según la

LR..

	$\frac{\sigma_w}{10}$
Navegación en mar abierto.....	10
Viajes cortos	8
Servicios en aguas abrigadas	5

Tabla 3.3.- Coeficiente C_1 del momento flector por oleaje según la LR.

Eslora "L" m	Factor "C ₁ "
90	7.840
100	8.040
125	8.473
150	8.913
$150 < L < 300$	$C_1 = 10.75 - \left(\frac{300 - L}{100}\right)^{1.5}$
$300 < L < 350$	10.75
375	10.69
400	10.63
Para valores intermedios, interpolar linealmente	

3.4.6.- ESFUERZOS DE FLEXIÓN ADMISIBLES

El módulo resistente se define como el cociente entre el momento flector total y el denominado "esfuerzo admisible".

Es decir, el módulo resistente:

$$Z \geq \frac{Mt}{\sigma_t}$$

Siendo:

$$Mt = Ms + Mw$$

A título de ejemplo daremos aquí los valores del esfuerzo admisible σ_t que admiten la Germanischer Lloyds:

Tabla 3.4.- Esfuerzos admisibles según la Germanischer Lloyd.

Germanischer Lloyd	σ_t (Kg/mm ²)
Buques de $L \geq 100$ m	15 Kg/mm ²
Buques de $L < 100$ m	13.5 Kg/mm ²

Para nuestra embarcación en estudio se considera una eslora reglamentación por la germanischer Lloyd de $L = 47.144$ m, resultando en un esfuerzo admisible:

$$\sigma_t = 13.5 \text{ kg/mm}^2 \dots\dots\dots(3.1)$$

3.4.7.- VALOR MÍNIMO DEL MÓDULO REQUERIDO

Para cada buque existe un valor mínimo del módulo resistente que debe tener su cuaderna maestra, con independencia de las condiciones de carga para las que se proyectan. Es decir, el módulo resistente del buque que se proyecta debe cumplir un doble requerimiento:

- a) El esfuerzo máximo no debe exceder del admisible.
- b) Dicho módulo no debe ser inferior al valor mínimo en función de las dimensiones principales del buque.

$$Z \geq \frac{Mt}{\sigma_t}$$

El modulo resistente para embarcaciones según la sociedad de clasificación de la Germanischer Lloyds viene dado según la expresión:

$$Z \text{ min.} = K.C.L^2.B.(C_B + 0.7) \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Siendo:

$$C = \frac{L}{25} + 4.1 \dots \dots \dots \text{si } L \leq 100 \text{ m.}$$

K = Factor del material.

3.4.8.- FUERZAS CORTANTES

Las Sociedades de Clasificación emplean para el análisis de la resistencia longitudinal criterios similares a los que se emplean para el proyecto de vigas. Por lo que respecta a los esfuerzos cortantes, se aplica la conocida fórmula que proporciona suficiente aproximación.

$$\tau = \frac{F \cdot \int y \cdot dA}{J \cdot b}$$

Siendo:

- y : La distancia vertical del elemento al eje neutro.
- b : El ancho total del plano cortante en el eje neutro.
- J : Momento de inercia de la cuadema maestra.

A continuación damos los valores del esfuerzo de cizalla total admisible en varias de estas sociedades.

Tabla 3.5.- Esfuerzos cortantes según casas clasificadora.

Sociedad de Clasificación	τ_1 (Kg/ mm ²)
Lloyd's Register of Shipping	12
American Bureau of Shipping	10.65
Germanischer Lloyd	11
Det Norske Veritas	11

3.4.9.- CONTROL DE FLECHAS Y DEFORMACIONES DE LA VIGA - BUQUE

Al objeto de evitar grandes flechas de la viga-buque, algunas sociedades de clasificación exigen un valor mínimo del momento de inercia de la cuaderna maestra, que para embarcación pesquera según la Germanischer Lloyd suele ser:

$$J = 3 \cdot 10^{-2} \cdot W \cdot \left(\frac{L}{k}\right) \text{ [m}^4\text{]}$$

Siendo:

W : El modulo resistente requerido (Z) de la cuaderna maestra.

L : La eslora entre perpendiculares para la embarcación.

K : Factor del material.

3.4.10.-ESFUERZOS PARA LA CONDICIÓN N°1: EN SALIDA DE PUERTO, BODEGA 0% Y CONSUMIBLES 100% Y EMBARCACIÓN EN QUEBRANTO

Con la consideración (párrafo 3.4.2) que se debe analizar las cargas a lo largo de la embarcación durante un mar agitado con presencia de oleaje de mar, y así obtener la distribución de fuerza cortante y

momento flector, la figura 3.24 muestra la distribución de cargas y respuesta en la viga buque, en la condición de quebranto.

ESTADO DE PESOS TOTAL

Elementos	Peso (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Buque en rosca	695.33	25.195	0.000	4.137
Tanques	95.68	25.933	-0.055	2.284
Pesos fijos	68.86	11.146	0.741	7.292
Peso total	859.87	24.152	0.053	4.303

ESTADO DE PESOS FIJOS

Elementos	Peso (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Cables de cerco	2.50	28.960	-1.400	6.600
Panga	12.50	1.590	0.000	8.000
Red (Húmeda)	50.00	10.590	1.100	7.200
Repuestos /Herramienta	1.00	34.800	-4.200	6.100
Tripulación	1.36	41.290	0.000	7.300
Víveres	1.50	36.500	2.500	6.400
Total de pesos fijos	68.86	11.146	0.741	7.292

ESTADO DE LOS TANQUES

Nombre tanque	Carga (%)	Peso (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Grav. Espe
Agua dulce	100.00 %	16.85	40.302	0.000	1.563	1.00
Aceite hidráulico	100.00 %	7.01	12.419	-3.463	2.277	0.924
Petróleo	100.00 %	71.83	23.882	0.265	2.453	0.870
Total:	100.00 %	95.68	25.933	-0.055	2.284	

DIMENSIONES Y UBICACIÓN DE LA OLA:

Fase de la cresta relativa al origen: 180.0 grados (26.35 m)

Longitud de la ola: 52.700 m.

Altura total de la ola: 3.750 m

RESISTENCIA LONGITUDINAL EN MAR AGITADO POR OLAS

Cuaderna No.	Posición (m)	Fuerza Cortante (t)	Momento Flector (t-m)	Fuerza Cortante (kN)	Momento Flector (kN-m)
MANPARO 20 POPA DE LAZARETO	1.590	9.85	10	96.6	98.1
CUADERNA 19 CENTRAL LAZARETO	3.590	31.54	45	309.4	441.4
MANPARO 18 PP SALA MAQ POPA	5.590	68.19	140	668.9	1373
CUADERNA 15 CENTRAL SALA MAQ	11.590	142.40	804	1397	7887
MANPARO 12 POPA DE BODEGA	17.590	142.31	1735	1396	17020
MANPARO 11B CENTRAL BODEGAS	23.590	20.93	2246	205.3	22033
MANPARO 9 PROA DE BODEGA	31.590	-156.80	1631	-1538	16000
CUADERNA 6 CENTRAL SALA FRIO	37.490	-139.32	638	--1367	6259
MANPARO 3 POPA SALA SONAR	43.190	-42.50	127	-423.7	1246
MANPARO 1 POPA PIQUE PROA	46.990	-11.48	28	-112.6	275

Fuerza cortante máxima = -180.53 t en 34.587(3.2)

Momento flector máximo = 2253 t-m at 24.587 quebranto(3.3)

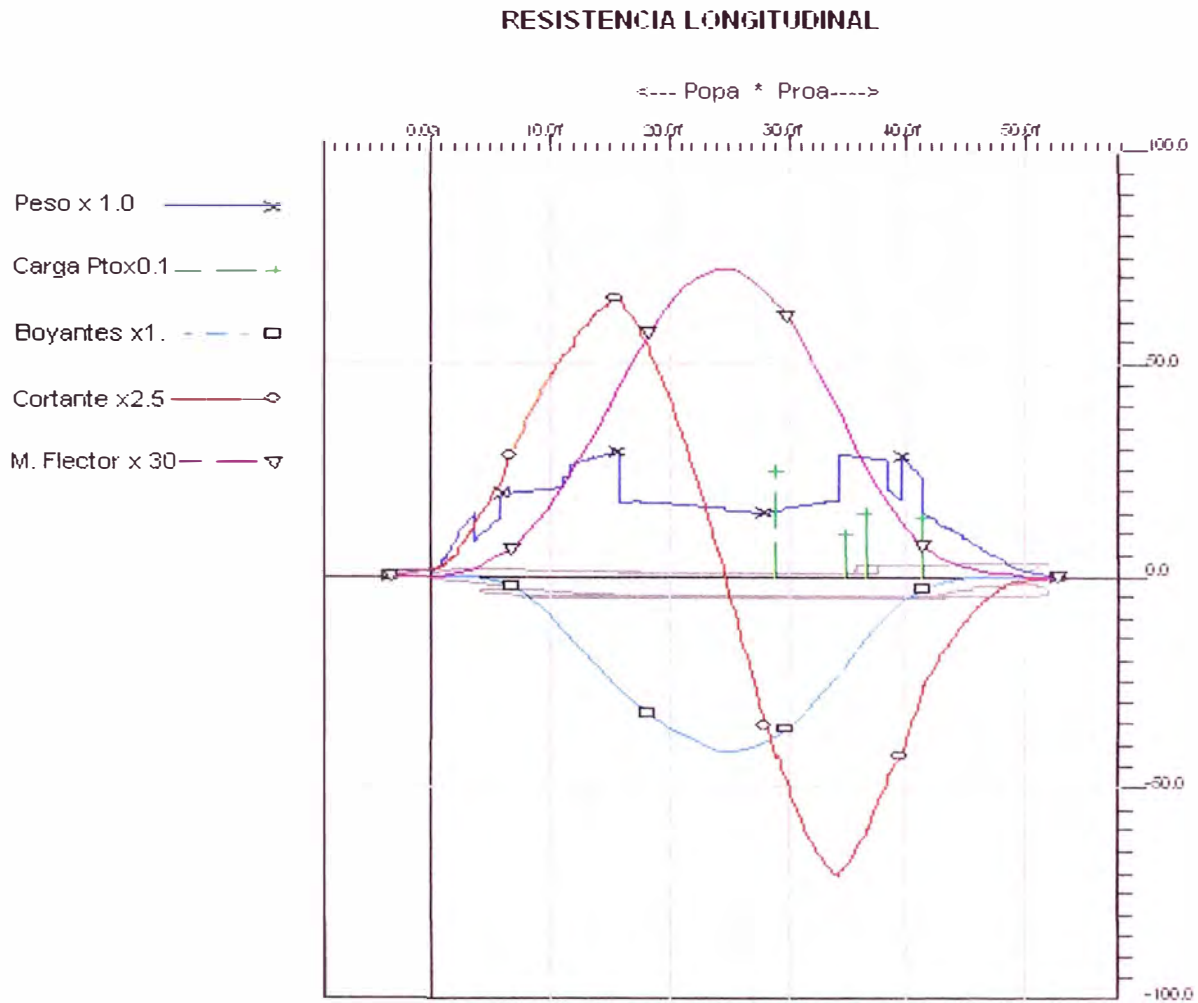


Figura 1.24. Resumen de distribución de cargas y respuestas en la viga buque para la condición de quebranto.

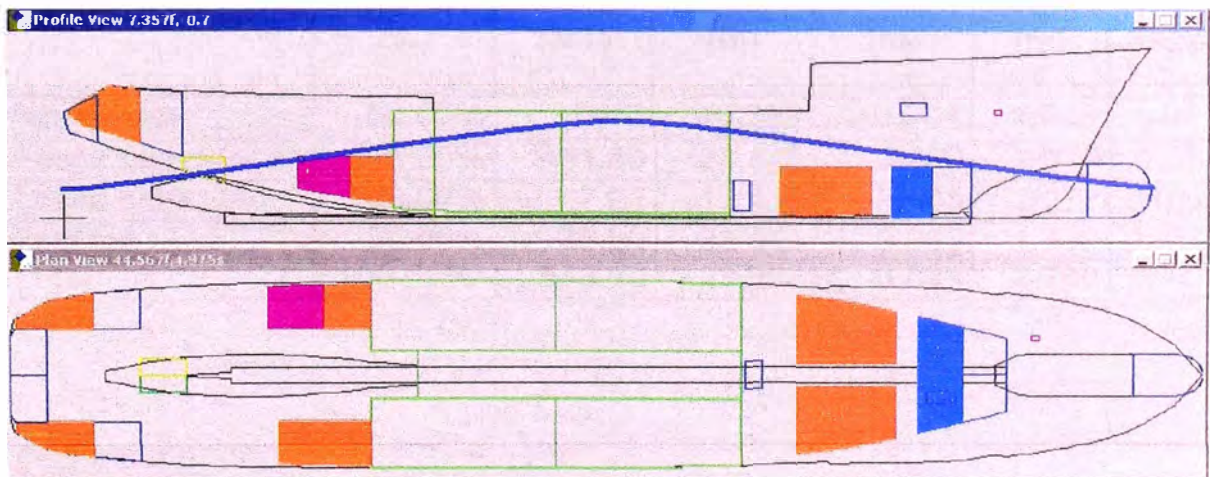


Figura 2.25. Embarcación con mar agitado (con olas) y estado de tanques para la condición de quebranto.

3.4.11.- ESFUERZOS PARA LA CONDICIÓN N°2: SALIDA ZONA DE PESCA, BODEGA 100% Y CONSUMIBLES 50% Y EMBARCACIÓN EN ARRUFO

ESTADO DE PESOS TOTAL

Elementos	Peso (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Buque en rosca	695.33	25.195	0.000	4.137
Tanques	543.19	23.953	-0.027	2.780
Pesos fijos	68.86	11.146	0.741	7.292
Peso total	1,307.37	23.939f	0.027s	3.739

ESTADO DE PESOS FIJOS

Elementos	Peso (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Cables de cerco	2.50	28.960	-1.400	6.600
Panga	12.50	1.590	0.000	8.000
Red (Húmeda)	50.00	10.590	1.100	7.200
Repuestos /Herramienta	1.00	34.800	-4.200	6.100
Tripulación	1.36	41.290	0.000	7.300
Víveres	1.50	36.500	2.500	6.400
Total de pesos fijos	68.86	11.146	0.741	7.292

ESTADO DE LOS TANQUES

Nombre tanque	Carga (%)	Peso (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Grav. Espe
Agua dulce	50.00%	8.42	40.293	0.004	1.048	1.00
Pesca en bodegas	100.00%	491.86	23.845	0.000	2.875	0.98
Aceite hidráulico	100.00%	7.01	12.419	-3.463	2.277	0.924
Petróleo	50.00%	35.90	23.844	0.260	1.980	0.870
Total:	100.00%	543.19	23.953	-0.027	2.780	

DIMENSIONES Y UBICACIÓN DE LA OLA:

Fase de la cresta relativa al origen: 0 grados (0 m)

Longitud de la ola: 52.700 m.

Altura total de la ola: 3.750 m

RESISTENCIA LONGITUDINAL CON MAR AGITADO POR OLAS

Cuaderna No.	Posición (m)	Fuerza Cortante (t)	Momento Flector (t-m)	Fuerza Cortante (kN)	Momento Flector (kN-m)
MANPARO 20 POPA DE LAZARETO	1.590	-5.82	11	-57	108
CUADERNA 19 CENTRAL LAZARETO	3.590	-33.36	-27	-327	-264
MANPARO 18 PP SALA MAQ POPA	5.590	-55.52	-115	-544.6	-1128
CUADERNA 15 CENTRAL SALA MAQ	11.590	-137.35	-682	-1347	-6690
MANPARO 12 POPA DE BODEGA	17.590	-154.65	-1629	-1517	--15980
MANPARO 11B CENTRAL BODEGAS	23.590	-19.39	-2159	-190.2	-21179
MANPARO 9 PROA DE BODEGA	31.590	161.53	-1580	1584	-15500
CUADERNA 6 CENTRAL SALA FRIO	37.490	117.15	-783	1149	-7681
MANPARO 3 POPA SALA SONAR	43.190	71.07	-224	697	-2197
MANPARO 1 POPA PIQUE PROA	46.990	25.51	-41	250	-402

Fuerza cortante máxima = -171.89 t en 15.5 m(3.4)

Momento flector máximo = -2167 t-m at 24.5 m (Arrufo)(3.5)

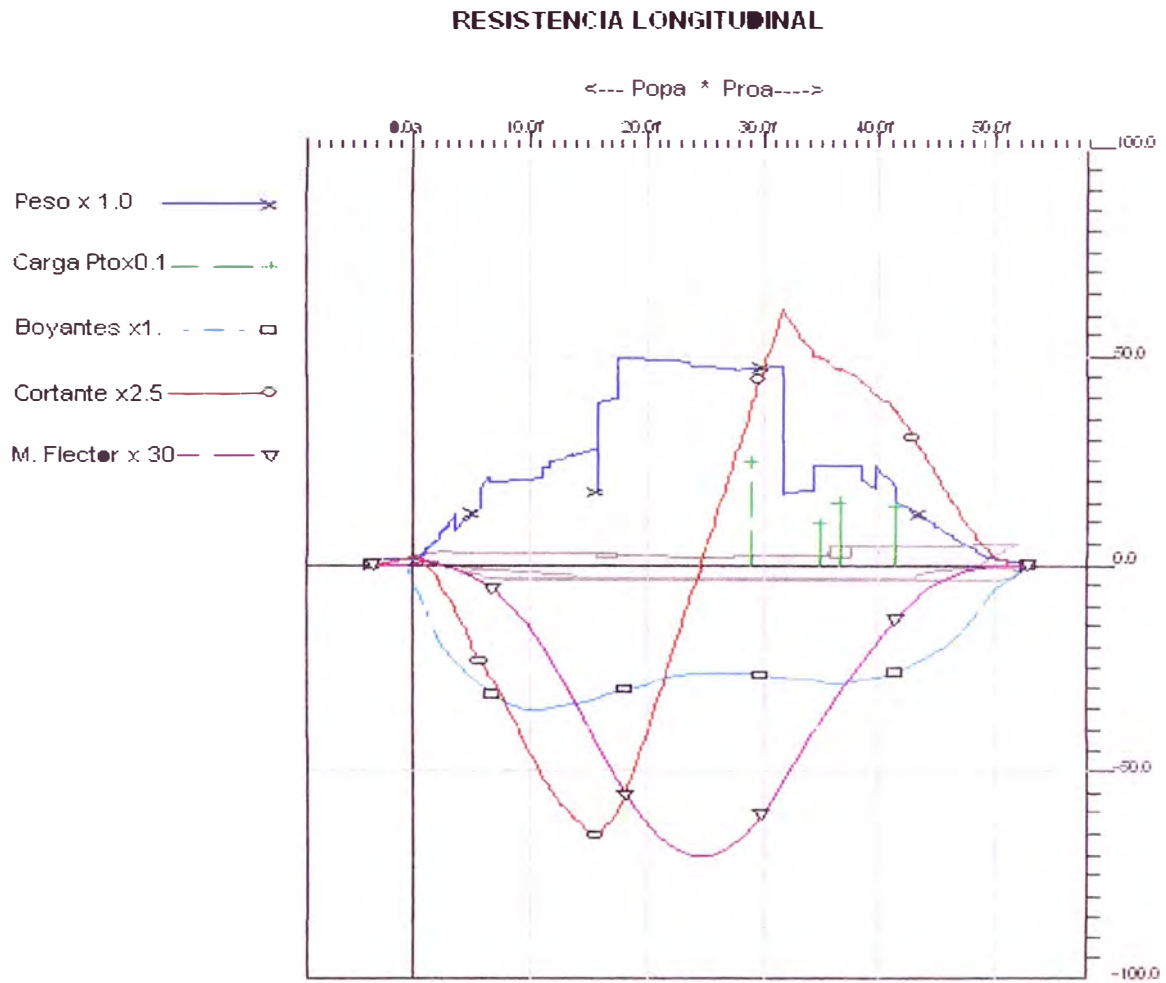


Figura 3.26. Resumen de distribución de cargas y respuestas en la viga buque para la condición de arrufo.

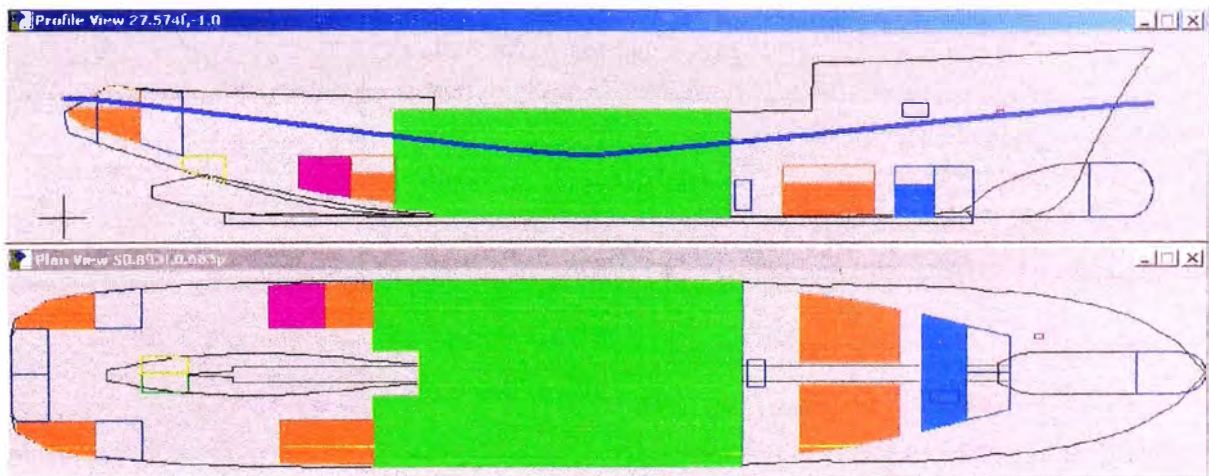


Figura 4.27. Embarcación con mar agitado (con olas) y estado de tanques para la condición de arrufo.

3.4.12.-ANÁLISIS Y CÁLCULO DE RESISTENCIA

El momento flector, alcanzara un máximo valor en el centro de la embarcación, en tanto que el esfuerzo de corte será nulo en el centro, y máximo en un punto situado aproximadamente a 1/4 de la eslora de los extremos. Entonces la estructura longitudinal continuas que forman la viga buque deberán ser calculadas de modos que puedan soportar las tensiones de flexión y corte analizadas.

De este modo se llega a los esfuerzos finales (momento flector y esfuerzos de corte), los que no deberán superar en ninguna condición de carga los esfuerzos admisibles establecido y de acuerdo a las tensiones admisibles del material.

En la figura 3.28 se presenta la cuaderna maestra con los elementos que contribuyen con la resistencia longitudinal. Los elementos se incluyen en el cálculo siempre que sean continuos dentro de $0.4L$ en el centro de la embarcación y disminuyan gradualmente fuera de $0.4L$.

Tabla 3.6.- Calculo teórico del modulo resistente de la cuaderna maestra.

	A .mm ² .	.y .mm.	A * y .mm ³ .	A * y * y .mm ⁴ .	I propia .mm ⁴ .
Elementos	Área	Distancia al eje neutro	Momento estático	Momento de inercia inicial	Momento de inercia propio
Pl. cubierta (PL. de 8.0 mm)	41266	5380	222011080,0	1194419610400	144072590
Pl. Costado (PL. de 8.0 mm)	61990	3564	220932360,0	787402931040	58237241785
Pl. pantoque de 9.5 mm	16369	1622	26550518,0	43064940196	569303244
Pl. fondo de 9.5 mm	84267	747	62947449,0	47021744403	6978320779
Quilla de PL. 20 mm.	12360	341	4214760,0	1437233160	393381720
Zapata PL 32x250 mm.	8000	16	128000,0	2048000	682667
Longitudinales de Cubierta	9500	5328	50616000,0	269682048000	29048923
Longitudinales de Costado	15130	3175	48037750,0	152519856250	12869245533
Longitudinales de Fondo	25817	1012	26126804,0	26440325648	3624802989
Codillo Superior Dia. 38 mm.	2268	1948	4418064,0	8606388672	204708
Codillo Inferior Dia. 38 mm.	2268	1302	2952936,0	3844722672	204708
Sumatoria	279235		668935721	2534441848441	82846509646

.y	2.396		I_{EN} [mm ⁴]	1014785094421
J [m ⁴]	1,015	<-----	I_{EN} [m ⁴]	1.015
Zq	2.396	----->	W [m ³]	0.423
Zc	3.106	----->	W [m ³]	0.326
			W [m³]	0,350

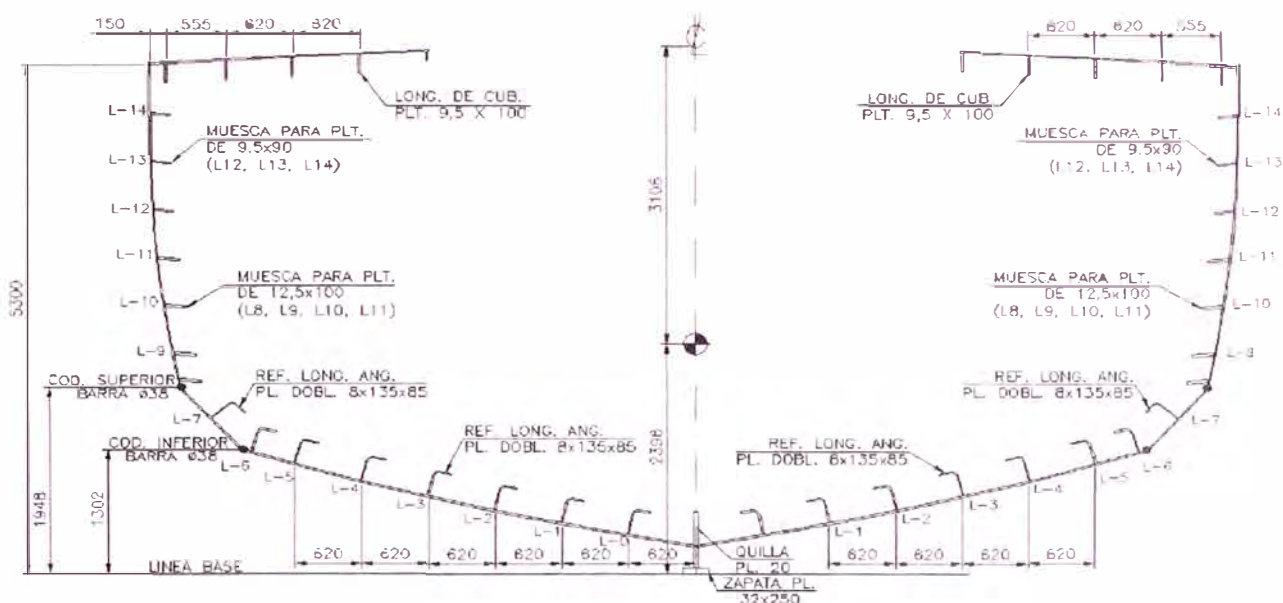


Figura 5.28. Elementos para el cálculo de modulo resistente de la cuaderna maestra.

En quebranto con $M = 2253 \text{ t-m}$, tensión en la cubierta (c),
compresión en la quilla(q):

$$J_z = (\sum A y^2 + \sum i_z - \bar{y}^2 * \sum A)$$

$$\bar{y} = \left(\frac{\sum y.A}{\sum A} \right); \quad Z_q = \frac{I}{y_q}; \quad Z_c = \frac{I}{y_c}; \quad \sigma = \frac{M}{Z}$$

$$\sum A = 279235 \text{ mm}^2 = 0.279 \text{ m}^2$$

$$\sum y.A = 668935721 \text{ mm}^3 = 0.668 \text{ m}^3$$

$$\bar{y} = \frac{0.668}{0.279} = 2.396 \text{ m}; \quad y_q = 2.396 \text{ m}; \quad y_c = 3.106 \text{ m}$$

$$I_z = [2.534 + 0.082 - 2.396^2 * 0.279] \text{ m}^4 = 1.015 \text{ m}^4$$

$$Z_q = \frac{1.015}{2.396} = 0.423 \text{ m}^3; \quad Z_c = \frac{1.015}{3.106} = 0.326 \text{ m}^3$$

$$\sigma_q = \frac{2253 * 10^3}{0.423} = 5326 * 10^3 \frac{kg}{m^2} = - 5.3 kg/mm^2$$

$$\sigma_c = \frac{2253 * 10^3}{0.326} = 6911 * 10^3 \frac{kg}{m^2} = + 6.9 kg/mm^2$$

El esfuerzo admisible por la Germanischer Lloyd es de 13.5 kg/mm² de acuerdo a la tabla 3.4 y la ecuación 3.1.

$$Mds = \frac{\sigma_t}{\sigma_c} - 1 = \frac{13.5}{6.9} - 1 = 0.95 \dots \dots \dots (3.5)$$

En arrufo con M = 2167 t-m, compresión en la cubierta (c) y tensión en la quilla(q), considerando los módulos resistentes iguales a los calculados anteriormente se tiene:

$$\sigma_q = \frac{2167 * 10^3}{0.423} = 5122 * 10^3 \frac{kg}{m^2} = + 5.1 kg/mm^2$$

$$\sigma_c = \frac{2167 * 10^3}{0.326} = 6647 * 10^3 \frac{kg}{m^2} = - 6.6 kg/mm^2$$

Además según la teoría modernas de planchas sometidas a cargas en su plano y planchas sometidas a una combinación de presión lateral hidrostática y compresión en los bordes [1, párrafo 4.9] se obtiene el esfuerzo crítico de la ecuación 3.01:

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{h}{b}\right)^2 \cdot k$$

Donde:

$$\frac{\pi^2}{12(1 - \mu^2)} = 0.9, \quad h=t=8 \text{ mm}, \quad b=625\text{mm}, \quad E=200,000 \text{ N/mm}^2, \quad k = 4,$$

ver tabla 4.1

Entonces: $\sigma_{cr} = 0.9 \times 200,000 \times \left(\frac{8}{625}\right)^2 \times 4 = 118 \text{ N/mm}^2 = 12 \text{ kg/mm}^2$.

$$MdS = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_c} - 1 = \frac{12}{6.6} - 1 = 0.82 \dots \dots \dots (3.6)$$

Comparando los márgenes de seguridad en la condición de quebranto y arrufo se encuentra que la condición de arrufo es la condición mas critica por encontrarse la plancha de la cubierta a compresión con una carga critica de 6.6 kg/mm².

El esfuerzo cortante es máximo a un cuarto de la eslora desde las perpendiculares y en el eje neutro, según la ecuación:

$$\tau = \frac{F \cdot \int y \cdot dA}{J \cdot b}$$

El espesor “b” se calcula generalmente como el espesor de la viga equivalente y en el caso que algún manparo longitudinal se incluya en la resistencia, se considera la suma de las planchas del forro exterior y del manparo en el eje neutro. Siguiendo con nuestro ejemplo tenemos las siguientes características para la sección según la figura 3.28 y la tabla 3.6.

Además ubicándose la fuerza cortante máxima de la condición de arrufo fuera del manparo longitudinal, cubierta de castillo y cubierta de tanques, es así que esta se considera la condición más crítica.

$$F = -171.89 \text{ t} = 1752 \times 10^3 \text{ N (fuerza cortante máximo según ec. 3.4)}$$

$$J_z = 1.015 \text{ m}^4, \quad \bar{y} = 2.396 \text{ m}, \quad \int y \cdot dA = \sum y \cdot A = 0.668 \text{ m}^3,$$

$$b = 2 \times (\text{esp. casco}) = 2 \times 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ m}.$$

Entonces:

$$\tau_{max} = \frac{(1752 \cdot 10^3) \cdot 0.668}{1.015 \cdot (16 \cdot 10^{-3})} = 72 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 = 72 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{max} = 72 \text{ N/mm}^2 = 7.33 \text{ kg/mm}^2$$

El esfuerzo cortante (cizalla) máximo admisible por la casa clasificadora de la Germanischer Lloyd es de 11 kg/mm² según la tabla 3.5.

$$MdS = \frac{\tau_t}{\tau_{max}} - 1 = \frac{11}{7.33} - 1 = 0.50 \dots \dots \dots (3.7)$$

Comparando los márgenes de seguridad resultantes de las ecuaciones 3.6 y 3.7 se concluye que la condición más crítica es la condición de arrufo y el esfuerzo cortantes es el de mayor preocupación para los diseñadores.

3.4.13.-EL MODULO RESISTENTE DE LA VIGA-BUQUE SEGÚN LA SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación según los Reglamentos de clasificación y construcción, tecnología Naval de la Germanischer Lloyd:

A.- Referencia: GERMANISCHER LLOYD

Parte 01: Buques de Altura
 Parte B: Construcción del casco
 Capítulo 08: Buques de Pesca
 Sección 05: Resistencia Longitudinal
 Pagina: 5 – 1

B.1.- MODULO RESISTENTE DE LA CUADERNA

MAESTRA - según reglamento

$$W_{min} = K.C.L^2.B.(C_B + 0.7).10^{-6} [m^3]$$

.k	1.00	Factor de material, ver sección 3.4.7.		
C	5.99	Constante en función a la eslora, ver sección 3.4.7.		
L	47.144	Eslora de clasificación		
B	10.10	Manga de la Embarcación Pesquera		
C _B	0.60	Coefficiente de block, no se tomara inferior a 0.6		
		<table border="1" style="float: right;"> <tr> <td style="text-align: center;">W_{min} [m³]</td> <td style="text-align: center;">0.175</td> </tr> </table>	W_{min} [m ³]	0.175
W_{min} [m ³]	0.175			

B.2.- MODULO RESISTENTE DE LA CUADERNA

MAESTRA – Calculo Estructural

Descripción	Identificar	V. Teórico .m ³	V. Practico .m ³	Condición	Referencia
Modulo Resistente	W	0.175	0.327	Ok	Tabla 3,6

C.1.- MOMENTO DE INERCIA DE LA CUADERNA

MAESTRA - según reglamento

$$J = 3 \cdot 10^{-2} \cdot W \left(\frac{L}{k} \right) [m^4]$$

W	0.175	Modulo resistente de la cuaderna maestra
L	47.144	Eslora de clasificación
.k	1.00	Factor de material, acero naval grado A
J_{min} [m⁴]		0.247

C.2.- MOMENTO DE INERCIA DE LA CUADERNA

MAESTRA–calculo estructural

Descripción	Identificar	V. Teórico .m ³	V. Practico .m ³	Condición	Referencia
Momento de Inercia	J	0.247	1.015	Ok	Tabla 3,6

CAPITULO IV

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL CASCO PARA UNA EMBARCACIÓN PESQUERA DE 500 M³ CUMPLIENDO CON LAS REGLAS DE CLASIFICACIÓN

4.1.- INTRODUCCIÓN

En el capítulo 5 se ha realizado una presentación de los elementos estructurales del casco, la mayoría de estos pueden ser definidos por medios de las reglas de la sociedad de clasificación. Esto se llama “escantillones” de los elementos estructurales. En un razonamiento puro y práctico, esto representa el método menos entretenido del diseño.

Entonces, se entiende que en todos los astilleros se trabaja de esta manera si aún es posible. Además que el trabajo ahora es más fácil por la existencia de software para la computadora:

Para el diseño de barcos innovadores o complicados, instalaciones off-shore o barcos con otros tipos de materiales al acero, se necesita más “know-how” que las reglas puedan proveer. Estos diseños caen afuera de las reglas en mayor o menor medida, y tienen que ser analizados y calculados utilizando principios básicos y métodos de cálculo de resistencia de materiales. Estos métodos pueden ir de la aplicación de resistencia de materiales hasta métodos de elementos finitos.

En este capítulo se realizara el dimensionamiento de las planchas del casco como de los refuerzos de la estructura del casco basándose solo en la

teoría de resistencia de materiales, la teoría del ancho efectivo para los refuerzos y formularios de vigas con cargas distribuidas.

Según la distribución de los compartimientos se ha decidido realizar el análisis de cargas y esfuerzos para dos anillos transversales de la estructura del casco por considerarse las secciones transversales donde las cuadernas encontrarse en esfuerzos críticos. La cuaderna 8 en el anillo de refuerzo transversal se considera como elemento de análisis por presentar un gran longitud libre, es decir el elementos se apoya en el refuerzo de cubierta y en la varenga de fondo y; la cuaderna 11A es analizada por presentar una gran longitud libre y además muy separado (2.0 m.) de las cuadernas de los anillos de refuerzos transversales alrededor de dicha cuaderna.

4.2.- FUNDAMENTO TEÓRICO

Son necesarios principios principales para el cálculo de la estructura del proyecto. Entre estos están la teoría del ancho efectivo de las planchas reforzadas y las formulas para vigas con cargas distribuidas.

4.3.- ANCHO EFECTIVO DE PLANCHAS

El ancho efectivo de panchas representa el ancho de planchas que debe considerarse a cada lado del refuerzo en los cálculos de resistencia. En este estudio, se considerados casos, a saber: cuando las planchas reforzadas están sometidas solamente a carga normal a su plano, siendo, en este caso, un problema de elasticidad, y cuando están sometidas a cargas de compresión en su plano, en cuyo caso es un problema de estabilidad elástica. Por motivo que la estabilidad elástica es muy frecuente en las estructura de una embarcación será razón de estudio [1].

4.3.1.- CRITERIO DE ESTABILIDAD

Los elementos diversos de las planchas reforzadas, como plancha, consola, refuerzo o perfil, tiene que seguir la deformación general sin inestabilidades locales que frustré el acortamiento como en el caso de una carga en compresión, se debe definir el ancho efectivo mediante una distribución efectiva de las fuerzas en la plancha, consola y refuerzos.

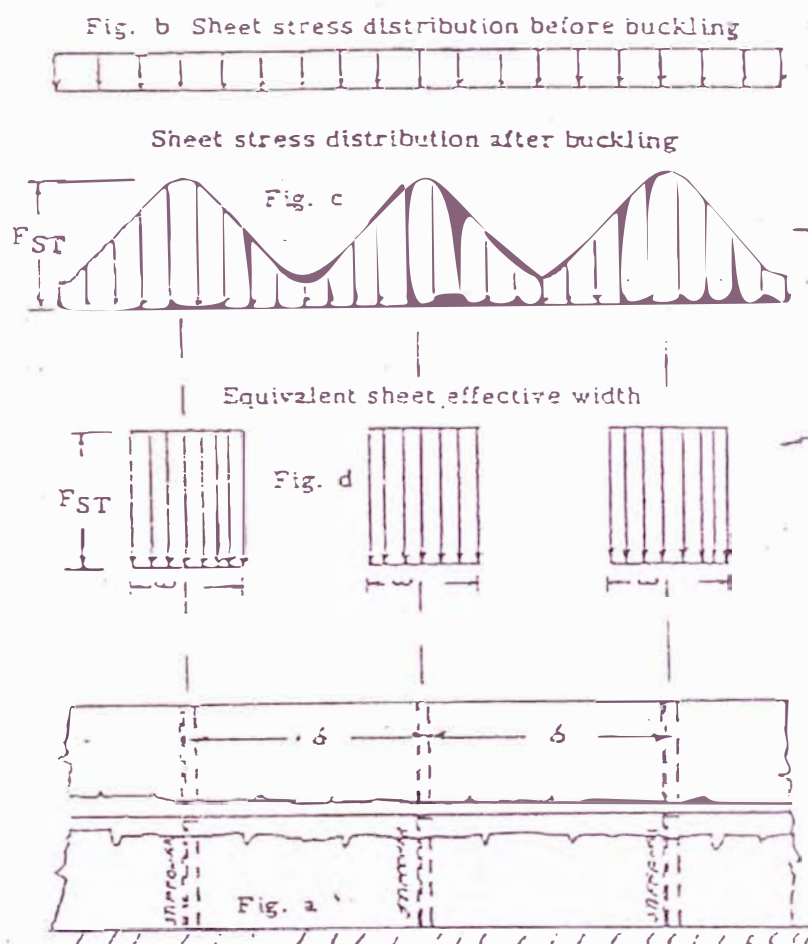


Figura 4.1.- Consideración de ancho efectivo en plancha reforzada.

Según la teoría moderna sobre planchas sometidas a cargas en su plano, el esfuerzo crítico de una placa en compresión, bordes apoyados $k = 4.0$, $a/b > 1$, $\sigma^2.k/(12(1-u^2)) = 3.60$, párrafo 4.9 [1].

$$\sigma_{Cr} = \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)} \left(\frac{h}{b}\right)^2 \cdot k \dots\dots\dots(4.1)$$

Donde:

La carga critica $\sigma_{Cr} = f_c$ y el espesor de la plancha $h = t$.

Tabla 4.1.- Valores de K (Coeficiente en función de la fijación de los lados).

Situación de los Bordes cargados		
Nº	a/b > 1	K
1	Ambos bordes simplemente apoyados.	4.00
2	Un borde simplemente apoyado y el otro empotrado.	5.42
3	Ambos bordes empotrados.	6.97
4	Un borde simplemente apoyado y el otro libre.	0.425
5	Un borde empotrado y el otro libre.	1.277

Entonces:

$$f_c = \sigma_c = 3.60E \left(\frac{t}{b}\right)^2 \dots\dots\dots(4.2)$$

La distribución efectiva en la placa supone uniforme f_c dentro del ancho efectivo y un esfuerzo (y deformación) nulo afuera. Por la condición de los bordes es apoyado y esfuerzo efectivo f_c igual al esfuerzo máximo en el refuerzo, aceptando el mismo material en la placa y refuerzo.

Por lo tanto: $f_c = f_{MAX} \leq Re$ y resolviendo 3.01 para un ancho b ó w .

$$w = 1.9t \sqrt{\frac{E}{Re}} \dots\dots\dots(4.3)$$

Los organismos controladores tienen su propia formula de ancho efectivo. Para la American Bureau of Shiping utiliza:

$$w = 2. t \sqrt{\frac{E}{Re}} \dots\dots\dots(4.4)$$

Para: Acero dulce (A.D.) $Re=230 \text{ N/mm}^2$, $w/t = 56$.
 Acero alta resistencia (A.T.) $Re=330 \text{ N/mm}^2$, $w/t = 51$
 Aluminio $w/t=32-40$

Para la Germanischer Lloyds está definido por la siguiente relación:

$$w/e = \text{funcion de } (l/e), \text{ según la tabla 4.2}$$

Tabla 4.2.- Ancho efectivo de la chapa e_m según la Germanischer Lloyd.

l/e	0	1	2	3	4	5	6	7	≥ 8
e_{m1}/e	0	0.36	0.64	0.82	0.91	0.96	0.98	1.00	1.0
e_{m2}/e	0	0.2	0.37	0.52	0.65	0.75	0.84	0.89	0.9

Siendo:

- e_{m1} : Ancho efectivo w de la chapa para vigas transversales y longitudinales cuando se aplica 6 cargas aisladas o repartida uniformemente.
- e_{m2} : Ancho efectivo w de la chapa para vigas transversales y longitudinales cuando se aplica 3 cargas aisladas o un número inferior a ellas.
- e : Anchura de carga medida de centro a centro de los paneles adyacentes no apoyados.
- l : Es la luz entre apoyos en el caso de vigas de apoyo simple.

