

T
623.828
A473

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA MARITIMA Y CIENCIAS DEL MAR



BIBLIOTECA

"DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN BUQUE TANQUE PARA CABOTAJE
NACIONAL CUMPLIENDO CON LAS RECOMENDACIONES DE LA OMI
(IMCO)"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO NAVAL

Presentada por:

JOSE ALVAREZ MONTERO



1988

ECUADOR

AGRADECIMIENTO

AL ING. RAUL COELLO F

Director de Tesis, por el
apoyo, colaboracion, y
sobre todo por su gran
paciencia en el
desarrollo de esta Tesis.

D E D I C A T O R I A

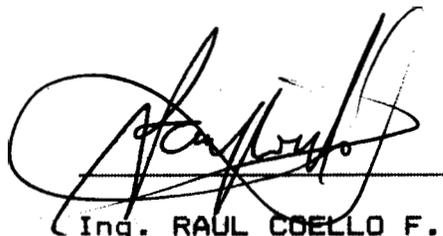
AL SUPREMO CREADOR

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS



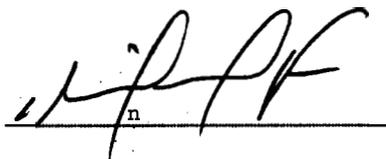
Ing. JORGE FAYTONG D.
Presidente Tribunal



Ing. RAUL COELLO F.
Director de Tesis



Ing. WILMO JARA C.
Miembro Principal



Ing. MIGUEL FIERRO S.
Miembro Principal

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Titulos profesionales de la ESPOL).

JOSE FELIX ALVAREZ MONTERO.

RESUMEN

En el diseño estructural de un buque tanquero de productos, para cabotaje nacional, proponemos en base a la infraestructura de puertos de carga existentes, así como rutas de navegación, las características de carga que debe cumplir tal buque.

El buque por razones de seguridad, cumplirá con los requerimientos de SOLAS, MARPOL y de ABS.

Como primer paso, determinamos las dimensiones principales, líneas de forma, distribución general preliminar; posteriormente se comprueba tal compartimentado con las curvas de esloras permisibles. En esta etapa, se estima los pesos preliminares.

Obtenemos una estructura preliminar, calculando uno por uno, los principales elementos estructurales, de tanques de carga, y piques de proa y popa; a continuación balanceamos el buque, con sus curvas de pesos, boyantez (arrufo, quebranto y aguas tranquilas), cargas, fuerzas cortantes y momentos flectores. Posterior al cálculo del módulo seccional de la maestra, y con los máximos valores de las dos curvas anteriores, encontramos los esfuerzos a la flexión y cortante.

Se optimizan todos los planchajes y perfiles reforzados principales, en base a un mejor criterio de ancho efectivo, y del análisis de estabilidad al pandeo de ellos, (a compresión, cortante, flexión o una combinación).

Se detiene el cálculo, al comprobarse que los máximos esfuerzos por flexión del buque viga, y por cortante calculados, están por debajo de los máximos permitidos; y que el peso general de la estructura ha variado muy ligeramente.

INDICE DE ABREVIATURAS

a	Longitud de planchaje.
A	Area total.
α	Relación de aspecto (a/b)
b	ancho de planchaje.
B	Manga del buque.
b_m	ancho efectivo de planchaje.
BHP	Fotencia al freno.
C_1	factor de correlación.
C	factor de resistencia.
C_b	Coeficiente de block.
D	Puntal.
D_w	Peso muerto.
d	Calado.
Δ	Desplazamiento.
EHP	Potencia efectiva.
E	Módulo de Young.
E_t	Módulo de elasticidad tangencial.
F	Fuerza cortante.
f	Francobordo.
f_t	Francobordo tabular.
f_p	Esfuerzo permisible.
H	Calado,cabezal hidrostático.
hw	Altura de ola según PNA.
h_w	Altura de ola según ABS.
i_0	Inercia de un refuerzo, respecto a su centroide.
I	Inercia de la sección maestra.
k	Coeficiente de placa.
L	Eslora, luz de un refuerzo.
l	Longitud de castillos,superestructuras...
l_b	Luz entre puntos de apoyo.
m	Factor de amplificacibn.
M	Momenta flector. M_t Momento flector total.
M_w	Momenta flector en ola.
M_{sw}	Momento flector en aguas tranquilas.
N	revoluciones por minuto
η_{Np}	Eficienria propulsiva.
n	Número de elementos.
π	Pi
p	Presión hidrostática.
P	Carga uniformemente distribuida.
P_{pr}	Perpendicular de proa.

IX

P_{pp}	Perpendicular de popa.
Q	Momenta de Area.
q	Carga triangular.
SHP	Potencia al eje.
S	Clara entre anillns.
s	Clara entre langitudinales.
Σ	Sumatorio.
SM	módulo seccional
\int	Integral.
	Esfuerzo par flexibn.
σ_p	Esfuerzo permisible, limite proporcional
σ_{cr}	Esfuerzo critico al pandeo.
σ_y	Esfuerzo a la fluencia.
σ_e	Limite elástico.
T	Esfuerzo por cartante.
t	Espesor de planchaje.
V	Velocidad del buque, valumen de desplazamiento.
ν	Coficiente de Foisson.
w	deflexión de planchaje.
Z	Módulo seccional.

INDICE GENERAL

	Pag
RESUMEN	VI
INDICE DE ABHEVIATUHAS.....	VIII
INDICE GENERAL	X
INDICE DE FIGURAS,.....	XIII
INDICE DE CUADROS,.....	XVI
INTRODUCCION,.....	20
I. CONTAMINACION MARINA Y REGLAMENTOS DE PREVENCION.....	22
1.1 El petróleo y sus derivados.....	22
1.2 La contaminación marina y sus efectos.....	18
1.3 Regulaciones nacionales sobre contaminación marina,.....	33
1.4 Regulaciones internacionales sobre con- taminación.El convenio MARPOL y su in- fluencia en el diseño estructural de buques de carga y tanqueros.....	36
1.5 Recomendaciones sobre equipo y sistemas requeridos por los buques nacionales existentes, para cumplir con las reco- mendaciones de la OMI.....	43
II DETERMINACION DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES DEL BUQUE.....	48
2.1 Los requerimientos del armador (buque pa- ra tráfico nacional), selección de la Ca- sa Clasificadora.....	48

2.2	Determinación de eslora, manga, calado, coeficiente block y el desplazamiento.....	59
2.3	Estimación preliminar del francobordo y curva de arrufo, puntal.....	71
2.4	Estimación preliminar de la potencia.....	77
2.5	Líneas de forma, cálculo de los principales atributos de carena.....	81
2.6	Posición de los principales mamparos mamparos del buque.....	88
2.7	Estimación preliminar de pesos.....	117
111	PROCESO ITERATIVO PARA LA DETERMINACION DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL BUQUE.....	124
3.1	Distribución estructural preliminar, asumida.....	124
3.2	Balaceo del buque en la ola: la curva de pesos, las curvas de boyantez (arrufo y quebranto), las curvas de cargas, las curvas de fuerzas cortantes, las curvas de momentos flectores, las curvas de módulos seccionales.....	239
3.3	Cálculo de esfuerzos causados por los momentos flectores longitudinales y fuerzas cortantes.....	289
3.4	Cálculo de la estabilidad al pándeo, fondo, doble fondo, costados, mamparos	

	Pag
transversales y longitudinales,baos cuadernas,varengas,vagras,etc., dentro de 0.4L.....	.300
3.5 Cálculo de escantillones de estructura- les de proa y popa (fuera de 0.4L).....	321
3.6 Optimización de los escantillones de cubierta,fondo,doble fondo,costados, mamparos,etc., en base a resultados de estabilidad al pando, reglas de clasi- ficación y regulaciones de la IMO..	322
IV DISTRIBUCION GENERAL DEFINITIVA.....	358
4.1 Escantillones definitivos de cubierta, fondo,doble fondo,costados, mamparos, cuadernas y demás estructurales. Especificaciones de planchas y estruc- turales.....	358
4.2 Sistemas y equipos adicionales requeri- dos por SOLAS Y MARPOL....	363
CONCLUSIONES.....	366
RECOMENDACIONES.....	371
APENDICES....	376
BIBLIOGRAFIA.....	484