4.3.1.1.- CURVAS Y FORMULAS DEL INGENIERO H.A. SCHADE

En el anuario Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1951-1953, el ingeniero H.A. Schade hace un estudio teórico del ancho efectivo que debe considerarse en cada estructura, teniendo en cuenta la carga a que está sometido.

Se utiliza también una fórmula de Schade, donde la resistencia R_e de la ecuación (4.3) está sustituida por el esfuerzo real (máximo), que en el caso de cargas en el plano de la plancha, es el esfuerzo de pandeo (f_c) de los refuerzos.

$$w = 0.85t \sqrt{\frac{E}{f_c}} \dots \dots \dots (4.5)$$

Para:

Acero dulce (A.D.), $f_c = R_e = 230 \text{ N/mm}^2$, $w/t = 25.5$

Ac. Alta resistencia (A.T.), $f_c = R_e = 330 \text{ N/mm}^2$, $w/t = 20.9$

Aluminio $w/t = 14 - 17$

4.3.2.- CRITERIO DE ELASTICIDAD

Para cargas perpendiculares al plano de la plancha, "Vedeler" calculo:

$$w = b * \frac{1 + (\sinh \pi \beta) / \pi \beta}{1 + \cosh \pi \beta} \dots \dots \dots (3.04)$$

Donde:

$\square = b/l$,

$b =$ Separación de refuerzos

$l =$ Luz virtual del refuerzo.

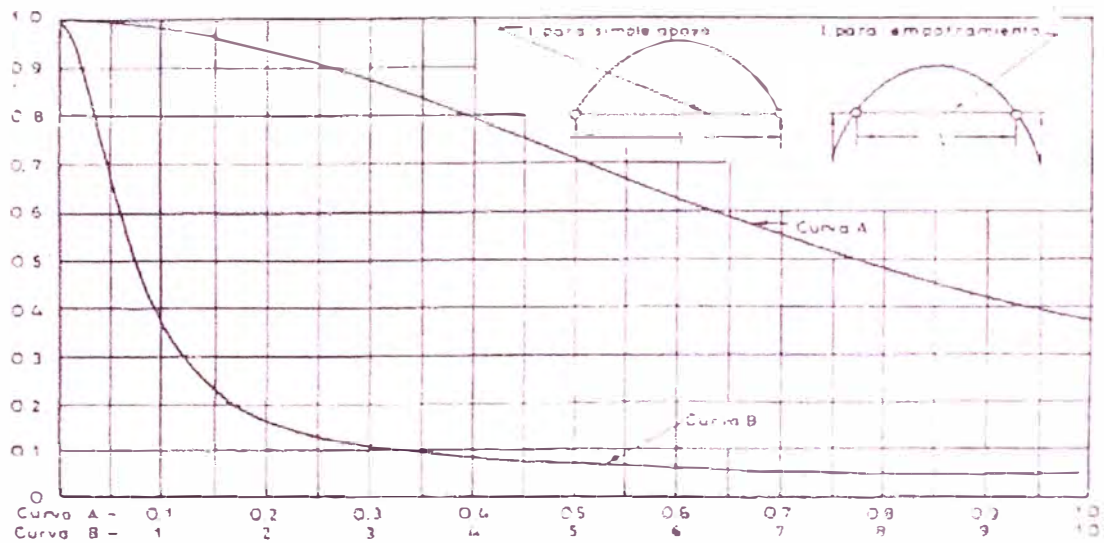


Fig. 7.7.2-a. Ancho efectivo de planchas.

Figura 4.2.- Ancho efectivo en plancha reforzada según criterio de elasticidad.

Para cargas perpendiculares Schade también formulo para cinco casos de reforzamiento:

- I) Planchas con los lados libres y un solo refuerzo: plancha (B, L), espesor de la plancha t , y de los refuerzo t_w .
- II) Refuerzos en los bordes de una plancha (B, L) con refuerzos en los bordes de la plancha, con espesor de plancha t y de los refuerzos t_w .
- III) Combinación de I) y II) con plancha (B, L) con refuerzos, con espesor de plancha t , y espesor de refuerzos t_w .
- IV) Panel (B, L) con un refuerzo en un borde y un panel rígido en el otro, (puede asimilarse a una brazola de una escotilla, y el panel rígido al costado del buque). con espesor de plancha t , y espesor de refuerzos t_w .

- V) Panel (B, L) con un refuerzo en "T" en el borde y en el otro borde libre, con espesor de plancha t , y espesor de refuerzos t_w .

Las tablas siguientes provee la relación λ/b para los diferentes valores de L/B , donde $\lambda = w$ es el ancho efectivo y $b=B/2$. Las cargas perpendiculares son cargas sinusoidal, uniformes y triangular por la longitud L . Para una carga concentrada se utiliza un factor β en función de la geometría del caso de 1-5 para interpolación en la tabla.

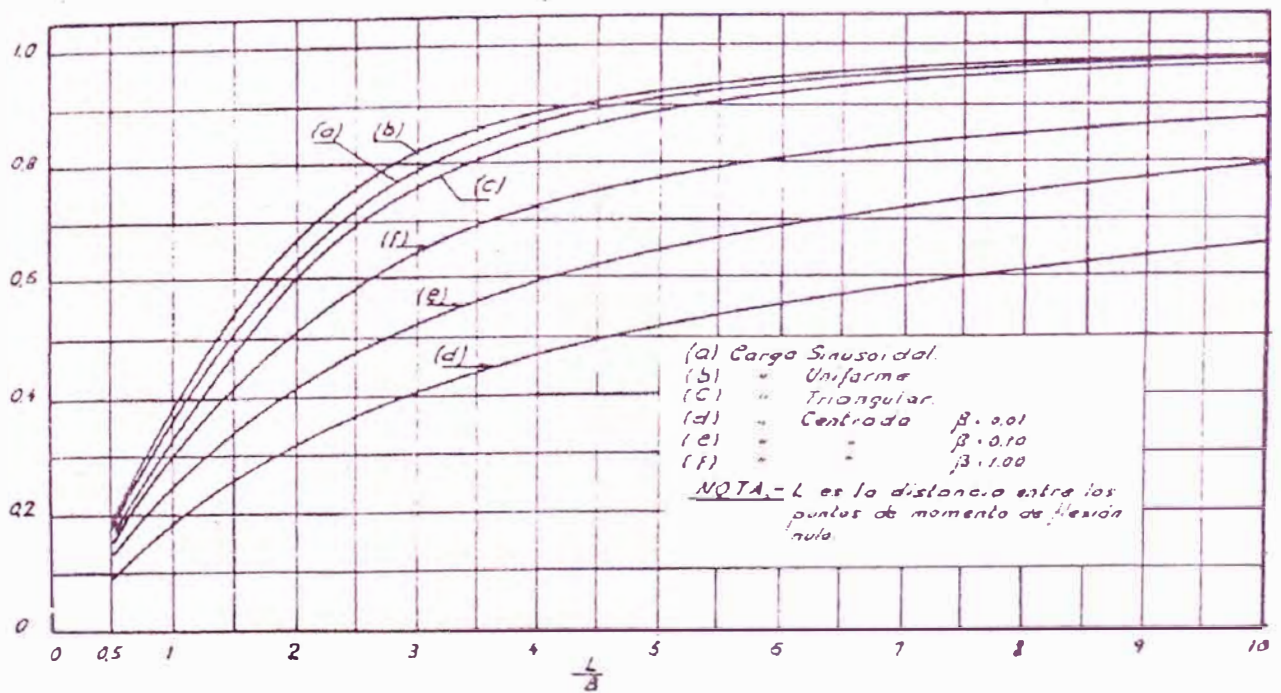


Figura 4.3.- Ancho efectivo según Schade para plancha con refuerzo único (Caso I).

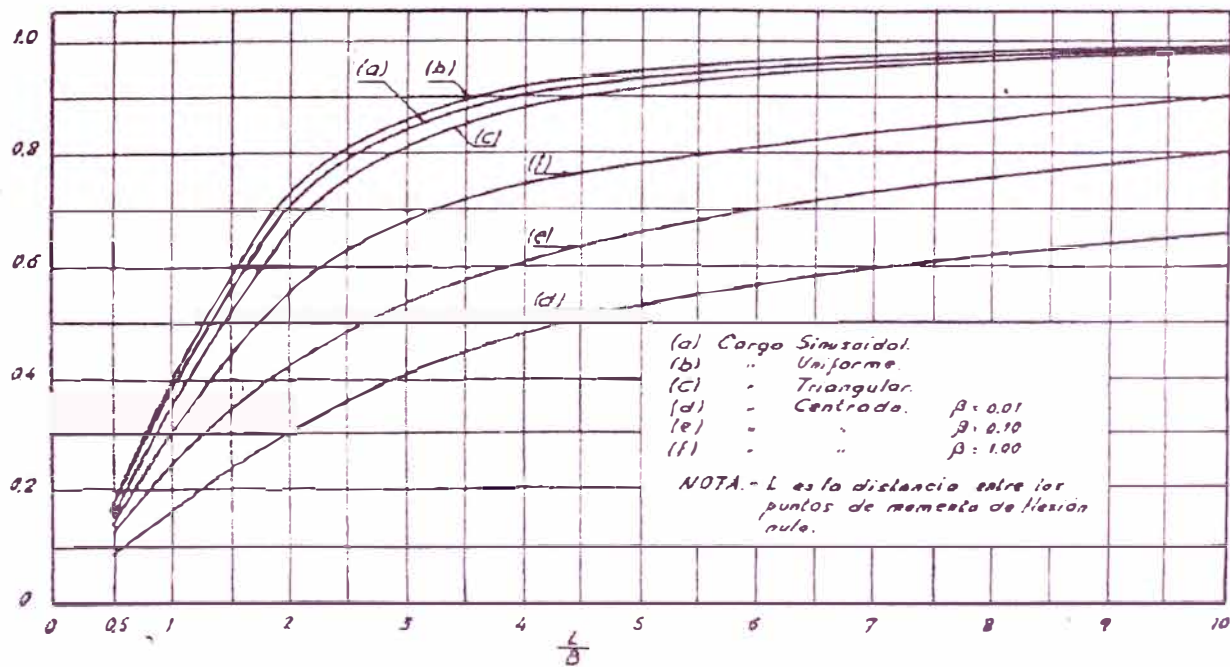


Figura 4.4.- Ancho efectivo según Schade para plancha con doble refuerzo (Caso II).

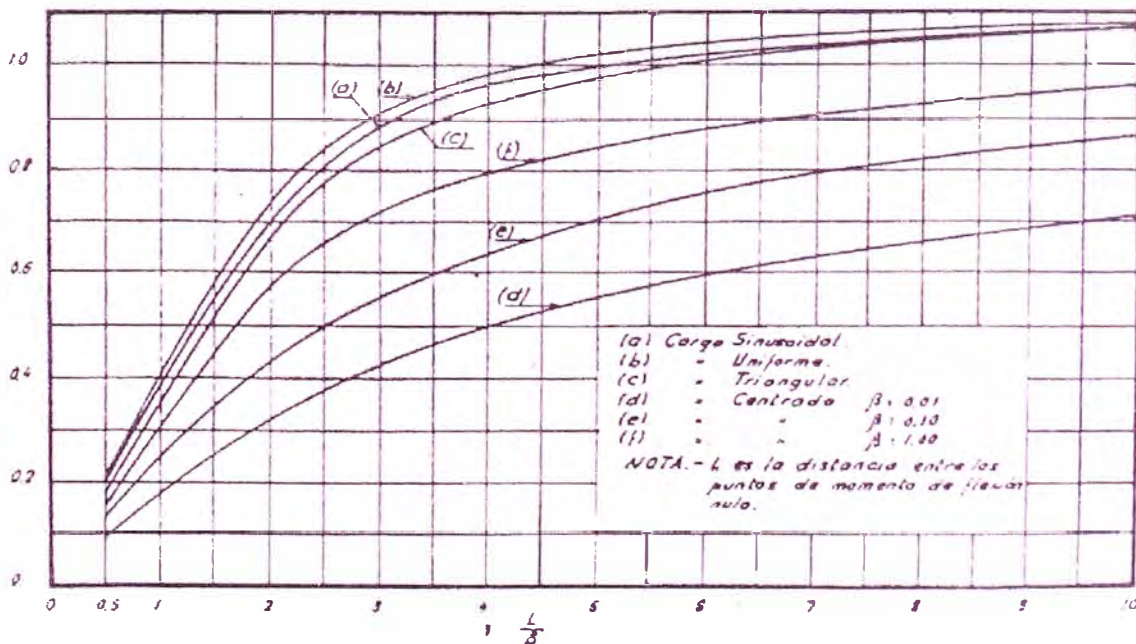


Figura 4.5.- Ancho efectivo según Schade para refuerzos múltiples (Caso III).

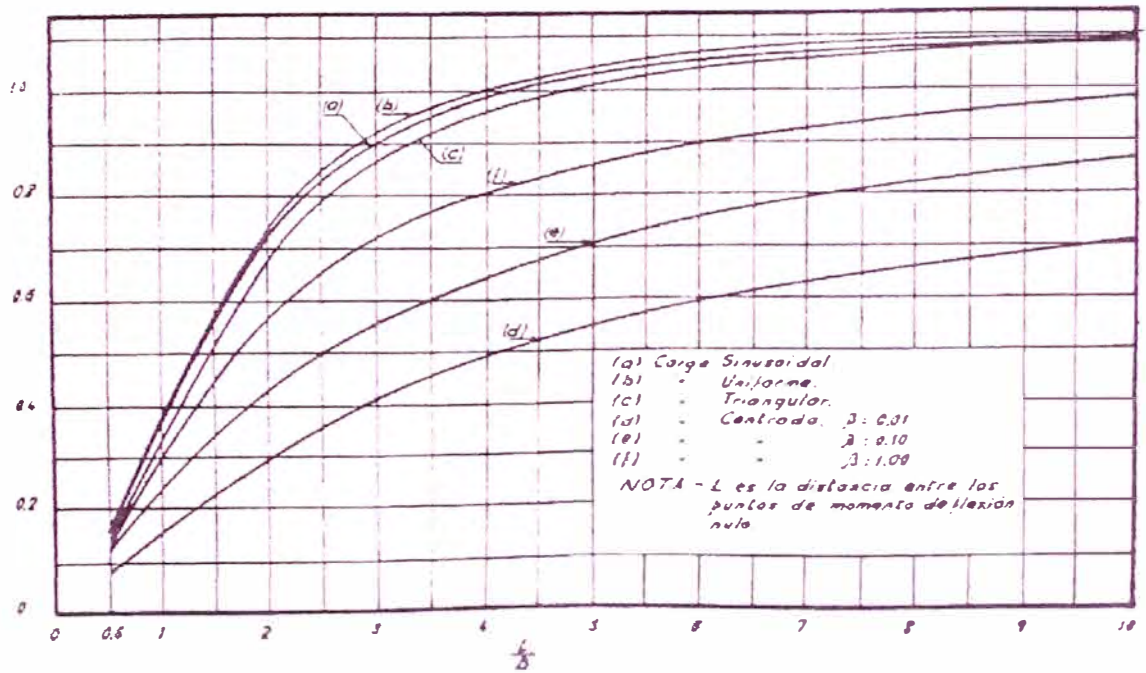


Figura 4.6.- Ancho efectivo según Schade para un refuerzo y mamparo (Caso IV).

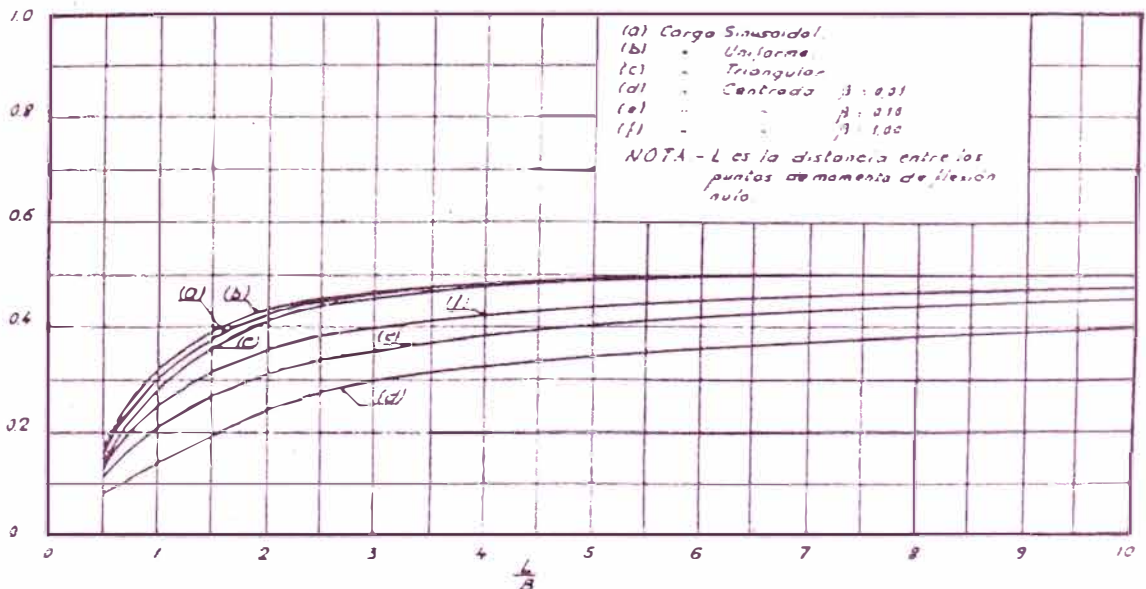


Figura 4.7.- Ancho efectivo según Schade para plancha con refuerzo lateral (Caso V).

4.4.- FORMULAS PARA VIGAS CON CARGAS DISTRIBUIDAS

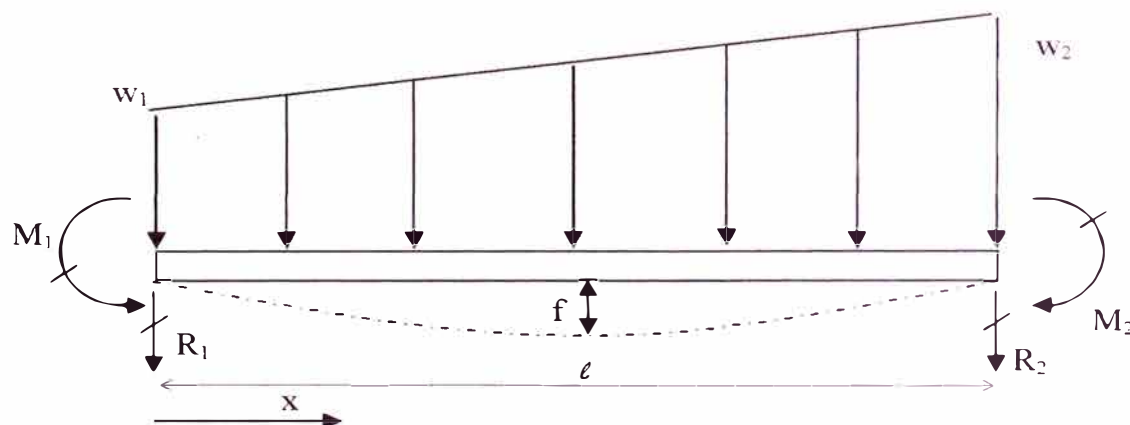
El caso de carga distribuida para viga tiene amplia aplicación en el cálculo de resistencia de elementos estructurales del casco, como hay baos, esloras, palmejares, vagras, etc. Porque la carga para este tipo de estructuras es para una presión hidrostática [1], párrafo 1.18.

Presión hidrostática: $p = 0.1026.H$ [kg-f/cm²], con H: Altura del agua en m.

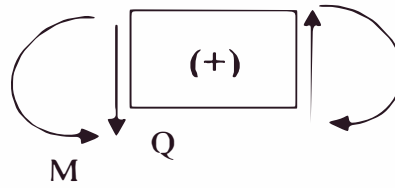
A continuación los casos más frecuentes:

4.4.1.- VIGAS CON CARGAS DISTRIBUIDAS

4.4.1.1.- VIGA EMPOTRADA EN AMBOS EXTREMOS CARGA TRAPEZOIDAL:



Viga empotrada en ambos extremos, y carga trapezoidal.



M= Momento flector.

Q=Fuerza cortante.

$$R_1 = -\frac{l}{20}(7w_1 + 3w_2), \quad R_2 = -\frac{l}{20}(3w_1 + 7w_2)$$

$$M_1 = \frac{l^2}{10}\left(\frac{w_1}{2} + \frac{w_2}{3}\right), \quad M_2 = \frac{l^2}{10}\left(\frac{w_1}{3} + \frac{w_2}{2}\right)$$

$$M(x) = M_1 + R_1 \cdot x + \frac{w_1}{2} \cdot x^2 + \frac{w_2 - w_1}{6l} \cdot x^3$$

$$Q(x) = R_1 + w_1 \cdot x + (w_2 - w_1) \cdot \frac{x^2}{2l}$$

$$f(x) = \frac{1}{EI} \left(M_1 \cdot \frac{x^2}{2} - R_1 \cdot \frac{x^3}{6} + \frac{w_1 \cdot x^4}{24} + \frac{w_2 - w_1}{120l} \cdot x^5 \right)$$

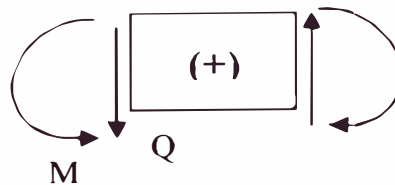
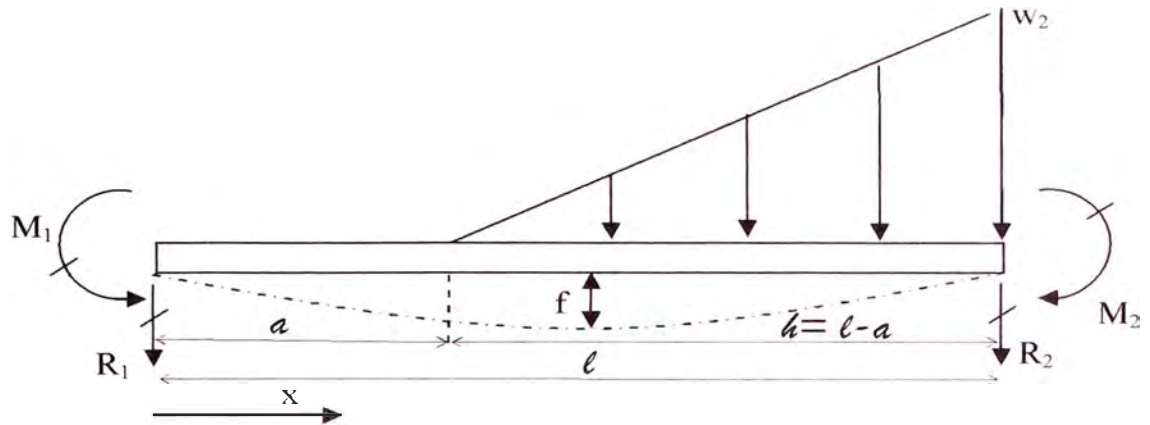
Momento máximo para:

$$x = \frac{-w_1 \cdot l}{w_2 - w_1} \pm \sqrt{\left(\frac{-w_1 \cdot l}{w_2 - w_1}\right)^2 - \left(\frac{2R_1 \cdot l}{w_2 - w_1}\right)} \quad \text{y} \quad w_2 - w_1$$

$$x = \frac{-R_1}{w_1} = \frac{l}{2} \quad \text{cuando } w_2 = w_1$$

$$x = \pm l \sqrt{\frac{3}{10}} \quad \text{cuando } w_1 = 0$$

4.4.1.2.-VIGA EMPOTRADA EN AMBOS EXTREMOS CON CARGA TRIANGULAR:



M= Momento flector.

Q=Fuerza cortante.

$$R_1 = -\frac{w_1}{20} \cdot \frac{(3l+2a)(l-a)^3}{l^3}, \quad R_2 = -\frac{w_2(l-a)}{2} - R_1$$

$$M_1 = -\frac{w_2}{60l^2} \cdot (l-a)^3(2l+30), \quad M_2 = M_1 + R_1 l +$$

$$\frac{w_1(l-a)^2}{6}$$

$$M(x) = M_1 + R_1 x + \frac{w_1(x-a)^3}{6(l-a)}, \quad Q(x) = R_1 +$$

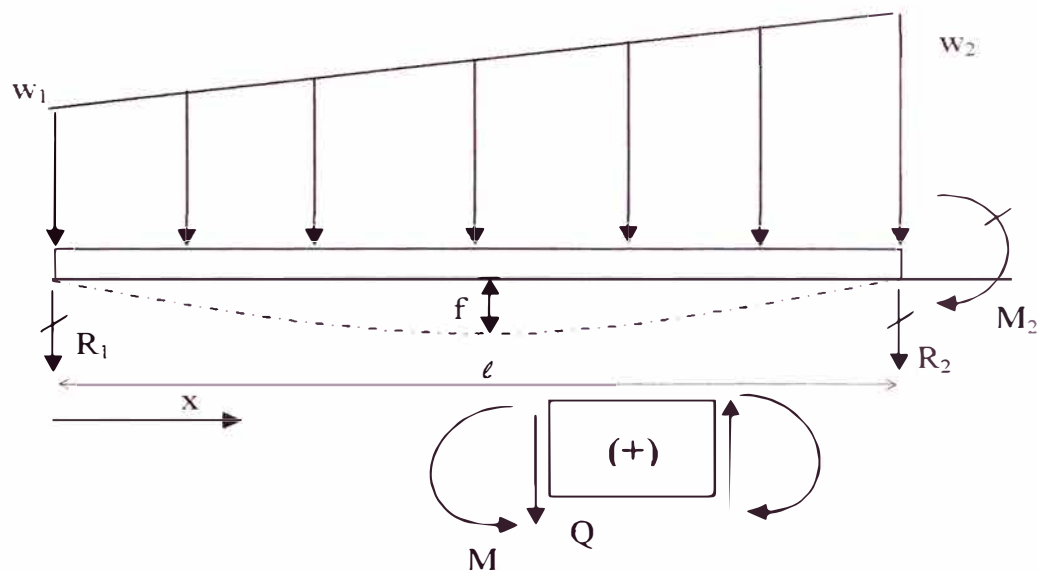
$$\frac{w_2}{2(l-a)}(x-a)^2$$

$$f(x) = \frac{1}{EI} \left(\frac{M_1 \cdot x^2}{2} + \frac{R_1 \cdot x^3}{6} + \frac{w_2 \cdot (x-a)^5}{120(l-a)} \right)$$

Momento máximo para:

$$x = a \pm \sqrt{\frac{-2R_1(l-a)}{w_2}}$$

4.4.1.3.- VIGA EMPOTRADA EN UN EXTREMO Y APOYADA EN EL OTRO CON CARGA TRAPEZOIDAL:



M= Momento flector.

Q=Fuerza cortante.

$$R_1 = -\frac{l}{40}(11w_1 + 4w_2),$$

$$R_2 = -\frac{l}{10}(9w_1 + 16w_2)$$

$$M_1 = 0,$$

$$M_2 = \frac{l^2}{120}(7w_1 + 8w_2) =$$

MMAX

$$M(x) = R_1 x + \frac{w_1 \cdot x^2}{2} + \left(\frac{w_2 - w_1}{6l}\right) \cdot x^3$$

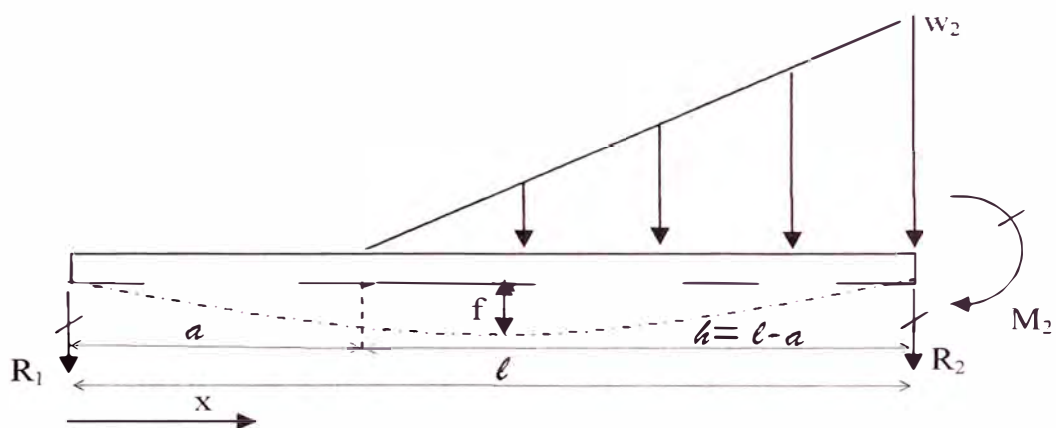
$$Q(x) = R_1 + w_1 \cdot x + \frac{(w_2 - w_1) \cdot x^2}{2l}$$

$$f(x) = \frac{1}{EI} \left(\frac{R_1 \cdot x^3}{6} + \frac{w_1 \cdot x^4}{24} + \frac{(w_2 - w_1) \cdot x^5}{120l} - \frac{R_1 l^2 \cdot x}{2} - \frac{l^3 x}{24} (3w_1 + w_2) \right)$$

Momento máximo para:

$$x = -\frac{w_1 l}{w_2 - w_1} + \sqrt{\left(\frac{w_1 l}{w_2 - w_1}\right)^2 + \left(\frac{-2R_1 l}{w_2 - w_1}\right)}$$

4.4.1.4.- VIGA EMPOTRADA EN UN EXTREMO Y APOYADA EN EL OTRO CON CARGA TRIANGULAR:



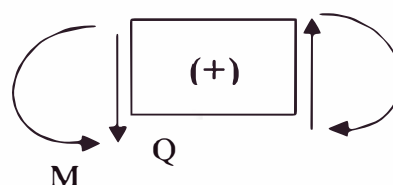
$$R_1 = \frac{-w_2(l-a)^3(4l+a)}{40l^3},$$

$$R_2 = \frac{-w_2(l-a)}{2} - R_1$$

$$R_2 = \frac{-w_2}{40l^3}(l-a)[20l^3 - (l-a)^2(4l+a)]$$

$$M_1 = 0, \quad M_2 = w_2 \cdot \frac{(l-a)^2}{120l^2} \cdot (8l^2 + 9la + 3a^2)$$

$$M(x) = R_1 \cdot x + \frac{w_2}{6l}(x-a)^3, \quad Q(x) = R_1 + \frac{w_2}{2l}(x-a)^2$$



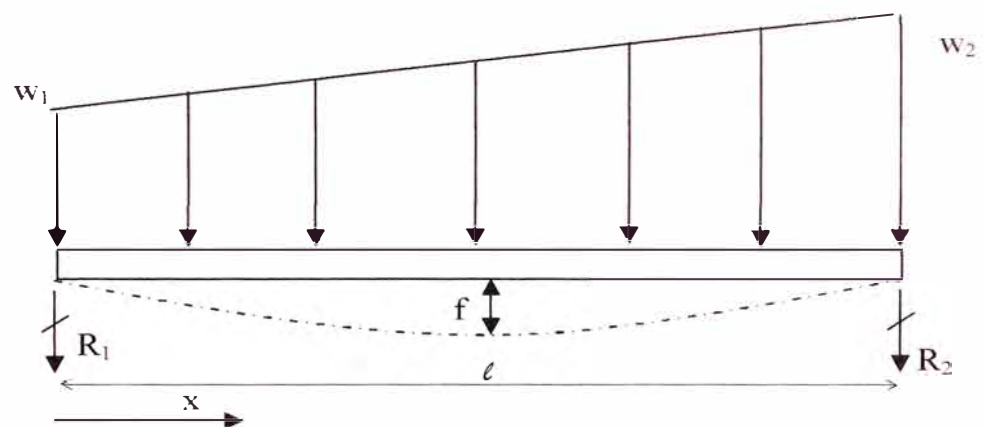
M= Momento flector.

Q=Fuerza cortante.

Momento máximo para:

$$x = a \pm \sqrt{\frac{-2R_1 h}{w_2}}$$

4.4.1.5.- VIGA SIMPLEMENTE APOYADA EN SUS EXTREMOS CON CARGA TRAPEZOIDAL:

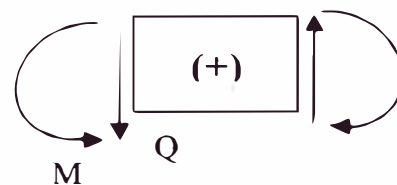


Para: ($w_1 \neq 0$)

$$R_1 = -\frac{l}{6}(2w_1 + w_2), \quad R_2 = -\frac{l}{6}(w_1 + 2w_2)$$

$$M(x) = R_1 x + \frac{w_1 x^2}{2} + \frac{(w_2 - w_1) x^3}{6l}, \quad Q(x) = R_1 + w_1 x + \frac{(w_2 - w_1) x^2}{2l}$$

Momento máximo para:



M= Momento flector.

Q=Fuerza cortante.

$$x = \frac{l}{(w_2 - w_1)} \left[-w_1 + \sqrt{\frac{w_2^2 + w_1 w_2 + w_1^2}{3}} \right]$$

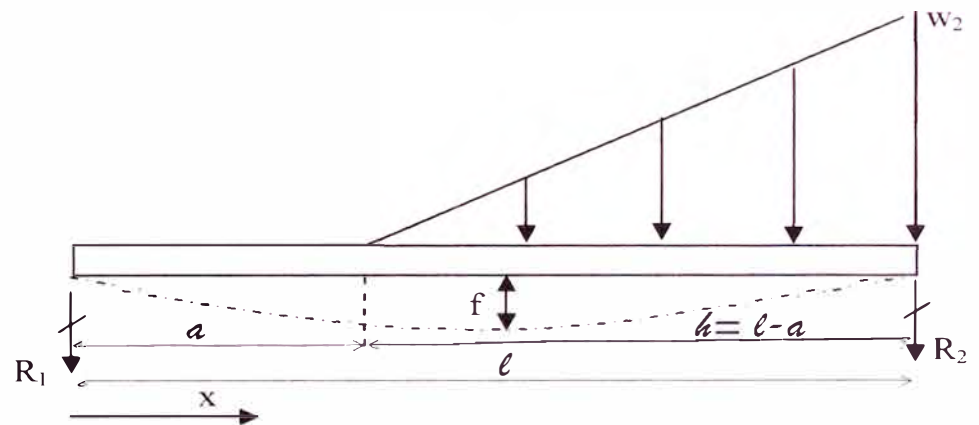
Para: ($w_1 = 0$)

$$R_1 = -\frac{w_2 l}{6}, \quad R_2 = -\frac{w_1 l}{3}, \quad M(x) = R_1 \cdot x + \frac{w_2 \cdot x^3}{6l}$$

$$Q(x) = -\frac{w_2 \cdot l}{6} - \frac{w_2 \cdot x^2}{2l}, \quad M_{Maximo} = 1284 \cdot w_2 \cdot l^2 \quad \text{para}$$

$$x = \frac{l}{\sqrt{3}}$$

4.4.1.6.- VIGA SIMPLEMENTE APOYADA EN SUS EXTREMOS CON CARGA TRIANGULAR:



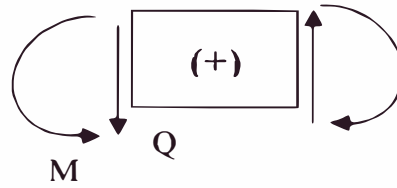
$$R_1 = -\frac{w_2(l-a)^2}{6l}, \quad R_2 = -\frac{w_2}{6l}(2l+a)(l-a)$$

$$M(x) = R_1 x + \frac{w_2}{6(l-a)}(x-a)^3, \quad Q(x) = R_1 +$$

$$\frac{w_2}{2(l-a)}(x-a)^2$$

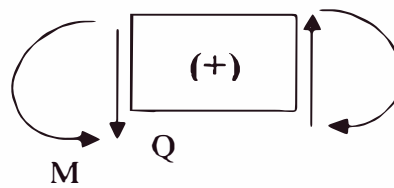
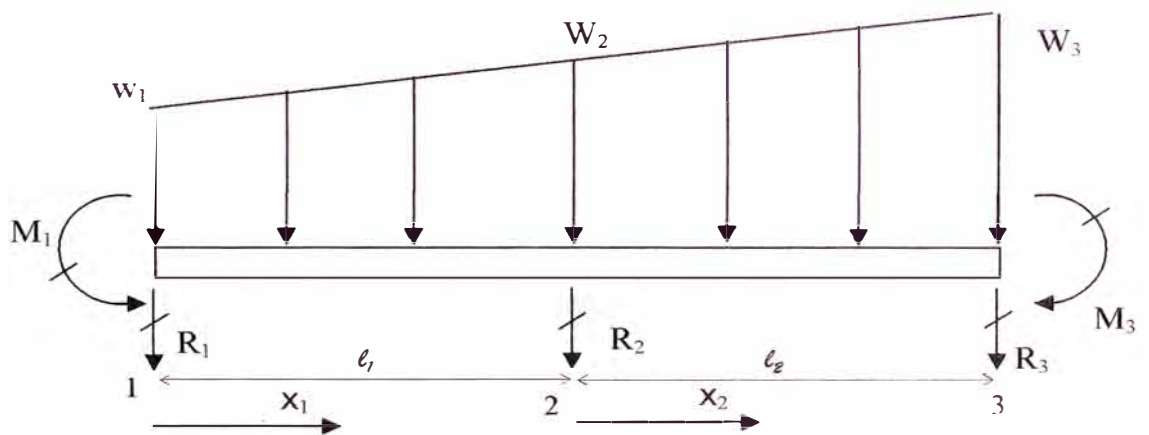
Momento máximo para:

$$x = a + (l-a) \sqrt{\left(\frac{l-a}{3l}\right)}$$



M= Momento flector.
Q=Fuerza cortante.

4.4.1.7.- VIGA CONTINÚA CON EXTREMOS EMPOTRADOS Y APOYOS INTERMEDIOS:



M= Momento flector.
Q=Fuerza cortante.

Se presenta una estructura hiperestática y con un apoyo intermedio (2).

Para una viga continua con los extremos (1) y (3) empotrados y momento de inercia (I) constante:

Primero se calcula los momentos en los apoyos, después las fuerzas cortantes y las reacciones:

$$2M_1l_1 + M_2l_2 - \frac{l_1^3}{60}(8w_1 + 7w_2) = 0$$

$$M_1l_1 + 2M_2(l_1 + l_2) + M_3l_2 - \frac{l_1^3}{60}(7w_1 + 8w_2) - \frac{l_2^3}{60}(8w_2 + 7w_3) = 0$$

$$M_2l_2 + 2M_3l_2 - \frac{l_2^3}{60}(7w_2 + 8w_3) = 0$$

$$Q_1 = \frac{M_2 - M_1}{l_1} - \frac{l_1}{6}(2w_1 + w_2)$$

$$Q_2^- = \frac{M_2 - M_1}{l_1} + \frac{l_1}{6}(w_1 + 2w_2),$$

$$Q_2^+ = \frac{M_3 - M_2}{l_2} - \frac{l_2}{6}(2w_2 + w_3)$$

$$Q_3 = \frac{M_3 - M_2}{l_2} + \frac{l_2}{6}(w_2 + 2w_3)$$

$$R_1 = Q_1, \quad R_2 = -Q_2^- + Q_2^+, \quad R_3 = -Q_3$$

Para el momento flector máximo (M_{\max}) en el tramo de luz l_1 y el de l_2 , el momento máximo es negativo y ocurre a x_1 del apoyo (1) y a x_2 del apoyo (2).

$$x_1 = -\frac{w_1 \cdot l_1}{w_2 - w_1} \pm \sqrt{\left(\frac{w_1 l_1}{w_2 - w_1}\right)^2 - \frac{2Q_1 l_1}{w_2 - w_1}}$$

$$x_2 = -\frac{w_2 l_2}{w_3 - w_2} \pm \sqrt{\left(\frac{w_2 l_2}{w_3 - w_2}\right)^2 - \frac{2Q_2^+ l_2}{w_3 - w_2}}$$

Caso especial: Cuando la carga distribuida w es uniforme.

$$M_1 = \frac{w}{24}(2l_1^2 + l_1 l_2 - l_2^2), \quad M_2 = \frac{w}{12}(l_1^2 - l_1 l_2 + l_2^2)$$

$$M_3 = \frac{w}{24} (2l_2^2 + l_1 l_2 - l_1^2), \quad Q_1 = \frac{M_2 - M_1}{l_1} - \frac{w \cdot l_1}{2},$$

$$Q_2^- = \frac{M_2 - M_1}{l_1} + \frac{w \cdot l_1}{2}, \quad Q_2^+ = \frac{M_3 - M_2}{l_2} - \frac{w \cdot l_2}{2},$$

$$Q_3 = \frac{M_3 - M_2}{l_2} + \frac{w \cdot l_2}{2}$$

$$R_1 = Q_1, \quad R_2 = -Q_2^- + Q_2^+, \quad R_3 = -Q_3$$

Momento máximo:

$$M_{Max,1}^- = M_1 + Q_1 \cdot x_1 + \frac{w \cdot x_1^2}{2}, \quad \text{para } x_1 = -\frac{Q_1}{w}$$

$$M_{Max,2}^- = M_2 + Q_2^+ \cdot x_2 + \frac{w \cdot x_2^2}{2}, \quad \text{para } x_2 = -\frac{Q_2^+}{w}$$

4.5.- CALCULO DE LA ESTRUCTURA DE UNA CUADERNA MAESTRA

4.5.1.- INTRODUCCIÓN

Para el cálculo de la estructura del proyecto son necesarios unos escantillones suficientes para calcular el momento de inercia de los elementos aproximados. Para no iterar repetidamente se preocupa que las dimensiones del refuerzo a calcularse no difiera del elemento final para poder realizar el cálculo definitivo de los escantillones.

A continuación se estudia la estimación de los dimensiones de los elementos de la cuaderna maestra de la embarcación en estudio. Solo se calculara los elementos principales.

4.5.2.- CRITERIOS UTILIZADOS EN EL PROYECTO

En el criterio de proyecto se refleja la experiencia del proyectista por ello se dan todos aquellos datos que son necesarios para el proyecto de la estructura del casco. Referencia [2], R.M. Domínguez: Calculo de estructuras de buques, capitulo 7, pagina 425.

4.5.3.- CONDICIONES DE CARGA

La carga que se considera para el arrufo y quebranto será la correspondiente a plena carga.

No obstante, para obtener los momentos de flexión máximos, tanto en arrufo como en quebranto, se consideran algunas condiciones especiales; por ejemplo, en arrufo todos aquellos tanques o pañoles situados fuera del 50% de la eslora central se consideran vacios.

4.5.4.- CONDICIONES HIDROSTÁTICAS

La embarcación se supone flotando en equilibrio sobre una ola trocoidal de longitud igual a la eslora del buque y de altura obtenida en la parte, 3.3.3, resistencia longitudinal (viga – buque) y en la figura 3.08.

4.5.5.- CARGAS EN LA ESTRUCTURA

CUBIERTA PRINCIPAL

Se calcula suponiéndola cargada con una altura de agua de 1.220 m.

ESTRUCTURA DEL FONDO

La presión hidrostática máxima será la correspondiente a la cresta de la ola, que está dada aproximadamente por la fórmula:

$$T_m = T_f + 0.4h \dots \dots \dots (4.1)$$

Dado:

T_m = Altura de la cresta sobre la base.

T_f = Calado en plena carga

h = altura de la ola, seno o cresta.

FORRO EXTERIOR Y CUADERNAS

La altura de agua será la calculada anteriormente (T_m), o bien, si es mayor, la que resulte de la escora de 30°. También será apropiado para resistir una altura de agua hasta la línea margen.

CUBIERTA Y MANPAROS TRANSVERSALES

La altura de agua será hasta la cubierta de mamparos

PLATAFORMAS, PISOS Y MANPAROS LONGITUDINALES

Si forman parte de espacios vitales, la presión hidrostática será la calculada anteriormente.

COSTADOS DE TANQUES

La presión será la correspondiente al líquido más denso que vayan a contener y hasta el punto más alto del tubo de rebose o de servicio.

CARGAS MÓVILES

Las cubiertas, plataformas y pisos se proyectaran para resistir las presiones hidrostáticas mencionadas anteriormente, o las siguientes cargas móviles, si son mayores.

- a) Espacios habitables, oficinas y pasillos en la cubierta principal o superiores.....370 kg/m² (3.63 KN/m²)
- b) Espacios para pañoles sobre la cubierta principal o superiores975 kg/m² (9.56 KN/m²)
- c) Espacios habitables debajo de cubierta principal500 kg/m² (4.90 KN/m²)
- d) Oficinas y espacios de control debajo de la cubierta principal735 kg/m² (7.20 KN/m²)
- e) Espacios destinados a talleres975 kg/m² (9.56 KN/m²)
- f) Pañoles1465 kg/m² (14.37 KN/m²)

4.5.6.- ESFUERZOS ADMISIBLES

4.5.6.1.- TIPOS DE ESTRUCTURA

Se define tres tipos de estructura: 1^{er} orden, 2^{do} orden y 3^{er} orden. En la tabla 4.3, se comparan los tres tipos de estructuras.

Tabla 4.3			
Comparación de los tres tipos de estructura			
Características	De 1^{er} Orden	De 2^{do} Orden	De 3^{er} Orden
Rigidez en el plano de la carga	Casi infinito	Finito	Muy pequeño
Carga	En plano de la estructura	Normal a la estructura	Normal a la estructura

Esfuerzo	De 1 ^{er} Orden– σ_1 Tracción. Compresión. Esfuerzo cortante.	De 2 ^{do} Orden– σ_2 Flexión y esfuerzo cortante	De 3 ^{er} Orden – σ_3 Flexión y esfuerzo cortante. Membrana.
Tipo de estructura	Forro exterior, mamparos, cubiertas, forro interior. Cargado en su plano.	Estructura con refuerzos. Forro exterior, cubiertas, forro interior, etc., cargado normal a su plano. Cuadernas, varengas, bulárcamas longitudinales o Vagras y palmejares.	Todas aquellas planchas cargadas normalmente a su plano (sin refuerzos).
Contornos determinados por:	Indeterminado	Estructura de 1 ^{er} orden. Punto de esfuerzo cortante nulo.	Estructura de 2 ^{do} orden.

4.5.6.2.- ESFUERZOS DE 1^{ER} ORDEN

Los escantillones se calcularán para obtener los máximos esfuerzos a tracción y compresión siguientes:

Acero dulce:

$$\sigma_{adm} = (\text{Limite elástico} = 2460 \text{ kg/cm}^2) / (\text{CS} = 1.84)$$

$$\sigma_{adm} = 1335 \text{ kg/cm}^2$$

Acero de alta tensión:

$$\sigma_{adm} = (\text{Limite elástico} = 3160 \text{ kg/cm}^2) / (\text{CS} = 1.87)$$

$$\sigma_{adm} = 1690 \text{ kg/cm}^2$$

Los esfuerzos se calculan también con el buque escorado un ángulo correspondiente al esfuerzo máximo,

pero en este caso se puede admitir un esfuerzo de 5% mayor.

4.5.6.3.- ESFUERZOS DE 2^{DO} ORDEN

Con carga continua, se admitirán los siguientes esfuerzos a tracción y compresión:

Acero dulce:

$$\sigma_{adm} = (\text{Limite elástico} = 2460 \text{ kg/cm}^2) / (\text{CS} = 1.25)$$

$$\sigma_{adm} = 1970 \text{ kg/cm}^2$$

Acero de alta tensión:

$$\sigma_{adm} = (\text{Limite elástico} = 3160 \text{ kg/cm}^2) / (\text{CS} = 1.28)$$

$$\sigma_{adm} = 2530 \text{ kg/cm}^2$$

Al esfuerzo cortante se admitirá 0.6 veces aquellos valores.

Cuando actúen esfuerzos de 1^{ER} y 2^{DO} orden al mismo tiempo, suma algebraica no excederá de estos valores.

4.5.6.4.- ESFUERZOS DE 3^{ER} ORDEN

Los esfuerzos de 3^{ER} orden serán tales que la suma total de los tres esfuerzos de 1^{ER}, 2^{DO} y 3^{ER} orden no exceda el limite elástico del material, es decir, 2460 kg/cm² para el acero dulce A.D. y 3160 kg/cm² para el acero de alta resistencia A.A.T.

4.5.7.- RESISTENCIA AL PANDEO

En general, la resistencia critica al pandeo de cualquier panel de pancha o refuerzo no será menor que la resistencia al límite elástico del material, excepto para aquellas estructuras no cargadas hasta el límite

del esfuerzo admitido. En este caso solo es necesario asegurarse que la resistencia critica al pandeo es un 25% mayor que los esfuerzos combinados de 1^{ER} y 2^{DO} orden, esto es: $\sigma_{CR} = \sigma_E$ ó bien $1,25 \cdot (\sigma_1 + \sigma_2) = \sigma_m$, tomando el que sea menor. Siendo σ_m el valor limite del esfuerzo definido para el proyecto.

4.6.- ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DEL CASCO

4.6.1.- MODULO DE BODEGA DE PROA

1.- Análisis del modulo de bodega de proa:

Para aclarar el capítulo 3.2.2, se analizara en una geometría en 3D la sección media típica usando SAP2000. Se realizaran los siguientes pasos:

1. Realizar cálculos locales según las consideraciones de diseño del párrafo 4.5.5.
2. Modelar la estructura de vigas en 3D para el modulo de bodegas de proa según la sociedad de clasificación.
3. Analizar el modelo global del modulo de bodegas.
4. Analizar el modelo de la cuaderna maestra de la bodega en un sistema 2D.
5. Calculo del esfuerzo y margen de seguridad en las vigas.

2.- Parámetros principales del modulo de bodegas de proa:

Material: Acero naval con $Re = 235 \text{ N/mm}^2$ y $E = 200\,000 \text{ N/mm}^2$.

2.1 Longitudinales de cubierta principal

Clara entre longitudinales: $e = 0.620$ m,

Altura de agua $h = 1.220$ m, ver párrafo 4.5.5.

Factor de seguridad para estructura principal: $Fds = 1.84$

Ancho efectivo en plancha de cubierta (6.4 mm): 620 mm.

Longitud no soportada: $l_1 = 200$ cm.

Presión hidrostática: $p = 0.1026.H$ [kg-f/cm²],

Densidad de carga en la cubierta: $w = 0,1026.s.H$:

Donde:

H: Altura del agua en m. Entonces: $H_1 = 1.22$ m

s: Separación entre refuerzo [cm]. Entonces: $s=62.0$.

$w_1 = 0.1026 \times 62.0 \times 1.22 = 7.76$ kg-f/cm = 7.61 N/mm.

2.2 Longitudinales de fondo

Clara entre longitudinales: $e = 0.640$ m,

Factor de seguridad para estructura principal: $Fds = 1.84$

Ancho efectivo de la plancha de fondo (9.5 mm): 640 mm.

Longitud no soportada: $l_1 = 200$ cm.

Altura de agua: (ver párrafo 4.5.5).

$$T_m = T_f + 0.4h$$

T_f : Calado en plena carga. $T_f = 4.453$ m, ver párrafo 5.5.4

h : Altura de la ola (seno a la cresta). $h=3.750$ m.

(Figura 3.08).

Donde:

$T_m = T_f + 0.4h = 4.453 + 0.4 \times 3.750 = 5.953$ m.

Presión hidrostática: $p = 0.1026.H$ [kg-f/cm²],

Densidad de carga en la cubierta: $w = 0,1026.s.H$:

Donde:

H: Altura del agua en m. Entonces: $H_1 = 5.953$ m.

s: Separación entre refuerzo [cm]. Entonces: $s=64.0$.

$w_1 = 0.1026 \times 64.0 \times 5.953 = 39.1$ kg-f/cm = 38 N/mm.

2.3 Longitudinales de casco:

Clara entre longitudinales: $e = 0.500$ m,

Factor de seguridad para estructura principal: $Fds = 1.84$

Ancho efectivo de la plancha de casco (8.0 mm): 500

mm.

Longitud no soportada: $l_1 = 200$ cm.

Densidad de carga en los refuerzos: $w = 0,1026.s.H$:

Donde:

$w_1 = 0.1026 \times 50 \times 4.748 = 24.3$ kg-f/cm = 23.9 N/mm.

$w_2 = 0.1026 \times 50 \times 4.531 = 23.2$ kg-f/cm = 22.7 N/mm.

$w_3 = 0.1026 \times 50 \times 4.145 = 21.3$ kg-f/cm = 20.9 N/mm.

$w_4 = 0.1026 \times 50 \times 3.749 = 19.2$ kg-f/cm = 18.8 N/mm.

$w_5 = 0.1026 \times 50 \times 3.336 = 17.1$ kg-f/cm = 16.8 N/mm.

$w_6 = 0.1026 \times 50 \times 2.914 = 14.9$ kg-f/cm = 14.6 N/mm.

$w_7 = 0.1026 \times 50 \times 2.485 = 12.7$ kg-f/cm = 12.4 N/mm.

3.- Modelamiento en 3D del modulo de Bodegas de proa:

Generar una sección media con los nodos localizados en la parte superior del refuerzo o en la intersección del forro del casco para cada refuerzo. Se aplica las restricciones a los nodos para simular las restricciones reales esperadas. En este ejemplo se usara la mitad del modelo para ilustrar el uso de las restricciones simétricas.

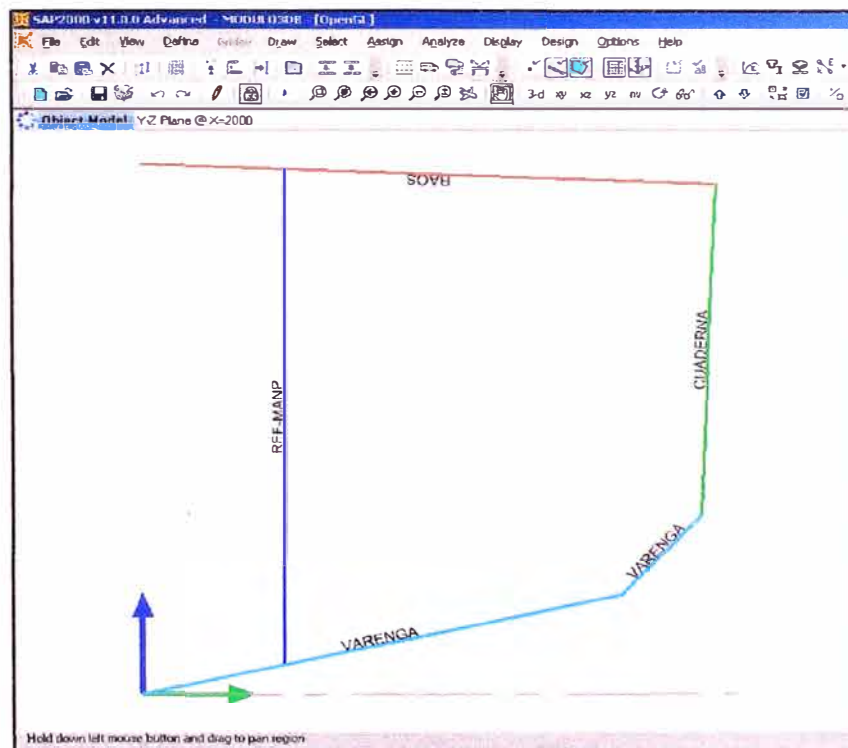


Figura 4.8.- Sección media con puntos de los nodos más representativos.

Seguidamente usando el menú “Define / frame section” se crea la sección de la viga para la estructura. Recordar que la plancha del casco es soldada al refuerzo por lo tanto esta se deberá incluir. Para los refuerzos se está utilizando una sección “L” soldada a la plancha del casco. El ancho de plancha del

casco usado para crear la sección del refuerzo es obtenido del ancho efectivo calculado según las reglas de clasificación de la Germanischer Lloyd.

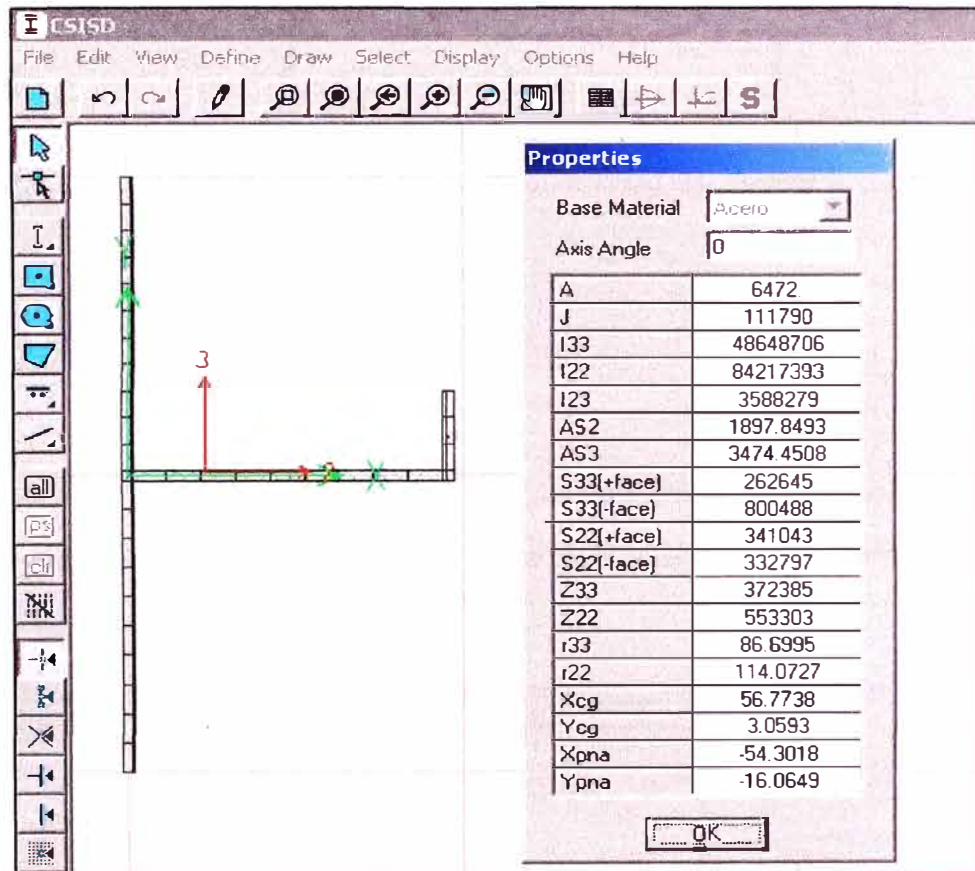


Figura 4.9.- Pantalla de la “Frame properties” mostrando la sección construida.

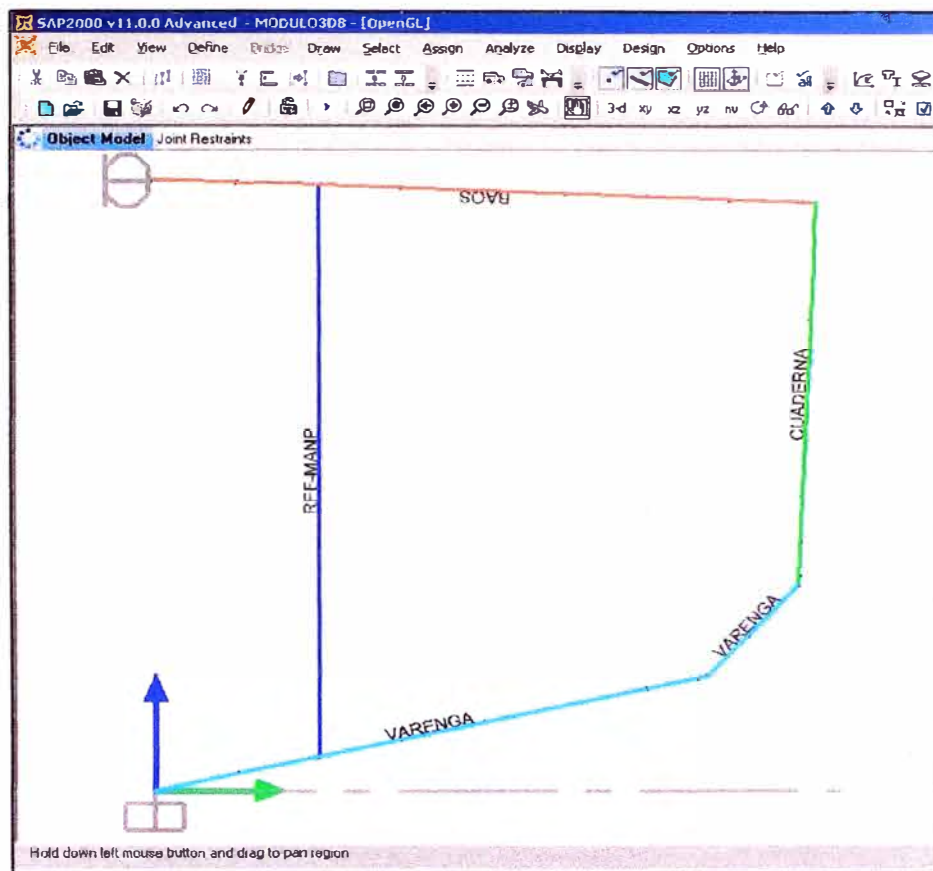


Figura 4.10.- Propiedades de la viga y restricciones de los nodos.

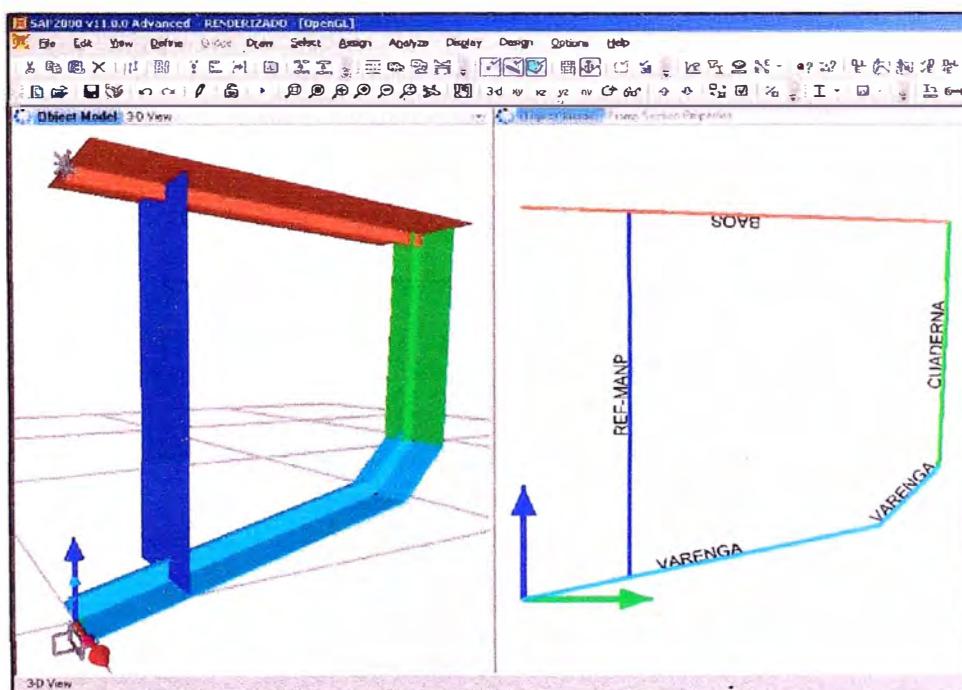


Figura 4.11.- Renderizado para verificación de la orientación de las vigas.

Una de las hipótesis formuladas en este modelo 3D es que la rigidez de la viga longitudinal poder ser aproximado por una restricción vertical ya que es mucho mas rígida que la viga transversal. Lo asumido puede ser validado para la viga casco pero no poder ser validado para vigas de cubierta que son muy pequeñas. La mejor forma para probar esto es poder crear un modelo en 3D e incluir actualmente las vigas en el modelo. El mejor modelo de un compartimiento entero es de manparo a manparo, y usar condiciones de contorno fijas para simular las condiciones en los extremos por los manparos.

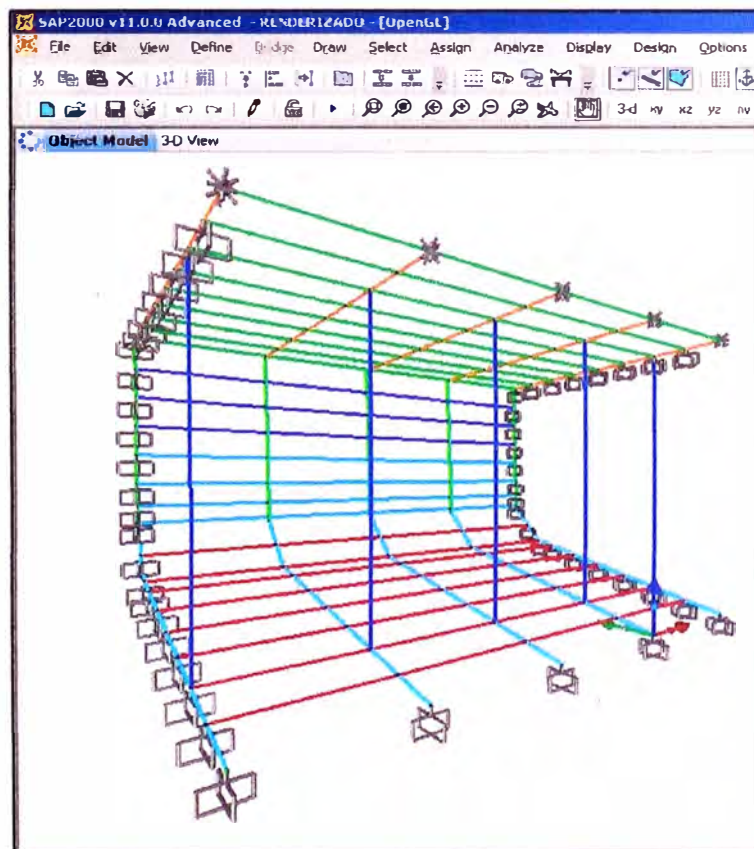


Figura 4.12.- Geometría 3D creada usando el comando “Edir/Replicate”.

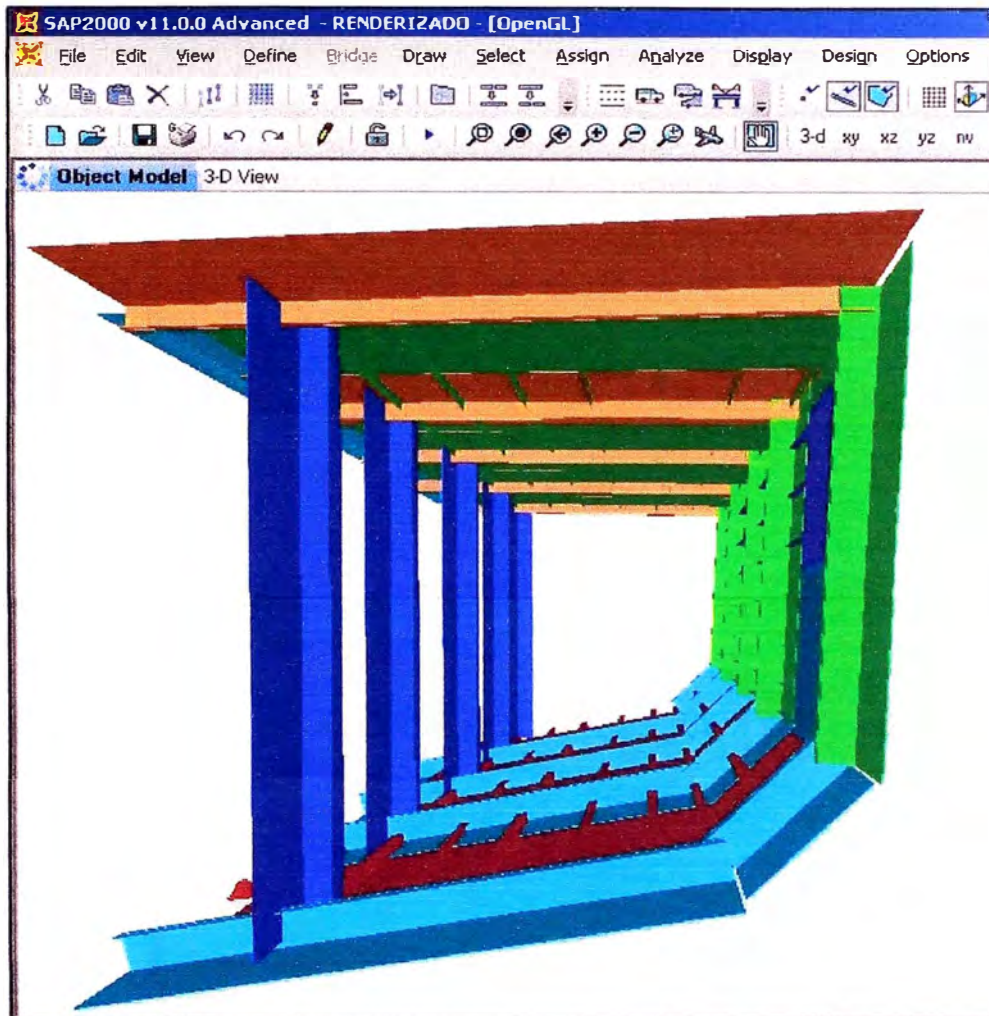


Figura 4.13.- Vista renderizada en 3D.

Seguidamente cambiar a la pantalla cargas para cargar el modelo. Los valores de carga son obtenidos de las consideraciones de diseño del párrafo 4.5.5. Se aplicaran las cargas para los miembros como para los puntos nodales usando el comando "Assign / Frame Load/ Distributed". Una vez encontrado la presión de las consideraciones de diseño se aplica la carga distribuida sobre los miembros.

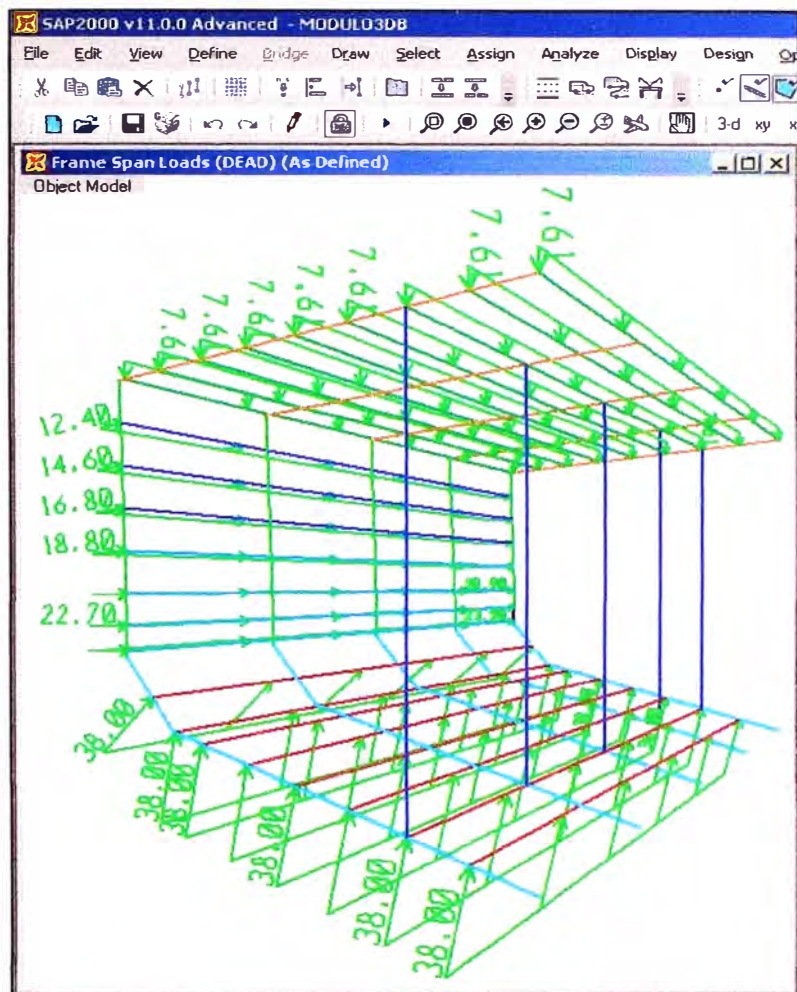


Figura 4.14.- Verificar visualmente los valores de carga y la orientación.

Nosotros ahora tener un modelo más preciso de la estructura. Dado que las cargas sobre cubierta son asumidas constantes a los largo de la cubierta. Se cargo también cada viga de casco con la presión de mar.

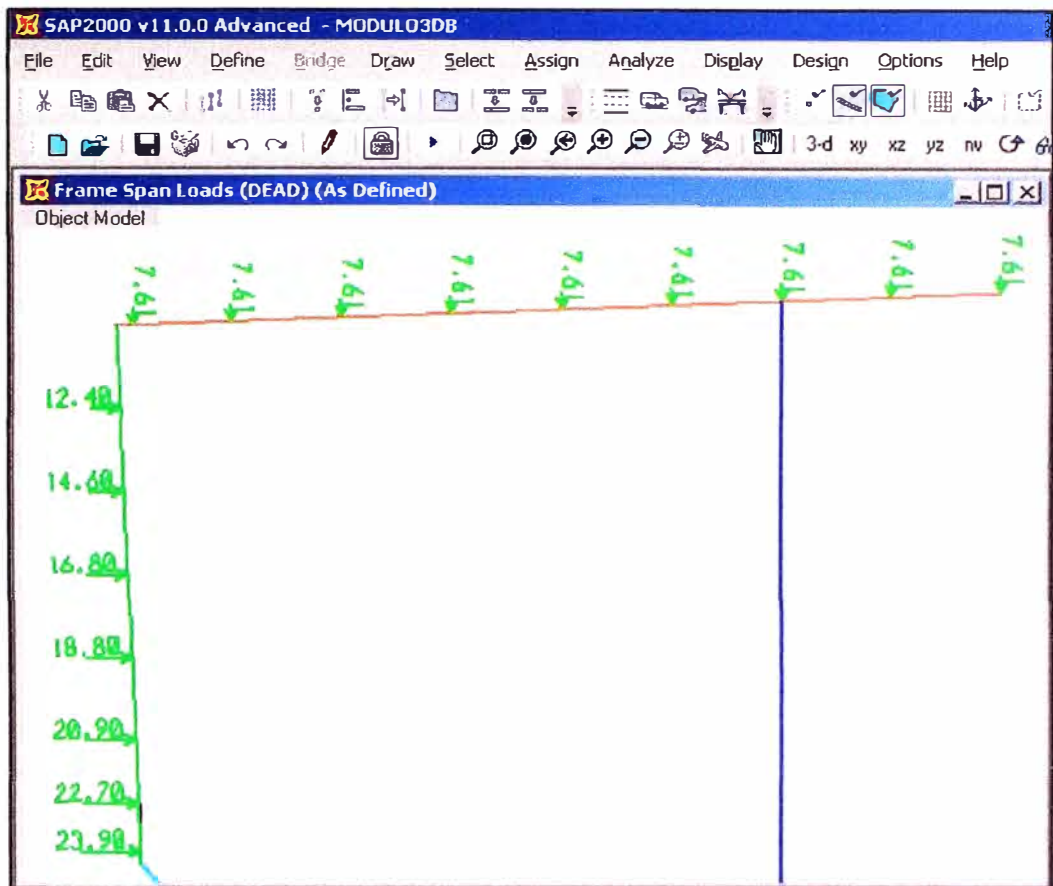


Figura 4.15.- Cargar la cubierta y el casco.

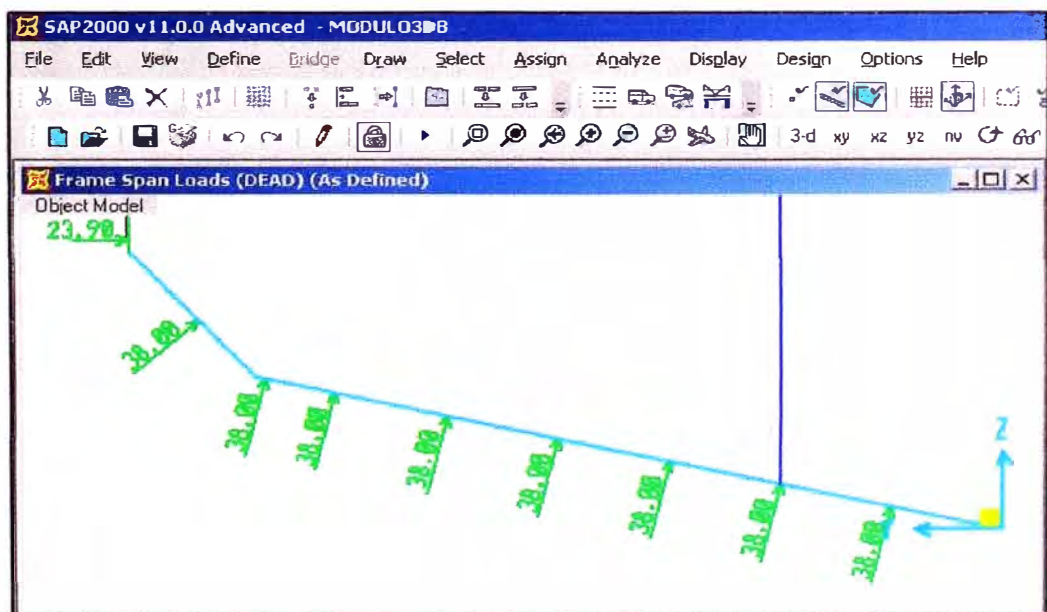


Figura 4.16.- Cargas sobre las vigas de fondo.

4.- Cálculo de deflexiones en el modulo de bodegas de proa:

Comenzar a verificar los gráficos de deflexión. Notar ahora que la viga no ser muy deflexionada siendo está restringida en los extremos. Esto es porque es significativamente más rígida que considerando solo la cuaderna maestra. Este resultado valida el uso de las restricciones en el modelo 2D.

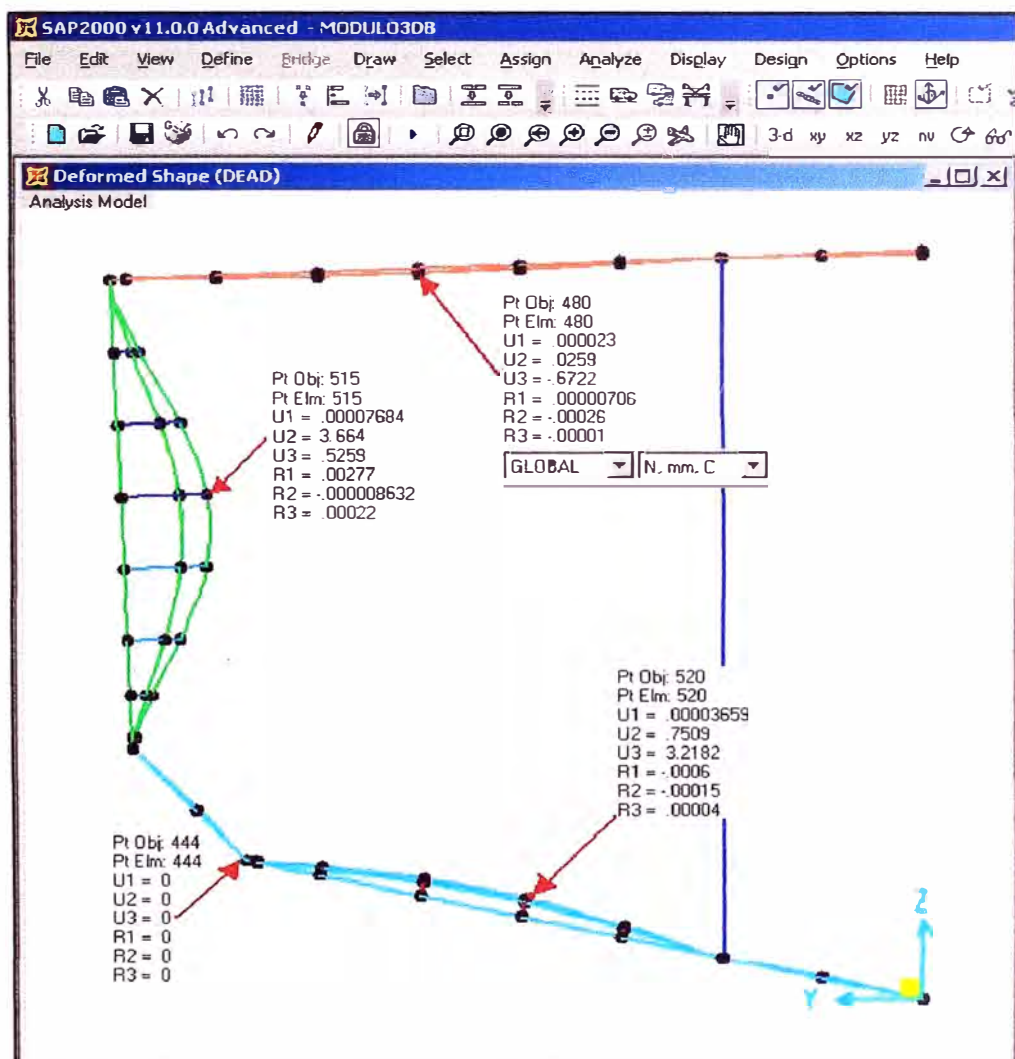


Figura 4.17.- Grafico 2D de la deflexión.

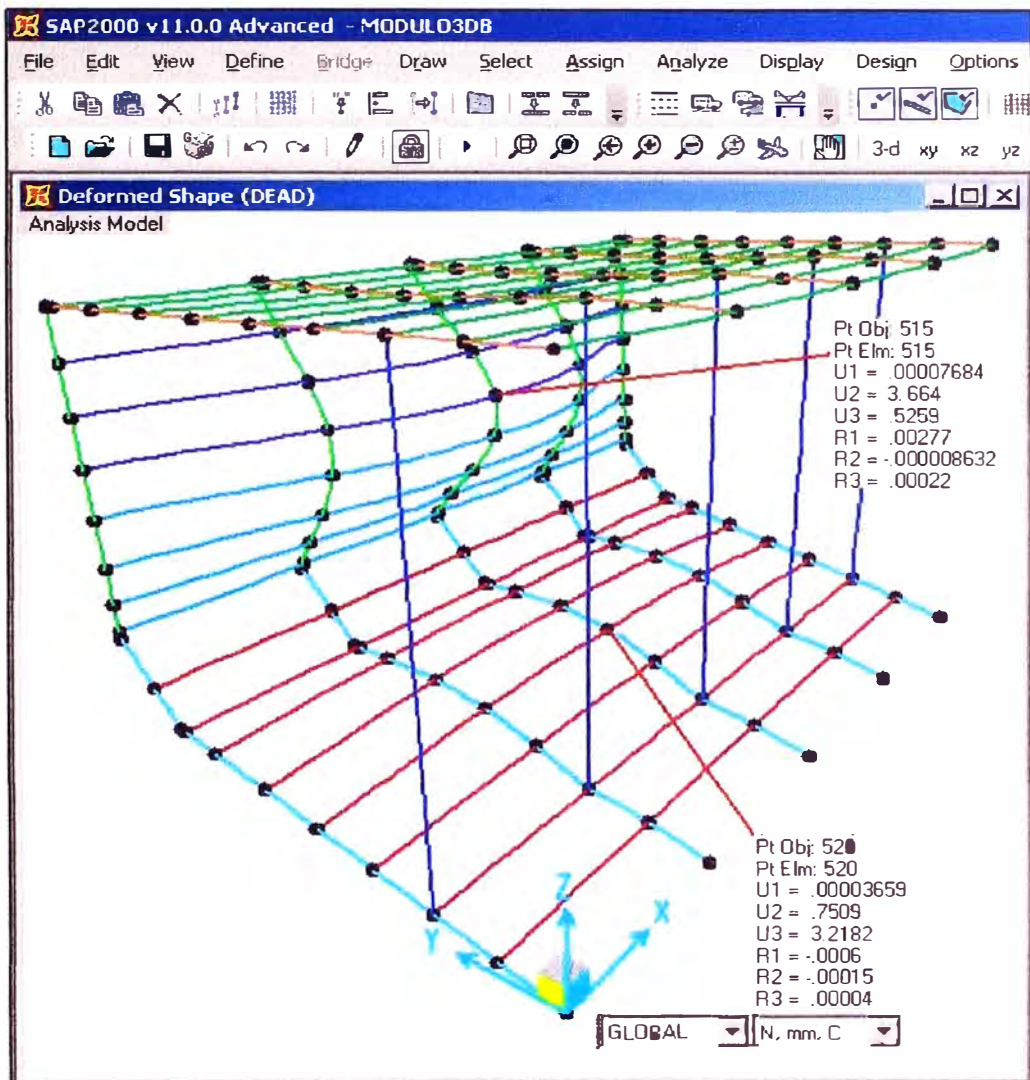


Figura 4.18.- Grafico 3D de la deflexión.