BIBLIOTEC

INDICE DE FIGURAS

FIG #1	Relaciones peso muerto/Desplazamiento	61
FIG #2	Relaciones eslora/manga	63
FIG #3	Relaciones eslora/calado	64
FIG #4	Relaciones eslora/peso muerto	65
FIG #5	Relaciones L/D y L/B, tanqueros	66
FIG #6	Relaciones B/d y B/D, tanqueros	67
FIG #7	Relaciones despl vs eslora, Cb	68
FIG #8	Factor de correlación C_1	79
FIG #9	FORM DATA N2F	85
FIG #10	FORM DATA N2A	86
FIG #11	Cuadernas de proa	87
FIG #12	Cuadernas de popa	87
FIG #13	Longitud de espacios de máquinas	92
FIG #14	Posición de mamparo Longitudinal	97
FIG #15	Distribución, alternativa #1	104
FIG #16	Distribución, alternativa #2	104
FIG #17	Eslora inundable, máxima carga	112
FIG #18	Eslora inundable, hundimiento paralelo	113
FIG #19	Eslora inundable, avería F1	113
FIG #20	Eslora inundable. avería F2	114
FIG #21	Eslora inundable. avería F3	114
FIG #22	Eslora inundable. avería A1	115
FIG #23	Eslora inundable. avería A2	115
FIG #24	Eslora inundable. avería A3	116

Pag

FIG #25 Curva de esloras inundables	116
FIG #26 Peso neto de acero del casco	121
FIG #27 Peso de accesorios	122
FIG #28 Peso de Ingeniería del caeca	122
FIG #29 Peso de maquinaria	123
FIG #30 Refuerzos horizontales, mamp. transv	165
FIG #31 Olas, quebranto y arrufo, PNA	274
FIG #32 Olas, quebranto y arrufo, ABS	275
FIG #33 Curva de boyantez, aguas tranquilas	275
FIG #34 Curva de bayantex, quebranto ABS	276
FIG #35 Curva de boyantez, quebranto PNA	276
FIG #36 Curva de boyantez, arrufo ABS	277
FIG #37 Curva de boyantet, arrufo PNA	277
FIG #38 Curva de pesos totales	278
FIG #39 Curva de cargas, aguas tranquilas	278
FIG #40 Curva de cargas, quebranto ABS	279
FIG #41 Curva de cargas, quebranto PNA	279
FIG #42 Curva de cargas, arrufo ABS	280
FIG #43 Curva de cargas, arrufo PNA	280
FIG #44 Curva de cortantes, aguas tranquilas	281
FIG #45 Curva de cortantes, quebranto ABS	281
FIG #46 Curva de cortantes, quebranto PNA	282
FIG #47 Curva de cortantes. arrufo ABS	282
FIG #48 Curva de cortantes. arrufo PNA	283
FIG #49 Curva de momentos. aguas tranquilas	283

Pag

FIG #50	Curva de momentos, quebranto ABS	284
FIG #51	Curva de momentos. quebranto PNA	284
FIG #52	Curva de momentor. arrufo ABS	285
FIG #53	Curva de momentos. arrufo PNA	285
FIG #54	Cuaderna maestra	286
FIG #55	Mamparo traneveral	2 8 6
FIG #56	Cuaderna maestra (corregida)	287
FIG #57	Mamparo transversal (corregido)	287
FIG #58	Distribución en proa	288
FIG #59	Distribucibn en popa	288
FIG #60	Tanque de carga 115 (corte longitudinal)	289
FIG #61	Plancha sometida a compresión	301
FIG #62	Curvas de Vollbrecht (ancho efctivo)	337

INDICE DE CUADROS

CUAORO #1	Espesores de capas de combustible en el agua.....	28
CUADRO #2	Status de MARPOL 73/78 a Jul 84.....	44
CUADRO #3	Distancias entre Puertos de Carga/Descarga.....	50
CUCIDRO #4	Capacidades de almacenamiento del terminal petrolero Tres Bocas.....	52
CUADRO #5	Consumos de combustibles en el Pais, (propuestos).....	52
CUADRO #6	Comparación de dimensiones del buque, según Arkenbout y T Lamb.....	68
CUADRO #7	Posición de ordenadas de curva de arrufo normal.....	76
CUADRO #8	Posición de mamparos, transversales y longitudinales en tanqueros según Arkenbout.....	98
CUADRO #9	Posición de mamparos transversales y longitudinales.....	98
CUADRO #10	Alternativa de distribución #1.....	99
CUADRO #11	Alternativa de distribución #2.....	100
CUADRO #12	Posición de cuadernas y mamparos.....	128
CUADRO #13	Posición de refuerzos longitudinales en el fondo.....	132

CUAPHO #14 Posición de longitudinales del costado..	131
CUADRO #15 Posición de elementos longitudinales en cubierta.....	132
CUADRO #16 Posición de refuerzos en el mamparo longitudinal	134
CUADRO #17 Anchor comerciales de planeha..	135
CUADRO #18 Posición de las tracas del fondo.....	136
CUADRO #19 Posición de las tracas del costado.....	136
CUADRO #20 Posición de tracas en mamparos	137
CUADRO #21 Posición de tracas en cubierta.....	138
CUADRO #22 Espesores de planchajes en el fonda y costado, fórmula #25.....	141
CUADRO #23 Comparacibn de espesores de tracas en el fondo, entre ABS y la fórmula #25.....	143
CUADRO #24 Espesores de tracas, planchas del fondo.....	143
CUADRO #25 Resumen de espesores de planchajes en el fondo y en el costado.....	148
CUADRO #26 Espesores de traca en el mamparo longitudinal, fórmula #25.....	149
CUADRO #27 Espesores de traca en mamparos, según la ABS.....	151
CUADRO #28 Espesores de traca, en el mamparo	

	longitudinal.....	152
CUADRO #29	Módulos seccionales de refuerzos longitudinales del casco, fórmula #38.....	157
CUADRO #30	Módulos seccionales de refuerzos longitudinales del casco, según la fórmula #39.....	157
CUADRO #31	Módulos seccionales de refuerzos longitudinales del casco.....	158
CUADRO #32	Módulos seccionales de refuerzos de mamparos longitudinales.....	160
CUADRO #33	Módulos seccionales de refuerzos de mamparos longitudinales, fórmula #39.....	160
CUADRO #34	Módulos seccionales de refuerzos de mamparos longitudinales.....	161
CUADRO #35	Resumen de módulos seccionales de refuerzos del casco, mamparos y cubierta.....	197
CUADRO #36	Resumen de escantillones del casco.....	202
CUADRO #37	Resumen de escantillones de tracas de cubierta y mamparoc.....	202
CUADRO #38	Resumen de escantillones de los refuerzos de casco, cubierta y de mamparos.....	203
CUADRO #39	Cargas típicas en espacios.....	212
CUADRO #40	Posición de tracas, mamparo colisión....	222

	Pag
CUADRO #41 Cabezales hidrostáticos de tracas en mamparo colisibn.....	223
CUADRO #42 Espesores de traca, mamparo colisibn.....	226
CUADRO #43 Ordenadas de curva de pesos fijos.....	250
CUADRO #44 Factores para la construccibn de olas trocoidales. arrufo y quebranto.....	259
CUADRO #45 Máximas fuerzas cortantes.....	262
CUADRO #46 Máximos momentos flectores.....	263
CUADRO #47 Momentos flectores totales.....	265
CUADRO #48 Comparacibn de pesos, entre las alternativas 1 y 2.....	353
CUADRO #49 Comparacibn de momentos flectores máximos.....	355
CUADRO #50 Especificaciones de aceros para y estructurales.....	360
CUADRO #51 Especificaciones de longitudinales.....	361
CUADRO #52 Especificaciones de transversales.....	362
CUADRO #53 Requerimientos de MARPOL 73/78 aplicable a tanqueros.....	364
CUADRO #54 Requerimientos de MARPOL 73/78 aplicable a todo tipo de buque.....	365

INTRODUCCION

Hasta el momento no se ha prestado una atención adecuada, al problema de la contaminación marina, causada por los buques de bandera nacional e internacional, en nuestras aguas territoriales. La contaminación es proveniente de la evacuación al mar, de los desechos de limpieza de sentinas de máquinas, o del lavado de tanques en petroleros.

El arrojar tales desperdicios, en miles de toneladas de contaminantes, causan serios perjuicios en las Costas del País, lo que se traduce en pérdidas económicas, tanto en el sector pesquero como en el turístico.