5.- Esfuerzos y Margen de Seguridad del modulo de bodegas:

Se puede apreciar el grafico de momento flector con o sin los valores activados y para visualizar las respuestas en un solo refuerzo hacer doble clic para visualizar fácilmente los resultados de deformación, momento flector, fuerza cortante y fuerza axial.

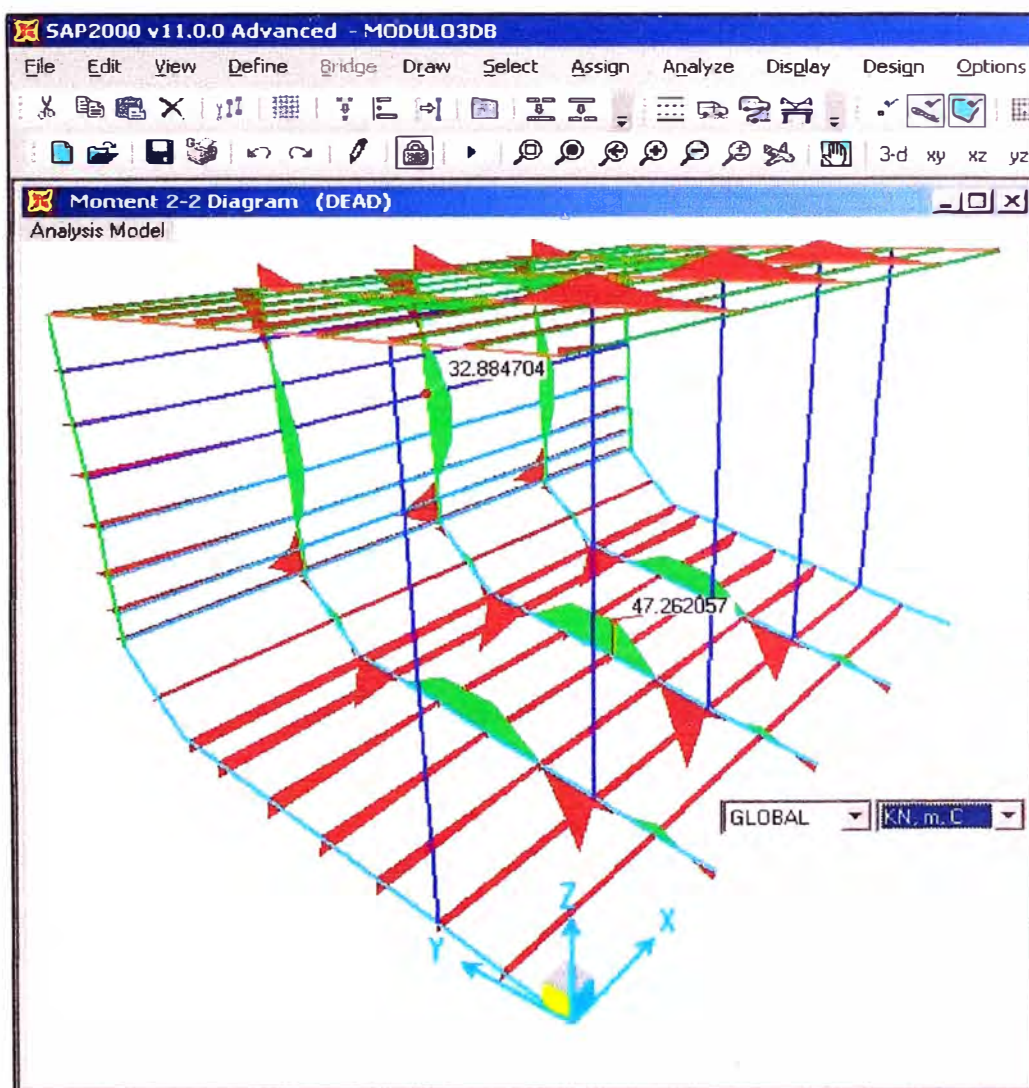


Figura 4.19.- Grafico del momento flector.

6.- Análisis en 2D de la cuaderna del modulo de bodegas:

Para poder simplificar el análisis en un grafico 2D se procede a realizar los siguientes pasos y recomendaciones para obtener un esquema que presente el efecto de la rigidez longitudinal en los extremos de la cubierta y pantoques.

Una vez que las carga se aplican se deberá procede analizar el modelo verificando los grafico de deflexión.

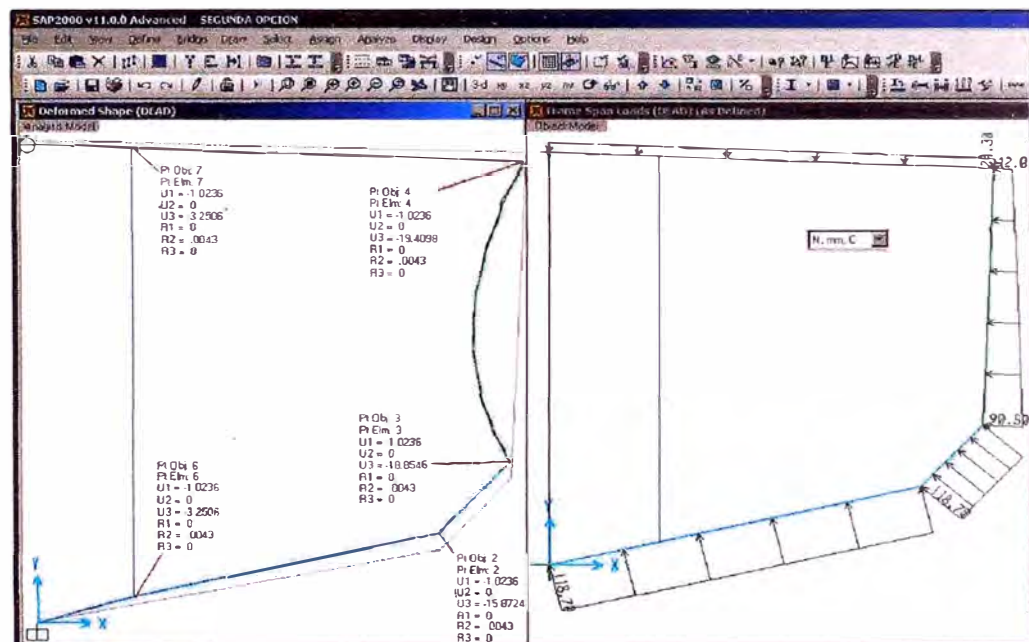


Figura 4.20.- Verificar el modelo usando el grafico de deflexión.

La rigidez exterior presenta un problema con el grafico de deflexión, la visualización del nodo en el lado de la cubierta se mueve significativamente. Esto es porque la conexión de planchas adyacentes no es considerada en el cálculo del modelo de vigas. Los resultados presentados se representan

como si la plancha fallara al corte y ascienda enormemente, esto es improbable en realidad. Para fijar esto agregar una condición de contorno a los lados de cubierta y al nodo de la viga casco para restringir el movimiento vertical. Ahora resolver el modelo otra vez.

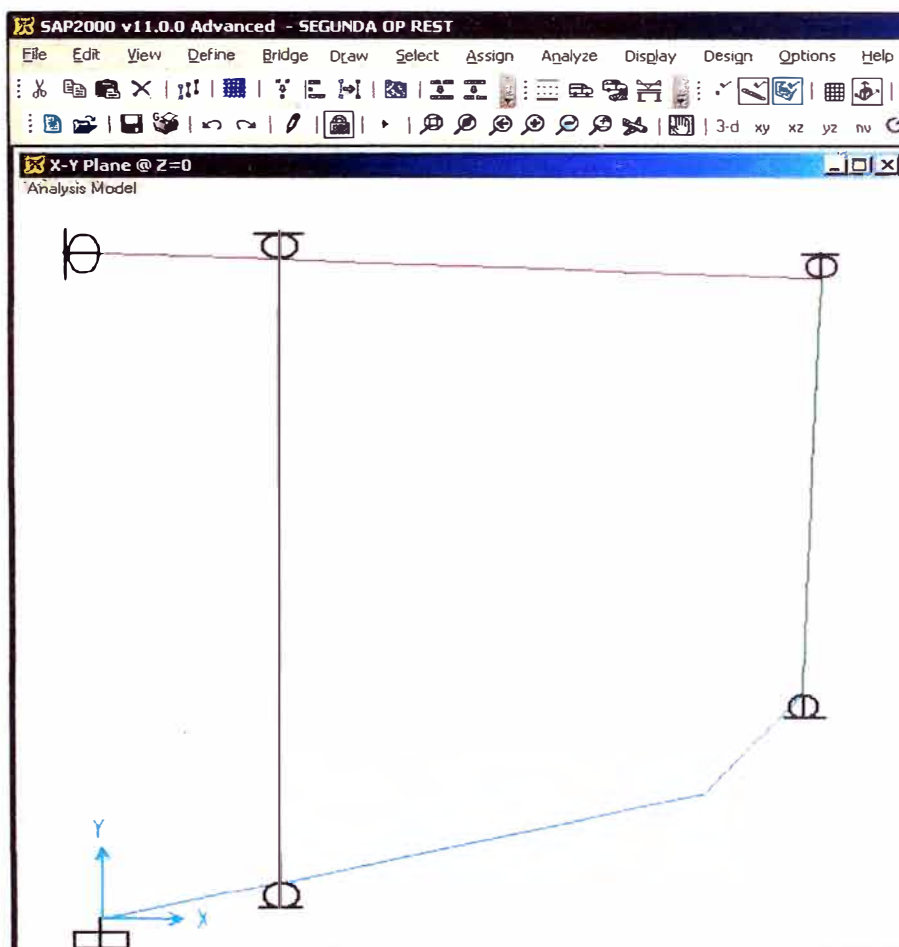


Figura 4.21.- Verificar nueva condición de contorno.

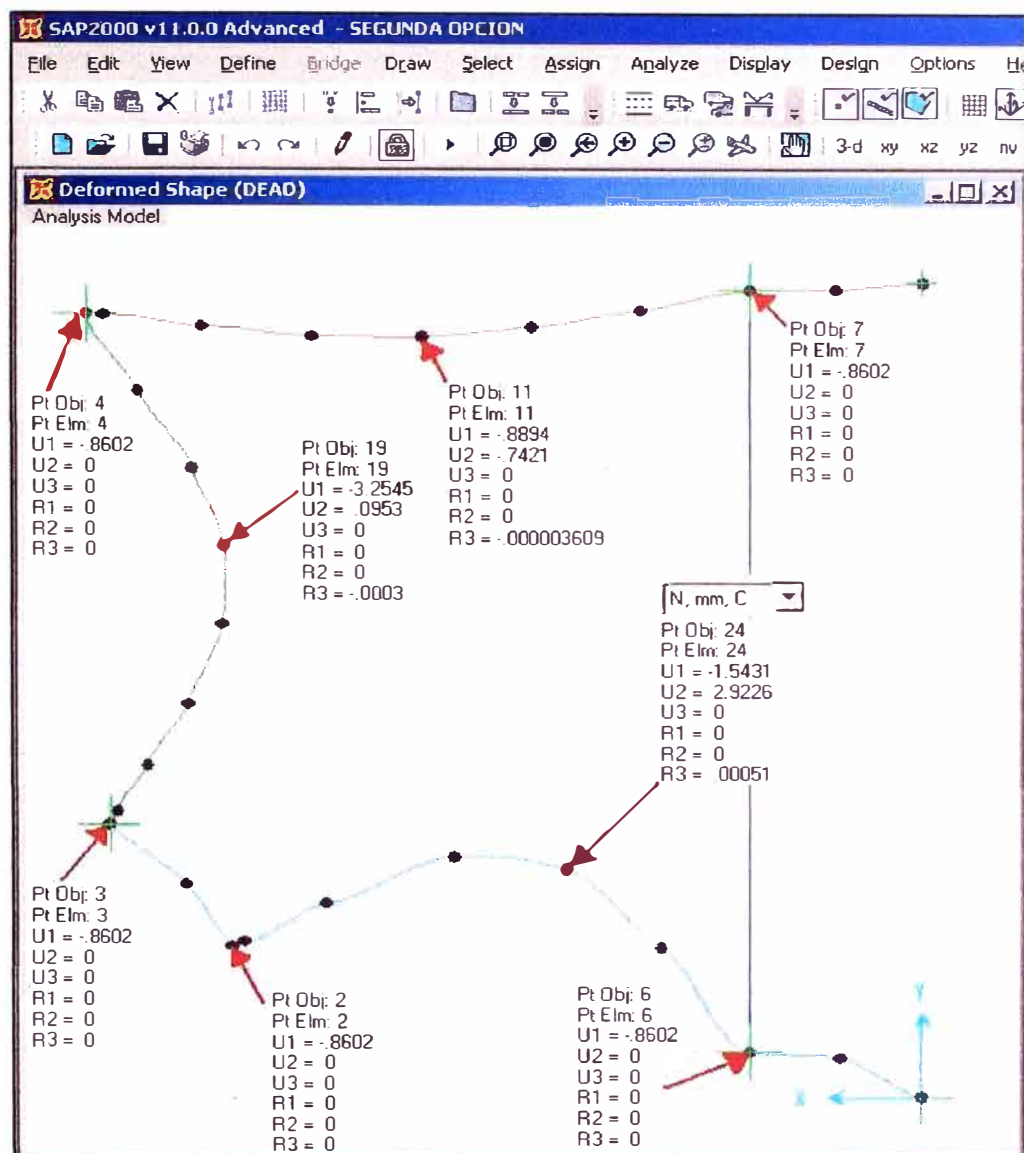


Figura 4.22.- Grafico de deflexión muy realista.

7.- Esfuerzos y Margen de Seguridad de la cuaderna de bodegas:

Poder apreciar que el modelo de deflexión verse ahora más realista. Una vez que todos los otros aspectos del modelo haber sido verificados, puedes ver varios gráficos de momentos flectores para cada miembro y poder tener confianza en los resultados.

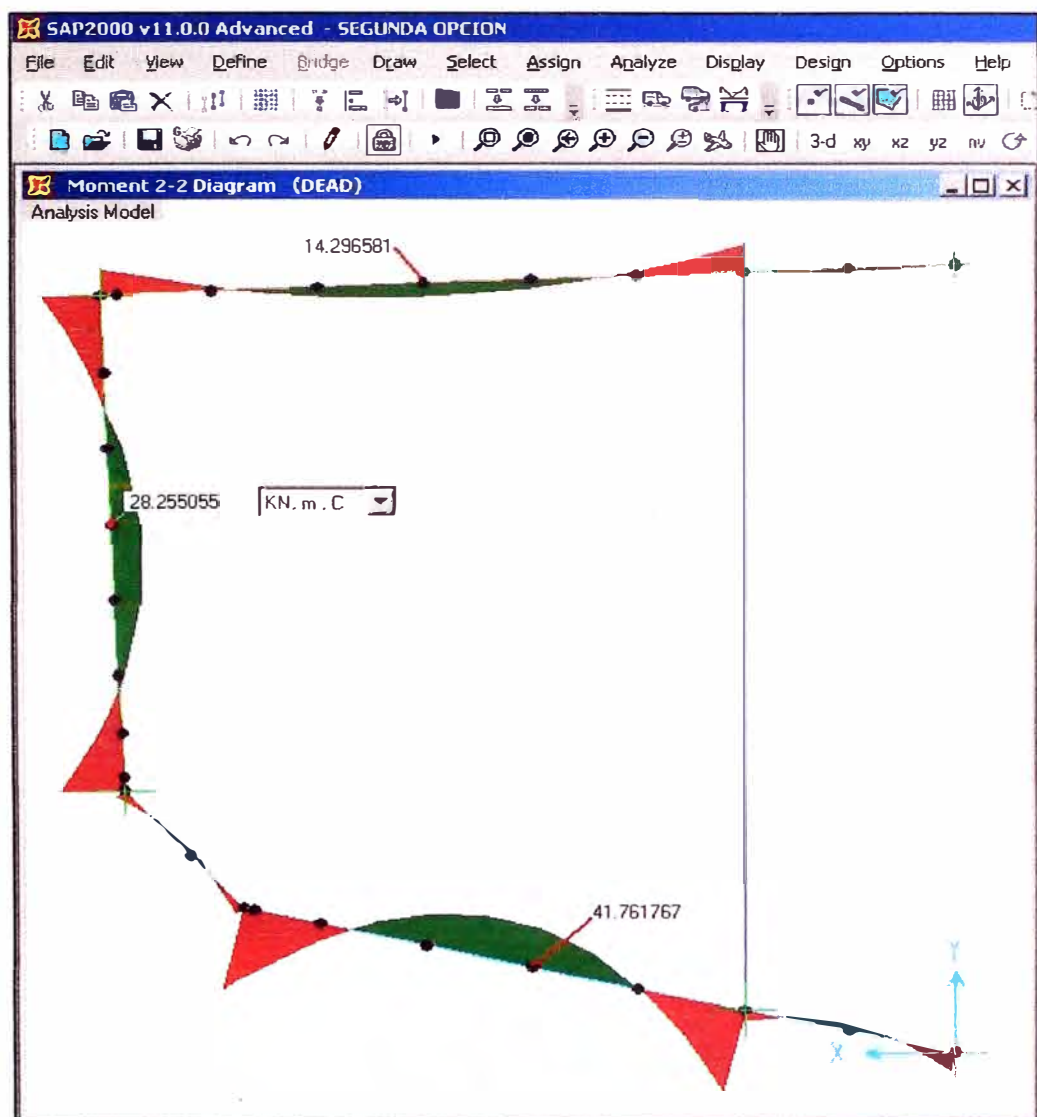


Figura 4.23.- Grafico de momento flectores globales con vista de valores.

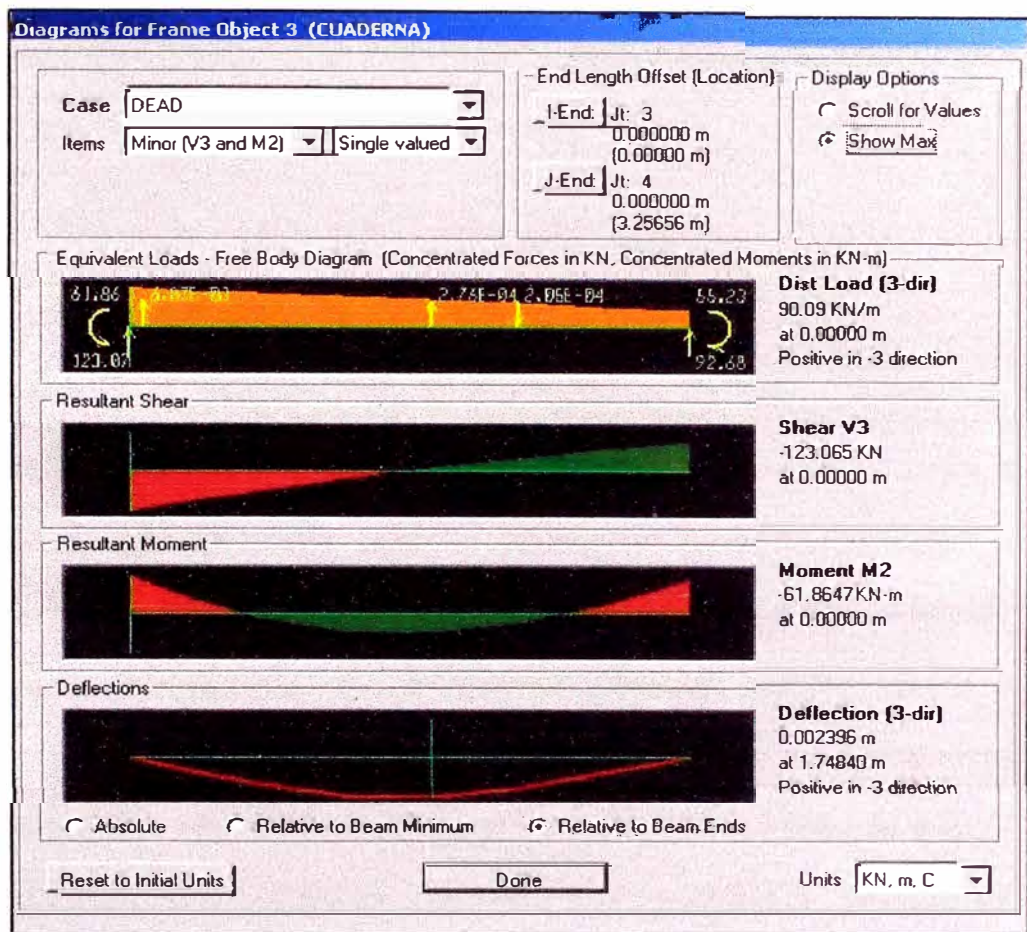


Figura 4.24.- Grafico de deflexión y momento flector máximo de la cuaderna del casco.

8.- Recomendaciones del análisis del modulo de bodegas:

La hipótesis de la rigidez de la viga longitudinal en 3D es comprobada en este ejercicio por ello se considera para el modelo en 2D una buena aproximación la de restringir verticalmente los extremos de la plancha del casco. Para el análisis de los demás elementos de la cuaderna maestra se considerara la hipótesis anterior.

Del analisis anterior se observa que el elemento mas critico es la cuaderna, es por ello que se analizará las cuadermas en las demas secciones.

4.6.2.- CUADERNAS DE PROA

Supongamos el esquema de una cuaderna de proa, el cual se encuentra cerca a la cubierta de tanques y la cuaderna es apoyado a la cubierta por refuerzos que es empleado para la extensión y continuidad de la cubierta de tanques según la figura 4.8, se trata de una sección transversal bajo la cubierta principal. Esta soportada a causa de la carga hidrostática por el forro exterior y el refuerzo que se extiende de la cubierta de tanques de proa. El momento de inercia del refuerzo constituida por la extensión de la cubierta de tanques es pequeño comparado con la viga del fondo. Este último se puede considerar por lo tanto, como rotula (libre giro) en el punto de soporte. De lo expuesto anteriormente es que se considera a la cuaderna N° 8 como la más crítica.

Para el análisis de la cuaderna N°8 se considera los criterios utilizados en el proyecto para el forro exterior y las cuadernas, del párrafo 4.5.5.

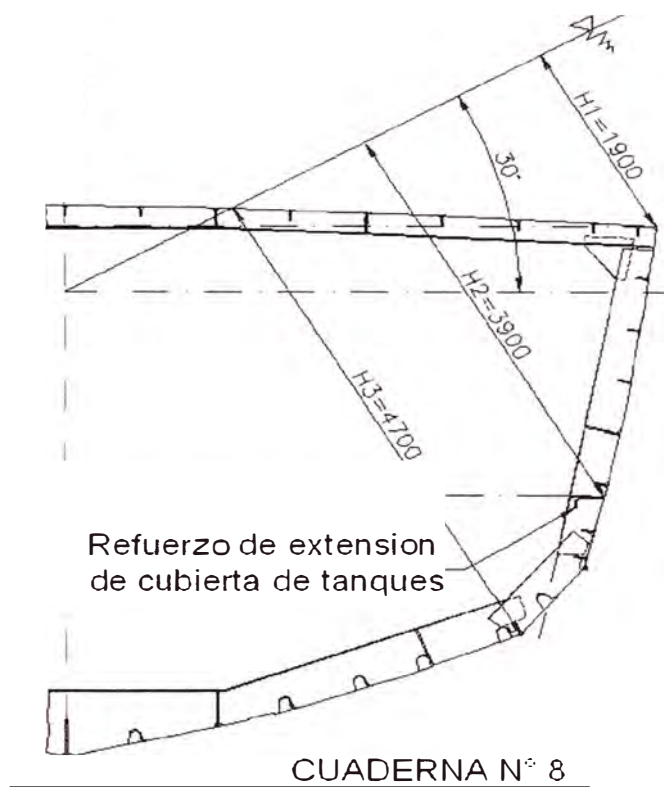


Figura 4.25.- Cuaderna de proa de la embarcación en estudio.

1.- Análisis de la cuaderna N°8 de sala de maquinas de proa:

El análisis de cargas de la cuaderna de proa se reduce el problema a un sistema hiperestático, ver figura 4.9.

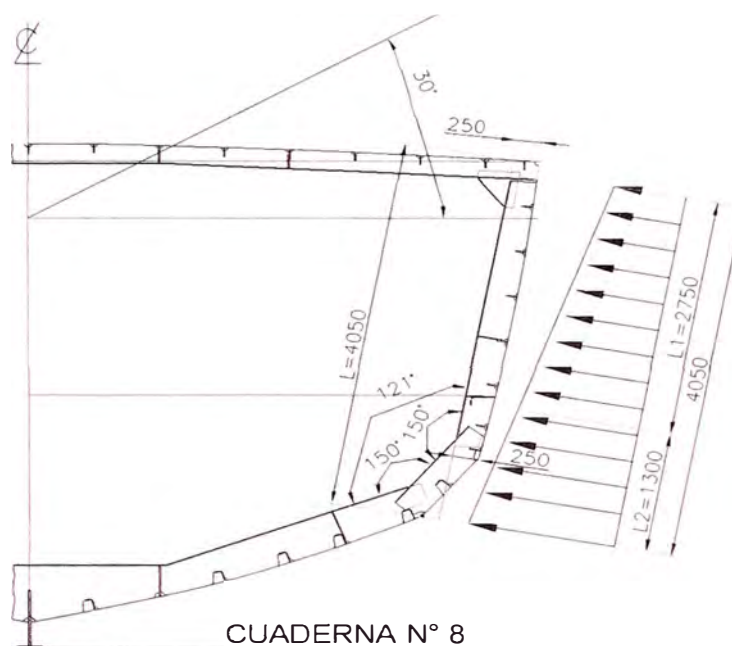


Figura 4.26.- Esquema de la cuaderna de proa de sistema hiperestático.

Si asumimos que la cuaderna es una viga independiente apoyada en su extremo superior en la cubierta, y el extremo inferior en el casco fondo y en las varengas con ello se puede aplicar las ecuaciones de vigas del capítulo 4.4.

2.- Parámetros principales de la cuaderna N°8 de sala de maquinas:

Clara entre cuadernas: $e = 2.00$ m,

Altura de agua $h = 4.7$,

Material: Acero naval con $Re = 235$ N/mm² y $E = 200\ 000$ N/mm².

Factor de seguridad para estructura secundaria: $Fds = 1.25$

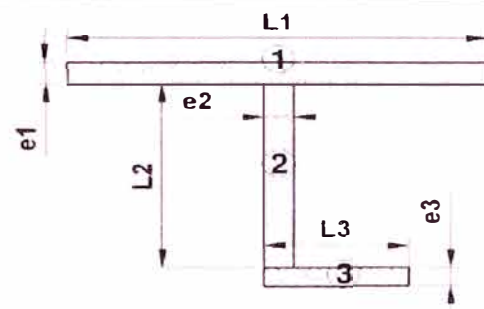
Ancho efectivo entre cuadernas: 820 mm.

El ancho efectivo se considero una carga de compresión en el casco y el caso III de Schade en el párrafo 4.3.2.

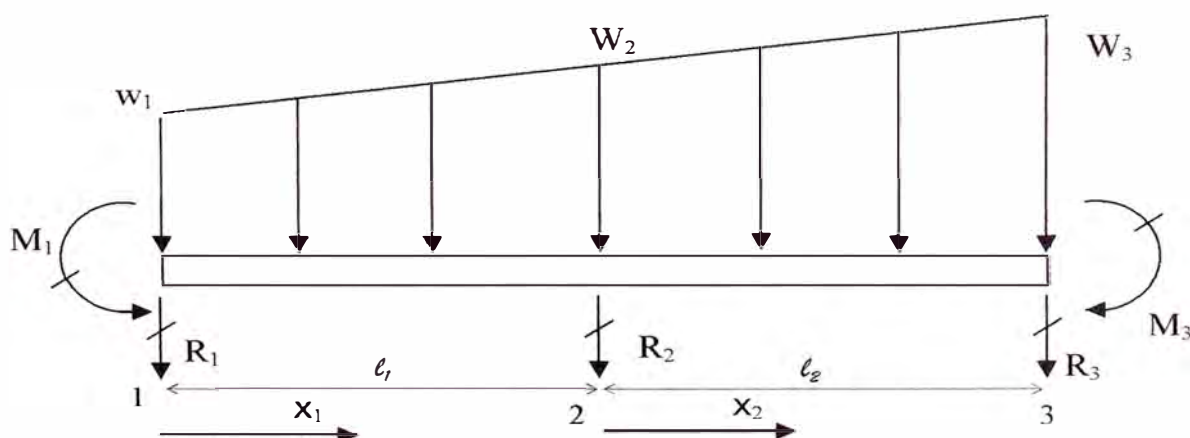
Tabla 4.4.- Calculo del modulo resistente de la cuaderna (MR).

Elemento	Espesor (mm)	Longitud (mm)	A (mm ²)	Y (mm)	A*Y (mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	I propio (mm ⁴)
1	8.0	820	6560	4	26240	104960	3.50E+004
2	9.5	240	2280	128	291840	37355520	1.09E+007
3	9.5	100	950	253	240113	60688434	7.14E+003
Sumatoria			9790		558193	98148914	10986131

.d [mm]	57.0
l _{xx} [mm ⁴]	109135046
.y [mm]	200.4834014
-Ad ² [mm ⁴]	-31826237.7
I [cm ⁴]	7730.8
MR [cm ³]	385.6



3.- Calculo referencia al capitulo 4.4.1.7. caso Viga continua con extremos empotrados:



Presión hidrostática:

$$p = 0.1026.H \quad [\text{kg-f/cm}^2],$$

Densidad de carga en la cuaderna:

$$w = 0,1026.s.H:$$

Donde:

H: Altura del agua en m.

s: Separación entre cuadernas en cm. En este caso $s = 200$ cm.

$$w_1 = 0.1026 \times 1.9 \times 200 = 39 \text{ kg-f/cm}, \quad \text{donde: } H_1 = 1.9 \text{ m}$$

$$w_2 = 0.1026 \times 3.9 \times 200 = 80 \text{ kg-f/cm}, \quad \text{donde: } H_2 = 3.9 \text{ m}$$

$$w_3 = 0.1026 \times 4.7 \times 200 = 96.4 \text{ kg-f/cm}, \quad \text{donde: } H_3 = 4.7 \text{ m}$$

Donde: $l_1 = 275$ cm, $l_2 = 130$ cm.

$$\text{➤ } 2M_1l_1 + M_2l_2 - \frac{l_1^3}{60}(8w_1 + 7w_2) = 0$$

$$2M_1 \times 275 + M_2 \times 130 - \frac{275^3}{60}(8 \times 39 + 7 \times 80) = 0$$

$$\text{➤ } M_1l_1 + 2M_2(l_1 + l_2) + M_3l_2 - \frac{l_1^3}{60}(7w_1 + 8w_2) - \frac{l_2^3}{60}(8w_2 + 7w_3) = 0$$

$$M_1 \times 275 + 2 \cdot M_2(275 + 130) + M_3 \times 130 - \frac{275^3}{60}(7 \times 39 + 8 \times 80) - \frac{130^3}{60}(8 \times 80 + 7 \times 96.4) = 0$$

$$\text{➤ } M_2l_2 + 2M_3l_2 - \frac{l_2^3}{60}(7w_2 + 8w_3) = 0$$

$$M_2 \cdot 130 + 2M_3 \cdot 130 - \frac{130^3}{60}(7 \times 80 + 8 \times 96.4) = 0$$

$$M_1 = 483,700 \text{ Kg} - \text{cm}, \quad M_2 = 278,100 \text{ kg} - \text{cm},$$

$$M_3 = 48,200 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\text{➤ } Q_1 = \frac{M_2 - M_1}{l_1} - \frac{l_1}{6}(2w_1 + w_2)$$

$$Q_1 = \frac{(278,100 - 483,700)}{2750} - \frac{275}{6}(2 \times 39 + 80) = -7316 \text{ kg} - \text{f}$$

$$\text{➤ } Q_2^- = \frac{M_2 - M_1}{l_1} + \frac{l_1}{6}(w_1 + 2w_2), \quad Q_2^+ = \frac{M_3 - M_2}{l_2} - \frac{l_2}{6}(2w_2 + w_3)$$

$$Q_2^- = \frac{(278,100 - 483,700)}{2750} + \frac{275}{6} (39 + 2x80) = 9046 \text{ kg} - f$$

$$Q_2^+ = \frac{(48,200 - 278,100)}{130} - \frac{130}{6} (2x80 + 96.4) = -7323 \text{ kg} - f$$

$$\triangleright Q_3 = \frac{M_3 - M_2}{l_2} + \frac{l_2}{6} (w_2 + 2w_3)$$

$$Q_3 = \frac{(48,200 - 278,100)}{130} + \frac{130}{6} (80 + 2x96.4) = 4142 \text{ kg} - f$$

$$\triangleright R_1 = Q_1, \quad R_2 = -Q_2^- + Q_2^+, \quad R_3 = -Q_3$$

$$R_1 = -7,316 \text{ kg} - f, \quad R_2 = -9046 - 7323 = -16,369 \text{ kg} - f,$$

$$R_3 = -4,142 \text{ kg} - f$$

$$\triangleright M_1(x) = M_1 + Q_1 \cdot x + \frac{w_1}{2} \cdot x^2 + \frac{w_2 - w_1}{6 \cdot l_1} \cdot x^3$$

$$M_1(x) = 483,700 - 7316 \cdot x + \frac{39}{2} \cdot x^2 + \frac{(80 - 39)}{6 \cdot (275)} \cdot x^3$$

$$\triangleright Q_1(x) = Q_1 + w_1 \cdot x + (w_2 - w_1) \cdot \frac{x^2}{2 \cdot l_1}$$

$$Q_1(x) = -7316 + 39x + \frac{(80 - 39)}{2 \cdot (275)} \cdot x^2$$

Máximo Momento flector para x_1 :

$$\triangleright x_1 = -\frac{w_1 \cdot l_1}{w_2 - w_1} \pm \sqrt{\left(\frac{w_1 \cdot l_1}{w_2 - w_1}\right)^2 - \frac{2Q_1 l_1}{w_2 - w_1}}$$

$$x_1 = -\frac{39 \cdot 275}{80 - 39} + \sqrt{\left(\frac{39 \cdot 275}{80 - 39}\right)^2 - \frac{-2 \cdot 7316 \cdot 275}{80 - 39}} = 146.5 \text{ cm}$$

$$M_{1,max}^- = 483,700 - 7316(146.5) + 19.5(146.5)^2 + 0.025(146.5)^3$$

$$M_{1,max}^- = -90,974 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\triangleright M_2(x) = M_2 + Q_2^+ \cdot x + \frac{w_2}{2} \cdot x^2 + \frac{w_3 - w_2}{6 \cdot l_2} \cdot x^3$$

$$M_2(x) = 278,100 - 7323 \cdot x + \frac{80}{2} \cdot x^2 + \frac{96.4 - 80}{6 \cdot (130)} \cdot x^3$$

$$\triangleright Q_2(x) = Q_2^+ + w_2 \cdot x + (w_3 - w_2) \cdot \frac{x^2}{2 \cdot l_2}$$

$$Q_2(x) = -7323 + 80x + \frac{96.4-80}{2(130)} \cdot x^2$$

Máximo Momento flector para x_2 :

$$\triangleright x_2 = -\frac{w_2 l_2}{w_3 - w_2} \pm \sqrt{\left(\frac{w_2 l_2}{w_3 - w_2}\right)^2 - \frac{2Q_2^+ l_2}{w_3 - w_2}}$$

$$x_2 = -\frac{80 \cdot 130}{96.4 - 80} + \sqrt{\left(\frac{80 \cdot 130}{96.4 - 80}\right)^2 - \frac{2 \cdot (-7323) \cdot 130}{96.4 - 80}}$$

$$x_2 = 85.7 \text{ cm}$$

$$M_{\max,2}^- = 278,100 - 7323(85.7) + \frac{80}{2} \cdot (85.7)^2 + \frac{96.4-80}{6(130)} \cdot (85.7)^3$$

$$M_{\max,2}^- = -42,467 \text{ kg} - \text{cm}$$

4.- Esfuerzo a la tracción y Margen de Seguridad (MdS):

$$\sigma \text{ en } M_{\max,1}^- = \frac{M_{\max,1}^-}{MR} = \frac{-90,974 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{385.6 \text{ cm}^3}$$

$$\sigma \text{ en } M_{\max,1}^- = 235.9 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 23.1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Siendo: $R_e = 235 \text{ N/mm}^2$, Factor seguridad (FS) = 1.25

$$R_m = \frac{R_e}{FS} = \frac{235}{1.25} = 188 \text{ N/mm}^2,$$

$$MdS = \frac{188}{23.1} - 1 = 7.1$$

Del resultado obtenido se puede deducir que la cuaderna en la sala de maquinas de proa cumple con las consideraciones de diseño y el factor de seguridad, y observando el margen de seguridad ($MdS = 7.1$) es sobre dimensionado.

Las cuadernas están sometidas a momentos de flexión mayores en su unión con las varengas, punto en el que el quiebre de los refuerzos asociado con la plancha longitudinal proporcionan la rigidez para este apoyo. Igualmente como la unión del bao de cubierta, punto en el que las consolas de bao proporcionan un refuerzo adicional. Los esfuerzos máximos se presentan siempre en la unión cuaderna / varenga y baos/cuaderna.

4.6.3.- CUADERNA DE BODEGAS

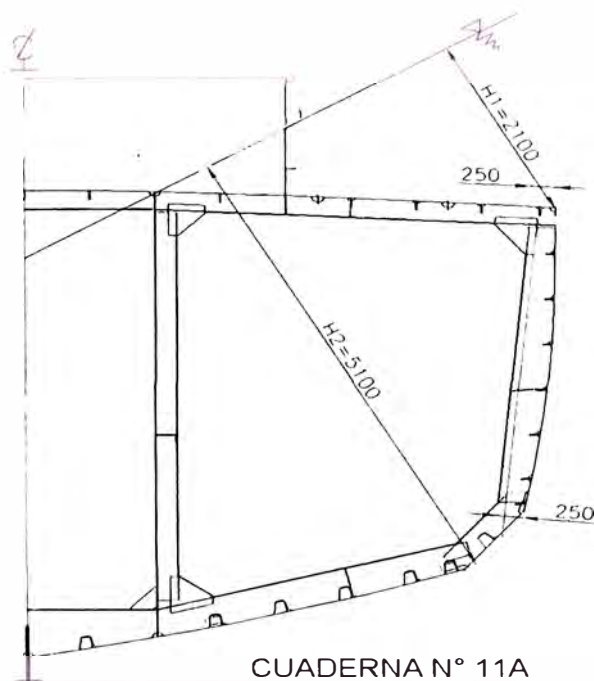


Figura 4.27.- Cuaderna central de bodegas de la embarcación en estudio.

1.- Análisis de la cuaderna N° 11A en bodegas:

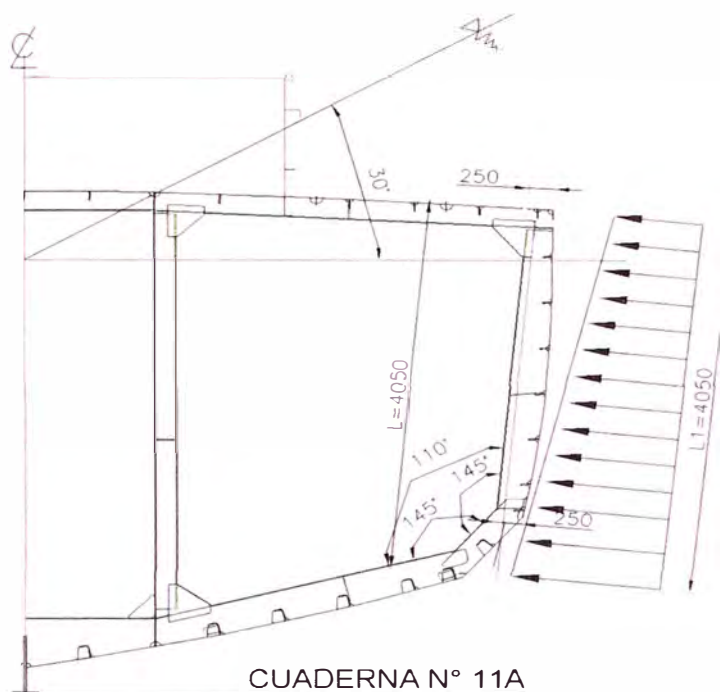


Figura 4.28.- Esquema reducido de la cuaderna central de bodegas.

2.- Parámetros principales de la cuaderna N°11A en Bodegas:

Clara entre cuadernas: $e = 2.00$ m,

Altura de agua $h = 5.1$,

Material: Acero naval con $Re = 235$ N/mm² y $E = 2 \cdot 10^6$ kg-f/cm².

Factor de seguridad para estructura secundaria: $Fds = 1.25$

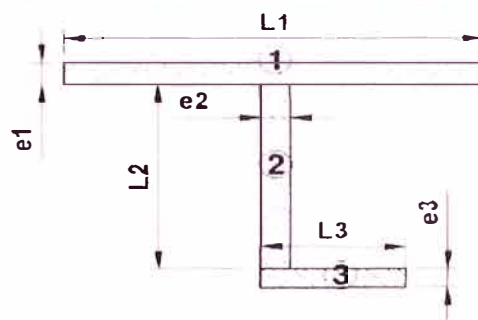
Ancho efectivo entre cuadernas: 820 mm.

El ancho efectivo se considero para una carga de compresión en el casco y el caso III de Schade en el párrafo 4.3.2.

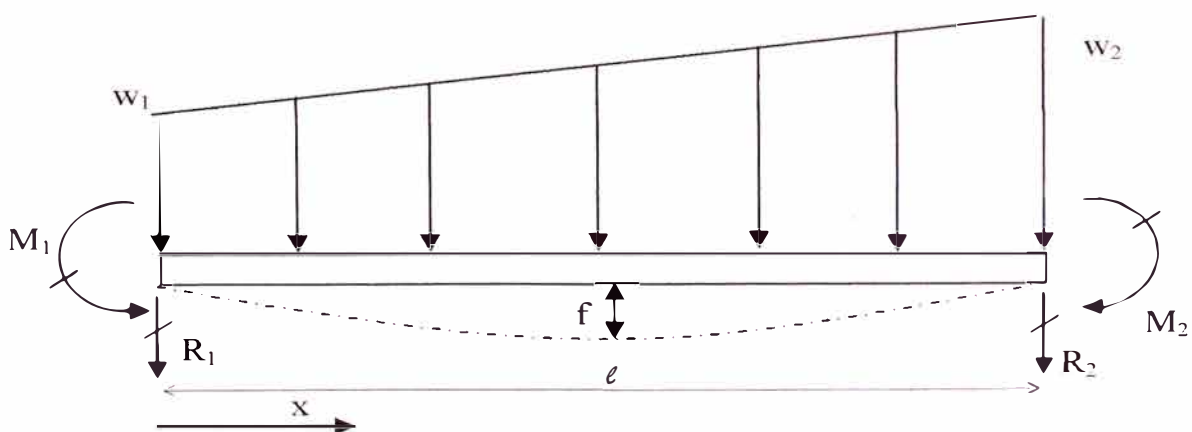
Tabla 4.4.- Calculo del modulo resistente de la cuaderna (MR).

Elemento	Espesor (mm)	Longitud (mm)	A (mm ²)	Y (mm)	A*Y (mm ³)	A*Y ² (mm ⁴)	I propio (mm ⁴)
1	8.0	820	6560	4	26240	104960	3.50E+004
2	8.0	242	1936	129	249744	32216976	9.45E+007
3	8.0	75	600	254	152400	38709600	3.20E+003
Sumatoria			9096		428384	71031536	9486512

.d [mm]	47.1
Ixx [mm ⁴]	80518048
.y [mm]	210.9
-Ad ² [mm ⁴]	-20175115.6
I [cm ⁴]	6034.3
MR [cm ³]	286.1



3.- Calculo referencia al capitulo 4.4.1.1. caso Viga continua con extremos empotrados:



Presión hidrostática:

$$p = 0.1026.H \text{ [kg-f/cm}^2\text{]},$$

Densidad de carga en la cuaderna:

$$w = 0,1026.s.H:$$

Donde:

H: Altura del agua en m.

s: Separación entre cuadernas en cm. En este caso s = 200 cm.

$$w_1 = 0.1026 \times 2.1 \times 200 = 43 \text{ kg-f/cm, donde: } H_1 = 2.1 \text{ m}$$

$$w_2 = 0.1026 \times 5.1 \times 200 = 104.5 \text{ kg-f/cm, donde: } H_2 = 5.1 \text{ m}$$

Donde: $l_1 = 405 \text{ cm}$,

$$\text{➤ } R_1 = -\frac{l}{20}(7w_1 + 3w_2), \quad R_2 = -\frac{l}{20}(3w_1 + 7w_2)$$

$$R_1 = \frac{-405}{20} * (7 * 43 + 3 * 104.5) = -12.443 * 10^3 \text{ Kg} - f$$

$$R_2 = \frac{-405}{20} * (3 * 43 + 7 * 104.5) = -17.425 * 10^3 \text{ Kg} - f$$

$$\text{➤ } M_1 = \frac{l^2}{10} \left(\frac{w_1}{2} + \frac{w_2}{3} \right), \quad M_2 = \frac{l^2}{10} \left(\frac{w_1}{3} + \frac{w_2}{2} \right)$$

$$M_1 = \frac{405^2}{10} \left(\frac{43}{2} + \frac{104.5}{3} \right) = 924 * 10^3 \text{ Kg} - f * \text{cm}$$

$$M_2 = \frac{405^2}{10} \left(\frac{43}{3} + \frac{104.5}{2} \right) = 1092 * 10^3 \text{ Kg} - f * \text{cm}$$

$$\text{➤ } M(x) = M_1 + R_1 \cdot x + \frac{w_1}{2} \cdot x^2 + \frac{w_2 - w_1}{6l} \cdot x^3$$

Máximo Momento flector y flecha para x:

$$\text{➤ } x = \frac{-w_1 \cdot l}{w_2 - w_1} \pm \sqrt{\left(\frac{-w_1 \cdot l}{w_2 - w_1} \right)^2 - \left(\frac{2R_1 \cdot l}{w_2 - w_1} \right)} \quad \text{y} \quad w_2 > w_1$$

$$x = \frac{-43 \cdot 405}{104.5 - 43} \pm \sqrt{\left[\left(\frac{-43 \cdot 405}{104.5 - 43} \right)^2 - \left(\frac{-2 \cdot 12.443 \cdot 10^3 \cdot 405}{104.5 - 43} \right) \right]} = 210 \text{ cm}$$

$$M_{\max}^- = 924 \cdot 10^3 - 12.443 \cdot 10^3 \cdot 210 + \frac{43}{2} \cdot 210^2 + \frac{104.5 - 43}{6 \cdot 405} \cdot 210^3$$

$$M_{\max}^- = -506.5 \cdot 10^3 \text{ Kg} - f \cdot \text{cm}$$

$$\triangleright f(x) = \frac{1}{EI} \left(M_1 \cdot \frac{x^2}{2} - R_1 \cdot \frac{x^3}{6} + \frac{w_1 \cdot x^4}{24} + \frac{w_2 - w_1}{120I} \cdot x^5 \right)$$

$$f_{\max}^- = \frac{1}{2 \cdot 10^6 \cdot 6034.3} \cdot \left(924 \cdot 10^3 \cdot \frac{210^2}{2} - 12.443 \cdot 10^3 \cdot \frac{210^3}{6} + \frac{43 \cdot 210^4}{24} + \frac{104.5 - 43}{210 \cdot 405} \cdot 210^5 \right)$$

$$f_{\max}^- = 0.41 \text{ cm} = 4.1 \text{ mm}$$

4.- Esfuerzo y Margen de Seguridad (MdS):

$$\sigma \text{ en } M_{\max,1}^- = \frac{M_{\max,1}^-}{MR} = \frac{-506.5 \cdot 10^3 \text{ kg} - f \cdot \text{cm}}{286.1 \text{ cm}^3}$$

$$\sigma \text{ en } M_{\max,1}^- = 1770 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 173.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Siendo: $Re = 235 \text{ N/mm}^2$, Factor seguridad (FS) = 1.25

$$R_m = \frac{Re}{FS} = \frac{235}{1.25} = 188$$

$$MdS = \frac{188}{173.6} - 1 = 0.08$$

Del resultado obtenido se puede deducir que la cuaderna en la bodega cumple con las consideraciones de diseño y el factor de seguridad, y no es sobre dimensionado según el margen de seguridad ($MdS = 0.08$).

CAPITULO V

ENUNCIAR EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL CASCO PARA UNA EMBARCACIÓN PESQUERA DE 500 M³ CUMPLIENDO CON LAS REGLAS DE CLASIFICACIÓN

5.1.- INTRODUCCIÓN

Los detalles del proyecto de una embarcación o de su contrato de construcción difieren de un buque a otro aunque sean de una misma serie. Sin embargo dicho contrato de construcción incluye habitualmente los requisitos de peso en rosca, capacidad de carga, velocidad y clasificación de acuerdo a una sociedad de clasificación. En dichos requisitos están sujetos a cumplir con condiciones de máxima seguridad durante la operación de la nave, un costo de construcción competitivo y poder asegurar la embarcación al menor presión. Considerando que la embarcación será clasificada con la Germanischer Lloyds y que esta cuenta con reglas de construcción y clasificación es por ello que se deberá realizar el estudio de la estructura de la embarcación de acuerdo a dichas reglas y lograr un diseño competitivo, el cual es la función de la oficina de proyectos y aspecto importe al nivel de diseño del buque.

En el capítulo 6 se realizara el cálculo del peso de los escantillones, es decir, el peso de la embarcación en cuanto a su estructura que se refiere.

5.2.- ESCANTILLONADO

El escantillonado es el dimensionamiento de los elementos de la estructura del proyecto de una embarcación tanto para el forro de casco y la estructura del casco. En el escantillonado se valorará el material elegido y sus propiedades mecánicas, hasta el proceso de construcción de los elementos estructurales. En cuanto al cálculo de escantillones, se realizara de acuerdo a la norma de clasificación y construcción de la Germanischer Lloyds, la cual establece los escantillones mínimos requeridos en función de la especificación técnica de la embarcación.

5.3.- ELECCIÓN DEL MATERIAL Y FABRICACIÓN DE LOS REFUERZOS

El material seleccionado deberá cumplir aspectos como la rentabilidad económica, pero sin descuidar el aspecto de calidad y buen comportamiento durante la vida útil de la embarcación. Entonces utilizando un material con buenas propiedades de conformado y existiendo la posibilidad de construir los refuerzos con perfiles angulares prefabricados de plancha es que puede cubrir estos aspectos.

Para la embarcación en estudio se utilizo en gran parte perfiles angulares prefabricados de plancha, logrando disminuir el proceso de calderería y soldadura para lograr los refuerzos.

5.4.- PRINCIPIOS DE DISEÑO

A. GENERALIDADES

1. Esta sección contiene definiciones y principios para el uso de las fórmulas de las secciones siguientes, así como indicaciones sobre detalles estructurales.

2. **Esfuerzos admisibles:**

En las siguientes secciones se dan para cuadernas, vigas, soportes, refuerzos etc., además de las formulas para el cálculo del momento resistente y de las secciones requeridas, las tensiones admisibles para el caso que se efectúe el escantillonado de dichos elementos por medio de cálculos directos de resistencia.

3. **Paneles de plancha sometidos a presión lateral:**

Las formulas para máneles de plancha sometidos a presión lateral dadas en las secciones siguientes se basan en el supuesto de un panel no curvo con una relación entre lado $b/a \geq \sim 2,24$.

Para los paneles curvos y/o paneles con relación entre lado menor a $b/a \geq \sim 2,24$, el espesor puede reducirse como sigue:

$$t = C \cdot \sqrt{p \cdot k} \cdot f_1 \cdot f_2 + t_k$$

C = constante. por ejemplo, C = 1,1 para tanques.

$$f_1 = 1 - \frac{a}{2r}$$

$$f_1 \text{ min} = 0,75$$

r = radio de curvatura en [m]

$$f_2 = \sqrt{1,1 - 0,5 \left[\frac{a}{b} \right]}$$

$$f_{2\max} = 1,0$$

a = lado más pequeño del panel de plancha

b = lado más grande del panel de plancha

p = carga de diseño a aplicar

El factor f_2 no se aplicara al determinar el espesor del forro en los costados reforzados longitudinalmente de acuerdo con la sección 6.

4. Eslora entre perpendiculares (L):

La eslora L del buque es la distancia en la línea de carga máxima del francobordo de verano que va desde el borde delantero de la roda hasta el borde posterior del codaste popel, o hasta el je de giro de la mecha de timón caso de no haber codaste popel (L_{PP}). Si L_{PP} es menor que el 96% de la longitud de la línea de flotación de máxima carga del francobordo de verano (L_{LWL}), L no será inferior a 0.96 L_{LWL} . Si L_{PP} es mayor que el 97% de L_{LWL} , la eslora L no es necesario que sea mayor a 97% L_{LWL} .

B. LUZ ENTRE APOYOS

1. Refuerzos, cuadernas:

1.1 La luz entre apoyos l es la longitud del refuerzo o cuaderna entre dos vigas de apoyo o estructura incluyendo las consolas de los extremos.

- 1.2 Los puntos de quiebro pueden ser considerados puntos de apoyo de las cuadernas según la Figura 5.1.

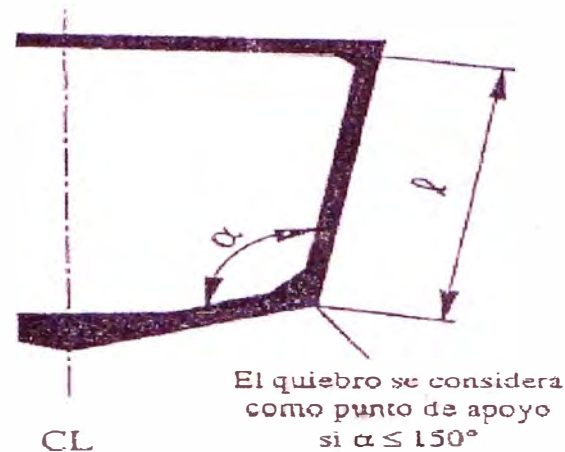


Figura 5.1: Parámetros en la cuaderna.

2. Elementos de mamparos corrugados:

La longitud no apoyada ℓ de los elementos de mamparos corrugados es la longitud entre el fondo y la cubierta, o bien su longitud entre vigas pórticos verticales u horizontales. Si se conectan los elementos de mamparos corrugados a elementos en forma de cajón de relativamente poca rigidez, se debe sumar su altura a la longitud no apoyada, a menos que por cálculo se demuestre otra cosa.

3. Bulárcamas, baos fuertes, vigas:

La luz entre apoyos ℓ de bulárcamas, baos fuertes y vigas se determinara de acuerdo con la figura 5.2., dependiendo del tipo de fijación de los extremos.

En casos especiales, al determinar la longitud de las vigas deberá tenerse en cuenta la rigidez de las vigas enlazadas.

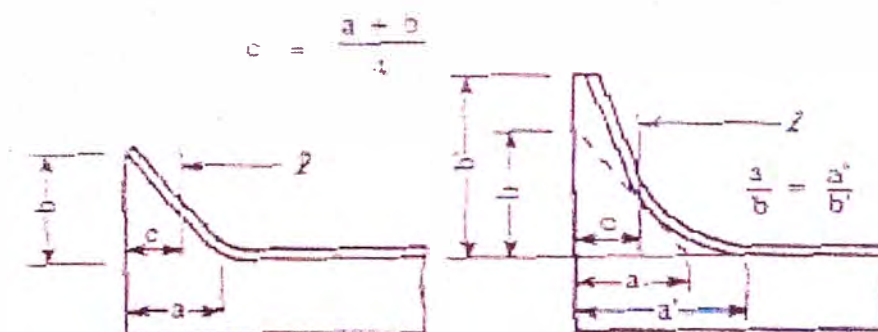


Figura 5.2: Parámetros en las uniones de vigas.

C. FIJACIONES EN LOS EXTREMOS

1. Definiciones

En las secciones siguientes y para dimensionar los baos, refuerzos y vigas se emplearán las definiciones “empotramiento” y “apoyo simple”.

“Empotramiento” se supone, cuando por ejemplo se unen los extremos de refuerzos a través de consolas a otros elementos de forma rígida a la torsión o bien pasan por vigas de apoyo.

“Apoyo simple”, se supone, cuando, por ejemplo, los extremos de refuerzos están despuntados o cuando el refuerzo solo queda unido a la chapa, ver también 3.

2. Consolas

2.1 Las dimensiones de las consolas dependen del momento resistente requerido del perfil. Al unir perfiles con momentos de resistencia desiguales mediante consolas las dimensiones de estas consolas dependen, generalmente, del perfil más débil.

2.2 El espesor de las consolas no deberá ser inferior a:

$$t_1 = 1,26 \sqrt[3]{W} + 1 \quad [\text{mm}]$$

para consolas sin faldilla.

$$t_2 = 1,26 \sqrt[3]{W} - 1 \quad [\text{mm}]$$

para consolas con faldilla.

t_{\max} = espesor del alma del perfil más débil

En tanques, el espesor de las consolas no deberá ser inferior al espesor mínimo t_{\min} según Sección 12. A.5. Las consolas más finas que t_1 deberán ser con faldilla.

W = módulo resistente del perfil más débil, en $[\text{cm}^3]$.

2.3 La longitud de ala de consolas soldadas no será inferior a:

$$\ell = 16 \sqrt{10 \cdot W/t_1} \quad [\text{mm}]$$

$$\ell = 100 \text{ mm}$$

W ver 2.2.

La longitud del ala ℓ es la longitud de la unión soldada.

2.4 Las dimensiones de las consolas (espesor, longitud del ala), así como su correspondencia con los perfiles, se encontrarán en las tablas del Anexo.

2.5 El espesor de la costura de garganta "a" de la unión soldada se determinará según la Sección 19.

2.6 Al emplear consolas con faldilla, deberá calcularse la anchura de la faldilla según la siguiente fórmula:

$$b = 40 + W/30 \quad [\text{mm}]$$

b no deberá ser inferior a 50 mm y no es necesario que sea mayor de 90 mm.

La longitud libre de las consolas no excederá de 40 t.

3. Extremos despuntados de refuerzos

Los refuerzos se pueden despuntar en los extremos si el espesor de las planchas reforzadas por dichos refuerzos no es menor que:

$$t = C \sqrt{\frac{p \cdot a (\ell - 0,5 \cdot a)}{R_{eH}}} \quad [\text{mm}]$$

Donde:

P = carga de proyecto en [kN/m²]

ℓ = luz entre apoyos del refuerzo en [m]

a = distancia entre refuerzos en [m]

R_{eH} = límite elástico del material de las planchas en [N/mm²]

c = 15,8 para mamparos estancos

c = 19,6 para el resto de elementos estructurales.

4. Elementos de mamparos corrugados

En los lugares de apoyo de los elementos de mamparos corrugados deberá asegurarse una transmisión perfecta de las fuerzas actuantes mediante disposición de eslingas, vigas o varengas. Estos elementos deberán estar en línea con las alas de los elementos del mamparo (ver Figura 5.3).



Figura 5.3: Manparos corrugados.

D. ANCHO EFECTIVO DE CHAPAS

1. Cuadernas y refuerzos

Como ancho efectivo de chapas podrá tomarse, generalmente, la distancia entre cuadernas o entre refuerzos.

2. Vigas transversales y longitudinales (en general)

2.1 El ancho efectivo de chapa e_m de las vigas transversales y longitudinales puede determinarse dependiendo del tipo de carga de acuerdo con la Tabla 3.1.

Tabla 5.1.- Ancho efectivo de las chapas para vigas.

l/e	0	1	2	3	4	5	6	7	≥ 8
e_{m1}/e	0	0,36	0,64	0,82	0,91	0,96	0,98	1,00	1,0
e_{m2}/e	0	0,2	0,37	0,52	0,65	0,75	0,84	0,89	0,9

e_{m1} : Se aplicará cuando las vigas estén cargadas uniformemente o cuando por lo menos estén cargadas por 6 cargas aisladas y repartidas de manera uniforme.

e_{m2} : Se aplicará cuando las vigas estén cargadas por 3 cargas o por un número inferior a ellas.

Valores intermedios pueden ser determinados por interpolación.

En la tabla, f es la luz entre apoyos en el caso de vigas de apoyo simple y el 60 % de la luz entre apoyos en el caso de vigas empotradas en ambos extremos.

e = Anchura de carga medida de centro a centro de los paneles adyacentes no apoyados.

- 2.2 El área efectiva de la sección transversal de las planchas no será inferior al área de la sección transversal del ala.
- 2.3 Cuando el ángulo entre el alma de los refuerzos o de las vigas y la plancha asociada es inferior a 75° , el modulo resistente requerido se multiplicara por $1/\sin \alpha$.

3. Vigas en voladizo (cantilevers)

Cuando se disponen vigas en voladizo en cada cuaderna podrá tomarse como ancho efectivo de chapas la distancia entre cuadernas.

Cuando se disponen las vigas en voladizo con una separación mayor, el ancho efectivo de chapa en cada sección transversal que se considere puede tomarse de una forma aproximada igual a la distancia de la sección transversal al punto de aplicación de la carga actuante, sin embargo, no se tomará mayor al espaciado entre las vigas en voladizo.

**E. RIGIDEZ DE VIGAS TRANSVERSALES Y VIGAS LONGITUDINALES.
(BULÁRCAMAS, BAOS FUERTES, VARENGAS, VAGRAS,
ESLORAS)**

El momento de inercia de vigas transversales y de vigas longitudinales, así como de vigas que sirven de apoyo a otras vigas, no será inferior a:

$$J = c \cdot W \cdot l \quad (\text{cm}^4)$$

Donde:

$c = 4,0$ si ambos extremos están simplemente apoyados

$c = 2,5$ si uno o ambos extremos están empotrados

$W =$ momento resistente del elemento estructural considerado en $[\text{cm}^3]$

$l =$ luz entre apoyos del elemento estructural considerado en [m].

F. DETALLES ESTRUCTURALES

1. Elementos longitudinales

1.1 Discontinuidades bruscas de resistencia en los elementos longitudinales deberán evitarse en la medida de lo posible.

Si se unen entre sí elementos longitudinales con escantillones diferentes se dispondrán transiciones suaves.

1.2 En los extremos de mamparos longitudinales o de paredes longitudinales continuas se dispondrán consolas de continuidad apropiada.

2. Vigas transversales y vigas longitudinales

- 2.1 Si en un mismo plano se unen entre sí baos fuertes y esloras se evitarán discontinuidades de rigidez grandes. En general, la altura del alma de la viga más pequeña no será inferior a 0,6 de la altura del alma de la viga mayor.
- 2.2 La unión entre alas (platabandas) de distintas dimensiones será gradual. En general, la inclinación no excederá de 1:3. En los cruces, las fuerzas que actúan en las alas se transmitirán de una forma apropiada.

G. SOBRESPESOR PARA LA CORROSIÓN

- 1.1 Los escantillones requeridos en las Secciones siguientes tienen en cuenta el margen por corrosión t_k dado en la Tabla 5.2. El espesor de material t' es el espesor requerido según las Reglas excluido t_k .
- 1.2 Para los elementos horizontales de la estructura de tanques de combustible el margen por corrosión no será inferior a 2,5 mm.

Tabla 5.2.- Sobreespesor por corrosión.

Espesor del material t'	t_k [mm]
≤ 10 mm	1,5
> 10 mm	0,1t' + 0,5, max. 4,0 mm

5.5.- CARGAS DE PROYECTO

A. GENERALIDADES

- 1.1** Esta Sección contiene información sobre las cargas de proyecto a considerar para el dimensionamiento de la estructura del casco.
- 1.2** Si en las demás Secciones no se indica lo contrario, las cargas indicadas en esta Sección se emplearán en las fórmulas o en los cálculos directos de la resistencia.

2. Definiciones

2.1 El concepto centro de carga se define como sigue:

1. Para planchas:

reforzadas verticalmente: punto situado sobre el soporte inferior del panel, a una distancia igual al espaciado entre refuerzos o bien el canto inferior de la plancha cuando el espesor cambia dentro del panel de plancha.

reforzadas longitudinalmente: punto medio del panel de plancha.

2. Para vigas y refuerzos:

Centro de la luz entre apoyos \bar{x} .

2.2. Las siguientes definiciones son de aplicación a lo largo de esta Sección:

$$P_0 = 10,5 \cdot c_1 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$C_1 = c_0/n$$

$$C_0 = L/25 + 4,1 \quad \text{para } L < 90$$

m

$$C_0 = 10,75 - [(300 - L)/100]^{1,5} \text{ para } L \geq 90$$

m

$$N = 8,0 - 0,05 L \quad \text{para } L <$$

90 m

$$N = 3,5 \quad \text{para } L \geq 90$$

m

Z = distancia vertical entre el centro de carga de la estructura y la línea base en [m]

X = distancia desde la perpendicular de popa (Pp) en [m].

B. SOLICITACIONES EXTERNAS POR EL MAR

1. Cargas sobre las cubiertas a la intemperie

1.1 Todas aquellas cubiertas o partes de cubierta que se encuentran expuestas a la acción del mar. se considerarán como cubiertas intemperie.

- 1.2 Las cargas a considerar sobre las cubiertas a la intemperie se determinan por la siguiente fórmula:

$$P_D = P_0 \frac{10 \cdot T}{(10+Z-T)H} C_a \quad \left[\text{N/m}^2 \right]$$

C_a = factor de acuerdo a la Tabla 4.1

Tabla 5.3.- Coeficiente C_a .

Range		Coeficiente c_a
A	$0 \leq \frac{x}{L} \leq 0.1 L$	1.1
M	$0,1 \leq \frac{x}{L} \leq 0.8 L$	1.0
F	$0,8 \leq \frac{x}{L} \leq 1,0$	$2,5 \frac{x}{L} - 1$ for $L \leq 100 \text{ m}^1$ $10 \frac{x}{L} - 7$ for $L \geq 200$
1) Para valores intermedios de L se interpola linealmente.		

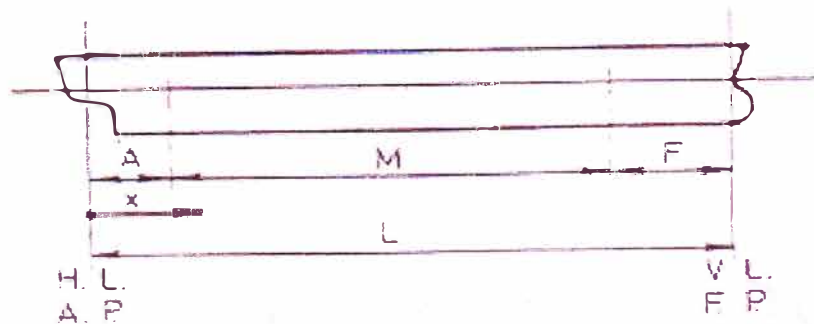


Figura 5.4: Subdivisión en áreas.

- 1.3 Para cubiertas resistentes que sean tratadas como cubiertas intemperie, así como para la cubierta castillo, la carga no será inferior a:
- $$P_{dmin} = 8 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad \text{para } L \leq 100 \text{ m}$$

$$P_{dmin} = 0.35 \cdot P_0 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad \text{para } L > 100 \text{ m}$$

2. Cargas a considerar sobre los costados del buque

La carga exterior P_s sobre los costados del buque, se determinará según la siguiente fórmula:

2.1 Para elementos cuyo centro de carga esté por debajo de la línea de flotación, el mayor de los dos valores siguientes:

$$P_s = 10 (T - Z) + p_0 \left(0,5 - \frac{Z}{2.T} + b \right) \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$P_s = P_0 (1 + b).k.$$

2.2 Para elementos cuyo centro de carga esté por encima de la línea de flotación:

$$P_s = P_0 (1 + b) \cdot \frac{10}{10+Z-T} \cdot k \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$b = 1 - 5 \cdot \frac{x}{L}, \quad \text{para } 0 \leq \frac{x}{L} \leq 1,0$$

$$b = 10 \left(\frac{x}{L} - 0,8 \right), \quad \text{para } 0,8 \leq \frac{x}{L} \leq 1,0$$

$b = 0$ para $0,6 L$ centro del buque.

Para b no es necesario tomar ningún valor superior al que resulta para $x/L = 0,1$ o $x/L = 0,95$ respectivamente.

- $K = 1,0$

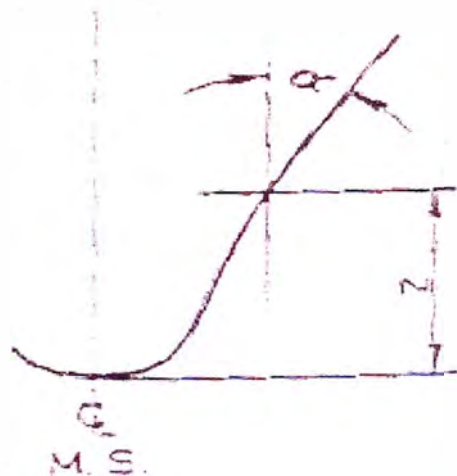
para $\alpha \geq 18^\circ$

- $\kappa = 0,9 + \tan^2 \alpha$

para $18^\circ < \alpha \leq 30^\circ$

- $k = 0.73 + 1,5 \tan^2 \alpha$

para $\alpha > 30^\circ$



3. Cargas actuando en el fondo del buque

La carga exterior P_b sobre el fondo del buque, se determinara según la siguiente fórmula:

$$P_B = 10 \cdot T + p_0 (0,5 + b) \quad [\text{kN/m}^2].$$

4. Cargas en cubiertas de superestructuras

4.1 Las cargas sobre cubiertas o partes de cubiertas expuestas a la intemperie de superestructuras y casetas se determinará como sigue:

$$P_{DA} = P_D \cdot n \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$P_D = \text{carga de acuerdo con 1.2}$$

$$n = 1,0 \text{ para la cubierta castillo}$$

$$h = \text{altura de la cubierta sobre el puntal H, en [m].}$$

Para cubiertas de casetas el valor así calculado puede multiplicarse por el factor

$$\left(0,7 \frac{b'}{B'} + 0,3 \right)$$

b' = manga de la caseta

B' = máxima manga del buque en la posición considerada.

Excepto para la cubierta castillo, la carga mínima es:

$$P_{DAmin} = 4 \quad [\text{kN/m}^2]$$

4.2 Para techos de puente de gobierno expuestos a la intemperie, la carga no se tomará inferior a:

$$p = 2,5 \quad [\text{kN/m}^2]$$

C. CARGAS SOBRE CUBIERTAS DE CARGA, CARGAS SOBRE CUBIERTAS DE ALOJAMIENTOS

1. Cargas sobre cubiertas de carga

1.1 La carga sobre cubiertas de carga se determinará según la siguiente fórmula:

$$P_L = P_c - (1 + a_v) \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$p_c = \text{carga prevista debida a la carga en } [\text{kN/m}^2]$$

Si no se indica ningún tipo de carga para cubiertas de entrepuente se tomará $p_c = 7$ h, pero no menos de 15 kN/m^2 .

h = altura media del entrepuente en [m]

En la zona de huecos de escotillas hay que tener en cuenta que la altura de carga es mayor.

a_v = Factor de aceleración, como sigue:

$$a_v = F \cdot m$$

$$F = 0.11 \cdot v_0 \sqrt{L}$$

$$m = 1,0 \quad \text{para } 0,2 \leq \frac{x}{L} \leq 0,7$$

$$m = m_0 - (m_0 - 1) \cdot \frac{5 \cdot x}{L} \quad \text{para } 0 \leq \frac{x}{L} \leq 0,2$$

$$m = 1 + \frac{m_1 - 1}{0,3} \cdot \left(\frac{x}{L} - 0,7 \right) \quad \text{para } 0,7 \leq \frac{x}{L} \leq 1,0$$

$$m_0 = 1.5 + F$$

$$m_1 = 3.5 + F$$

$V_0 = \text{ver Sección 1, } J5 v_0 \text{ no se tomará inferior}$

$$a \sqrt{L} \{ \text{nudos} \}$$

2. Carga sobre el techo del doble fondo

La carga sobre el techo del doble fondo se determinará como sigue:

G = peso de la carga en la bodega en [t].

V = volumen de la bodega en [m³] (sin escotillas).

h = altura del canto superior de la carga sobre el techo de doble fondo en [m], considerando la bodega completamente llena.

a_v = factor según 1.1. Para la determinación de a_v se tomará la distancia del centro de gravedad de la bodega a la perpendicular de popa.

3. Cargas sobre cubiertas de acomodación

3.1 La carga- sobre cubierta en espacios de acomodación y de servicios es:

$$p = 3,5 \cdot (1 + a_v) \quad [\text{kN/m}^2].$$

3.2 La carga sobre cubiertas de maquinaria es:

$$p = 8 \cdot (1 + a_v) \quad [\text{kN/m}^2]$$

3.3 También se considerarán dado el caso las fuerzas individuales significativas.

D. CARGAS SOBRE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE TANQUES

1. Presión de diseño para condiciones de servicio

La presión de diseño, para condiciones de servicio es el mayor de los valores siguientes:

$$p_1 = 10 \cdot h_1 (1 + a_v) \quad [\text{kN/m}^2],$$

o

$$h_1 = 10 [h_1 \cdot \cos 20^\circ + (b/2 + y) \sin 20^\circ] \quad [\text{kN/m}^2].$$

h_1 = distancia desde el techo del tanque al centro de carga en [m].

a_v = ver C.1.1.

b = ancho de la parte superior del tanque en (m).

y = distancia al centro de carga desde el plano longitudinal central del tanque en [m].

2. Presión máxima de diseño

$$p_2 = 10 \cdot h_2^2 \quad [\text{kN/m}^2]$$

h_2 = distancia en [m] desde el centro de carga al canto superior del tubo de rebose o a un punto situado a 2,5 m sobre el techo del tanque, tomándose el valor que sea mayor.

5.6.- CÁLCULO DE ESCANTILLONES

Aunque en dicha normativa se establecen las cargas y las consideraciones para los diferentes elementos estructurales de la embarcación, la decisión en cuanto al tipo de estructura a disponer queda a disposición del diseñador.

5.6.1.- PARÁMETROS DE LAS CARGAS DE PROYECTO

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación de la Germanischer Lloyd:

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capitulo 08: Buques de Pesca

Sección 04: Cargas de Proyecto

Página: 4-1 / 4-2

$P_0 = 10,5 \square C_1$	$C_1 = \frac{C_0}{n}$	$C_0 = \frac{L}{25} \square 4,1$	$n = 8,0 - 0,05 L$
$b_A = 1 - \frac{5 \square x}{L}$; para: $0 \leq \frac{x}{L} \leq 0,2$	$b_M = 0$; para: $0,2 \leq \frac{x}{L} \leq 0,8$	$b_F = 10 \left[\frac{x}{L} - 0,8 \right]$; para: $0,8 \leq \frac{x}{L} \leq 1,0$	
$k_1 = 1,0$; para: $\partial \leq 18^\circ$	$k_2 = 0,9 \square \tan^2 \partial$; para: $\partial \leq 18^\circ \leq 30^\circ$	$k_3 = 0,73 \square 1,5 \tan^2 \partial$; para: $\partial \square 30^\circ$	
Donde:			
L	47,14	Eslora de Clasificación	
		.n	5,64
		C ₀	5,99
		C ₁	1,06
		P ₀	11,14
.x / L	0,10	Para el rango A	
.x / L	0,50	Para el rango M	
.x / L	0,95	Para el rango F	
		.b _A	0,5
		.b _M	0
		.b _F	1,5
l	18	Para el rango A: $l < 18$	
l	12,0	Para el rango M: $18 < l < 30$	
l	24,0	Para el rango F: $18 < l < 30$	
		.k ₁	1,0
		.k ₂	1,0
		.k ₃	1,1

5.6.2.- CARGAS DE PROYECTOS SOBRE LOS COSTADOS DEL BUQUE

– ELEMENTO DE CARGA ESTA POR DEBAJO LÍNEA

FLOTACIÓN

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capitulo 08: Buques de Pesca

Sección 04: Cargas de Proyecto

Página: 4-1 / 4-2

$P_{S1} = 10T - z \cdot P_0 \left[0,5 - \frac{z}{2T} \cdot b \right] \quad P_{S2} = P_0 \cdot b \cdot k \quad k = \text{Factor de incremento debido a la pendiente de las cuadernas en proa. } \frac{x}{L} \geq 0,8$	
Donde :	
T	4,453 Calado (m)
.z	4,042 Distancia vertical del centro de carga de la estructura a la línea base (m)
P ₀	11,138 Carga de diseño (KN / m ²)
.b	0,500 Cte. que depende del rango donde trabajemos
P_{A1}	
10,19	
T	4,453 Calado (m)
.z	2,205 Distancia vertical del centro de carga de la estructura a la línea base (m)
P ₀	11,138 Carga de diseño (KN / m ²)
.b	0,000 Cte. que depende del rango donde trabajemos
P_{M1}	
25,29	
T	4,453 Calado (m)
.z	3,679 Distancia vertical del centro de carga de la estructura a la línea base (m)
P ₀	11,138 Carga de diseño (KN / m ²)
.b	1,450 Cte. que depende del rango donde trabajemos
P_{F1}	
24,86	
P ₀	11,138 Carga de diseño (KN / m ²)
.b	0,500 Cte. que depende del rango donde trabajemos
.k	1,000 Factor de incremento debido a la pendiente de las cuadernas en la zona de proa
P_{A2}	
16,71	
P ₀	11,138 Carga de diseño (KN / m ²)
.b	0,000 Cte. que depende del rango donde trabajemos
.k	1,000 Factor de incremento debido a la pendiente de las cuadernas en la zona de proa
P_{M2}	
11,14	
P ₀	11,138 Carga de diseño (KN / m ²)
x/L	0,950 Relación de la posición longitudinal respecto a la Eslora de clasificación.
.b	1,500 Cte. que depende del rango donde trabajemos
.k	1,098 Factor de incremento debido a la pendiente de las cuadernas en la zona de proa
CDNA. 1	
P_{F2}	
30,58	
OBSERVACION:	Se tomara como carga al mayor de P _{S1} o P _{S2}
P_{SA}	
16,71	
P_{SM}	
25,29	
P_{SF}	
30,58	

5.6.3.- CARGAS DE PROYECTOS SOBRE LOS COSTADOS DEL BUQUE – ELEMENTO DE CARGA POR ENCIMA DE LA LÍNEA FLOTACIÓN

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capitulo 08: Buques de Pesca

Sección 04: Cargas de Proyecto

Página: 4-1 / 4-2

$P_s = P_0 \left[1 + b \left(\frac{z - T}{10} \right)^k \right]$			<i>k = Factor de incremento debido a la pendiente de las cuadernas en proa. $\frac{x}{L} \geq 0,8$</i>	
Donde :				
P_0	11,138	Carga de diseño (KN / m ²)		
x/L	0,100	Relación de la posición longitudinal respecto a la Eslora de clasificación.		
b	0,500	Cte. que depende del rango donde trabajemos		
z	5,172	Distancia vertical del centro de carga de la estructura a la línea base (m)		
T	4,453	Calado (m) ($Z > T$)		
k	1,00	Factor de incremento debido a la pendiente de las cuadernas en la zona de proa		
			P_{SA}	15,6
P_0	11,138	Carga de diseño (KN / m ²)		
x/L	0,000	Relación de la posición longitudinal respecto a la Eslora de clasificación.		
b	0,000	Cte. que depende del rango donde trabajemos		
z	4,630	Distancia vertical del centro de carga de la estructura a la línea base (m)		
T	4,453	Calado (m) ($Z > T$)		
k	1,000	Factor de incremento debido a la pendiente de las cuadernas en la zona de proa		
			P_{SM}	10,94
P_0	11,138	Carga de diseño (KN / m ²)		
x/L	0,917	Relación de la posición longitudinal respecto a la Eslora de clasificación.		
b	1,170	Cte. que depende del rango donde trabajemos		
z	4,905	Distancia vertical del centro de carga de la estructura a la línea base (m)		
T	4,453	Calado (m) ($Z > T$)		
k	1,10	Factor de incremento debido a la pendiente de las cuadernas en la zona de proa		
			P_{SF}	25,4

5.5.4.- CARGAS DE PROYECTOS EN EL FONDO DEL BUQUE

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capítulo 08: Buques de Pesca

Sección 04: Cargas de Proyecto

Página: 4-1 / 4-2

$P_B = 10 \cdot T \cdot P_0 \cdot 0,5 \cdot b$				
Donde :				
T	4,453	Calado (m)		
P ₀	11,138	Carga de diseño (KN / m ²)		
.b	0,500	Cte. que depende del rango donde trabajemos		
			P_{BA}	55,67
T	4,453	Calado (m)		
P ₀	11,138	Carga de diseño (KN / m ²)		
.b	0,000	Cte. que depende del rango donde trabajemos		
			P_{BM}	50,1
T	4,453	Calado (m)		
P ₀	11,138	Carga de diseño (KN / m ²)		
.b	0,100	Cte. que depende del rango donde trabajemos		
			P_{BF}	51,21

5.6.5.- CARGAS DE PROYECTOS DE CUBIERTA A LA INTEMPERIE

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capitulo 08: Buques de Pesca

Sección 04: Cargas de Proyecto

Página: 4-1 / 4-2

$P_D = P_0 \left(\frac{10T}{z - T} \right)^{C_a}$			
Donde :			
P_0	11,138	Carga de diseño (KN / m ²)	
T	4,453	Calado (m)	
Z	6,093	Distancia vertical del centro de carga de la estructura a la línea base (m)	
H	5,000	Puntal (m)	
C_a	1,100	Cte. que depende del rango donde trabajemos	
$P_{D\ MIN}$	8,000	Carga de proyecto de cubierta a la intemperie mínima	
			P_{DA} 9,373
P_0	11,138	Carga de diseño (KN / m ²)	
T	4,453	Calado (m)	
Z	5,000	Distancia vertical del centro de carga de la estructura a la línea base (m)	
H	5,000	Puntal (m)	
C_a	1,000	Cte. que depende del rango donde trabajemos	
$P_{D\ MIN}$	8,000	Carga de proyecto de cubierta a la intemperie mínima	
			P_{DM} 9,404
P_0	11,138	Carga de diseño (KN / m ²)	
T	4,453	Calado (m)	
Z	5,253	Distancia vertical del centro de carga de la estructura a la línea base (m)	
H	5,000	Puntal (m)	
C_a	1,375	Cte. que depende del rango donde trabajemos	
$P_{D\ MIN}$	8,000	Carga de proyecto de cubierta a la intemperie mínima	
			P_{DF} 12,628

5.6.6.- CALCULO DE LAS PLANCHAS DE FONDO

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capitulo 08: Buques de Pesca

Sección 06: Forro exterior

Página: 6-1 / 6-2 / 6-3

$t_1 = 1.26 \sqrt[3]{\frac{P_B \cdot k}{t_k}} \quad t = n_1 \sqrt[3]{\frac{P_B \cdot k}{t_k}} \quad t_2 = 2.6 \sqrt[3]{\frac{L \cdot k}{f_2} \cdot D_t} \quad t_2 = 1.5 - 0.01 \cdot L \cdot \sqrt[3]{L \cdot k}$						
Ubicación	Rango	Identificación				
Popa	0.10L – 0.30L	.t ₁				
Centro	0.30L – 0.70L	.t				
Proa	0.70L – 0.95L	.t ₂				
Donde						
.a	0,605	Separación entre longitudinales de fondo				
.P _B	55,67	Carga sobre el fondo en kN/m ²				
.k	1,00	Factor de material, acero naval grado A				
.tk	1,50	Margen por corrosión				
					.t₁ [mm]	7,19
.n1	1,60	Constante para estructura longitudinal				
.a	0,647	Separación entre longitudinales de fondo				
.P _B	50,10	Carga sobre el fondo en kN/m ²				
.k	1,00	Factor de material, acero naval grado A				
.tk	1,50	Margen por corrosión				
					.t [mm]	8,83
.a	0,484	Separación entre longitudinales de fondo				
L	47,14	Eslora de clasificación				
.k	1,00	Factor de material, acero naval grado A				
.f ₂	1,00	Factor dependiendo de las dimensiones de la traca				
D _t	1,25	Incremento por velocidad				
					.t₂ [mm]	9,89
L	47,14	Eslora de la embarcación				
.k	1,00	Factor de material, acero naval grado A				
					.t₂ [mm]	7,06
OBSERVACION: El espesor en los extremos no sera inferior al mayor de t ₁ o t ₂						
ITEM PLANCHAS DE FONDO / según lo ejecutado						
Descripción	Identificar	V. Teorico mm.	V. Practico mm.	Plano N°	Condición	
Plancha de fondo – popa	.t ₁	7,19	8,0		Ok	
Plancha de fondo – centro	.t	8,83	9,5		Ok	
Plancha de fondo – proa	.t ₂	9,89	12,5		Ok	

5.6.7.- CALCULO DE LAS TRACAS DE APARADURA

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capítulo 08: Buques de Pesca

Sección 06: Forro exterior

Página: 6-2

$$t_{FK} = t \square 2 \quad b = 800L \square L$$

Ubicación	Rango	Identificación
Popa	0.10L - 0.30L	t_{FK1}
Centro	0.30L - 0.70L	t_{FK}
Proa	0.70L - 0.95L	t_{FK2}

Donde:

t_1	7,19	Espesor de las planchas Adyacentes del Fondo-Popa (mm)		
			t_{FK1}	9,19
t	8,83	Espesor de las planchas Adyacentes del Fondo-central (mm)		
			t_{FK}	10,83
t_2	7,06	Espesor de las planchas Adyacentes del Fondo-Proa (mm)		
			t_{FK2}	9,06
L	47,14	Eslora de Clasificación		
			b	1036

ITEM TRACA DE APARADURA – según lo ejecutado

Descripcion	Identificar	V. Teorico mm.	V. Practico mm.	Plano N°	Condicion
Traca de aparadura Popa	t_{FK1}	9,19	9,50		OK
Traca de aparadura Central	t_{FK}	10,83	12,50		OK
Traca de aparadura Proa	t_{FK2}	9,06	9,50		OK
Ancho de Traca de Aparadura	b	1036	1100		OK

5.6.8.- CALCULO DE LAS PLANCHAS DEL COSTADO

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capítulo 08: Buques de Pesca

Sección 06: Forro exterior

Página: 6-1 / 6-2

$t_3 = 1.5 - 0.01L \leq L \cdot k$		$t = n_2 \cdot a \cdot T \cdot k \leq t_k \leq 0.5$		$t_2 = 1.26 \cdot a \cdot p_s \cdot k \leq t_k$	
		Ubicación	Rango	Identificación	
		Popa	0.10L – 0.30L	.t ₃	
		Centro	0.30L – 0.70L	.t	
		Proa	0.70L – 0.95L	.t ₂	
Donde					
Cte	1,50	Constante de formula			
Cte	0,01	Constante de formula			
L	47,144	Eslora de clasificación			
.k	1,00	Factor de material, acero naval grado A			
				.t₃ [mm.]	7,06
.n ₂	4,80	Constante para estructura longitudinal			
.a	0,500	Separación entre longitudinales de costado			
T	4,45	Calado en la línea de francobordo de verano			
.k	1,00	Factor de material, acero naval grado A			
.tk	1,50	Margen por corrosión			
Cte	0,50	Constante de formula			
				.t [mm.]	7,06
Cte	1,26	Constante de formula			
.a	0,500	Separación entre longitudinales de costado			
.p _s	30,58	Carga sobre el costado en kN/m ²			
.k	1,00	Factor de material, acero naval grado A			
.tk	1,50	Margen por corrosión			
				.t₂ [mm.]	4,98
ITEM PLANCHAS DE COSTADO / según lo ejecutado					
Descripción	Identificar	V. Teorico mm.	V. Practico mm.	Plano N°	Condición
Plancha de Costado – Popa	.t ₃	7,06	8,00		Ok
Plancha de Costado – Centro	.t	7,06	8,00		Ok
Plancha de Costado – Proa	.t ₂	7,06	8,00		Ok

5.6.9.- CALCULO DE LA PLANCHA DE AMURADA

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capítulo 08: Buques de Pesca

Sección 06: Forro exterior

Página: 6-4

$t = 0,75 - \sqrt{L/1000} \sqrt{L}$					
Donde					
Cte	0,75	Constante de formula			
Cte	1000	Constante de formula			
L	47,144	Eslora de clasificación			
t		Espesor de la amurada			
				.t[mm.]	4,83
ITEM ESPESOR DE AMURADAS - según lo ejecutado					
Descripción	Identificar	V. Teorico mm.	V. Practico mm.	Plano N°	Condición
Espesor de la traca de amurada	t	4,83	6,40		Ok

5.6.10.- CALCULO DE LA PLANCHA DE CUBIERTA

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capitulo 08: Buques de Pesca

Sección 07: Cubiertas

Página: 7-1

$t = 5,5 \square 0,02 \sqrt{L} \square k$					
Donde					
Cte	5,50	Constante			
Cte	0,02	Constante			
L	50,00	L no se tomara inferior a 50			
.k	1,00	Factor de material, acero naval grado A			
Cte	1,00	Reducción por enjaretado			
				.t [mm]	5,50
ITEM PLANCHAS DE CUBIERTA / según lo ejecutado					
Descripción	Identificar	V. Teorico .mm	V. Practico .mm	Plano N°	Condición
Plancha de cubierta	.t	5,5	8,0		Ok
Plancha de rampa de popa	.t	12,71	12,7		

5.6.11.- CALCULO DEL BAO EN LA BODEGA LATERAL DE PROA

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capítulo 08: Buques de Pesca

Sección 10: Baos y estructura soporte de cubierta

Página: B.1

B.- Viga de cubierta y longitudinales de cubierta:

$$W = k \cdot 0,8 \cdot a \cdot p_1 \cdot l^2 [m^3]$$

C.- Para bao de plancha doblada en "Angulo 8.0 x 200 x 75 ":

$k = 1.00$, Para acero naval grado GL-A.