Una gran oportunidad, que tiene el País, es el de adherirse al Convenio Internacional MARPOL, para controlar y evitar estas contaminaciones, ya que MARPOL, es un conjunto de reglas, que previenen la contaminación marina, por hidrocarburos.

Uno de los objetivos de este trabajo, es la de aplicar MARPOL, en el diseño de un buque tanquero, así, con unas dimensiones propuestas, el buque cumplirá con todos los

requisitos de equipos y sistemas recomendados por MARPOL.

Las características, del buque, serán del tipo PROMEDIO, para Cabotaje Nacional (eventual para ruta Internacional), puesto que la determinación de las dimensiones OPTIMAS, de un buque para cabotaje nacional, en el plano económico, requiere de un profundo estudio de mercado, rutas, terminales, etc, lo cual está fuera de nuestro objetivo.

El objetivo principal del trabajo, es el Diseño Estructural de un buque tanquero, para tráfico nacional, cumpliendo con las recomendaciones de SOLAS y MARPOL.

Especial énfasis se dará a la estabilidad al pandeo, de las principales estructuras del buque, para mejorar los escantillones. Se utilizará una computadora del tipo personal para realizar los cálculos.

Cabe especificar, que la Tesis es netamente estructural, y sus resultados serán apegados a ello. Para las Areas de propulsión, estabilidad, maquinaria, acomodaciones, etc, solamente se calcularán los valores indispensables y necesarios, ya que como se comprenderh, el diseño total de un buque, es tarea de un cuerpo de Ingenieros Navales, dedicados y organizados en cada una de las áreas mencionadas.

. CAPXTULO #1

CONTAMINACION MARINA Y REGLAMENTOS DE PREVENCION

1.1 **EL FETROLEO Y SUS DERIVADOS.**

Uno de los principales combustibles que el hombre utiliza para sus necesidades, en la actualidad, es el petróleo.

El petróleo, en su estado natural, constituye una mezcla de una gran cantidad de sustancias, estando en mayor porcentaje los hidrocarburos; además de pequeñas cantidades de oxígeno, azufre, fósforo, nitrógeno, etc. Mediante procesos de destilación, en grandes refinerías, se obtienen del petróleo algunos

derivados, entre ellos tenemos:

GASOLINAS: Utilizadas en autombviles, camiones, yates, y demás embarcaciones de altas revolucionees; el punto de inflamaci6n, flash point, de este derivado del petrbleo, es bien bajo, lo que implica que sea altamente volátil.



BIBLIOTE

KEREX, DIESEL, ETC: Después de la gasolina, en el proceso de refinaci6n del petrbleo, se obtienen estos productos de mayor densidad, se los usa normalmente en aviones, barcos e instalaciones de tierra, principalmente, en motores de medianas y bajas revoluciones, y altas relaciones de compresi6n.

BUNKERS Y RESIDUOS: Como un resultado final, en el proceso de la refinaci6n de petrbleos, est6n los llamados residuos; se los utiliza en máquinas propulsoras, de buques, y maquinarias de grandes industrias, en tierra, tales como calderos, hornos y motores de combustibn interna, estos últimos son de bajas revoluciones.

Dependiendo de la calidad API del petrbleo, y de su proceso de destilaci6n, seguido en la refinaci6n, estos residuos poseen una alta viscosidad, lo cual causa serios problemas en el sistema de inyeci6n, de

los motores y calderos. El inconveniente se ha solucionado, por medio de la adición de diesel al residuo, con este procedimiento se baja el punto de inflamación, hasta alcanzar las viscosidades requeridas, estas mezclas toman los nombres de Blending, Ifo o Bunkers; se acompaña con la viscosidad en segundos.

ACEITES Y GRASAS: Por procesos más sofisticados, se obtienen del petróleo, las llamadas grasas y aceites. Su utilización básica, está en la lubricación de motores y otros sistemas, en los que se desea disminuir el desgaste por fricción, de partes en movimiento relativo. Existen además, diversos tipos de derivados, extraídos del petróleo, a más de los citados, los cuales han sido posible obtener gracias a los grandes avances de la tecnología actual.

La siguiente es una lista de hidrocarburos, definidos por MARPOL 73, (17) :

SOLUCIONES ASFÁLTICAS: Bases para mezclas asfálticas, impermeabilizantes bituminosos, residuos de primera destilación.

HIDROCARBUROS: aceite clarificado, crudos de petróleo, mezclas que contengan crudos de petróleo, diesel oil,

fuel oil #4, #5 y #6, fuel oil residual, bitumen para riego de afirmados, aceite para transformadores, aceites aromáticos (excluidos los aceites vegetales), aceites lubricantes y aceites bases, aceites minerales, aceites para automación, aceites penetrantes, aceites ligeros, (spindle), aceites para turbinas.

DESTILADOS: fracción directa de columna, corte de expansión.

GAS OIL: de craqueo (craking).

BASES PARA GASOLINAS: bases alquílicas, bases reformadas y bases polímeras.

GASOLINAS: natural, de automovil, de aviación, directa de columna,, fuel oil #1 (keroseno), fuel oil # 1D, fuel oil #2, fuel ail #2D.

COMBUSTIBLE PARA REACTORES: JP-1 (keroseno), JP-3, JP-5 (keroseno pesado), ATK (turbo fuel), keroseno, alcohol mineral.

NAFTAS: disolventes, petróleo, fracción intermedia.

La lista anterior, no' necesariarnente es una

enumeración exhaustiva, pero si incluye, la mayor parte de los combustibles de tipo líquido, derivados del petróleo.

1.2 LA CONTAMINACION MARINA Y SUS EFECTOS

CONTAMINACION MARINA, DEFINICION: De la superficie total de la Tierra, sus dos terceras partes la constituyen el agua, en forma de lagos, ríos, mares y océanos. Los mares, además de servirnos como una vía de transporte, gratuito, utilizamos en parte, sus grandiosos recursos, de fauna, flora y materias primas; pero, en contraparte, e irónicamente, el ser humano se encarga de contaminar a estas grandes masas de agua, en forma indiscriminada e irresponsable.

Pero, ¿ qué es la contaminación?; es introducir ciertas sustancias o materiales, dentro de un determinado sistema, los cuales son totalmente extraños y diferentes a sus componentes naturales. En muchos de los casos, estas nuevas sustancias interactúan, en forma destructiva, con los componentes originales, provocando la destrucción del medio.

En la contaminación marina, los elementos contaminantes, son de variada naturaleza, pero, en la

mayoría de ellos, los ocasiona el hombre.

Entre las principales sustancias contaminantes, encontramos al petróleo, y sus diferentes formas de derivados ya vistas.

Existen varias formas de contaminar el mar, por ejemplo, derrames de plataformas petroleras de explotación submarina, el naufragio o colisiones de buques cisternas. Pero, la forma mas común, de contaminación deliberada del mar, es la de arrojar los residuos de la limpieza de tanques y sentinas de los buques.

Otras sustancias contaminantes, que recibe el mar, son los productos químicos y desechos radioactivos, los cuales son arrojadas por las grandes industrias y gobiernos, debido a la falta de medios de almacenar o destruir, tales desechos en tierra.

Una forma final de contaminación, y quizás la mas grave, es cuando se trata de ríos, ya que estos, reciben los desechos sanitarios de las grandes ciudades, desechos que a la postre tienen como destino final, los mares mas cercanos, en las desembocaduras de los ríos. Estos desechos, no solo contienen sustancias líquidas, sino que aparecen los sólidos,

los cuales, muchas veces, no son biodegradables, como es el caso de los plásticos.

EFFECTOS DE LA CONTAMINACION MARINA SOBRE EL MEDIO AMBIENTE .

Cuando el petróleo, o ~ u derivados, se vierten sobre la superficie del agua, el combustible forma una capa, cuyo espesor varía, dependiendo del tipo del producto vertido, densidades, velocidades de viento y corrientes marinas.

El espesor de una capa de combustible, sobre el agua, puede juzgarse ampliamente, por el color y apariencia de ella. Según el cuadro #1 , (14), tenemos:

Cuadro #1 : Espesores de capas de combustible en el .
agua.

Espesor (micras)	densidad lit/km ²	apariciencia
0.04.....	44.....	Pobremente visible bajo condiciones fav. de luz.
0.08.....	88.....	Visible como un brillo plateado.
0.15.....	176.....	se observan trazos de color.
0.30.....	351.....	bandas brillantes de color

- 1.00..... 1168.....Los colores se opacan
- 2.00..... 2337.....Colores son mas oscuros.

Los movimientos de la capa de combustible, sobre la superficie de agua, son afectados ampliamente, por el viento y las corrientes marinas; es decir que cuando se produce, un derrame de hidrocarburos, (o de otras sustancias), este no solo afecta al lugar, en el que se produce el hecho, sino que, se esparce ampliamente, en direcciones determinadas, únicamente por los factores de mar y viento de la zona.



El espesor de las capas de combustible, muchas veces disminuyen, por los procesos de evaporación y solución, todo esto de acuerdo a las fracciones componentes del combustible, y al ataque bacterial, de oxidación del medio contaminado.

Sabemos que, desde los circuitos sanitarios de las grandes, medianas y pequeñas ciudades, se vierten desechos de todo tipo, en especial, los orgánicos, cuyo destino final son los mares y océanos cercanos. Los contaminantes de origen orgánico, pueden alimentar a bacterias y otros microorganismos existentes en las aguas. Estos desechos, una vez que entran en el agua, empiezan a desdoblarse en sus componentes, por acción de las bacterias. Este proceso de

descomposición, utiliza el oxígeno disuelto en el agua.

La principal forma cuantitativa, de medir la cantidad de desechos orgánicos, en el agua, se expresa en términos de la demanda bioquímica de oxígeno, más conocida como DBO. Como consecuencia de la disminución del oxígeno, por el proceso ya mencionado, van muriendo las formas superiores de vida, las cuales son aerobias, (es decir que necesitan del oxígeno libre para vivir), posteriormente van muriendo las especies más sensibles, hasta que por último, lo hacen las bacterias anaerobias, al final de esto, la ecología de ese medio acuático, cambia drásticamente, el agua se pone negra, forma burbujas y tiene mal olor.

En el caso de contaminación, por combustible, en el mar, ya hemos visto que se forma una capa superficial, ya sea por el petróleo, o por sus emulsiones. Estos combustibles actúan en las agallas de los peces, interfiriendo en su respiración, lo que a la postre, puede ocasionarles la muerte, o en el peor de los casos, alterar el sabor de la carne, si las especies son de alimentación del hombre. Ciertos componentes de los combustibles, pueden decantarse en el fondo, destruyendo todo el delicado mundo submarino cercano, tales como algas, fitoplankton, peces de todas las

especies, etc; además de matar a todos los peces, alteran la cadena natural de alimentacibn marina, ya que al desaparecer ciertas especies, los peces que dependen de ellos en su alimentacibn, mueren o emigran.

En cuanto a la capa superficial formada, esta puede llegar a interferir completamente, en el intercambio natural, que existe entre el agua y la atmósfera, esto trae como resultado el que disminuya el oxígeno disuelto en el agua y por ende la fotosíntesis; con esta, desaparece toda la cadena alimenticia en el mar; la cual parte desde el plankton hasta el pez mas grande, ya sea por falta de alimento, envenenamiento o por falta de oxígeno. Además miles de aves marinas, por las causas ya enunciadas, mueren o emigran, por la desaparición de el alimento en su habitat, lo cual completa el cuadro desolador de la contaminación marina.

Extensas zonas de playas, en muchos de los casos turísticas, se ensucian, por la capa residual de combustible.

Como consecuencia, grandes masas humanas, buscarán playas no contaminadas, para preservar su integridad. Se necesita de bastante tiempo, para que la capa de

combustible depositada, desaparezca.

En el campo económico, resulta una catástrofe, ya que al desaparecer ciertas especies de pesca, se paralizan flotas de pesca enteras, por falta de materia prima, igual sucede con fábricas procesadoras de productos del mar. Actualmente en nuestras costas, se han instalado, miles de hectáreas, destinadas al cultivo de camarón y otras especies acuáticas en cautiverio, las cuales se verían afectadas por estas contaminaciones. Cuantificar las pérdidas que se produjeran, sería un tanto difícil.

Existen en el País, estudiosos que nos pueden dar una idea, mas concreta, de las implicaciones económicas y sociales, causadas por las contaminaciones, así como las formas de combatirlas, los daños reales, causados en el medio marino, etc. Lo cual, por motivos de espacio y objetivo, no compete al autor de este trabajo, el realizarlo.

Por eso, solamente nos limitamos a delinear los efectos que causan, las contaminaciones de petróleo, y sus derivados, en el medio ambiente, lo que ya nos da una buena idea de los perjuicios que acarrearán. Aquí si se puede decir, que se aplica aquella conocida expresión "prevenir antes que lamentar".

1.3 REGULACIONES NACIONALES SOBRE CONTAMINACION MARINA.

Tales regulaciones; en una forma clara y concisa, aún no se las puede encontrar. La que mas intenciones tiene, es el Código de Policía Marítima, (10) título 111; resumiremos ligeramente cada artículo, en su contenida:

Artículo 2.3: Se prohíbe arrojar sustancias tóxicas, hidrocarburos y dsmas derivados, a los ríos y vias de navegación, que sean perjudiciales a la vida marina. El artículo, es un tanto vago, en lo referente a los 'contaminantes, además, no se especifica cuáles vias de navegacibn.

Artículo #4: Se prohíbe, igualmente, arrojar desechos a el agua, a todas las industrias, debiendo mantener equipos especiales, para tratar tales elementos y convertirlos en inocuos, la Direccibn de la Marina Mercante,(hoy Direccibn General de la Marina Mercante y del Litoral), llevará a cabo, el control e inspección de tales instalaciones; es decir, deberá prevenir, la contaminación de las aguas de los mares y ríos del País.

Artículo #5: Toda nave nacional o no , deberá descargar sus tanques de lastre, en los tanques de decantación, en los terminales petroleras, o a sistemas autorizados par DIGMER. Caso contrario, deberá descargar, 15 millas mar afuera, contadas desde la línea base, que une los puntos mas salientes de la Costa Ecuatoriana. La disposición anterior se aplica solamente a naves de cabotaje. En el caso de buques de ruta Internacional, solamente podrán realizar las descargas, 50 millas mar afuera, contadas en forma igual a la anterior. Este artículo, ha permitido a todos los buques, realizar descargas arbitrarias e incontroladas, cerca de la costa Ecuatoriana; en especial a los petroleros, al descargar las aguas sucias, del lavado de tanques de carga o del lastrado de los mismos. Hasta no hace mucho, no se les obligaba, a los tanqueros, el descargar el agua de lastre en las refinarias, ya que los armadores de los buques, muchas veces, aducían demoras u obsolescencias en los equipos de recepción de tales aguas sucias.

Artículo #10: Trata de un control de todas las descargas de tanques, sentinas, trasvasije, limpieza, etc, de un buque.

Artículo #12: Delega a la dirección de la Marina Mercante y del Litoral, DIGMER, que establezca los

mecanismos necesarios, para prevenir, atenuar y/o neutralizar, la contaminación de las aguas navegables y playas adyacentes, producidas por hidrocarburos. La autoridad, se ejercerá directamente por las Capitanías y las Superintendencias de los terminales petroleros. Los demás artículos, están relacionados con las penalidades, a tomarse, en caso de producirse las contaminaciones, o por incumplimiento, de las disposiciones enunciadas en los artículos precedentes.

En realidad, con esta ley, no se dan los mecanismos reales, para prevenir, en forma eficaz, las contaminaciones; la forma de controlar, tampoco está estipulada claramente, y se lo deja a criterio de la DIGMER, la cual, debido al rápido crecimiento de la flota naviera Ecuatoriana, se ve imposibilitada de llevar a cabo un control adecuado, de estas disposiciones. Obviamente, necesitamos de una reglamentación mas severa, no solamente en penalidades, sino en los mecanismos de prevención, y que estén de acuerdo, con las innovaciones de caracter técnico, existentes en el transporte marítimo actual.

NOTA: La ley citada, data de Septiembre de 1974, registro oficial #643, bajo la Presidencia del General Rodríguez Lara.

1.4 REGULACIONES INTERNACIONALES SOBRE CONTAMINACION, EL CONVENIO MARPOL Y SU INFLUENCIA EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE BUQUES DE CARGA Y TANQUEROS.