$a = 2.00 \text{ m}$, Separación entre los refuerzos.

$l = 3.371 \text{ m}$, Ver anexo 01.

$P_D = 9.304 \text{ kN/m}^2$, Ver anexo 02.

Entonces nosotros obtenemos:

$$W_1 = 169.16 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto el modulo de sección del bao de cubierta no deberá ser menor que: **169.16 cm³**.

Comparando el modulo de sección del refuerzo que se instalo se obtiene **W = 193.8 cm³**. Siendo este valor mayor al requerimiento de la reglas de construcción y clasificación de la Germanischer Lloyds.

D.- Anexo 01:

Ver capítulo 1-8 y sección 3 en el párrafo B.3.1 y figura 5.5:

$$c_5 = (275+475)/4 \quad \Rightarrow \quad c_5 = 187.75$$

$$c_6 = (564+325)/4 \quad \Rightarrow \quad c_6 = 224.25$$

$$l_1 = 3783$$

$$l = l_1 - (c_5 + c_6) \quad \Rightarrow \quad l = 3.371 \text{ m.}$$

E.- Anexo 02:

Ver capítulo 1-8 y sección 4 en el párrafo C1.1 y figura 5.5:

$$P_0 = 10.5 c_1, \quad c_1 = c_0/n, \quad c_0 = L/25 \approx 4.1$$

$$n = 8.0 - 0.05L, \quad P_D = P_0 \frac{10T}{10z - T} c_a$$

$$L = 47.144 \text{ m.}$$

$$n = 5.640$$

$$C_0 = 5.99$$

$$C_1 = 1.06$$

$$P_0 = 11.14 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$C_a = 1.0 \text{ (Ver párrafo 5.5.5)}$$

$$T = 4.453 \text{ m.}$$

$$H = 5.000 \text{ m.}$$

$$z = 5.117 \text{ m.}$$

Entonces se obtiene:

$$P_D = 9.304 \text{ kN/m}^2$$

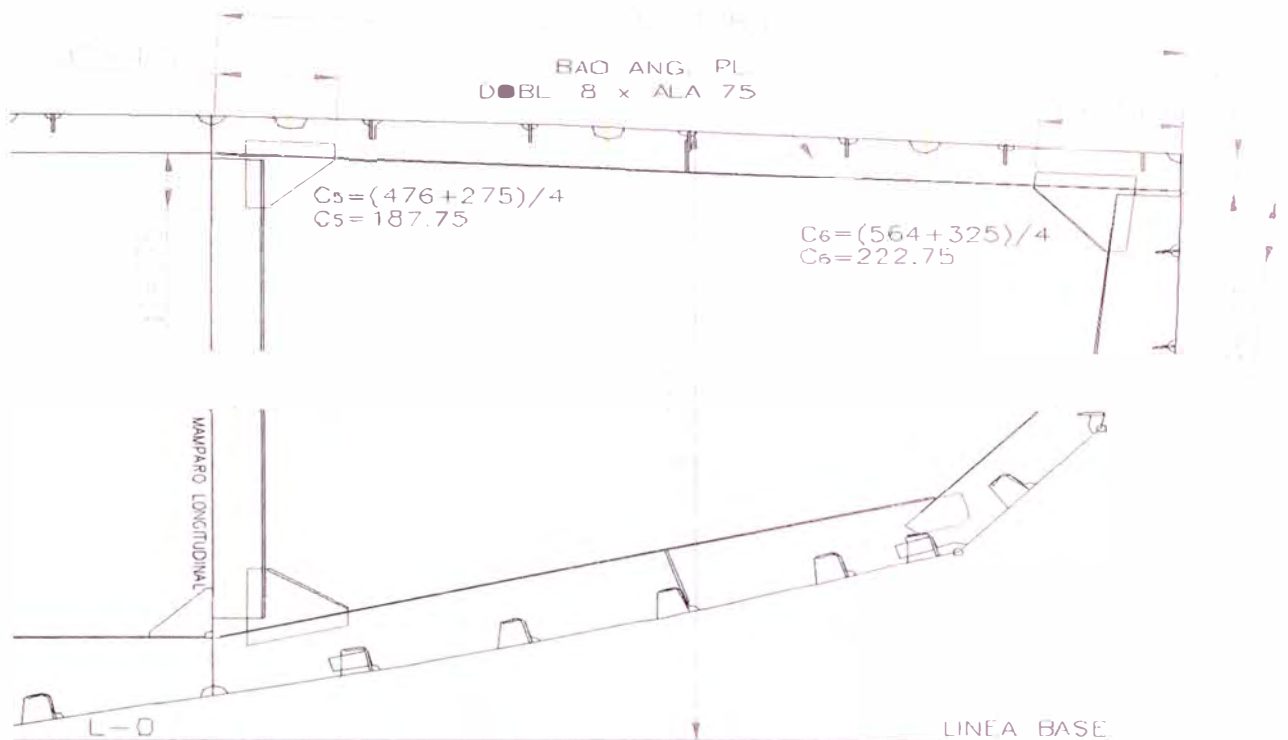


Figura 5.5: Parámetros de la bularcama de fondo en bodega lateral proa.

5.6.12.- CALCULO DE LAS VARENGAS EN BODEGA CENTRAL

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capítulo 08: Buques de Pesca

Sección 8: Estructura del fondo

Página: A.1.2.1.

B.- Varengas en la bodega central:

$$W = c.T.a.l^2 \text{ [m}^3\text{]}$$

C.- Para varenga de plancha doblada en “Angulo 8.0 x 538 x 100”:

$c = 4.5$, Coeficiente para espacios en bodegas.

$a = 1.00 \text{ m}$, Separación entre varengas.

$l = 7.07 \text{ m}$, longitud no soportada. Ver anexo 01.

$T = 4.453 \text{ m.}$, Calado.

Entonces nosotros obtenemos:

$$W_1 = 1001.6 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto el modulo de sección de las varengas no debera ser menor que: **1001.6 cm³**. Comparando el modulo de sección del refuerzo que se instalo se obtiene: **W = 1029 cm³**. Siendo este valor mayor al requerimiento de la reglas de construcción y clasificación de la Germanischer Lloyds.

D.- Anexo 01:

Ver capitulo 1-8 y sección 3 en el párrafo B.3 y figura 5.6:

$$c_3 = 0 \quad \implies \quad c_3 = 0$$

$$l = 2000 \quad \implies \quad l = 2.00 \text{ m.}$$

E.- Anexo 02:

Ver capitulo 1-8 y sección 8 en el párrafo A.1.2.1 y figura 5.6:

l = Longitud no soportada en [m], generalmente se mide en los lados del fondo de casco a casco.

$$l_{\text{Minimo}} = 0.7B \text{ [m].}$$

B = 10.10 m. Manga de la embarcación.

Entonces se obtiene:

$I = I_{\text{Minimo}} = 0.7 \times 10.10 = 7.07 \text{ m.}$

$I = 7.07 \text{ m.}$

F.- Anexo 03:

Description	Thickness .mm	Width .mm	A .mm ² .	.y .mm.	A * y .mm ³ .	A * y * y .mm ⁴ .	I propia .mm ⁴ .
Plate. Bottom	12,50	1000	12500,00	6,25	78125,0	488281	162760,4
Lenght – web	8,00	530,0	4240,00	277,50	1176600,0	326506500	99251333
Lenght– face	8,00	100,0	800,00	546,50	437200,0	238929800	4267
Sumatory			17540,0		1691925,0	565924581,3	99418360,4
.d [mm]	96,46				-Ad2 [mm ³]	-163204686,8	
bx [mm ²]	665342942				len [mm ³]	502138254,9	
.y [mm]	454,04				W [cm³]	1029	
THEREFORE:					W [cm³]	1029	

Tabla 5.4.- Cálculo del modulo resistente de la varenga instalada:

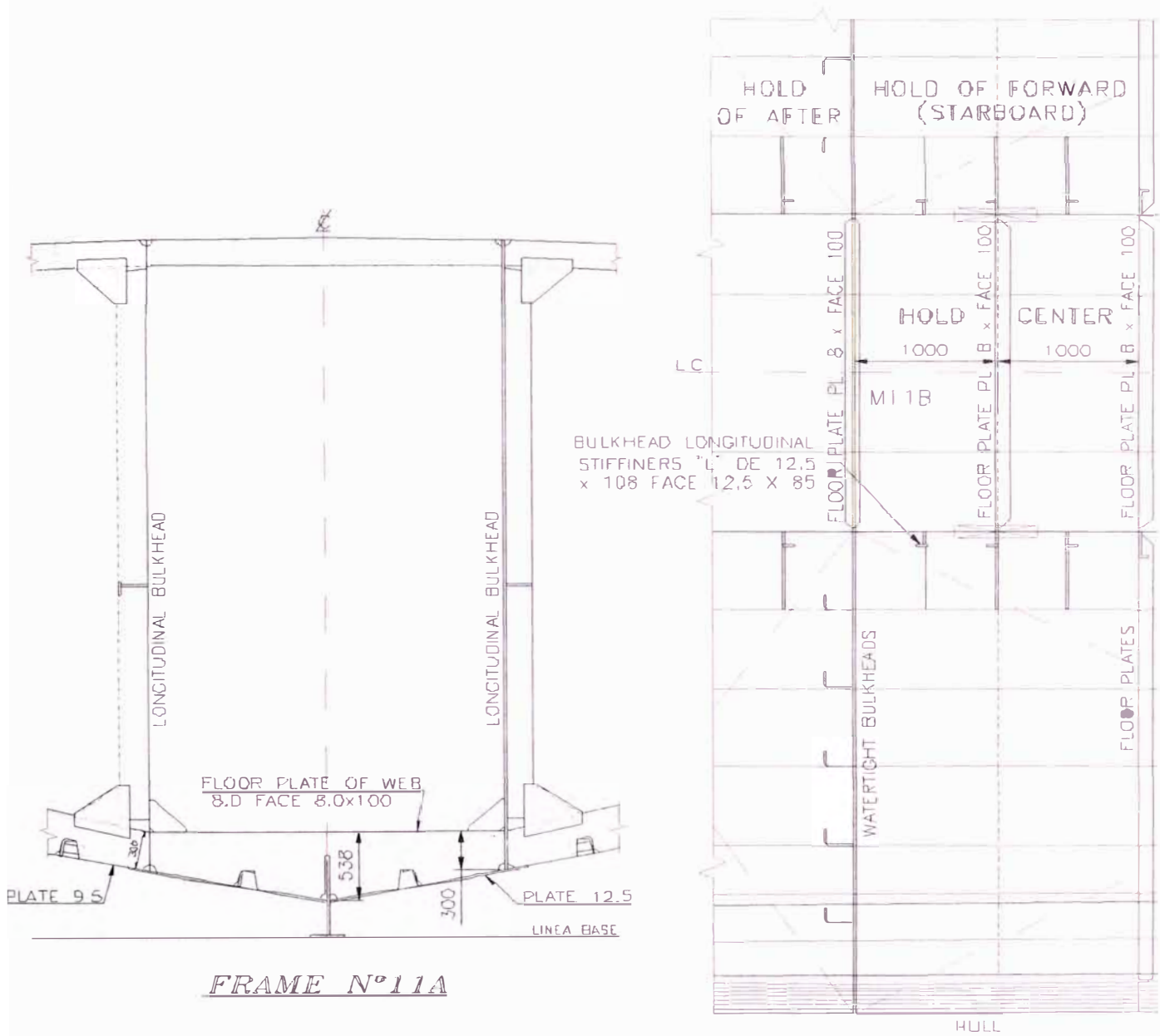


Figura 5.6: Parámetros de la varenga en bodega central.

5.6.13.- CALCULO DE LA BULARCAMA DE FONDO EN BODEGA

LATERAL

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01:	Buques de Altura
Parte B:	Construcción del casco
Capitulo 08:	Buques de Pesca
Sección 8:	Estructura del fondo
Página:	A.1.2.1

B.- Refuerzos y vigas:

$$W = c \cdot T \cdot a \cdot l^2 \quad [\text{cm}^3]$$

C.- Para el refuerzo de plancha doblada en “Angulo 8.0 x 300 x 100 ”:

k =	1.00	, Para acero naval grado GL-A.
a =	2.00 m	, Separación entre los refuerzos.
l =	2.543 m	, Ver anexo 01.
c =	4.5	, Coeficiente
T =	4.45 m	, Calado.

Entonces nosotros obtenemos:

$$W_1 = 259.0 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto el modulo de seccion de la bularcama de fondo no deberá ser menor que: **259.0 cm³**.

Comparando el modulo de sección del refuerzo que se instalo se obtiene $W = 411.6 \text{ cm}^3$. Siendo este valor mayor al requerimiento de la reglas de construction y clasificación de la Germanischer Lloyds.

D.- Anexo 01:

Ver capitulo 1-8 y sección 3 en el párrafo B.3 y figura 5.7:

$$c_4 = (219+258)/4 \quad \implies \quad c_4 = 119$$

$$l = 2662 - 119 \quad \implies \quad l = 2.543 \text{ m.}$$

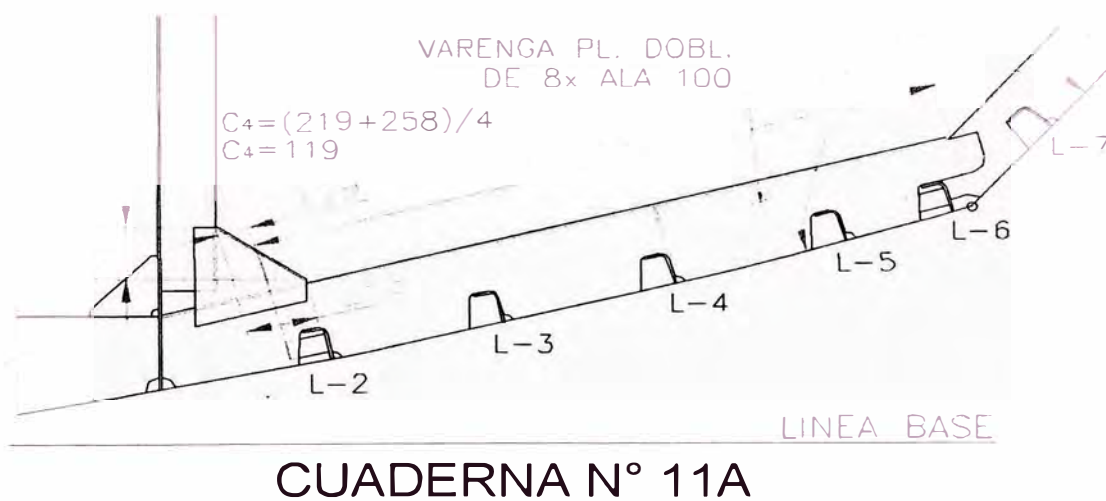


Figura 5.7: Parámetros de bularcama de fondo en bodega lateral de proa.

5.6.14.- CALCULO DE LOS REFUERZOS VERTICALES DEL MANPARO LONGITUDINAL

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura
 Parte B: Construcción del casco
 Capitulo 08: Buques de Pesca
 Sección 12: Tanques
 Página: B.3.1

B.- Refuerzos y vigas:

$$W_1 = k \cdot 0.55 \cdot a \cdot l^2 \cdot p_1$$

$$W_2 = k \cdot 0.44 \cdot a \cdot l^2 \cdot p_2$$

C.- Para refuerzo "L 250 x 12.5 + 150 x 16.0" de manparos rígidos:

$k = 1.00$, Para acero naval grado GL-A.
 $a = 2.00 \text{ m}$, Separación entre los refuerzos.
 $l = 3.959 \text{ m}$, Ver anexo 01.
 $p_1 = 35.61 \text{ kN/m}^2$, Ver anexo 02.
 $p_2 = 49.04 \text{ kN/m}^2$, Ver anexo 03.

Entonces nosotros obtenemos:

$$W_1 = 613.95 \text{ cm}^3 \quad \text{y} \quad W_2 = 676.40 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto el modulo de sección de los refuerzos del manparado longitudinal no deberá ser menor que: **676.40 cm³**.

Comparando el modulo de sección del refuerzo que se instalo se obtiene $W = 732.80 \text{ cm}^3$. Siendo este valor mayor al requerimiento de la reglas de construcción y clasificación de la Germanischer Lloyds.

D.- Anexo 01:

Ver capitulo 1-8 y sección 12 en el párrafo B3.1 y figura 5.8:

$$c_1 = (312+219)/4 \quad \Rightarrow \quad c_1 = 132$$

$$c_2 = (262+242)/4 \quad \Rightarrow \quad c_2 = 126$$

$$I = 4217 - 132 - 126 \quad \Rightarrow \quad I = 3959 \text{ m.}$$

E.- Anexo 02:

Ver capitulo 1-8 y sección 4 en el párrafo C1.1 y figura 5.8:

$$a_v = F \cdot m \quad F = 0.11 \cdot v_0 / \bar{L}$$

$$m = 1.0$$

$$v_0 = 13.5 \text{ Kn.}$$

$$L = 47.144 \text{ m.}$$

Entonces se obtiene:

$$F = 0.216$$

$$a_v = 0.216$$

Ver capitulo 1-8 y sección 4 en el párrafo D1 y figura 5.8:

$$p_1 = 10 \cdot h_1 \cdot 1 \cdot a_v$$

$$p_1 = 10 \cdot h_1 \cdot \cos 20^\circ \cdot 0.5 \cdot b \cdot y \cdot \sin 20^\circ$$

$$h_1 = 2.404 \text{ m.}$$

$$a_v = 0.216$$

$$b = 3.802 \text{ m.}$$

$$y = 1.907 \text{ m.}$$

Entonces se obtiene:

$$p_1 = 29.23 \text{ kN/m}^2 \quad \text{y} \quad p_1 = 35.61 \text{ kN/m}^2$$

F.- Anexo 03:

Ver capítulo 1-8 y sección 4 en el párrafo D.2 y figura 5.8:

$$p_2 = 10 h_2$$

$$h_2 = 4.904 \text{ m.} \quad \Rightarrow \quad p_2 = 49.04$$

kN/m^2

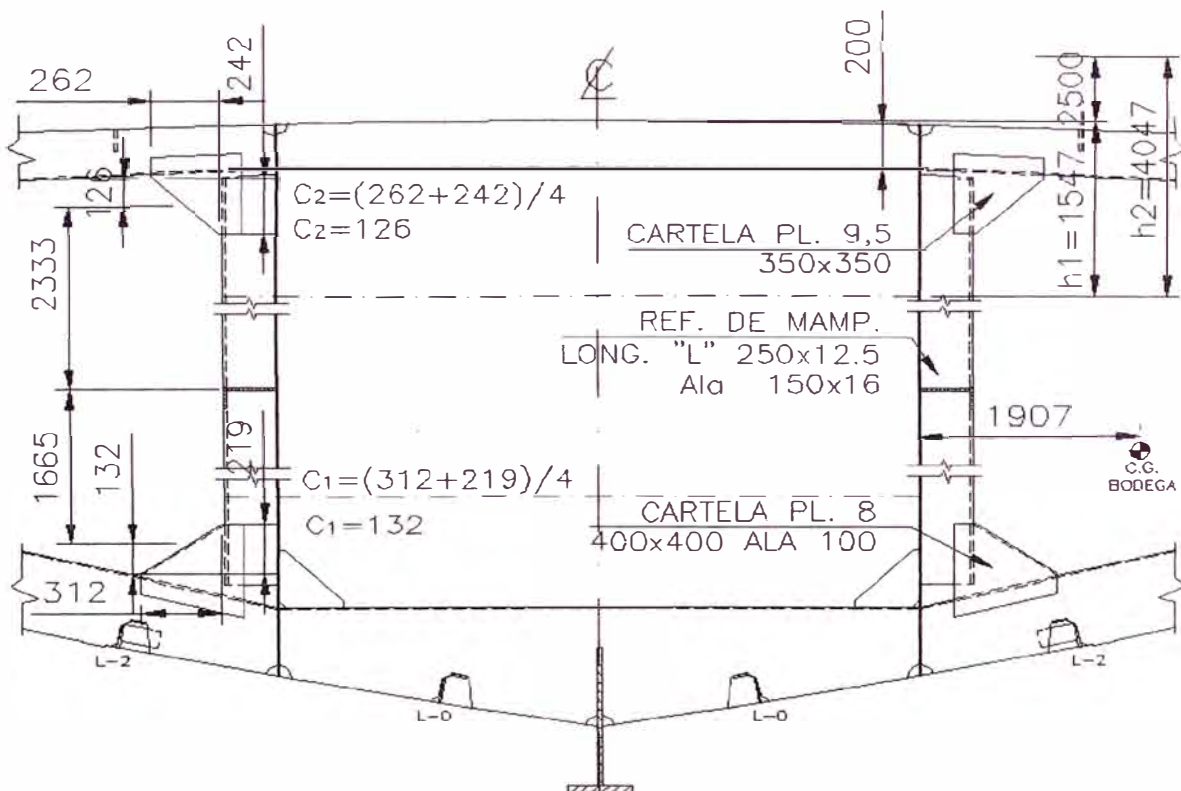


Figura 5.8: Parámetros del refuerzo del manparó longitudinal según la GL.

5.6.15.- CALCULO DEL PALMEJAR EN EL MANPARO LONGITUDINAL

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: **Germanischer Lloyds**

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capitulo 08: Buques de Pesca

Sección 12: Tanques

Página: B.3.1

B.- Refuerzos y vigas:

$$W_1 = k 0.55 a l^2 p_1$$

$$W_2 = k 0.44 a l^2 p_2$$

C.- Para refuerzo "L 12.5 x 188 + 12.5 x 100" de manparos rígidos:

$k = 1.00$, Para acero naval grado GL-A.

$a = 2.478 \text{ m}$, Separación entre los refuerzos.

$l = 2.000 \text{ m}$, Ver anexo 01.

$p_1 = 38.67 \text{ kN/m}^2$, Ver anexo 02.

$p_2 = 52.28 \text{ kN/m}^2$, Ver anexo 03.

Entonces nosotros obtenemos:

$$W_1 = 210.81 \text{ cm}^3 \quad \text{y} \quad W_2 = 228.0 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto el modulo de sección de los refuerzos del manparo longitudinal no deberá ser menor que: **228.00 cm³**.

Comparando el modulo de sección del refuerzo que se instalo

se obtiene: $W = 344 \text{ cm}^3$. Siendo este valor mayor al requerimiento de la reglas de construcción y clasificación de la Germanischer Lloyds.

D.- Anexo 01:

Ver capítulo 1-8 y sección 3 en el párrafo B.3 y figura 5.9:

$$c_3 = 0 \quad \Rightarrow \quad c_3 = 0$$

$$l = 2000 \quad \Rightarrow \quad l = 2.00 \text{ m.}$$

E.- Anexo 02:

Ver capítulo 1-8 y sección 4 en el párrafo C1.1 y figura 5.9:

$$a_v = F \cdot m \quad F = 0.11 \cdot v_0 / \bar{L}$$

$$m = 1.0$$

$$v_0 = 13.5 \text{ Kn.}$$

$$L = 47.144 \text{ m.}$$

Entonces se obtiene:

$$F = 0.216$$

$$a_v = 0.216$$

Ver capítulo 1-8 y sección 4 en el párrafo D.1 y figura 5.9:

$$p_1 = 10 \cdot h_1 \cdot 1 \cdot a_v$$

$$p_1 = 10 \cdot h_1 \cdot \cos 20^\circ \cdot 0.5 \cdot b \cdot y \cdot \sin 20^\circ$$

$$h_1 = 2.728 \text{ m.}$$

$$a_v = 0.216$$

$$b = 3.810 \text{ m.}$$

$$y = 1.907 \text{ m.}$$

Entonces se obtiene:

$$p_1 = 33.00 \text{ kN/m}^2 \quad \text{y} \quad p_1 = 38.67 \text{ kN/m}^2$$

F.- Anexo 03:

Ver capítulo 1-8 y sección 4 en el párrafo D.2 y figura 5.9:

$$p_2 = 10 h_2$$

$$h_2 = 5.228 \text{ m.} \implies p_2 = 52.28 \text{ kN/m}^2$$

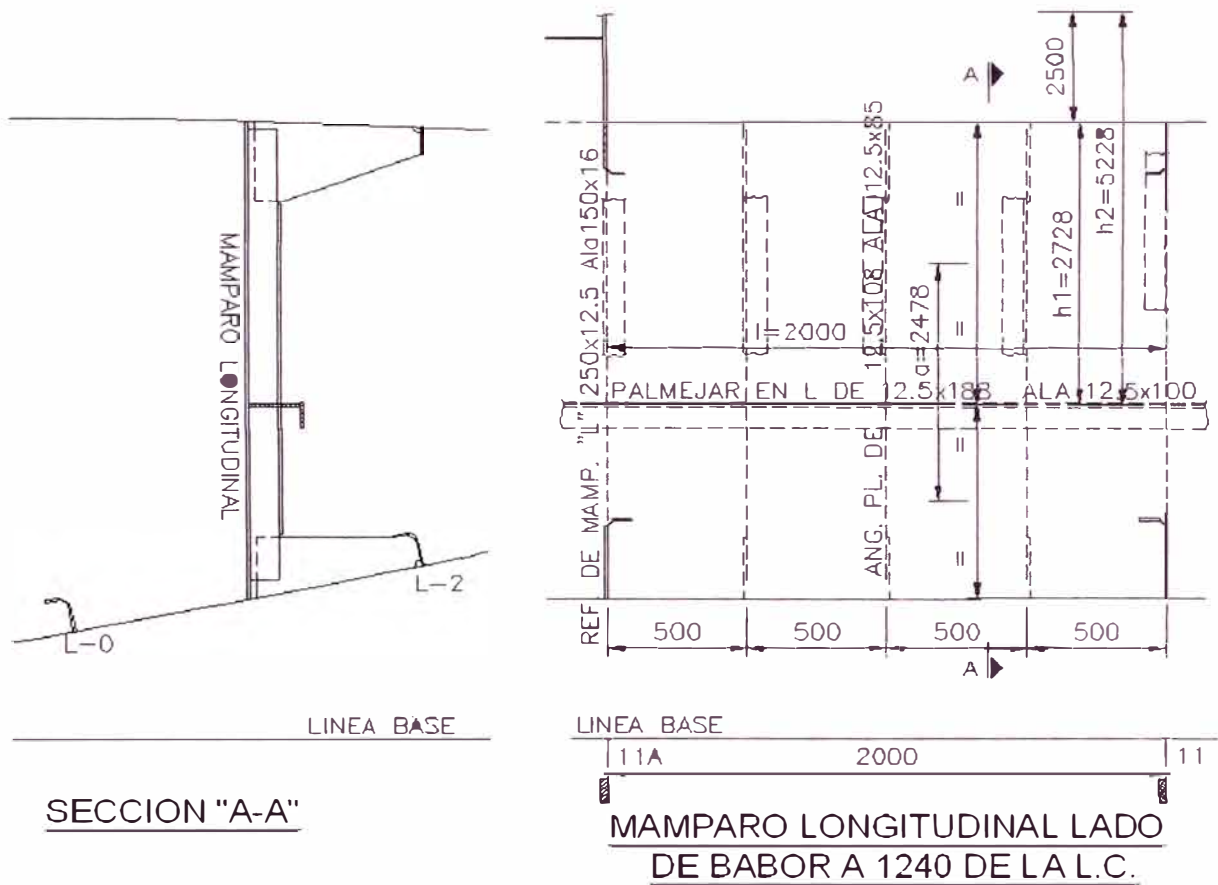


Figura 5.9: Parámetros del refuerzo horizontal del manparó longitudinal por GL.

5.6.16.- CALCULO DE LAS VARENGAS

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capitulo 08: Buques de Pesca

Sección 08: Estructura de fondo

Página: 8 - 1

$W_i = c T a l^2 [cm^3]$					
Donde					
c	7,50	4,50	7,50	Constante de Compartimiento	
T	4,45	4,45	4,45	Calado de francobordo de verano	
a	2,000	1,000	1,900	Separación de varengas	
l	2,223	7,070	2,250	Separación de apoyos	
W_i	330,1		321,2	Incremento del modulo resistente, espacios que están vacíos a pleno calado (65% W_i)	
				$W_1 [cm^3]$	545
				$W_2 [cm^3]$	1002
				$W_3 [cm^3]$	530
ITEM MODULO RESISTENTE DE VARENGAS / según lo ejecutado					
Descripción	Identificar	V. Teorico .cm ³	V. Practico .cm ³	Plano N°	Condición
Mod. de sección de Sala de Maq. Popa	W_1	545	550		Ok
Mod. de sección Bodegas	W_2	1002	1005		Ok
Mod. de sección de Sala de Maq. Proa	W_3	530	541		

B.- MEMORIA DE CALCULO:

Tabla 5.5.- Calculo de modulo resistente de los refuerzos instalados:

ITEM MODULO RESISTENTE DE VARENGA – SALA MAQ. POPA CD – N° 18							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm.	A * y .mm3.	A * y * y .mm 4.	l propia .mm 4.
Pl. Fondo	9,50	782	7433,18	4,75	35307,6	167711	55903,7
L – Alma	8,00	342,00	2736,00	180,50	493848,0	89139564	26667792
L – Ala	8,00	100,00	800,00	355,50	284400,0	101104200	4266,7
Sumatoria			10969,2		813555,6	190411475,1	26727962,4
.d [mm]	74,17				-Ad2 [mm ²]	-60339307,3	
bx [mm ²]	217139437				len [mm ²]	156800130,2	
.y [mm]	285,33				W [cm³]	649,5	
ITEM MODULO RESISTENTE DE VARENGA – BODEGA CD – N° 11A							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm.	A * y .mm3.	A * y * y .mm 4.	l propia .mm 4.
Pl. Fondo	9,50	1000	9500,00	4,75	45125,0	214344	71447,9
L – Alma	8,00	630,0	4240,00	274,50	1163880,0	319485060	99251333
L – Ala	8,00	100,0	800,00	543,50	434800,0	236313800	4266,7
Sumatoria			14540,0		1643805,0	556013203,8	99327047,9
.d [mm]	113,05				-Ad2 [mm ²]	-185838712,4	
bx [mm ²]	655340252				len [mm ²]	469501539,3	
.y [mm]	434,45				W [cm³]	1006,0	
ITEM MODULO RESISTENTE DE VARENGA – SALA MAQ. PROA CD – N° 3							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm.	A * y .mm3.	A * y * y .mm 4.	l propia .mm 4.
Pl. Fondo	8,00	782	6256,00	4,00	25024,0	100096	33365,3
L – Alma	8,00	342,00	2736,00	179,00	489744,0	87664176	26667792
L – Ala	8,00	100,00	800,00	354,00	283200,0	100252800	4266,7
Sumatoria			9792,0		797968,0	188017072,0	26705424,0
.d [mm]	81,49				-Ad2 [mm ²]	-65027872,7	
bx [mm ²]	214722496				len [mm ²]	149694623,3	
.y [mm]	276,51				W [cm³]	641,4	

5.6.17.- CALCULO DE LAS CUADERNAS PRINCIPALES

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capitulo 08: Buques de Pesca

Sección 09: Estructura de Costado

Página: 9 - 1

$W = k \cdot 0.8 \cdot l^2 \cdot P_s$					
Ubicación		Rango		Identificación	
Popa		0.00L – 0.20L		W_1	
Centro		0.20L – 0.80L		W_2	
Proa		0.80L – 1.00L		W_3	
Donde					
.k	1,00	Factor del material			
.a	2,00	Separación entre cuadernas [m]			
.l	2,70	Luz entre apoyos [m]			
P_s	17,25	Carga sobre los costados [kN/m ²]			
				W_1 [cm ³]	201,2
.k	1,00	Factor del material			
.a	2,00	Separación entre cuadernas [m]			
.l	3,050	Luz entre apoyos [m]			
P_s	16,94	Carga sobre los costados [kN/m ²]			
				W_2 [cm ³]	252,09
.k	1,00	Factor del material			
.a	1,90	Separación entre cuadernas [m]			
.l	2,81	Luz entre apoyos [m]			
P_s	26,54	Carga sobre los costados [kN/m ²]			
				W_3 [cm ³]	317,68
ITEM MODULO RESISTENTE DE CUADERNAS PRINCIPALES – según lo ejecutado					
Descripción	Identificar	V. Teorico .cm ³	V. Practico .cm ³	Plano N°	Condición
Modulo de Cuadernas Sala Maq. Popa	W_1	201,2	267,6		Ok
Modulo de Cuadernas en Bodegas	W_2	252,1	269,0		Ok
Modulo de Cuadernas Sala Maq. Proa	W_3	317,7	362,5		Ok

B.- MEMORIA DE CÁLCULO:

Tabla 5.6.- Calculo de modulo resistente de los refuerzos instalados:

ITEM MODULO RESISTENTE DE CUADERNA – SALA MAQ. POPA CD - N° 16							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm.	A * y .mm3.	A * y * y .mm 4.	I propia .mm 4.
Pl. Costado	8,00	916	7328,00	4,00	29312,0	117248	39082,7
L – Alma	8,00	242,0	1936,00	129,00	249744,0	32216976	9448325
L – Ala	8,00	75,0	600,00	254,00	152400,0	38709600	3200,0
Sumatoria			9864,0		431456,0	71043824,0	9490608,0
.d [mm]	43,74				-Ad2 [mm ²]	-18872088,4	
bx [mm ²]	80534432				len [mm ²]	61662343,6	
.y [mm]	214,26				W [cm³]	267,6	
ITEM MODULO RESISTENTE DE CUADERNA – BODEGA CD - N° 10							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm.	A * y .mm3.	A * y * y .mm 4.	I propia .mm 4.
Pl. Costado	8,00	1014	8112,00	4,00	32448,0	129792	43264,0
L – Alma	8,00	242,0	1936,00	129,00	249744,0	32216976	9448325
L – Ala	8,00	75,0	600,00	254,00	152400,0	38709600	3200,0
Sumatoria			10648,0		434592,0	71056368,0	9494789,3
.d [mm]	40,81				-Ad2 [mm ²]	-17737622,7	
bx [mm ²]	80551157				len [mm ²]	62813534,6	
.y [mm]	217,19				W [cm³]	269,0	
ITEM MODULO RESISTENTE DE CUADERNA – SALA MAQ. PROA CD - N° 2							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm.	A * y .mm3.	A * y * y .mm 4.	I propia .mm 4.
Pl. Costado	8,00	938	7501,44	4,00	30005,8	120023	40007,7
L – Alma	9,50	240,5	2284,75	128,25	293019,2	37579711	11012543
L – Ala	9,50	100,0	950,00	253,25	240587,5	60928784	7144,8
Sumatoria			10736,2		563612,4	98628518,2	11059695,1
.d [mm]	52,5				-Ad2 [mm ²]	-29587683,4	
bx [mm ²]	109688213				len [mm ²]	80100529,9	
.y [mm]	205,5				W [cm³]	362,5	

5.6.18.- CALCULO DE LONGITUDINALES DE FDO., COST. Y CUBIERTA

- PROA

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capitulo 08: Buques de Pesca

Sección 09: Estructura de Costado

Página: 9 - 2

$W_i = k \cdot 0.8 \cdot e \cdot l^2 \cdot p_i$					
Donde					
.k	1,00	1,00	1,00	1,00	Factor de material, acero naval grado A
Cte	0,80	0,80	0,80	0,80	Constante de expresión
.e	0,521	0,500	0,550	0,620	Separación entre longitudinales
.l	2,000	2,000	2,000	1,900	Luz entre apoyos de longitudinales
.p _i	51,10	31,47	15,00	11,58	Cargas en los costados [kN/m ²] para x/L > 0.8
W ₁					Modulo de sección del longitudinal de fondo
W ₂					Modulo de sección del longitudinal de costado
W ₃					Modulo de sección del longitudinal de cubierta
				W ₁ [cm ³]	85,19
				W ₂ [cm ³]	50,35
				W ₂ [cm ³]	26,4
				W ₃ [cm ³]	20,74
ITEM LONGITUDINALES DE FONDO – COSTADO – CUBIERTA / PROA / según lo ejecutado					
Descripción	identifica	V. Teorico .cm ³	V. Practico .cm ³	Plano N°	Condición
Mod. Resist. - longitudinales de fondo	W ₁	85,2	98,5		Ok
Mod. Resist. - longitudinales de cost	W ₂	50,4	51,0		Ok
Mod. Resist. - longitudinales de cost	W ₂	26,4	32,8		Ok
Mod. Resist. - longitudinales de cubi	W ₃	20,74	32,01		Ok

B.- MEMORIA DE CÁLCULO:

Tabla 5.7.- Calculo de modulo resistente de los refuerzos instalados:

ITEM MODULO RESISTENTE LONGITUDINAL DE FONDO – PROA CDNA. 1-2							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm	A * y .mm3	A * y * y .mm 4.	l propia .mm 4.
Pl. Fondo	9,50	521,00	4949,50	4,75	23510,1	111673	37224,4
L – Alma	8,00	117,0	936,00	68,00	63648,0	4328064	1067742
L – Ala	8,00	75,0	600,00	130,50	78300,0	10218150	3200,0
Sumatoria			6485,5		165458,1	14657887,1	1108166,4
.d [mm]	25,51				-Ad2 [mm ²]	-4221168,9	
lxx [mm ²]	15766053				len [mm ²]	11544884,5	
.y [mm]	108,99				W [cm³]	98,5	
ITEM MODULO RESISTENTE LONGITUDINAL DE COSTADO – PROA CDNA. 1-2							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm	A * y .mm3	A * y * y .mm 4.	l propia .mm 4.
Pl. Costado	8,00	500	4000,00	4,00	16000,0	64000	21333,3
L – Alma	12,7	110,0	1397,00	63,00	88011,0	5544693	1408642
Sumatoria			5397,0		104011,0	5608693,0	1429975,0
.d [mm]	19,27				-Ad2 [mm ²]	-2004500,3	
lxx [mm ²]	7038668				len [mm ²]	5034167,7	
.y [mm]	98,73				W [cm³]	51,0	
ITEM MODULO RESISTENTE LONGITUDINAL DE COSTADO – PROA CDNA. 1-2							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm	A * y .mm3	A * y * y .mm 4.	l propia .mm 4.
Pl. Costado	8,00	550	4400,00	4,00	17600,0	70400	23466,7
L – Alma	9,50	100,0	950,00	58,00	55100,0	3195800	791667
Sumatoria			5350,0		72700,0	3266200,0	815133,3
.d [mm]	13,59				-Ad2 [mm ²]	-987904,7	
lxx [mm ²]	4081333				len [mm ²]	3093428,7	
.y [mm]	94,41				W [cm³]	32,8	
ITEM MODULO RESISTENTE LONGITUDINAL DE CUBIERTA – PROA CDNA. 1-2							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm	A * y .mm3	A * y * y .mm 4.	l propia .mm 4.
Pl. Cubierta	6,40	620,00	3968,00	3,20	12697,6	40632	13544,1
L – Alma	9,50	100,0	950,00	56,40	53580,0	3021912	791667
Sumatoria			4918,0		66277,6	3062544,3	805210,8
.d [mm]	13,48				-Ad2 [mm ²]	-893192,4	
lxx [mm ²]	3867755				len [mm ²]	2974562,7	
.y [mm]	92,92				W [cm³]	32,0	

5.6.19.- CALCULO DE LONGITUDINALES DE FONDO., COST., CUBIERTA-CENTRO

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura
 Parte B: Construcción del casco
 Capitulo 08: Buques de Pesca
 Sección 09: Estructura de Costado
 Página: 9 - 2

$W_i = k \cdot C_{te} \cdot e \cdot l \cdot P_i$						
Donde						
.k	1,00	1,00	1,00	1,00	Factor de material, acero naval grado A	
Cte	0,80	0,80	0,80	0,80	Constante de expresión	
.e	0,673	0,500	0,500	0,620	Separacion entre longitudinales	
.l	2,000	2,000	2,000	1,900	Luz entre apoyos de longitudinales	
.P _i	49,95	25,04	9,95	9,58	Cargas en los costados [kN/m ²] para 0.2 < x/L < 0.8	
W ₁					Modulo de seccion del longitudinal de fondo	
W ₂					Modulo de seccion del longitudinal de costado	
W ₃					Modulo de seccion del longitudinal de cubierta	
					W₁ [cm³]	107,57
					W₂ [cm³]	40,06
					W₂ [cm³]	15,92
					W₃ [cm³]	17,16
ITEM LONGITUDINALES DE FONDO – COSTADO – CUBIERTA/CENTRO/según lo ejecutado						
Descripción	Identificar	V. Teorico cm ³	V. Practico cm ³	Plano Nº	Condición	
Mod. Resist. - longitudinales de fondo	W ₁	107,57	119,93		Ok	
Mod. Resist. - longitudinales de costa	W ₂	40,06	42,13		Ok	
Mod. Resist. - longitudinales de costa	W ₂	15,92	26,82		Ok	
Mod. Resist. - longitudinales de cubie	W ₃	17,16	27,2		Ok	

B.- MEMORIA DE CÁLCULO:

Tabla 5.8.- Calculo de modulo resistente de los refuerzos instalados:

ITEM MODULO RESISTENTE LONGITUDINAL DE FONDO – CENTRO CDNA. 11A							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm	A * y .mm3.	A * y * y .mm 4.	I propia .mm 4.
Pl. Fondo	9,50	666,67	6333,33	4,75	30083,3	142896	47631,9
L – Alma	8,00	127,00	1016,00	73,00	74168,0	5414264	1365589
L – Ala	8,00	86,00	680,00	140,50	95540,0	13423370	3626,7
Sumatoria			8029,3		199791,3	18980529,8	1416847,3
.d [mm]	24,88				-Ad2 [mm ²]	-4971343,8	
bx [mm ²]	20397377				len [mm ²]	15426033,3	
.y [mm]	119,62				W [cm³]	119,9	
ITEM MODULO RESISTENTE LONGITUDINAL DE COSTADO – CENTRO CDNA. 11A							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm	A * y .mm3.	A * y * y .mm 4.	I propia .mm 4.
Pl. Costado	8,00	500,00	4000,00	4,00	16000,0	64000	21333,3
L – Alma	12,60	100,0	1250,00	58,00	72500,0	4205000	1041667
Sumatoria			5250,0		88500,0	4269000,0	1063000,0
.d [mm]	16,86				-Ad2 [mm ²]	-1491857,1	
bx [mm ²]	5332000				len [mm ²]	3840142,9	
.y [mm]	91,14				W [cm³]	42,1	
ITEM MODULO RESISTENTE LONGITUDINAL DE COSTADO – CENTRO CDNA. 11A							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm	A * y .mm3.	A * y * y .mm 4.	I propia .mm 4.
Pl. Costado	8,00	500,00	4000,00	4,00	16000,0	64000	21333,3
L – Alma	9,60	90,0	855,00	53,00	45315,0	2401695	577125
Sumatoria			4855,0		61315,0	2465695,0	598458,3
.d [mm]	12,63				-Ad2 [mm ²]	-774362,4	
bx [mm ²]	3064153				len [mm ²]	2289791,0	
.y [mm]	85,37				W [cm³]	26,8	
ITEM MODULO RESISTENTE LONGITUDINAL DE CUBIERTA – CENTRO CDNA. 11A							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm	A * y .mm3.	A * y * y .mm 4.	I propia .mm 4.
Pl. Cubierta	6,40	620,00	3968,00	3,20	12697,6	40632	13544,1
L – Alma	8,00	100,00	800,00	56,40	45120,0	2544768	666667
Sumatoria			4768,0		57817,6	2585400,3	680210,8
.d [mm]	12,13				-Ad2 [mm ²]	-701106,3	
bx [mm ²]	3265611				len [mm ²]	2564504,8	
.y [mm]	94,27				W [cm³]	27,2	

5.6.20.- CALCULO DE LONGITUDINALES DE FDO., COST., CUBIERTA- POPA

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura
 Parte B: Construcción del casco
 Capitulo 08: Buques de Pesca
 Sección 09: Estructura de Costado
 Página: 9 - 2

$W = k \cdot D \cdot S \cdot e \cdot l^2 \cdot p$					
Dónde					
k	1,00	1,00	1,00	1,00	Factor de material, acero naval grado A
Cte	0,80	0,80	0,80	0,80	Constante de expresión
e	0,656	0,500	0,500	0,620	Separación entre longitudinales
l	2,000	2,000	2,000	1,900	Luz entre apoyos de longitudinales
p ₁	55,68	17,20	9,52	9,56	Cargas en los costados [kN/m ²] para x/L < 0,2
W ₁					Modulo de sección del longitudinal de fondo
W ₂					Modulo de sección del longitudinal de costado
W ₃					Modulo de sección del longitudinal de cubierta
				W ₁ [cm ³]	116,88
				W ₂ [cm ³]	27,52
				W ₂ [cm ³]	15,23
				W ₃ [cm ³]	17,11
ITEM LONGITUDINALES DE FONDO - COSTADO - CUBIERTA / POPA / según lo ejecutado					
Descripción	Identificar	V. Teorico cm ³	V. Practico cm ³	Plano N°	Condición
Mod. Resist - longitudinales de fondo	W ₁	116,88	118,07		Ok
Mod. Resist - longitudinales de costado	W ₂	27,52	42,13		Ok
Mod. Resist - longitudinales de costado	W ₂	15,23	26,82		Ok
Mod. Resist - longitudinales de cubierta	W ₃	17,11	32,01		Ok

B.- MEMORIA DE CÁLCULO:

Tabla 5.9.- Calculo de modulo resistente de los refuerzos instalados:

ITEM MODULO RESISTENTE LONGITUDINAL DE FONDO – POPA							CDN. 18
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm	A * y .mm3.	A * y * y .mm 4.	l propia mm 4
Pl. Fondo	8,00	656	5248,00	4,00	20992,0	83968	27989,3
L – Alma	8,00	127,0	1016,00	71,50	72644,0	5194046	1365589
L – Ala	8,00	85,0	680,00	139,00	94520,0	13138280	3626,7
Sumatoria			6944,0		188156,0	18416294,0	1397204,7
.d [mm]	27,1				-Ad2 [mm ²]	-5098312,3	
lxx [mm ²]	19813499				len [mm ²]	14715186,4	
.y [mm]	115,9				W [cm³]	118,1	
ITEM MODULO RESISTENTE LONGITUDINAL DE COSTADO – POPA							CDN. 18
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm	A * y .mm3.	A * y * y .mm 4.	l propia mm 4.
Pl. Costado	8,00	500	4000,00	4,00	16000,0	64000	21333,3
L – Alma	12,50	100,0	1250,00	58,00	72500,0	4205000	1041667
Sumatoria			5250,0		88500,0	4269000,0	1063000,0
.d [mm]	16,86				-Ad2 [mm ²]	-1491857,1	
lxx [mm ²]	5332000				len [mm ²]	3840142,9	
.y [mm]	91,14				W [cm³]	42,1	
ITEM MODULO RESISTENTE LONGITUDINAL DE COSTADO – POPA							CDN. 18
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm	A * y .mm3.	A * y * y .mm 4.	l propia mm 4.
Pl. Costado	8,00	500	4000,00	4,00	16000,0	64000	21333,3
L – Alma	9,50	90,0	855,00	53,00	45315,0	2401695	577125
Sumatoria			4855,0		61315,0	2465695,0	598458,3
.d [mm]	12,63				-Ad2 [mm ²]	-774362,4	
lxx [mm ²]	3064153				len [mm ²]	2289791,0	
.y [mm]	85,37				W [cm³]	26,8	
ITEM MODULO RESISTENTE LONGITUDINAL DE CUBIERTA – POPA							CDN. 18
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm	A * y .mm3.	A * y * y .mm 4.	l propia mm 4.
Pl. Cubierta	6,40	620	3968,00	3,20	12697,6	40632	13544,1
L – Alma	9,50	100,0	950,00	56,40	53580,0	3021912	791667
Sumatoria			4918,0		66277,6	3062544,3	805210,8
.d [mm]	13,48				-Ad2 [mm ²]	-893192,4	
lxx [mm ²]	3867755				len [mm ²]	2974562,7	
.y [mm]	92,92				W [cm³]	32,0	

5.6.21.- CALCULO DE BAOS SOBRE CUBIERTA

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds
 Parte 01: Buques de Altura
 Parte B: Construcción del casco
 Capitulo 08: Buques de Pesca
 Sección 10: Baos y estructura de cubierta
 Página: 10 - 1

$W_i = k \cdot 0.8 \cdot e \cdot p_i \cdot l^2$						
Donde						
.k	1,00	1,00	1,00	1,00	Factor de material, acero naval grado A	
Cte	0,80	0,80	0,80	0,80	Constante de expresión	
.e	2,000	2,000	2,000	1,900	Separación entre Baos	
.l	4,970	4,97	3,35	2,55	Luz entre apoyos de Baos	
.p _i	9,37	9,40	9,40	12,63	Cargas en la cubierta [kN/m ²]	
W ₁					Modulo Resistente del Bao a popa 0.0L - 0.1L	
W ₂					Modulo Resistente del Bao a popa 0.1L - 0.8L	
W ₃					Modulo Resistente del Bao a popa 0.8L - 1.0L	
W ₄					Modulo Resistente del Bao a popa 0.8L - 1.0L	
					W ₁ [cm ³]	370,4
					W ₂ [cm ³]	371,4
					W ₃ [cm ³]	169,3
					W ₄ [cm ³]	124,8
ITEM MODULO RESISTENTE DE BAOS SOBRE CUBIERTA / según lo ejecutado						
Descripción	Identificar	V. Teorico .cm ³	V. Practico .cm ³	Plano Nº	Condición	
Mod. Resistente de Bao - S. Maq. Popa	W ₁	370,4	409,9		Ok	
Mod. Resistente de Bao - Bodega	W ₂	371,4	193,3		Ok	
Mod. Resistente de Bao - S. Maq. Proa	W ₃	169,3	188,7		Ok	
Mod. Resistente de Bao - S. Maq. Proa	W ₄	124,8	188,7		Ok	

B.- MEMORIA DE CÁLCULO:

Tabla 5.10.- Calculo de modulo resistente de los refuerzos instalados:

ITEM MODULO RESISTENTE DE BAO – SALA MAQ. POPA CDNA. 5							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm ²	.y .mm	A * y .mm ³	A * y * y .mm ⁴	l propia .mm ⁴
Pi. Cubierta	6,40	1552	9930,24	3,20	31776,8	101686	33895,2
L - Alma	8,00	292,00	2336,00	152,40	356006,4	54255375	16598059
L – Ala	8,00	100,00	800,00	302,40	241920,0	73156608	4267
Sumatoria			13066,2		629703,2	127513669,0	16636220,6
.d [mm]	48,19				-Ad ² [mm ³]	-30347374,6	
lx [mm ²]	144149890				len [mm ³]	113802515,0	
.y [mm]	258,21				W [cm³]	409,9	
ITEM MODULO RESISTENTE DE BAO – BODEGA CDNA. 11A							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm ²	.y .mm	A * y .mm ³	A * y * y .mm ⁴	l propia .mm ⁴
Pi. Cubierta	6,40	1551	9926,66	3,20	31765,3	101649	33883,0
L - Alma	8,00	192,00	1536,00	102,40	157286,4	16106127	4718592
L – Ala	8,00	75,00	600,00	202,40	121440,0	24579456	3200
Sumatoria			12062,7		310491,7	40787232,3	4755675,0
.d [mm]	25,74				-Ad ² [mm ³]	-7992028,9	
lx [mm ²]	45542907				len [mm ³]	37550878,4	
.y [mm]	180,66				W [cm³]	193,3	
ITEM MODULO RESISTENTE DE BAO – SALA MAQ. PROA CDNA. 8							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm ²	.y .mm	A * y .mm ³	A * y * y .mm ⁴	l propia .mm ⁴
Pi. Cubierta	6,40	866	5542	3,20	17735,7	56754	18918,1
L - Alma	8,00	192,00	1536,00	102,40	157286,4	16106127	4718592
L – Ala	8,00	75,00	600,00	202,40	121440,0	24579456	3200
Sumatoria			7678,4		296462,1	40742337,5	4740710,1
.d [mm]	38,61				-Ad ² [mm ³]	-11446364,5	
lx [mm ²]	45483048				len [mm ³]	34036683,1	
.y [mm]	167,79				W [cm³]	188,7	

5.6.22.- CALCULO DE ESLORAS

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds
 Parte 01: Buques de Altura
 Parte B: Construcción del casco
 Capitulo 08: Buques de Pesca
 Sección 10: Baos y estructura de cubierta
 Página: 10 - 1

$W_i = k \cdot 0,8 \cdot e \cdot p_i \cdot l^2$		$f_{web} = k \cdot 0,05 \cdot p_i \cdot l$			
Donde					
.k	1,00	1,00	Factor de material, acero naval grado A		
Cte	0,80	0,80	Constante de formula		
Cte	0,05	0,05	Constante de formula		
.e	2,480	3,050	Separacion entre longitudinales		
.l	4,000	4,000	Luz entre apoyos de longitudinales		
.p _i	9,37	9,40	Cargas en la cubierta [kN/m ²]		
W ₁			Modulo Resistente de eslora de popa		
W ₂			Modulo Resistente de eslora de proa		
.f _{web 1}			Area de la sección transversal del alma – popa		
.f _{web 2}			Area de la sección transversal del alma – proa		
		W ₁ [cm ³]	297,55		
		W ₂ [cm ³]	367,14		
		.f _{web 1} [cm ²]	4,65		
		.f _{web 2} [cm ²]	5,74		
ITEM MODULO DE SECCION DE ESLORAS / según lo ejecutado					
Descripción	Identificar	V. Teorico .cm ³	V. Practico .cm ³	Plano N°	Condición
Modulo Resistente de Eslora – Popa	W ₁	297,5	406,7		Ok
Modulo Resistente de Eslora – Proa	W ₂	367,1	320,0		Ok
Area de la sec transv. del alma – popa	.f _{web 1}	4,65	38,1		Ok
Area de la sec transv. del alma – proa	.f _{web 2}	5,74	33,82		Ok

B.- MEMORIA DE CÁLCULO:

Tabla 5.11.- Calculo de modulo resistente de los refuerzos instalados:

ITEM MODULO RESISTENTE DE ESLORA – SALA MAQ. POPA							
Descripcion	Espesor	Ancho	A	y	A * y	A * y * y	I propia
	.mm	.mm	.mm2.	.mm	.mm3.	.mm4.	.mm4.
Pl. Cubierta	6,40	1318	8437,76	3,20	27000,8	86403	28800,9
L - Alma	8,00	292,00	2336,00	152,40	356006,4	54255375	16598059
L – Ala	8,00	100,00	800,00	302,40	241920,0	73156608	4267
Sumatoria			11573,8		624927,2	127498386,0	16631126,2
.d [mm]	54				-Ad2 [mm ³]	-33743057,2	
bx [mm ²]	144129512				len [mm ²]	110386455,1	
.y [mm]	252,4				W [cm ³]	406,7	
ITEM MODULO RESISTENTE DE ESLORA – SALA MAQ. PROA							
Descripcion	Espesor	Ancho	A	y	A * y	A * y * y	I propia
	.mm	.mm	.mm2.	.mm	.mm3.	.mm4.	.mm4.
Pl. Cubierta	6,40	1364	8729,60	3,20	27934,7	89391	29797,0
L - Alma	9,50	190,50	1809,75	101,65	183961,1	18699645	5473023
L – Ala	9,50	120,00	1140,00	201,65	229881,0	46355504	8573,8
Sumatoria			11679,4		441776,8	65144539,3	5511394,1
.d [mm]	37,83				-Ad2 [mm ³]	-16710411,8	
bx [mm ²]	70655933				len [mm ²]	53945521,6	
.y [mm]	168,57				W [cm ³]	320,0	

5.6.23.- CALCULO DE PLANCHAS DE MANPAROS

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capitulo 08: Buques de Pesca

Sección 11: Manparos Estancos

Página: 11 - 2

$t_i = c_p \cdot a \cdot h \cdot k \cdot t_k$ $t_{min} = 6.0 \cdot k$								
Donde		M1	M3	M9	M12	M13	M19	
.c _p		3,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	Constante
.a		0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	E. ent cuad
.h		5,115	4,860	4,463	4,425	4,075	3,347	Alt. de agua
.k		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	F de material
.t _k		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	ad. por corr.
.t _{min}		6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	Esp minimo
.t _i		6,83	5,33	5,17	5,15	5,00	4,68	Esp. Mamp.
-								
ITEM PLANCHAS DE MAMPAROS / según lo ejecutado								
	Descripción	Identificar	V. Teorico	V. Practico	Plano N°	Condición		
			.mm	.mm				
MAMPARO 1		.t ₀	6,83	8		Ok		
MAMPARO 3		.t ₇	5,33	8.0-6.4		Ok		
MAMPARO 9		.t ₁₁	5,17	8.0-6.4		Ok		
MAMPARO 12		.t ₁₅	5,15	8.0-6.4		Ok		
MAMPARO 13		.t ₁₆	5,00	8.0-6.4		Ok		
MAMPARO 19		.t ₁₉	4,68	8.0-6.4		Ok		

5.6.24.- CALCULO DE LOS REFUERZOS DE MANPAROS

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capitulo 08: Buques de Pesca

Sección 11: Manparos Estancos

Página: 11 - 3

Donde	$W = k \cdot C_s \cdot a \cdot l^2 \cdot h$						$[cm^3]$
	$W_1 = k \cdot 0,55 \cdot a \cdot l^2 \cdot p_1$						$[cm^3]$
	$W_2 = k \cdot 0,44 \cdot a \cdot l^2 \cdot p_2$						$[cm^3]$
		M1	M3	M9	M11B	M13	M19
.k	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	F. de materia
.C _s	4,40	2,60	2,60	3,50	2,60	3,80	Coefficiente
.a	0,62	0,62	0,62	0,620	0,620	0,620	E. ent cuad
.l	3,176	2,937	2,024	2,970	2,635	2,00	Luz ent apoy
.h	2,693	2,573	4,870	3,746	2,448	2,20	Alt. de agua
.p ₁			49,237	20,471	22,328		Pres. Servicio
.p ₂			63,700	37,460	39,480		Pres. Máxim
W	74,1	35,8	32,2	71,7	27,4	20,7	Mod. Resist.
W₁			68,8	61,6	52,9		
W₂			71,2	90,1	74,8		
ITEM MODULO RESISTENTE DE LOS REFUERZOS DE MAMPAROS / según lo ejecutado							
Descripción		Identificar	V. Teorico .cm ³	V. Practico .cm ³	Plano N°	Condición	
MODULO RESISTENTE DE REF. 1		W ₁	74,1	90,6		Ok	
MODULO RESISTENTE DE REF. 3		W ₃	35,8	54,0		Ok	
MODULO RESISTENTE DE REF. 9		W ₉	71,2	90,6		Ok	
MODULO RESISTENTE DE REF. 11B		W _{11B}	90,1	104,3		Ok	
MODULO RESISTENTE DE REF. 13		W ₁₃	74,8	90,6		Ok	
MODULO RESISTENTE DE REF. 19		W ₁₉	20,7	54,0		Ok	

B.- MEMORIA DE CÁLCULO:

Tabla 5.12.- Calculo de modulo resistente de los refuerzos instalados:

ITEM MODULO RESISTENTE DE LOS REFUERZOS DE MAMPAROS M3, M19							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm ²	.y .mm	A * y .mm ³	A * y * y .mm ⁴	l propia .mm ⁴
Pl. Mamparo	6,40	620	3968,00	3,20	12697,6	40632	13544,1
L – Alma	8,00	92,00	736,00	52,40	38566,4	2020879	519125
L – Ala	8,00	50,00	400,00	102,40	40960,0	4194304	2133
Sumatoria			5104,0		92224,0	6255815,7	534802,8
.d [mm]	18,07				-Ad2 [mm ²]	-1666392,3	
lxx [mm ²]	6790618				len [mm ²]	5124226,2	
.y [mm]	88,33				W [cm³]	54,0	
ITEM MODULO RESISTENTE DE LOS REFUERZOS DE MAMPARO M1, M9, M13							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm ²	.y .mm	A * y .mm ³	A * y * y .mm ⁴	l propia .mm ⁴
Pl. Mamparo	6,40	620	3968,00	3,20	12697,6	40632	13544,1
L – Alma	8,00	112,00	896,00	62,40	55910,4	3488809	936619
L – Ala	8,00	75,00	600,00	122,40	73440,0	8989056	3200
Sumatoria			5464,0		142048,0	12518497,3	953362,8
.d [mm]	26				-Ad2 [mm ²]	-3692832,0	
lxx [mm ²]	13471860				len [mm ²]	9779028,0	
.y [mm]	100,4				W [cm³]	90,6	
ITEM MODULO RESISTENTE DE LOS REFUERZOS DE MAMPARO M11B							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm ²	.y .mm	A * y .mm ³	A * y * y .mm ⁴	l propia .mm ⁴
Pl. Mamparo	6,40	620	3968,00	3,20	12697,6	40632	13544,1
L – Alma	9,50	110,50	1049,75	61,65	64717,1	3989808	1068142
L – Ala	9,50	75,00	712,50	121,65	86675,6	10544090	5359
Sumatoria			5730,3		164090,3	14574530,5	1087045,2
.d [mm]	28,64				-Ad2 [mm ²]	-4698857,9	
lxx [mm ²]	15661576				len [mm ²]	10962717,8	
.y [mm]	97,76				W [cm³]	104,3	

5.6.25.- CALCULO DE LOS PALMEJARES DE MANPAROS

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capítulo 08: Buques de Pesca

Sección 11: Manparos Estancos

Página: 11 - 3

Donde		$W_1 = k c_s a l^2 h$					
		$W_1 = k .0,55 . a l^2 . p_1$					[cm ³]
		$W_2 = k .0,44 . a l^2 . p_2$					[cm ³]
	M1	M9	M11B	M12	M13	M19	
.k		1,00	1,00	1,00	1,00		F de material
.c _s		2,60	3,500	2,60	3,50		Coeficiente
.a		2,22	2,244	2,44	2,34		E. ent cuad
.l		3,22	2,433	2,48	1,38		Luz ent apoy
.h		3,75	3,731	3,43	3,41		Alt. de agua
.p ₁		46,6	34,23	20,5	22,3		Pres. Servicio
.p ₂		52,5	52,31	37,5	39,5		Pres. Máxim
W ₁		224	173,46	134,0	53,24		Mod. Resist.
W ₁		589,9	250,1	169,0	54,8		
W ₂		531,7	305,7	247,5	77,5		
ITEM MODULO RESISTENTE DE LOS PALMEJARES DE MAMPAROS / según lo ejecutado							
	Descripción	Identificar	V. Teorico	V. Practico	Plano N°	Condición	
			.cm ³	.cm ³			
	MODULO RESISTENTE DE REF. 1	W ₁					
	MODULO RESISTENTE DE REF. 9	W ₉	589,9	253,2		Ok	
	MODULO RESISTENTE DE REF. 11B	W _{11B}	305,7	349,2		Ok	
	MODULO RESISTENTE DE REF. 12	W ₁₂	247,5	188,9		Ok	
	MODULO RESISTENTE DE REF. 13	W ₁₃	77,5	188,9		Ok	
	MODULO RESISTENTE DE REF. 19	W ₁₉					

B.- MEMORIA DE CÁLCULO:

Tabla 5.13.- Calculo de modulo resistente de los refuerzos instalados:

ITEM MODULO RESISTENTE DEL PALMEJAR DEL MAMPARO DE BODEGA – M9							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm ² .	.y .mm	A * y .mm ³ .	A * y * y .mm ⁴ .	I propia .mm ⁴ .
Pl. Mamparo	6,40	624	3993,60	3,20	12779,5	40894	13631,5
L – Alma	9,50	190,5	1809,75	101,65	183961,1	18699645	5473023
L – Ala	9,50	100,0	950,00	201,65	191567,5	38629586	7145
Sumatoria			6753,4		388308,1	57370125,4	5493799,6
.d [mm]	57,5				-Ad2 [mm ³]	-22327168,9	
lxx [mm ²]	62863925				len [mm ³]	40536756,1	
.y [mm]	148,9				W [cm³]	263,2	
ITEM MODULO RESISTENTE DEL PALMEJAR DEL MAMPARO DE BODEGA – M11B							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm ² .	.y .mm	A * y .mm ³ .	A * y * y .mm ⁴ .	I propia .mm ⁴ .
Pl. Mamparo	6,40	860,76	5508,86	3,20	17628,4	56411	18803,6
L – Alma	12,50	187,50	2343,75	100,15	234726,6	23507865	6866455
L – Ala	12,50	100,00	1250,00	200,15	250187,5	50075028	16276
Sumatoria			9102,6		502542,4	73639304,1	6901534,7
.d [mm]	55,21				-Ad2 [mm ³]	-27744655,7	
lxx [mm ²]	80540839				len [mm ³]	52796183,2	
.y [mm]	151,19				W [cm³]	349,2	
ITEM MODULO RESISTENTE DEL PALMEJAR DEL MAMPARO DE BODEGA – M12 y M13							
Descripcion	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm ² .	.y .mm	A * y .mm ³ .	A * y * y .mm ⁴ .	I propia .mm ⁴ .
Pl. Mamparo	6,40	889,68	5693,95	3,20	18220,6	58306	19435,4
L – Alma	8,00	192,00	1536,00	102,40	157286,4	16106127	4718592
L – Ala	8,00	75,00	600,00	202,40	121440,0	24579456	3200,0
Sumatoria			7830,0		296947,0	40743889,4	4741227,4
.d [mm]	37,92				-Ad2 [mm ³]	-11261569,5	
lxx [mm ²]	45485117				len [mm ³]	34223547,3	
.y [mm]	168,48				W [cm³]	188,9	

5.6.26.- CALCULO DE PLANCHAS PARA EL MANPARO LONGITUDINAL

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capitulo 08: Buques de Pesca

Sección 11: Manparos Estancos

Página: 11 - 3

$t = C_p \cdot a \cdot \sqrt{h \cdot K} \cdot t_K \qquad t_{min} = 6,0 \cdot \sqrt{K}$						
Donde :						
C_p	3,800	Coeficiente de plancha				
a	0,500	Espaciado entre refuerzos (m)				
h	5,486	Altura de columna de agua (m)				
K	1,000	Factor del material, acero naval grado A				
t_K	1,500	Margen por corrosión				
					t (mm)	5,95
					t_{min} (mm)	6,00
ITEM PLANCHA DE MAMPARO LONGITUDINAL – Según lo ejecutado						
Descripción	Identificar	V. Teórico mm.	V. Practico mm.	Plano N°	Condición	
Espesor Mamparo Longitudinal	t	6,00	8.0-6.4		OK	

5.6.27.- CALCULO DE REFUERZOS DE MANPARO LONGITUDINAL

Comprobación de los requisitos de construcción y clasificación.

A.- Referencia: Germanischer Lloyds

Parte 01: Buques de Altura

Parte B: Construcción del casco

Capítulo 08: Buques de Pesca

Sección 11: Manparos Estancos

Página: 11 - 3

		$W = k \cdot C_s \cdot a \cdot l^2 \cdot h$	$[cm^3]$			
		$W_1 = k \cdot 0,55 \cdot a \cdot l^2 \cdot p_1$	$[cm^3]$			
		$W_2 = k \cdot 0,44 \cdot a \cdot l^2 \cdot p_2$	$[cm^3]$			
Ref. Vert. M9 – M13						
K	1,000	Factor del material, acero naval grado A				
C _s	2,600	Coeficiente de refuerzos de mamparos				
.a	2,000	Espaciado entre refuerzos (m)				
.l	4,000	Luz entre apoyos (m)				
.h	3,365	Altura de columna de agua (m)				
.p ₁	40,3	Presión de Diseño para condiciones de Servicio [KN/m ²]				
.p ₂	48,7	Presión Máxima de Diseño para condiciones de Servicio [KN/m ²]				
		W _{VERT.} (cm ³)	280,0			
		W _{1VERT.} (cm ³)	709,3			
		W _{2VERT.} (cm ³)	685,7			
Ref. Vert. M11C – M11A						
K	1,000	Factor del material, acero naval grado A				
C _s	5,200	Coeficiente de refuerzos de mamparos				
.a	0,500	Espaciado entre refuerzos (m)				
.l	2,920	Luz entre apoyos (m)				
.h	2,556	Altura de columna de agua (m)				
.p ₁	38,67	Presión de Diseño para condiciones de Servicio [KN/m ²]				
.p ₂	52,28	Presión Máxima de Diseño para condiciones de Servicio [KN/m ²]				
		W _{VERT.} (cm ³)	56,7			
		W _{1VERT.} (cm ³)	136,0			
		W _{2VERT.} (cm ³)	147,1			
ITEM	M. R. REF. HORZ. EN MAMP. DESDE M9 – M13 – Según ejecutado					
ITEM	M. R. REF. VERT. EN MAMP. DESDE CDNA.C11C – 11A – Según ejecutado					
	Descripción	Identificar	V. Teórico cm ³	V. Practico cm ³	Plano N°	Condición
	M.R. Ref. Vert.en Manp. M9 – M13	W _{HORIZONTAL}	709,3	732,9		OK
	M.R. Ref. Vert.en Manp. 11C – 11A	W _{VERTICAL}	147,1	149,0		OK

B.- MEMORIA DE CÁLCULO:

Tabla 5.14.- Calculo de modulo resistente de los refuerzos instalados:

ITEM M. R. REF.HORIZ EN MAMP. LONGITUDINAL DESDE M13 A M9 M11B - 11A							
Descripción	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm.	A * y .mm3.	A * y * y .mm 4.	I propia .mm 4.
Pl. Mamp.	6,40	1280	8192,00	3,20	26214,4	83886	27962,0
L - Alma	12,50	234,0	2925,00	123,40	360945,0	44540613	13346775
L - Ala	16,00	150,0	2400,00	248,40	596160,0	148086144	51200
Sumatoria			13517,0		983319,4	192710643	13425937,0
.d [mm]	72,75				-Ad2 [mm ⁴]	-71533405,5	
lxx [mm ⁴]	206136580				len [mm ⁴]	134603174,6	
.y [mm]	183,65				W_{Practico} [cm³]	732,9	
					W_{teorico} [cm³]	709,3	
ITEM M. R. REF. VERT. EN MAMP. LONGITUDINAL DESDE CDNA. 11C - 11A CDNA. 11C							
Descripción	Espesor .mm	Ancho .mm	A .mm 2.	.y .mm.	A * y .mm3.	A * y * y .mm 4.	I propia .mm 4.
Pl. Mamp.	6,40	500	3200,00	3,20	10240,0	32768	10922,7
L - Alma	12,50	107,5	1343,75	60,15	80826,6	4861718	1294059
L - Ala	12,50	85,0	1062,50	120,15	127659,4	15338274	13835
Sumatoria			5606,3		218725,9	20232759,6	1318816,5
.d [mm]	39,01				-Ad2 [mm ⁴]	-8533518,1	
lxx [mm ⁴]	21551576				len [mm ⁴]	13018058,1	
.y [mm]	87,39				W_{Practico} [cm³]	149,0	
					W_{teorico} [cm³]	147,1	

CAPITULO VI ESTRUCTURA DE COSTOS

6.1.- GENERALIDADES

La complejidad del costo para la construcción de la embarcación es tal que es imposible saber cual es el camino definitivo que se realizara para ello. En el análisis de costo las causas que provocan una inestabilidad del precio total son producto de la variación del diseño, métodos de producción diferentes dentro del patio, cambios del pronóstico de horas hombres, diferencia en el precio de la materia prima, diferencia en los impuestos y cambio de valor del dólar. Todo lo anterior nos hace que el estudio del pronóstico del precio de la embarcación se aleje del precio real. Para el fin del pronóstico de costo de la construcción se utilizan herramientas de la ingeniería económica la cual proporciona valores relativos (ratios producción) adecuados para la estimación del costo de la construcción del casco de la embarcación. El resultado de la estimación del costo puede no ser muy exacto pero ser aproxima bastante al costo real.

6.2.- ESTIMACIÓN DE COSTOS

Como sabemos, los costos que componen la construcción del casco de una embarcación son diversos y algunos complejos de determinar como por ejemplo, costos de gases u otros, es por ello que se dará a conocer los

costos más importantes de nuestra embarcación como por ejemplo, costo del acero, costo de la mano de obra, materiales, costos funcionales, etc. La idea de esto es poder conocer cuanto costará construir el casco de la embarcación proyectada.

Para estimar el presupuesto aproximado para la construcción de nuestra embarcación, se presenta en la tabla 6.04 el desglose de cada uno de los materiales del casco y superestructura con sus respectivos pesos. En la Tabla 6.08 se detallan los costos necesarios para la construcción. Finalmente en la tabla 6.10 se presenta un resumen del presupuesto de construcción. A continuación se muestra los detalles de los elementos que estructuran el resumen de costos para la construcción del casco de la embarcación.

6.2.1 Estimación de los Materiales y Mano de Obra

Debemos decir que esto es sólo una estimación de los materiales, y mano de obra que se utilizara en la construcción. En esta parte es apoyado con los ratios de producción para cada actividad con el fin de tener un valor aproximado de las cantidades de materiales y mano de obra para la construcción del casco de nuestra embarcación.

A continuación se presenta un resumen con los valores obtenidos:

Tabla 6.01: Ratios de producción de materiales y mano de obra de calderería y soldadura.

N°	Descripción	Materiales	Mano Obra	Soldadura	Oxigeno	Agasol
		Acero Procesado (kg)	(HH-H) / (kg acero procesado)	(kg) / (kg acero procesado)	(m3) / (kg acero procesado)	1/3 Oxigeno (kg)
1	Pre - diseño, diseño	0	-	-	-	-
2	Casco y castillo	250,044	0.160	0.036	0.0391	0.013
3	Bulbo de proa	9,147	0.280	0.036	0.0250	0.008
4	Bulbo de popa	4,363	0.280	0.036	0.0250	0.008
5	Caseta y puente	25,518	0.190	0.036	0.0469	0.016
Total		289,072				

Tabla 6.02: Ratios de producción de materiales y mano de obra del arenado y pintado.

N°	Descripción	Arenado al Blanco		Pintado		
		Mano Obra (HH-H/m2)	(m3 de Arena) / (m2)	Mano Obra (HH-H/m2)	(Gals de Pintura) / (m2)	Numero de capas
1	Obra Viva	0.330	0.020	0.050	0.004	5
2	Obra Muerta	0.360	0.020	0.080	0.004	3
3	Cubiertas	0.250	0.020	0.050	0.004	3
4	Bodegas	0.400	0.020	0.130	0.004	3

Tabla 6.03: Materiales y mano de obra del arenado y pintado.

N°	Item	Áreas de Compartimientos				M Obra	Material
		Obra viva (m2)	Obra Muerta + intemperie (m2)	Cubiertas + Castillo (m2)	Bodegas + interior (m2)	HH-H	m3 arena gal pintura (solvente)
1	Arenado (m2)	712	642	4,292	2,721	2,627	167
2	Solvente (m2)	3560	1,926	12,876	8,163	2,037	106
3	Pintura Gals	285	154	1030	653	-	2,122

Tabla 6.04: Resumen de los materiales y mano de obra para la construcción.

Nº	Descripción	Materiales Acero Peso (kg)	Mano obra Horas (HH-H)	Insumos para construcción		
				Soldadura (kg)	Oxígeno (m3)	Agasol (kg)
1	Pre - diseño, diseño	0	-	-	-	-
2	Casco y castillo	250,044	40,007	9,002	9,777	3,259
3	Bulbo de proa	9,147	2,561	329	229	76
4	Bulbo de popa	4,363	1,222	157	109	36
5	Caseta y puente	25,518	4,848	919	1,197	399
6	Arenado (m3 arena)	167	2627	Solvente	-	-
7	Pintado (gals)	2,122	2,037	106	-	-
Total		291,361	53,302	10,513	11,311	3,770

6.2.2 Estimación de los costos de Construcción

En este punto es apoyado mediante los ratios de producción de los costos de los materiales y la mano de obra para cada actividad, la cual es basada en información proporcionada por profesionales del área naval.

Tabla 6.05: Costos de los materiales del arenado y pintado.

Nº	Item	Áreas de Compartimientos				Material
		Obra viva (S./mat)	Obra Muerta + intemperie (S./mat)	Cubiertas + Castillo (S./mat)	Bodegas + interior (S./mat)	Costo S/.
1	Arenado (arena m3)	26.54	26.54	26.54	26.54	4,441
2	Pintado (pintu+solv)	138.9	105.1	97.4	99.7	221,242
					Total	225,683

Tabla 6.06: Costos de la mano de obra del arenado y pintado.

N°	Item	Áreas de Compartimientos				M Obra
		Obra viva (S./)/m2	Obra Muerta + intemperie (S./)/m2	Cubiertas + Castillo (S./)/m2	Bodegas + interior (S./)/m2	Costo S/.
1	Arenado	5.37	7.03	7.03	8.27	61,012
2	Pintado	1.44	1.66	1.66	1.86	44,881
Total						105,893

Tabla 6.07: Costos de mano de obra y materiales de calderería y soldadura.

N°	Descripción	Acero (s./)/kg	Mano obra (s./)/kg	Soldadura (s./)/kg	Oxigeno (s./)/m3	Agasol (s./)/kg
1	Costos	3.0	13.42	7.11	3.0	4.9

Tabla 6.08: Costos directos de la construcción.

N°	Descripción	COSTOS DIRECTOS		
		Materiales S/.	Mano de Obra S/.	Sub-Total S/.
1	Pre - diseño, diseño	-	130,000	130,000
2	Casco y castillo	857,558	536,895	1,394,453
3	Bulbo de proa	30,773	34,370	65,143
4	Bulbo de popa	14,679	16,395	31,074
5	Caseta y puente	88,438	65,065	153,503
6	Arenado y pintado	7,224	105,893	113,117
Total		998,672	888,619	1,887,291

* No se considera pintura ni disolvente.

Tabla 6.09: Costos funcionales en la construcción. Para la empresa constructora se ha considerado 20% de los costos directos.

Nº	Descripción	Costos Directos S/.	Costos Funcionales S/.	Total General S/.	Total General U.S. (\$)
1	Pre - diseño, diseño	130,000	26,000	156,000	55,714
2	Casco y castillo	1,394,453	278,891	1,673,344	597,623
3	Bulbo de proa	65,143	13,029	78,172	27,918
4	Bulbo de popa	31,074	6,215	37,288	13,317
5	Caseta y puente	153,503	30,701	184,204	65,787
6	Arenado y Pintado	113,117	22,623	135,740	48,479
Total		1,887,291	377,458	2,264,749	808,839

6.2.3 Estimación de costo de la embarcación

Ahora sólo nos queda determinar el costo final de nuestra embarcación, cabe recalcar que este es un valor estimado.

Tabla 6.10: Costo total para la construcción del casco de la embarcación.

ITEMS	Valor Total
Total General (\$)	808,839
IGV (19%) (\$)	153,679
Utilidades (12%) (\$)	97,061

Por lo tanto el costo total del casco de la embarcación es:

\$1, 059,579.

Encontrándose el costo por tonelada procesada de \$ 3.67 por kg de acero procesado.

Además el costos por prueba de canal en la universidad de Valdivia (Chile) es de \$ 13,500 y los costos por clasificación son de \$ 36,900 sin incluir IGV.

6.2.4 Costos reales de la construcción de la embarcación

En esta parte se ha realizado un resumen de los costos reales para la construcción de la embarcación Isabelita en el año 2008.

Tabla 6.11: Materiales y mano de obra para la construcción del casco de embarcación.