El tema de la contaminación marina, ocasionada por buques, ha sido de gran interés mundial, en los últimos años, debido al vertiginoso aumento, en número y tamaño, de la flota mundial, en especial de los tanqueros para transporte de crudo, sus derivados y de productos químicos.

Algunos de los accidentes espectaculares, de buques tanqueros, que ocasionaron la contaminación de extensas áreas marinas, obligaron a tomar medidas, en escala internacional, para reducir el riesgo de accidentes y contaminación marítima, en caso de que dichos accidentes ocurrieren, así como para controlar la descarga deliberada de contaminantes, provenientes muchas veces, de las sentinas de máquinas, así como de lavado de tanques. El organismo internacional, que tenía a cargo esta labor, fue la "Organización Consultiva Marítima Intergubernamental (OCMI)", la que a partir de Mayo 22/82, cambió al nombre de : "Organización Marítima Intergubernamental (OMI)".

En 1973, la OCMI, publicó el "Convenio Internacional

para la Prevención de la Contaminación por buques", también conocido por el nombre de MARPOL 73; la cual tiene por objeto, reducir al mínimo la contaminación por petróleo, líquidos nocivos al granel; sustancias peligrosas en envases, contenedores, envases portátiles, incluyendo todos los tipos existentes para la transportación por mar, aguas residuales sanitarias, o por basura. Esto se aplica, a todos los buques comerciales, aunque algunos requerimientos, son aplicables a buques de ciertos tonelajes.

El asunto de la fecha de entrada de vigencia, fue sencillo: doce meses después de la fecha, en que por lo menos, 15 estados, cuyas flotas mercantes, constituyan no menos del 50%, del tonelaje bruto, de la marina mercante mundial, se hayan hecho parte del mismo. (18).

El Convenio tiene 5 anexos, que contienen los requerimientos; los dos primeros anexos, tratan de la contaminación de petróleo y líquidos nocivos al granel. **Estos** deben ser aceptados por los Países, que firmen adhiriéndose al convenio. **Los** otros tres, que se refieren a contaminantes, llevados en recipientes, y a contaminación por aguas residuales y basura, son opcionales, y los Países, no tienen que aceptarlos al mismo tiempo, que los dos primeros anexos. Esta es una

resolución, que está fuera de lo común, tratándose de convenios marftimos.

Una de las disposiciones del convenio, que es aplicable a todos los buques de 4000 toneladas o más, de arqueo bruto, y buques petroleros nuevos de arqueo igual a 500 toneladas o más, es la de que no llevarhn agua de lastre, en ningún tanque de combustible liquids, ya que esta dualidad de uso, es una fuente real de contaminación. El requerimiento mas espectacular, es el de lastre separado o segregado, para todos los petroleros de 70000 toneladas ó mas de peso muerto, regla 13, numeral #1-anexo. I; entendiéndose por lastre separado, al aqua que se introduce en un tanque, que está completamente separado, de los servicios de carga de hidrocarburos, y de combustibles líquidos para consumo, y que está permanentemente destinado al transporte de lastre, o a cargameotos que no sean, ni hidrocarburos, ni sustancias nocivas. Este punto fue materia de mucho estudio y debates, durante los varios años de trabajo preparatorio de la Convención. Además deberá proveerse suficiente capacidad de lastre, de tal manera que se provea un adecuado calada, que proporcione una buena condición de maniobrabilidad y seguridad, en su viaje en lastre.

La Conferencia, reconoció que tanques de lastre segregados, tendrán como efecto a un peso muerto determinado, sean más grandes que los originales, y recomendó que la IMO, investigue la posibilidad de igualar los tonelajes brutos y netos entre petroleros, con tanques de lastre segregados, y aquellos que no lo tienen. Además de requerirse de lastre segregado, para los petroleros más grandes; todos los petroleros deberán estar provistos con tanques de sedimentación, y con sistemas aprobados, para observar la descarga de los lastres, con sus respectivos sistemas de control. Si el lastre líquido, a la salida, no tiene la pureza especificada, debe ser descargada a tanques especiales de recepción en tierra. Los Países firmantes del convenio, estarán de acuerdo en promover la utilización de estos tanques en tierra.

El Convenio, contiene dos disposiciones, que limitará la cantidad de petróleo, derramado en accidentes. La primera limita el tamaño de los tanques y una hipotética razón de flujo máximo al exterior; la segunda característica, es la de incorporación de criterio de subdivisión y estabilidad en avería, cuyo objeto, es asegurar una buena probabilidad de supervivencia, en colisión o varamiento. Los requerimientos, tienen la misma forma general, que aquellos de la Convención de Líneas de Carga de 1966,

pero difiere en detalle, por lo que se deberán realizar cálculos por separado. Un requerimiento adicional, significativo, con relación a la línea de carga, es la de que los petroleros entre 150 a 225 metros de eslora, deberán resistir inundación de espacios de máquinas.

En esencia, los requerimientos para buques que llevan líquidos nocivos al granel, comprenden las disposiciones de la IMO para cargas químicas, con la adición de prohibiciones, para descargar los residuos de los lavados de tanques, similares a aquellos de petróleo. Los requerimientos para el transporte de contaminantes, en recipientes, y la descarga de aguas residuales o basura, que no están aún completamente desarrollados y, aunque son importantes no afectarán mayormente al diseño del buque.

En Febrero de 1978, la IMO organizó una conferencia en Londres, que dió como resultado el "Convenio de seguridad de tanqueros y prevención de contaminación".

Este convenio, conocido como el "Protocolo de 1978", (18), introduce cambios, en las regulaciones Internacionales conocidas con el nombre de SOLAS 1974, haciendo obligatoria la instalación de un sistema de gas inerte (IGS), en todos los buques petroleros

nuevos, de mas de 20000 toneladas de peso muerto, y en los existentes de mas de 40000 toneladas. También se modificó el convenio MARPOL 1973, requiriéndose la utilización de tanques de lastre segregado (SBT), y de sistemas de lavado con crudo (COW), en petroleros de nuevos, de mas de 20000 toneladas, o más, de peso muerto, de utilizar el sistema de lavado de tanques con crudo, en lugar de tanques de lastre segregado (SBI).

El protocolo de 1978, también contiene regulaciones para mejorar el sistema de gobierno de los buques, requiriéndose de conjuntos separados de control, así como instalación del doble de radares, separadores de aguas de sentinas, monitores de contaminación, en la descarga de lastre y agua de sentina, localización especial de los tanques de lastre segregado, para menor probabilidad de derrames por averías, etc.

Los requerimientos de la IMO, están en vigencia, para buques nuevos, considerandose como tales, aquellos cuyo contrato de construcción fue firmado, después de Junio de 1979, o cuya entrega se hizo después de Junio de 1982. Para buques existentes, se fijaron fechas, que variaron desde Junio de 1981 hasta Junio de 1985, para la vigencia de los distintos requerimientos.

Aún cuando la ratificación, de los convenios de la IMO, sobre contaminación, no ha progresado tan rápido, como se había anticipado, el hecho de que algunos Países, han decidido aplicar, unilateralmente, las regulaciones para la prevención de la contaminación, ha dado como resultado, que prácticamente todos los tanqueros, contratados últimamente, sean de acuerdo a diseños, que cumplen dichas regulaciones, y que haya una gran demanda en los Astilleros, para trabajos de modificación en los buques existentes, según los requerimientos de la IMO. En Estados Unidos de Norteamérica, el servicio de guardacostas, ha emitido regulaciones, idénticas a la del protocolo de 1978 de la IMO, que entraron en efecto en Junio de 1981.

Buques petroleros, de cualquier bandera, que no cumplan con estos requerimientos, no serán permitidos en los puertos de USA, o serán sujetos a fuertes multas.

El efecto de estas medidas internacionales, para prevenir la contaminación marina, si bien ocasionaron un aumento en el costo del transporte de petróleo, es de esperarse que redunde, en una reducción sustancial de la contaminación, tanto por accidentes, como por actitudes irresponsables, de descarga deliberada de contaminantes en el mar.

Los Convenios de la IMO, contemplan que las autoridades marítimas de cada País, deleguen en las Sociedades de Clasificación, la tarea de controlar el cumplimiento estricto, de las regulaciones de prevencibn de la contaminacibn.

En el campo de diseño de buques, ha constituido una completa innovacibn, ya que, tanto el Convenio como el Protacolo, obligan a una revisión de las distribuciones de tanques, compartimentacibn, lfnas de carga, tanques de lastre, equipos y servicio, los cuales, anteriormente, no se los exigía, han variado las dimensiones, para buques de similares características de carga, lo que implica nuevas consideraciones de tipo estructural, a tomarse en cuenta.

1.5 RECOMENDACIONES SOBRE EQUIPOS Y SISTEMAS RERUERIDOS FOR LOS BUQUES NACIONALES EXISTENTES, PARA CUMPLIR CON LAS RECOMENDACIONES DE LA OMI.

El Canvenio Internacional para la prevencibn de la contaminacibn marina, por buques, MARPOL 73/78, ya entró en vigor el 2 de Octubre de 1985; a continuacibn se detalla el estatus de MARPOL 73/78, al 19 de Julio

de 1984:

Cuadro #2

ESTATUS DE MARPOL 75/78 A JULIO 1984

ESTADO.....ANEXO I/II....ANEXO III/V.....ANEXO IV

Bahamas.....*

Bélgica.....*

China.....*

Colombia.....*.....*.....*

Checoslovaquia.....*.....*.....*

Dinamarca.....*.....*.....*

Finlandia.....*.....*.....*

Francia.....*.....*.....*

Gabón.....*.....*.....*

Alemania D.....*.....*.....*

Alemania Fed..... *.....*.....*

Grecia.....*.....*.....*

Israel.....*

Italia.....*.....*.....*

Japón.....*.....*.....*

Líbano.....*.....*.....*

Liberia.....*

Holanda.....*

Noruega.....*.....*

Omán.....*.....*.....*

Perú.....*	*	*	*
Granada.....*	*	*	*
España.....*			
Suecia.....*	*	*	*
Túnez.....*	*	*	*
URSS.....*			
Heino Unido.....*			
USA.....*	*	*	*
Uruguay.....*	*	*	*
<u>Yugoslavia.....*</u>	<u>*</u>	<u>*</u>	<u>*</u>
Numera total	30	20	19
Tonelaje(%)	70.21	33.49	28-94

Como se nota, el Ecuador, no aparece en el cuadro, y hasta la fecha, 1988, aún no se adhiere a este Convenio, lo que sí se sabe, es que una comisibn se encuentra dedicada al estudio de la aplicacibn de este Convenio. Si el Ecuador no se adhiere, tendrá serios problemas, en su comercio marítimo internacional, ya que sus buques no podrán realizar tráfico hacia muchos Países, con los cuales tenemos importantes relaciones comerciales; lo anterior nos deja dos opciones: la primera es la de aceptar el Convenio, la segunda, (en el caso de no adherirnos), los armadores nacionales se verán obligados a paralizar sus buques, de ruta internacional, o cambiar la bandera de sus unidades.

Por supuesto que la aceptación de estos Convenios, traerá sacrificios de tipo económico, tanto al País, como a los armadores, por los nuevos sistemas y equipos a instalarse, en los buques y en los terminales, además del incremento de personal especializado, para controlar la aplicación del Convenio.

Una de las regulaciones de MARPOL 73/78, es la obligación de los Gobiernos de las partes, de instalar, en los terminales de carga de hidrocarburos, reparaciones, y demás puertos, el proveer instalaciones de recepción adecuadas, para recibir residuos de lavados de tanques, y demás residuos de petróleo, sin demoras. En el caso del Ecuador, las instalaciones, se las hará en Balao, Manta, La Libertad.

Los buques petroleros, de la compañía estatal ecuatoriana FLOPEC, por ser su tráfico Internacional, obligatoriamente cumplen con los requerimientos del Convenio.

Puesto que la mayor cantidad de buques, existentes en el Ecuador, y que realizan el tráfico interno, o cabotaje, son menores a las 20000 toneladas de peso muerto, es necesario conocer cuáles son los principales requerimientos de MARPOL:

- No se llevará agua de lastre, en ningún tanque destinado a combustible líquido. Instalar tanques de decantación.
- Instalar un detector de interfase, agua/combustible en los tanques de decantación.
- Instalar sistema de monitoreo y control de descarga de agua de lastre, provenientes de tanques de carga.
- Instalar equipo separador de agua e hidrocarburos.
- Instalar tanque de almacenamiento de residuos de combustible (fangos), con capacidad dependiente del tipo de maquinaria existente en el buque.
- Instalar manifold normalizado, para la descarga de aguas con residuos de combustible hacia tierra.
- Instalar descargas de efluentes al mar, por encima de la flotación en máximo lastre.

CAF'ITULO 2

DETERMINACION DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES DEL BUQUE

2.1 LOS REQUERIMIENTOS DEL ARMADOR (BUQUE DE TRAFICO NACIONAL), SELECCION DE LA CASA CLASIFICADORA.

Cuando un armador, determina la necesidad de incorporar una nueva unidad a su flota, es el resultado de un cuidadoso estudio, de las alternativas de rutas de carga, fletes, costos de mantenimiento, etc; el armador, en el momento de entregar el pedido de construcción a un astillero, de un buque nuevo, deberá especificar ciertas cualidades, que cumpla el buque en su vida de servicio, tales como: tipo de buque, capacidad de carga, peso muerto, velocidad, tipos de carga a transportarse, maquinaria, Casa Clasificadora, restricciones de calado, rutas, etc.

Mientras más datos aporte el armador al Astillero,

será de gran utilidad para el proyectista. Retornando a nuestro caso, queremos diseñar un buque tanquero, para el transporte de productos de petróleo, para cabotaje entre los principales puertos del País.

Ante la ausencia de un Armador real, propondremos ciertas características que concuerden con el Tráfico petrolero del País.

FUERTOS DE CARGA: El principal terminal de carga, está situado en el TEPRE, Ealao F'rovincia de Esmeraldas; el cual está habilitado para operar con buques de mas de 20000 toneladas de peso muerto. Este terminal estará operativa por algunos años, puesto que recientemente fue ampliada la capacidad operativa de la Refineria.

El segundo puerto de carga, en importancia, se encuentra en La Libertad, F'rovincia del Guayas; la capacidad de tonelaje es menor que el anterior.

Podemos citar, aunque en sí, no es un puerto de carga, que existe un fondeadero especial, situado frente a la Isla Puná, dedicado a la descarga de combustible, entre buques de gran tonelaje hacia buques menores, operaciones llamados de alijamiento. El que se realicen en este sitio, tales operaciones constituyen un gran riesgo de contaminación marina, ya que esta zona es

pesquera. El sitio se llama Fuenta Arenas.

PUEWTOS DE DESCARGA.- Podemos citar:

Depósito Sur, Guayaquil, actualmente en uso limitado;
Puerto Marítimo, Guayaquil; terminal Tres Bocas,
Guayaquil; Salitral (Emelec e Inecel), Guayaquil;
Emelec (Río Guayas), Guayaquil; Manta; Puerto Bolivar.

De los puertos citados, solamente tienen terminales de recepción de combustibles: Depósito Sur, Tres Bocas, El Salitral y Manta; los demás puertos, solamente son para el bunkereo, esto es, entrega de combustible a buques en tráfico.

A continuación, presentamos un cuadro con las distancias entre los principales puertos de carga/descarga (millas marinas):

Cuadro #3: Distancia entre terminales de carga y descarga.

La Libertad/Tres Bocas.....	107 millas
Balao/Tres Bocas.....	329 millas
Punta Arenas/Tres Bocas.....	83 millas
La Libertad/Depósito sur.....	151 millas
Balao/Depósito sur.....	373 millas
Punta Arenas/Depósito Sur.....	58 millas

La Libertad/Manta..... .91 millas
Balao/La Libertad.....229 millas
Balao/Manta..... .147 millas

De la realidad, el tiempo práctico, para que un buque tanquero, navegue entre Tres Bocas y Balao, (según solicitudes habituales de CEPE), se encuentra en el rango de 24 a 30 horas. según lo anterior, las velocidades promedios requeridos están entre los siguientes valores:

TIEMPO NAVEGACION.....	VELOCIDAD(NUDOS)
24 horas.....	13.71
30 horas.....	10.97

El promedio de los dos valores calculados, es de 12.34 nudos. Proponemos:

VELOCIDAD DE SERVICIO DEL BURUB: 12.5 nudos.

Hemos propuesto, la comparación de distancia, entre los terminales de Balao/Tres Bocas, por ser estos los mas representativos, tanto en capacidad de carga/descarga, como por la distancia que existe entre ellos.