Nº	Descripción	Materiales Acero Peso (kg)	Mano obra Horas (H-H)	Insumos para construcción		
				Soldadura (kg)	Oxigeno (kg)	Acetileno (kg)
1	Pre – diseño, diseño	0	3,676	0	0	0
2	Casco y castillo	250,044	40,225	9,292	7,340	5,059
3	Bulbo de proa	9,147	1,652	490	360	221
4	Bulbo de popa	4,363	777	522	170	127
5	Caseta y puente	25,518	4,466	1,003	854	359
Total		289.072	50,796	11,307	8,724	5,766

Tabla 6.12: Costos directos en la construcción.

Nº	Descripción	COSTOS DIRECTOS			
		Materiales S/.	Mano Obra S/.	Contratistas S/.	Sub-Total S/.
1	Pre - diseño, diseño	33,497	13,029	85,667	132,193
2	Casco y castillo	933,568	26,591	452,042	1,412,202
3	Bulbo de proa	36,636	0	16,884	53,521
4	Bulbo de popa	17,481	0	7,484	24,965
5	Caseta y puente	87,737	962	44,080	132,779
6	Arenado y Pintado	9,197	306	79,561	89,065
Total		1,118,117	40,888	685,719	1,844,724

Tabla 6.13: Costo de la construcción del casco de la embarcación en el año 2007 al 2008.

Nº	Descripción	Costos Directos S/.	Costos Funcionales S/.	Total General S/.	Total General U.S. (\$)
1	Pre - diseño, diseño	132,193	42,336	174,529	62,332
2	Casco y castillo	1,412,202	266,842	1,679,043	599,658
3	Bulbo de proa	53,521	8,680	62,200	22,214
4	Bulbo de popa	24,965	5,220	30,185	10,780
5	Caseta y puente	132,779	18,329	151,108	53,967
6	Arenado y Pintado	89,065	23,831	112,896	40,320
Total		1,844,724	365,238	2,209,962	789,272

Tabla 6.14: Costo total para la construcción del casco de la embarcación.

ITEMS	Valor Total
Total General (\$)	789,272
IGV (19%) (\$)	149,962
Utilidades (12%) (\$)	94,713

Por lo tanto el costo total del casco de la embarcación:

1, 033,946.

Encontrándose el costo por tonelada procesada de \$ 3.57 por kg de acero procesado.

Además el costos por prueba de canal en la universidad de Valdivia (Chile) es de \$ 13,500 y los costos por clasificación son de \$ 36,900 sin incluir IGV.

6.2.5 Comparación de materiales en otras construcciones

La embarcación Isabelita construida en el año 2008 fue realizado el casco referenciándose a un modelo de casco intrépido, al cual se realizarlo el incremento de 8 mts de eslora, modificaciones estructurales que contempla la nueva distribución de los compartimentos, distribución de los tanques combustible, tanques de aceites hidráulicos, tanques de aceite lubricantes y tanques de lodos. Dicho modelo de casco se tomo como referencia para las embarcaciones que se realizaran la comparación de costo para construcción del casco. Los resultados obtenidos son presentados a continuación:

Tabla 6.15: Resumen de materiales de la construcción E/P
 “Isabelita” de Eslora 52.7 m, Manga 10.10, Puntal 5.0 m
 - Año construcción: 2008

Nº	Descripción	Materiales Acero Peso (kg)	Mano obra Horas (H-H)	Insumos para construcción		
				Soldadura (kg)	Oxigeno (kg)	Acetileno (kg)
1	Pre - diseño, diseño	0	3,676	0	0	0
2	Casco y castillo	250,044	40,225	9,292	7,340	5,059
3	Bulbo de proa	9,147	1,652	490	360	221
4	Bulbo de popa	4,363	777	522	170	127
5	Caseta y puente	25,518	4,466	1,003	854	359
Total		289.072	50,796	11,307	8,724	5,766

Tabla 6.16: Resumen de materiales de la construcción E/P “Tasa 55” de Eslora 48.0 m, Manga 10.10, Puntal 5.0 m - Año construcción: 2004

Nº	Descripción	Materiales Acero Peso (kg)	Mano de obra Horas (H-H)	Insumos para construcción		
				Soldadura (kg)	Oxigeno (kg)	Acetileno (kg)
1	Pre - diseño y diseño	0	2,460	0	0	0
2	Casco, bulbo, castillo	280,570	56,426	10,514	9,855	5,305
3	Caseta y puente	20,790	3,226	545	332	228
Total		301,360	62,112	11,059	10,187	5,533

Tabla 6.17: Resumen de materiales de la construcción E/P “Kiara B” de Eslora 48.0 m, Manga 10.10, Puntal 5.0 m - Año construcción: 2003

Nº	Descripción	Materiales Acero Peso (kg)	Mano de obra Horas (H-H)	Insumos para construcción		
				Soldadura (kg)	Oxigeno (kg)	Acetileno (kg)
1	Pre – diseño, diseño	0	1,120	12	0	0
2	Casco, bulbo, castillo	250,783	43,379	7,479	8,435	4,783
3	Caseta y puente	16,167	3,119	486	639	376
Total		266,950	47,618	7,977	9,074	5,159

6.3.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

El costo estimado del acero procesado (\$ 3.67) resulto un valor muy aproximado al costo real del acero procesado (\$ 3.57) para la construcción del casco de la embarcación.

El costo real del acero procesado por kg es de \$ 3.57 el cual esta dentro de los ratios de producción de los astilleros.

Realizando la comparación de las tablas 6.15, 6.16 y 6.17 se observa que los materiales consumidos para la construcción del casco de la embarcación pesquera isabelita son similares a embarcación de tamaño menores (E/P "Kiara B", eslora 48.0 m); resultando en algo positivo para el objetivo del proyecto.

CONCLUSIONES

1. La sociedad de clasificación Germanischer Lloyd dedica dentro de sus reglamentos de clasificación y construcción una parte a las embarcaciones pesqueras, resaltando la gran importancia de la pesca en el sector naval. En la cual se detalla los requerimientos que se deben cumplir para la construcción integral y clasificación del casco, superestructura y equipamiento de la embarcación.
2. Los reglamentos de clasificación y construcción de buques de pesca de la Germanischer Lloyd contiene una sección de principios de diseño y definiciones de carga del casco y superestructuras que reflejan el análisis teórico a que está sometido el casco de una embarcación pesquera. Es por ello que las diferentes zonas críticas según el análisis teórico coinciden con la estructura más robusta según las fórmulas prácticas de la sociedad de clasificación.
3. En el capítulo 4, párrafo 4.6.1 se planteó la hipótesis de la rigidez de la viga longitudinal en 3D, la cual es comprobada en este párrafo, por ello se considera para el modelo en 2D una buena aproximación la restricción vertical de los extremos de la plancha del casco, producto de esta hipótesis y las consideraciones de diseño para el proyecto se encontró que las cuadernas de bodegas, zonas críticas, cumplen con las exigencias de diseño.

y el factor de seguridad y no es sobredimensionado según el margen de seguridad.

4. En el capítulo 6, párrafo 6.1 se encuentra las comparaciones de materiales consumidos para la construcción del casco en estudio (E/P "Isabelita", eslora 52.7 m) el cual son similares a embarcación de tamaño menores (E/P "Kiara B", eslora 48.0 m); resultando en algo positivo para el objetivo del proyecto.
5. En el capítulo 3, párrafo 3.4.12 se realizó el estudio de la resistencia longitudinal del casco de la embarcación pesquera encontrándose que la zona más crítica se presenta cuando la embarcación carga totalmente las bodegas (condición de arrufo) donde la cubierta se encuentra en la condición de compresión. Conforme la eslora de la embarcación aumenta se incrementa la carga en bodegas y el esfuerzo por compresión en la cubierta, incrementándose el problema.
6. Mediante la experiencia y la comprobación de hipótesis realizados por las sociedades de clasificación en sus principios de diseño es que simplifican las fórmulas aplicables al dimensionamiento de la estructura del casco resultando sencillo y fácil.
7. Las reglas de clasificación y construcción de la germanischer Lloyd con la retroalimentación en sus bases de datos, el avance tecnológico, un fácil uso y sólidos principios de ingeniería pueden hacer de una oficina de diseño competitivo, reducir al mínimo el riesgo de litigios y costos de pre-diseño.

RECOMENDACIONES

1. En el capítulo 3, párrafo 3.2.2 se han considerado el tipo de estructura (longitudinal), distribución de los compartimientos, cubiertas y cielo de tanques para disminuir la longitud libre de los refuerzos y poder optimizar las dimensiones de los elementos de la estructura del casco y los reforzamientos de los mamparos estancos como enuncia en las normas de sociedad de clasificación. Con la adecuada distribución de los mamparos laterales y cielo de cubierta de tanques se disminuyen la robustez de los refuerzos y además el costo de los materiales y pesos en la embarcación.
2. El modelo de análisis de elementos finitos es un instrumento valioso que es aplicable a las estructuras marinas. El modelo de panel son empleados para la visualización de la distribución de esfuerzos y poder identificar las zonas de con mayor concentración de esfuerzos. Sin embargo un modelo de vigas puede ser creado en una fracción de tiempo a un modelo de panel y el tiempo a calcular utilizando el modelo de vigas es mucho menor. Siendo recomendable el modelo de vigas en 3D para el análisis de la estructura del casco y poder así contar con todos los refuerzos de casco en la zona del modulo de bodegas.
3. Para el proceso de optimización de la estructura del casco en términos de peso teniendo en cuenta la factibilidad de la construcción resultando en una

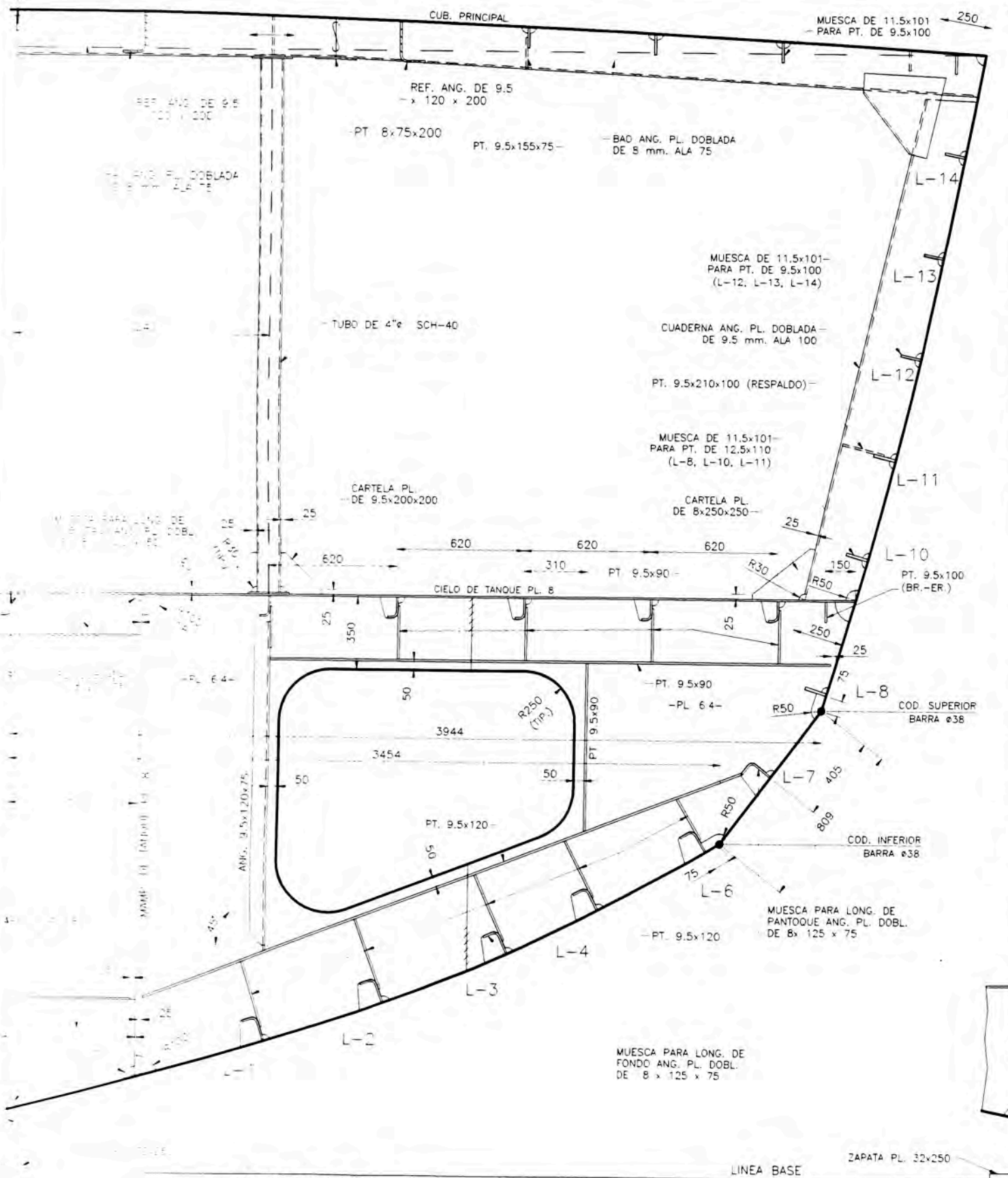
construcción eficiente y económica. La opción mas recomendable es el software de SAP 2000 resultando muy útil para acelerar el proceso de optimización y contar con gráficos tridimensionales fáciles de visualizar.

4. Una construcción que se realice conforme a las reglas de clasificación y construcción de la Germanischer Lloyd es un poco más cara que una construcción sin clasificación pero seguramente aumenta la seguridad, el valor y rentabilidad del barco. Además tener la confianza de los bancos, reducción en el costo para asegurar la embarcación y seguimiento del mantenimiento de las embarcaciones pueden eliminar muchos problemas ahorrando mucho dinero al armador.
5. Se recomienda poder contar con una política crediticia bien establecida para el sector pesquero, especialmente en los que se refiere a nuevas construcciones de barcos, pues se ha comprobado que las políticas de crédito para este sector son escasas.
6. En la actualidad la maniobras de pesca se realizan en forma automática utilizando equipos de pesca que maniobran una carga de hasta 17 toneladas es por ello que se debe realizar un análisis de las cargas locales sobre la base y el reforzamiento de cubierta por los equipos de pesca. Durante el diseño de la estructura de la cubierta se considera que las alturas de los refuerzos no sean muy pequeñas para poder realizar el reforzamiento bajo cubierta de estos equipos. Además para este tipo de reforzamiento se utiliza software en elementos finitos para resolver el problema.

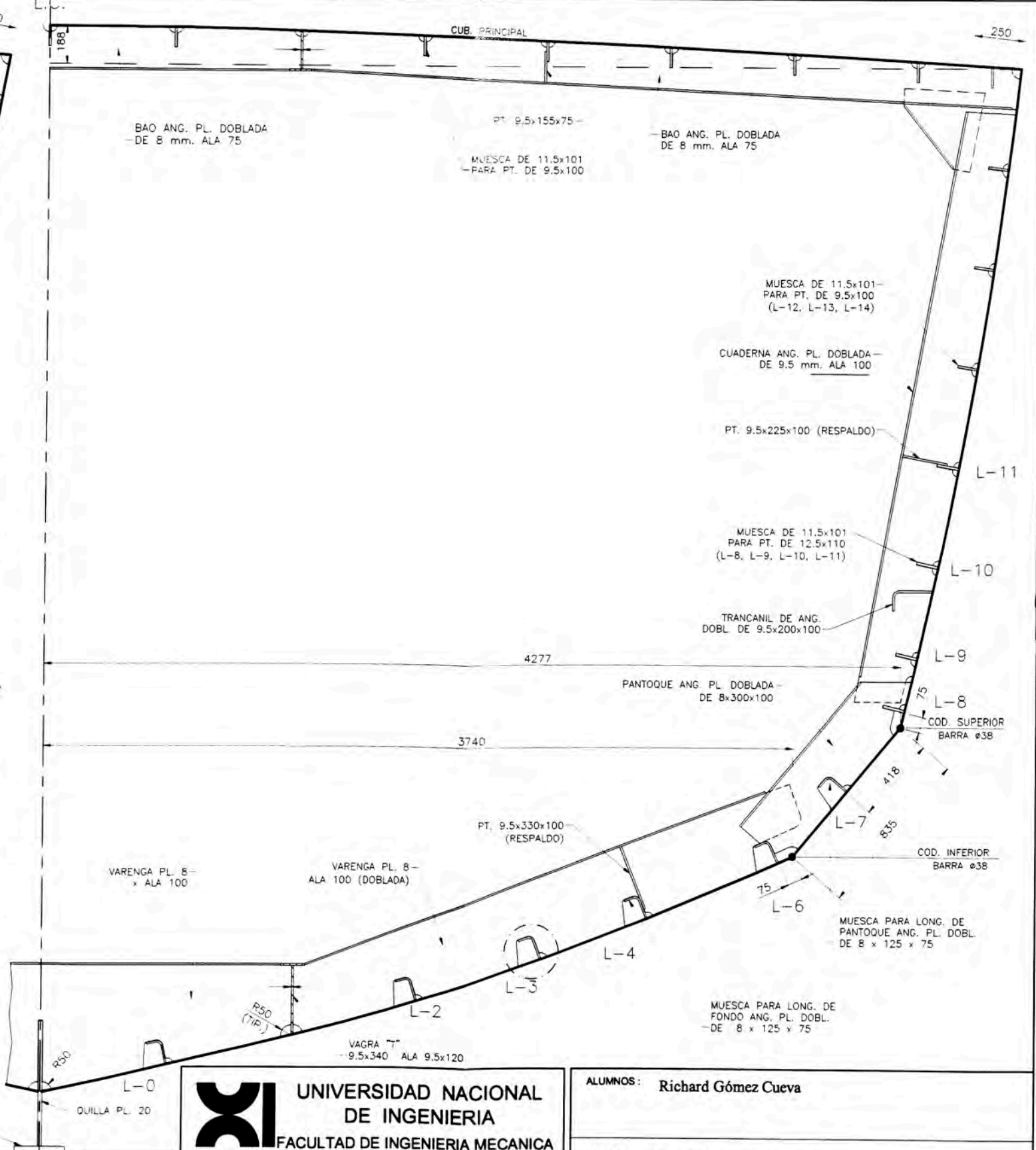
BIBLIOGRAFÍA

- 1.- DOMINGUEZ, R. MARTIN. Calculo de Estructuras de Buques, Construcción Naval, Volumen I, ETSIN, 1969, párrafo 4.8.
- 2.- DOMINGUEZ, R. MARTIN. Calculo de Estructuras de Buques, Construcción Naval, Volumen II, ETSIN, 1969.
- 3.- D' ARCANGELO, A. M. Guia para estructuras de buques, Cornell Maritime Press, Inc., Centreville, Maryland, 1979, págs. 3-11.
- 4.- BONILLA DE LA CORTE, A. Teoría del Buque, A.B. Galicia, Vigo, 1972, pág. 499.
- 5.- BONILLA DE LA CORTE, A. Construcción naval y Servicios,, A.B. Galicia, Vigo, 1984, págs. 137-141.
- 6.- MARÍN, JOSÉ R. Ph. D. Estructura de una embarcación pesquera bajo torsión y flexión lateral, Revista tecnológica Nº. 11, Vol. I, 1994, págs. 1.
- 7.- IPEN, Pan-American Congress of engineering, maritime transportation and port engineering, Revista tecnológica Nº. ISSN 1011-5951, 1995, págs. 51 - 56.
- 8.- GERMANISCHER LLOYD. Reglamentos de Clasificación y Construcción - Buques de pesca, GERMANISCHER LLOYD, Vorsetzen 32, 1991.pag. 8.3.1.
- 9.- HUGHES, OWEN F. Ship Structural Design, A rationally-Based, Computer-Aided Optimization Approach, SNAME, Virginia, 1988. págs. 6-8.

- 10.- BARRIOS, ANTONIO. Resistencia Longitudinal de los Buques – Aspectos prácticos de cálculo, Revista tecnológica INGENIERIA NAVAL N°. 504, junio 1977.
- 11.- GUERRERO GARCÍA, GERARDO. Construcción naval y teoría del buque, 1969.
- 12.- Mandelli, Antonio. Elementos de Arquitectura naval, Editorial Alsina, Buenos Aires, 1986.
- 13.- BLEICH, F. Buckling Strength of Metal Structures, Mac Graw Hill Book Co., New York, 1952.
- 14.- MUCKLE, W. Strength of Ship's Structures, Edward Arnold Ltd. London, Londres, 1967, págs. 1-12.
- 15.- SINGER, F. Resistencia de Materiales, HARLA, México D.F., 1971, págs. 162-163.



CUADERNA N° 7
MIRANDO A POPA
ESCALA: 1/20



CUADERNA N° 8
MIRANDO A PROA
ESCALA: 1/20

MATERIAL: ACERO NAVAL GRADO A - BARRA AC SAE 1020 - TUBO ASTM A-53B

TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES SIN TOLERANCIAS ESPECIFICADAS

ESTE STANDARD EN CONCORDANCIA CON EL STANDARD ISO 2768-1:1989 (E), ESTABLECE LAS TOLERANCIAS (DESVIACIONES PERMISIBLES) PARA DIMENSIONES SIN TOLERANCIAS ESPECIFICADAS PARA COMPONENTES METALICOS MANUFACTURADOS POR MAQUINADO (SERIE MEDIA) Y DIFERENTE SOLDADURA (SERIE GRUESA Y SERIE MAS GRUESA), DE ACUERDO A INSTRUMENTOS DE MEDICION DEL TALLER

TOLERANCIA	HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400	MAS DE 400 HASTA 1000	MAS DE 1000 HASTA 2000	MAS DE 2000 HASTA 4000
Serie fina	± 0,05	± 0,05	± 0,10	± 0,15	± 0,20	± 0,30	± 0,50	-
Serie media	± 0,10	± 0,10	± 0,20	± 0,30	± 0,50	± 0,80	± 1,20	± 2,00
Serie gruesa	-	-	± 1,00	± 1,00	± 1,00	± 2,00	± 3,00	± 4,00
S mas gruesa	-	-	± 1,00	± 2,00	± 3,00	± 4,00	± 6,00	± 8,00



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA NAVAL

DISEÑO: Richard Gómez Cueva

DIBUJO: Richard Gómez Cueva

REVISIÓN: Ing. Victor Acosta Pastor

OBSERVACIÓN:

CLASIFICACIÓN:

FECHA: 20 de Abril del 2011

ESCALA: 1:25

ALUMNOS: Richard Gómez Cueva

ASESOR: Ing. Victor Acosta Pastor

CURSO: PROGRAMA DE TITULACION PROFESIONAL

PROYECTO: BUQUE PESQUERO DE 500 M³

TITULO DEL PLANO: DETALLE DE CUADERNAS

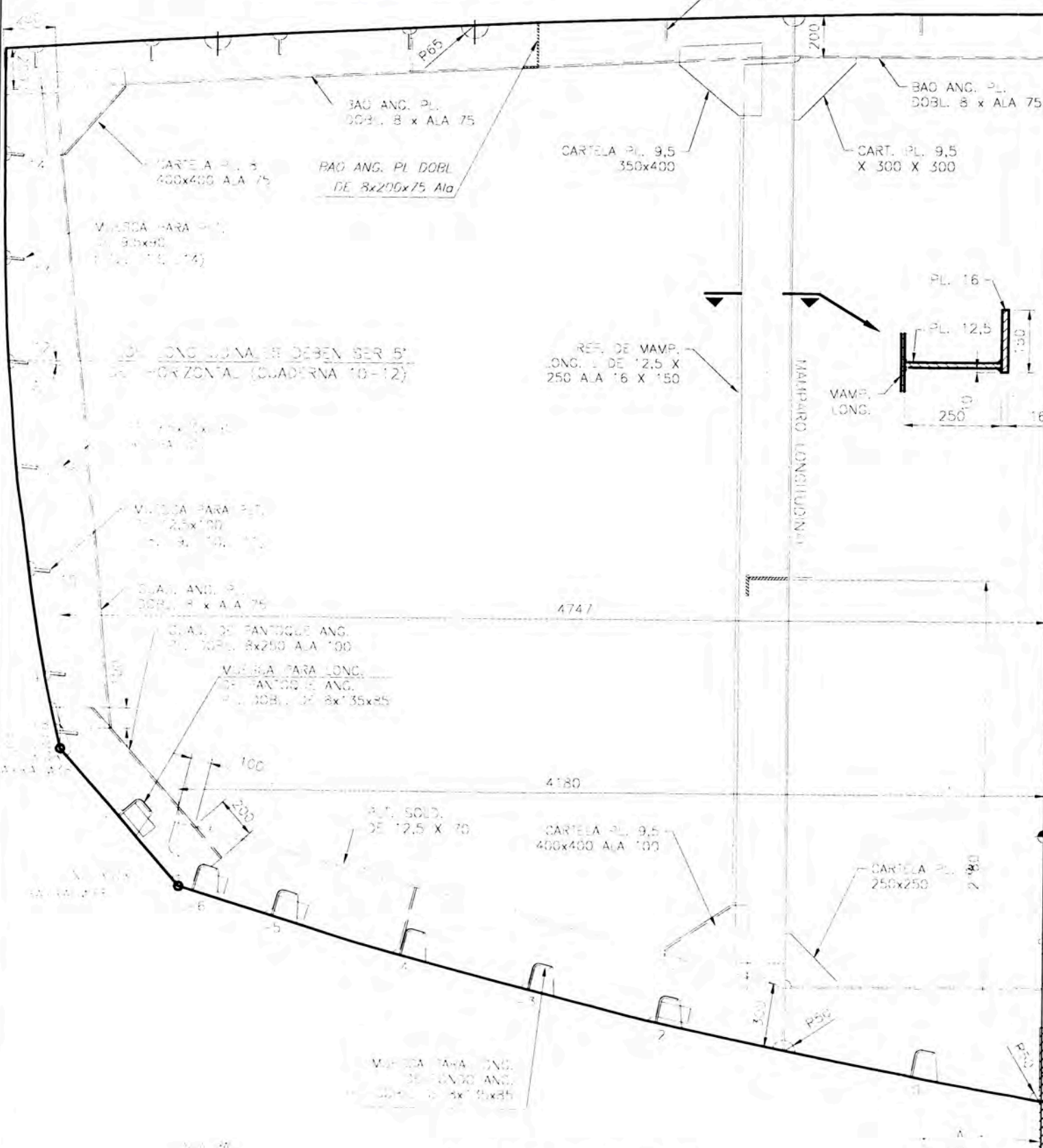
PLANO N°: Plano_02

HOJA: 1/2

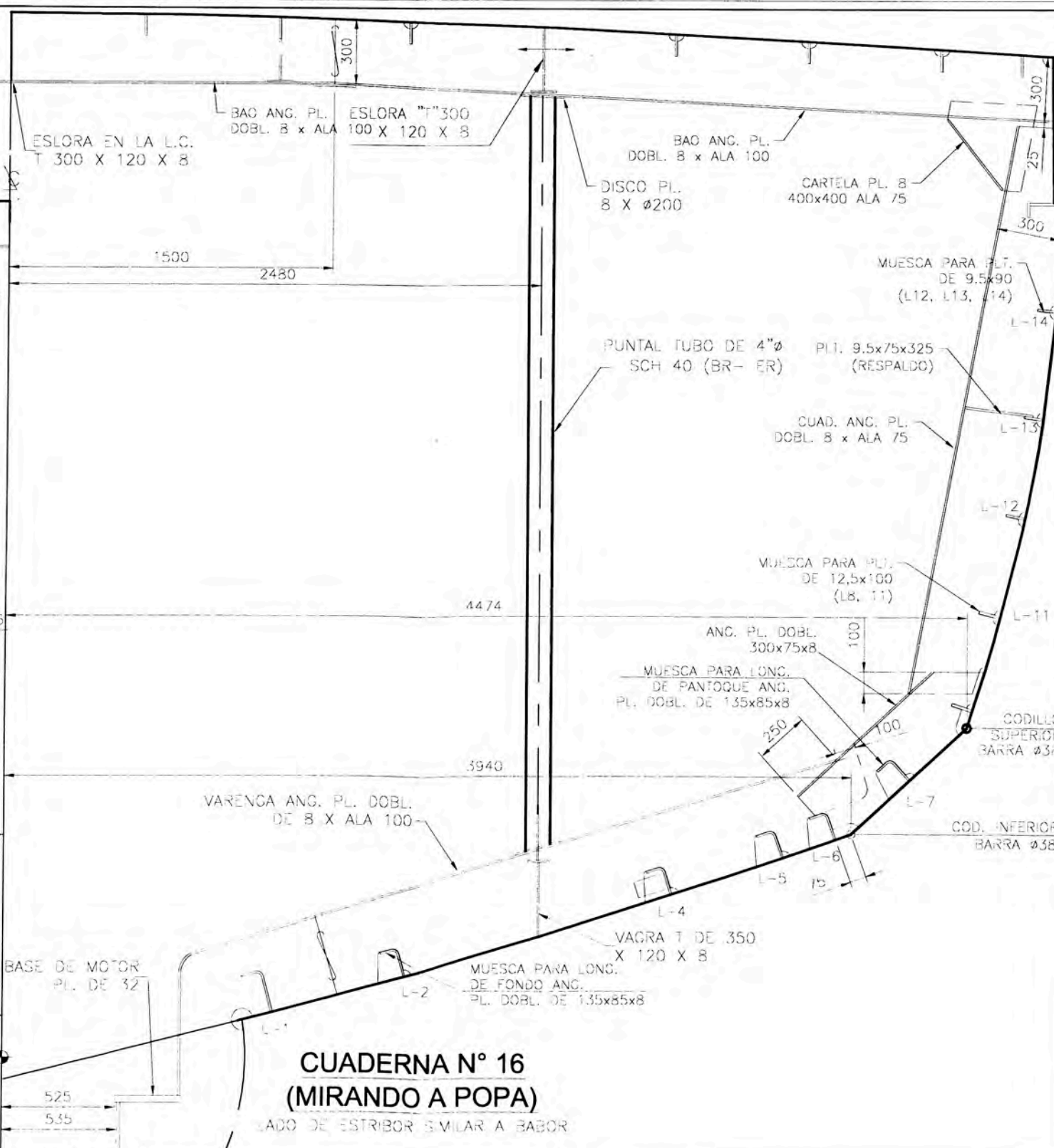
TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES SIN TOLERANCIAS ESPECIFICADAS

ESTABLECIDA POR EL INSTITUTO VENEZOLANO DE NORMALIZACION (CIVIL) EN 1989 (SISTEMA METRICO) PARA SERVICIOS DE INGENIERIA MECANICA EN LOS CAMPOS DE LA CONSTRUCCION Y LA FABRICACION DE COMPONENTES METALICOS MANUFACTURADOS POR MAQUINADO (SERIE MEDIA) Y SERVICIOS DE INGENIERIA MECANICA EN LOS CAMPOS DE LA CONSTRUCCION Y LA FABRICACION DE COMPONENTES METALICOS MANUFACTURADOS POR MAQUINADO (SERIE FINA)


TOLERANCIA	MAS DE 0	MAS DE 5	MAS DE 10	MAS DE 20	MAS DE 40	MAS DE 100	MAS DE 200	MAS DE 400
LONGITUD	±0,05	±0,05	±0,10	±0,15	±0,20	±0,30	±0,50	±0,70
DIAMETRO	±0,05	±0,05	±0,10	±0,15	±0,20	±0,30	±0,50	±0,70
ANCHO	±0,05	±0,05	±0,10	±0,15	±0,20	±0,30	±0,50	±0,70
ALTO	±0,05	±0,05	±0,10	±0,15	±0,20	±0,30	±0,50	±0,70
ANGULO	±1,00	±1,00	±1,00	±1,00	±2,00	±3,00	±4,00	±5,00
PERFORACION	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10	±0,10

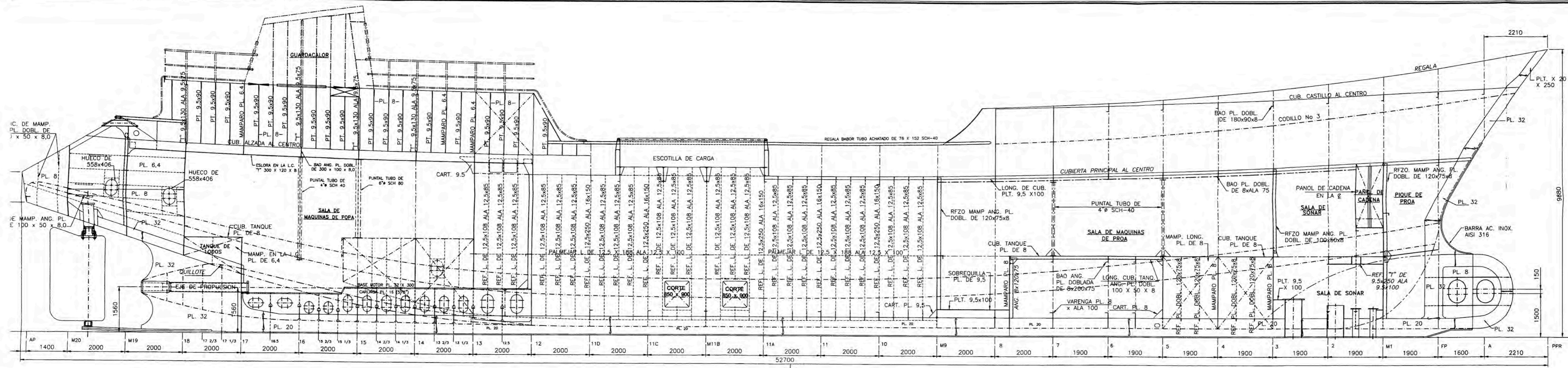


**CUADERNA N° 11A
(MIRANDO A PROA)**

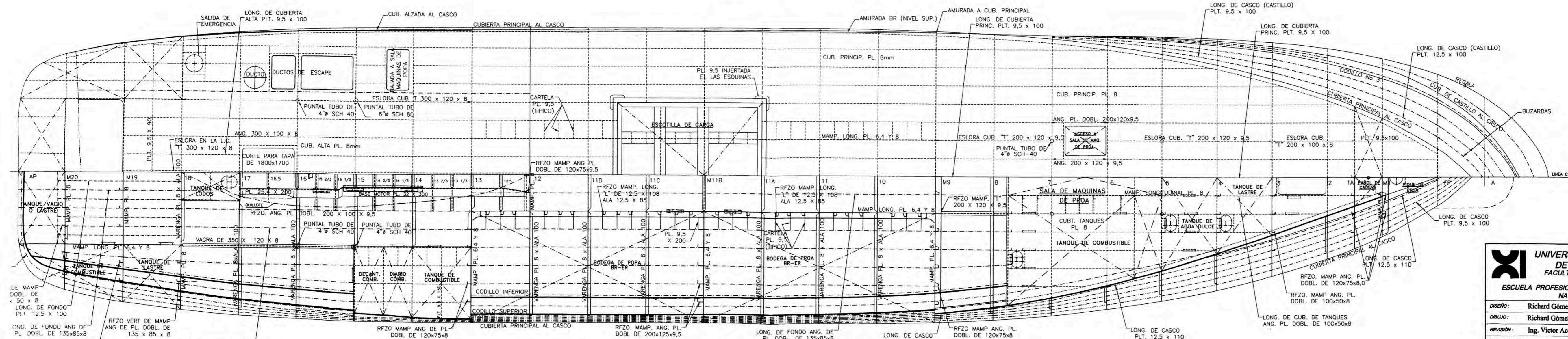


**CUADERNA N° 16
(MIRANDO A POPA)**

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA NAVAL	ALUMNOS: Richard Gómez Cueva
	ASESOR: Ing. Victor Acosta Pastor
	CURSO: PROGRAMA DE TITULACION PROFESIONAL
	PROYECTO: BUQUE PESQUERO DE 500 M ³
	TITULO DEL PLANO: DETALLE DE CUADERNAS



ELEVACION LONGITUDINAL



VISTA DE PLANTA CUBIERTA-FONDO

NOTA IMPORTANTE:
CAPACIDAD DE BODEGAS = 499,87 m³

PLANCHAJE:
 PLANCHAJE DE APARADURA = PL. 12.7 mm.
 PLANCHAJE DE FONDO = PL. 9.5 mm.
 PLANCHAJE DE PANTOQUE = PL. 9.5 mm.
 PLANCHAJE DE CASCO = PL. 8.0 mm.
 PLANCHAJE DE CUBIERTA = PL. 8.0 mm.

NOTAS:
 1.- PLANO ELABORADO EN BASE AL PLANO No. E-274-2-1-2100-1 ESTRUCTURA GENERAL ELEVACION DE MARCO SEATILE
 2.- PARA LA LONGITUD DE LOS COMPARTIMENTOS DE BODEGAS Y PROA VER REF. No 6

REFERENCIA:
 1.-SCH-160-102-----LINEAS DE FORMA
 2.-SCH-160-117-----SECCIONES TÍPICAS Y ESPECIF. DE SOLDADURA
 3.-SCH-160-104-----SECCIONES MEDIAS
 4.-SCH-160-119-----ESTRUCTURA DEL BULBO DE PROA
 5.-SCH-160-105-----RODA, QUILLA Y SOBREQUILLA
 6.-SCH-160-122-----DISPOSICION DE TANQUES
 7.-SCH-160-112-----BASE DE MOTOR PRINCIPAL

ESPECIFICACIONES DE SOLDADURA:
 1.- PROCESO DE SOLDADURA: SMAW/GMAW/SAW
 2.- ELECTRODOS A USAR: CELCOR, OVERCORD, ER 70S-6 Y EL-12
 3.- ESPECIFICACIONES DE SOLDADURAS:
 - CUBIERTO POR EPS ET-SOLD-01/17
 - CUBIERTO POR EPS ET-SOLD-02/18
 - CUBIERTO POR EPS ET-SOLD-03/19
 - CUBIERTO POR EPS ET-SOLD-83

CARACTERISTICAS GENERALES
 ESLORA TOTAL = 52,70 m
 MANGA MOLDEADA = 10,10 m
 PUNTA MOLDEADA = 5,00 m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA NAVAL	ALUMNOS:	Richard Gómez Cueva	
	ASESOR:	Ing. Victor Acosta Pastor	
	CURSO:	PROGRAMA DE TITULACION PROFESIONAL	
	PROYECTO:	BUQUE PESQUERO DE 500 M ³	
DISEÑO: Richard Gómez Cueva DIBUJO: Richard Gómez Cueva REVISION: Ing. Victor Acosta Pastor OBSERVACION: CLASIFICACION:	TITULO DEL PLANO:	ESTRUCTURA GENERAL	
FECHA	ESCALA	PLANO Nº	HORA
7 de mayo del 2007	1:75	Plano_01	1/1

APÉNDICE

Simbología y Definiciones

Simbología:

θ : Ángulo de escora.

D: Desplazamiento de buque.

Definiciones:

- Acoderar:** Dar una codera, estando la embarcación fondeada, para presentar un costado en forma determinada.
- Adrizar:** Colocar el barco en posición vertical (en la dierección de la drizas), es la acción contraria a escorar.
- Amantillo:** Cabo o cable que sirve para sostener, mantener horizontalo en un ángulo determinado la botavara el tangón o alguna otra percha.
- Aparadura:** En los barcos de acero forrados con planchas, es la primera traca del fondo cuyo costado interno encaja en el alefriz.
- Apopar:** Acción de aumentar el calado en popa trasladando pesos.
- Arboladura:** El conjunto de Imástiles de un barco.
- Arrufo:** Curvatura longitudinal que se da al casco produciendo una elevación de la proa y la popa, a fin de evitar el embarque de agua.
- Babor:** Lado izquierdo del barco, visto de popa a proa.
- Baos:** Vigas dispuesta transversalmente que apoyan en las cabezas de las cuadernas. Sirven para sostener la cubierta y rigidizar el casco en el sentido transversal.
- Bitá:** Pieza metálica de uno o más brazos que sirven para amarrar un cabo o cable.

- Bularcamas:** Cuadernas reforzadas que se intercalan entre las cuadernas normales unos barcos grandes o buques.
- Cabecear:** Uno de los movimientos del barco consistente en una elevación y descenso alternativos de la proa y la popa, debido a las olas de proa.
- Calado:** Profundidad máxima a la que se sumerge la parte inferior del quillote, medida desde la línea de flotación.
- Calado de diseño:** Es el correspondiente al desplazamiento máximo del barco.
- Cuaderna:** Miembro estructural transversal que nace en la quilla y se extiende hacia los costados dándole rigidez.
- Cubierta:** Cierre superior del casco que se contribuye a la estanqueidad del mismo y que permite la existencia de un espacio habitable para la tripulación.
- Cubierta principal:** En los buques suele haber varias cubiertas. Se llama principal a la que cierra el casco dándole estanqueidad y resistencia. También se llama cubierta de intemperie.
- Desplazamiento:** Es el peso del volumen del agua que desplaza la parte sumergida del barco. Es igual al peso del barco.
- Escora:** Inclinação del barco con respecto a la vertical.
- Eslora:** Longitud de la embarcación.
- Estay:** Cable que da sustento al mástil en el sentido de proa-popa.
- Estribor:** Lado derecho de la embarcación mirando de popa a proa.
- Forro:** Conjunto de tablas, maderas o, en el caso de buques, chapas que cubren la estructura del casco, proporcionándole estanqueidad.
- Lastre:** Material de alto peso específico (plomo o hierro), que se coloca en el quillote para aumentar la estabilidad del barco.
- Línea de flotación:** Es aquella que coincide con la superficie del agua cuando el barco flota en su calado de diseño separando la obra viva de la obra muerta.
- Línea de posición:** Es la sucesión de los posibles puntos de ubicación de un barco con respecto a un punto notable.

- Manga:** Ancho del barco.
- Maniobra:** Evolución del barco en el agua. Nombre genérico que se da a un conjunto de cabos y/o aparejos.
- Pantoque:** Parte del casco. Zona de transición entre el fondo y el costado, generalmente de forma curva.
- Popa:** Parte trasera de la embarcación.
- Proa:** Parte delantera de la embarcación.
- Quebranto:** Deformación, flexión del casco, que produce un descenso de la proa y de la popa.
- Quilla:** Elemento estructural que corre de proa a popa siendo el principal refuerzo longitudinal, en el cual descargan los demás. Equivale a la columna vertebral. En la quilla encastran las cuadernas, la rodav el codaste.
- Sección maestra:** Es la myor de las secciones transversales, la que coresponde a la manga máxima.
- Vagra:** Miembro estructural longitudinal paralelo a la quilla que refuerza el casco contra la flexión.
- Varenga:** Pieza estructural transversalque se afirma en la quilla y enlaza las ramas de una cuaderna.
- Zapata:** Tablazón compuesta de una o varias piezas, que se afirma a la quilla por su lado exterior, como refuerzo o relleno para bajar más el lastre.