CAPACIDAD RE CARGA DEL BUQUE.

Puesto que el terminal Tres Bocas, es el de mayor tamaño en el País, además de poseer una buena infraestructura, tomaremos sus capacidades de almacenamiento y consumos, para determinar la capacidad promedio de transporte del buque a diseñarse, (25).

Cuadro #4: Capacidades de almacenamiento del terminal petrolero Tres Bocas.

PRODUCTO.....	CAPACIDAD ALMAC.....	CONSUMO
	(gal)	(gal/día)
Gaeolina extra.....	7'442,118.....	372,106
Gasolina Super.....	1'721,292.....	57,376
Kerex.....	2'793,400.....	174,588
Diesel.....	10'718,626.....	357,287

Analizando los datos, notamos que existen dos productos de gran consumo; en base a esto proponemos que el buque tenga la habilidad de transportar tres productos, como mínimo. Para tener en cuenta el constante crecimiento en la demanda de hidrocarburos, proponemos trabajar con los siguientes consumos diarios:

Cuadro #5: consumos de combustibles en el País (propuesto).

PRODUCTO.....	CONSUMO(gal/dia)
Gasolina extra.....	500,000 (+34%)
Gasolina super.....	80,000 (+40%)
Kerex.....	220,000 (+26%)
Diesel.....	500,000 (+40%)

Como vemos, estas valares de crecimiento son tin tanto arbitrarios, pero que no están alejados de los valores reales. Instituciones especializadas, deben realizar estudios, y proyectar hacia el futuro la demanda de crecimiento, en los consumos de los mencionados hidrocarburos. En realidad, el aumento en consumos de combustibles, dependerá del crecimiento del parque automotor e industrial.

A la habilidad de transportar diferentes productos, en un buque tanque se le dá el nombre de segregación, así proponemos que:

NUMERO DE SEGREGACIONES: 3

El buque, en un viaje completo demora tres días, dos en la travesia y uno en maniobras de carga, como respaldo ante cualquier contingencia, sumaremos un día mas, y ran esto ya incluimos el tiempo empleado en la descarga en el puerto de descarga; con esta las

necesidades, en base a los consumos, podemos cuantificar como:

gasolinas.2'000,000 gal
Diesel.....	.2.000,000 gal
<u>otro producto..</u>	<u>.2'000,000 gal</u>
TOTAL.....	6.000,000 gal

Notamos que la capacidad de transporte, es elevada. La proposición práctica, es la de repartir esta necesidad de transporte, en dos buques de similares características. Así cada buque tendrá una capacidad que varíe entre 2'500,000 a 3'000,000 de galones, con tres segregaciones. Proponemos entonces:

CAPACIDAD DE CARGA: 2'500,000 galones

AUTONOMIA: es el tiempo en días del buque, de realizar viajes, sin necesidad de reaprovisionarse de combustibles para sus máquinas, y es función de la capacidad de sus tanques de reserva.

Esta autonomía, proponemos que **sea** de 30 días, lo que cubre con amplitud el realizar 7 u 8 viajes redondos Balao/Tres Bocas, y en el caso de viaje al exterior, puede ir y volver tranquilamente, siempre y cuando el puerto de carga **sea** uno de America.

PESO DE LA CARGA: 2'500,000 gal x (1/310)ton/gal
= 8065 (ton)

El factor (1/310)(ton métricas/gal) es con respecto al agua dulce.

SISTEMAS DE MEDIDA.- Puesto que en el proceso de diseño a seguirse, la mayoría de los autores utilizan el sistema Inglés, estos valores los utilizaremos, pero posteriormente serán transformados al sistema métrico.

DETERMINACION DEL PESO MUERTO

Nuestro siguiente paso, es el de determinar el peso muerto de 1 buque.

Tomando en cuenta la definición de peso muerto, determinada por MARPOL 73, (17) ,regla #1, numerales 22/23, anexo I, debemos incluir en el peso muerto, además del peso de la carga, el peso de lastres, provisiones, combustibles y demás items.

Según Bonilla de La Corte, (6), el peso de la carga, en nuestro caso las 8065 (ton), es lo que se define como "porte", esto es, el peso de la carga que puede transportar el buque; entendiéndose por "carga", toda aquella mercancía que paga su transporte por mar.

Eonilla de La Corte también define:

Exponente de carga= (porte/despl. en máxima carga) (1)

y su valor oscila entre 0.5 a 0.6

Proponemos para nuestro caso, tomar un valor de exponente de carga igual a 0.5; de la definición anterior despejamos el valor del desplazamiento:

Desplazamiento= Porte (ton)/Exp de carga.

Desplazamiento = 8065 (ton)/0.5

Desplazamiento en máxima carga= 16130 (ton)

Mas adelante, Eonilla de La Corte, expone que el peso muerto equivale a un 61% del desplazamiento en máxima carga, por lo que:

Peso muerto = 0.61 x 16130 (ton)= 9839 (ton)

Por lo tanto adoptamos:

PESO MUERTO: 10,000 (ton).

Todas estas estimaciones, se la está realizando en forma empirica, por no existir, hasta ahora, la disponibilidad de datos y curvas actualizadas, de las nuevas relaciones existentes, para buques modernas. Por lo que mas adelante se pueden corregir los valores ahora obtenidos.

De todo lo expuesto anteriormente, podemos resumir los

siguientes requerimientos del armador:

- a.- tipo de buque, tanquero , para productos de petróleo.
- b.- Tráfico: cabotaje nacional; por sus dimensiones es capaz de realizar viajes al exterior.
- c.- Velocidad: 12.5 nudos (millas marina/hora)
- d.- Capacidad de carga: 2'500,000 galones
- e.- Segregaciones; 3 productos.
- f.- peso muerto: 10,000 (tan)
- g.- Autonomía: 30 días.
- h.- Cumplir con las recomendaciones, sobre Prevención de la contaminación marina, par Hidrocarburos MARPOL 73/78; las regulaciones del convenio de seguridad y preservación de la vida Humana en el mar, SOLAS 81/84.
- i.- Cumplir con el Convenio Internacional sobre Lineas de carga de 1966.

Cabe aclarar, que no es pretensión, del autor del presente trabajo, el afirmar que los anteriores requerimientos, son las mejores, tal hecho lo puede realizar una persona, o grupo de personas expertas en el área, la(s) cual(es), pueden determinar y optimizar, en base a un concienzudo estudio, los valores anteriores. Este estudio, está fuera de los objetivos de la Tesis.

SELECCIÓN DE LA CASA CLASIFICADORA

Todo producto, a transportarse en el buque a diseñarse, debe de ser asegurado contra todo tipo de riesgo y accidente; de igual forma, se requiere asegurar el casco, su maquinaria, tripulación, etc; se deberá asegurar por daños a terceros por presuntas fallas o accidentes, es decir, cobertura completa.

Pero, ninguna institución aseguradora, extenderá pólizas, si el buque no se encuentra debidamente clasificada, desde su diseño, construcción y operación.

La clasificación, no es mas que, un certificado de la calidad de diseño, construcción y operación de la nave, siguiendo determinadas normas de seguridad y calidad, especificadas y supervigiladas por cada Sociedad Clasificadora.

Proponemos, clasificar nuestro buque, objeto de esta Tesis, con la conocida Sociedad Clasificadora "AMERICAN BUREAU OF SHIPPING", no solamente por tener parámetros de diseño y construcción exigentes, sino por que nos encontramos dentro de su área de influencia, ya que ella tiene oficinas representativas en nuestro País, lo cual facilita el proceso de Inspección y aprobación del diseño de nuestro buque.

2.2 DETERMINACION DE ESLORA, MANGA, CALADO, COEFICIENTE BLOCK Y EL DESPLAZAMIENTO.

Una de las principales etapas, en el diseño de un buque, es la determinación de las dimensiones principales: eslora entre perpendiculares (L), manga (B), calado en máxima carga (d), coeficiente block (C_b) y el desplazamiento (Δ).

El procedimiento a seguir, en la práctica, no está bien definida aún, y depende de la habilidad y experiencia del diseñador. Existen tablas y gráficos, en las cuales con determinados requerimientos, se pueden obtener las dimensiones solicitadas.

La fase crítica en el diseño, es la determinación de la eslora entre perpendiculares. Muchas veces, la eslora viene en función del peso muerto o del desplazamiento, por lo tanto, debemos conocer de antemano, los mencionadas valores.

Para nuestro trabajo utilizaremos los autores, Arkenbout,(4), y T Lamb, (15).Trabajaremos por separado con los dos autores, luego compararemos los resultados.

METODO DE ARKENBOUT:

Tenemos: peso muerto, $D_w = 10000$ (ton), $V = 12.5$ (nudos).

En la figura #1, encontramos valores de la relación D_w/Δ versus el peso muerto, para varias velocidades, con los datos dados tenemos:

$$D_w/\Delta = 0.685$$

$$\Delta = D_w/0.685 = 10,000 \text{ (ton)}/0.685 = 14599 \text{ (ton)}$$

Digamos que $\Delta = 15,000$ (ton), este desplazamiento, lo recalamos, es aún provisional, y nos servirá para calcular la eslora.

Siguiendo con el procedimiento de Arkenbout; para determinar la eslora entre perpendiculares, nos presenta una fórmula, enunciada por Van Lammeren, esta fórmula la enunció primeramente F'asduine, pero reformada por Van Lammeren:

$$L = c \left[\frac{V}{2+V} \right]^2 * \Delta^{(1/3)} \quad (2)$$

Donde:

$L =$ eslora entre perpendiculares, (pies)

$V = 12.5$ velocidad de servicio, (nudos)

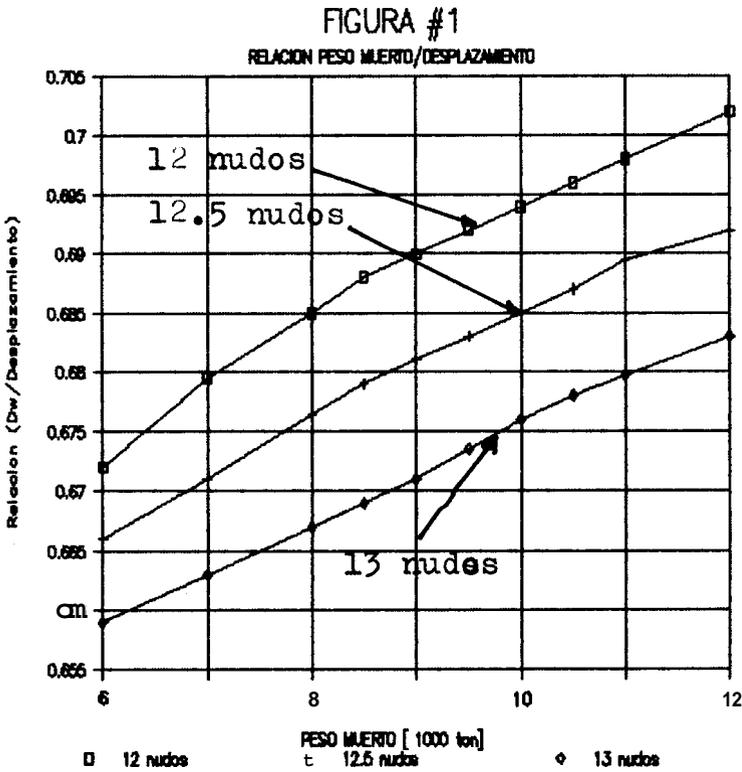
$\Delta = 15,000$ (ton) desplazamiento en máxima carga

$c = 23.5$ coeficiente para buques monohélice, con velocidades entre 11 a 16.3 nudos.

Reemplazando, tenemos:

$$L = \text{(pies)}$$

L = 430.7 (pies) = 131.3 (m)



Comprobemos este valor, con la formula de eslora dada por Jaeger:

$$(L)^{(1/2)} = (p+q)^{(1/3)} + (p-q)^{(1/3)} \quad (m) \dots \dots \dots (3)$$

$$p = b \Delta^{(1/3)} * V \dots \dots \dots (4)$$

$$q = b \Delta^{(1/3)} * [V^2 - 2\Delta^{(1/3)}]^{(1/2)} \dots \dots \dots (5)$$

b=5/6, para buques trabajando en o bajo la velocidad económica.

$$p = (5/6) * (15000)^{(1/3)} * (12.5) = 256.9$$

$$q = (5/6) * (15000)^{(1/3)} * [(12.5)^2 - 2 * (15000)^{(1/3)}]^{(1/2)}$$

$$q = 212.52$$

$$(L)^{(1/2)} = (256.9 + 212.52)^{(1/3)} + (256.9 - 212.52)^{(1/3)} \quad (m)$$

$$L = 127.96(m) \approx 128 (m).$$

Los dos valores calculados para la eslora, apenas difieren en 3 metros, promediando estos dos valores tenemos que:

$$L = 229.5 (m)$$

$$\text{Tomamos: } L = 130 (m) = (426.5 \text{ pies})$$

Coefficiente Block:

Van Lammeren propone la siguiente fórmula para calcular el coeficiente block:

$$C_b = 1.137 - \left\{ \frac{0.6 * V}{L^{1/2}} \right\} \quad (6)$$

$$V = 12.5 (\text{nudos})$$

$$L = 426.5 (\text{pies})$$

$$C_b = 1.137 - (0.6) * (12.5) / (426.5)^{1/2} = 0.774$$

Ayre no5 dá la siguiente fórmula:

$$C_b = 1.06 - \left\{ \frac{0.5 * V}{L^{1/2}} \right\} \quad (7)$$

L en pies y V en nudos, reemplazando tenemos:

$$C_b = 1.06 - 0.5 * 12.5 / 426.5^{1/2} = 0.758$$

Pero, este valor es modificado, para tomar en cuenta las condiciones de mar. El factor 1.06 de la fórmula anterior, es reemplazada por 1.045 si $V / (L)^{1/2} = 0.6$ reemplazanda:

$$C_b = 1.045 - 0.5 * (0.605) = 0.743$$

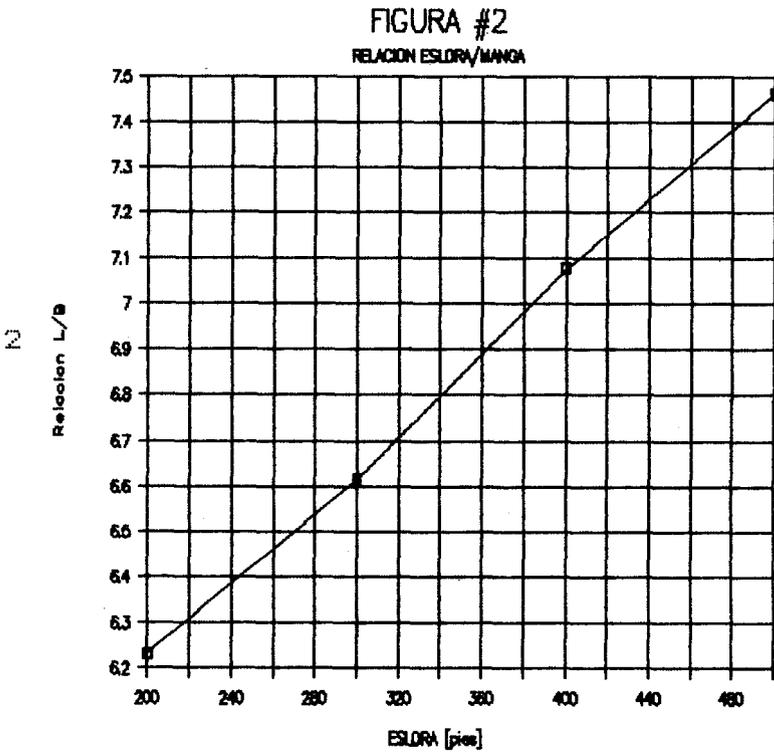
Tenemos dos valores de coeficiente de block

$$\text{Van Lammeren: } C_b = 0.774$$

$$\text{Ayre: } C_b = 0.743$$

DETERMINACION DE LA MANGA.

En la figura (2), con $L = 426.5'$, tenemos que $L/B = 7.15$.



Por lo que:

$$B = 426.5 \text{ (pies)} / 7.15$$

$$B = 60.5 \text{ (pies)} = 18.6 \text{ (m)}$$

DETERMINACION DEL CALADO

En la figura (3), con $L = 426.5'$, encontramos el valor $B/d = 2.4$, despejando tenemos:

$$d = 61' / 2.4$$

$$d = 25.5 \text{ (pies)} = 7.77 \text{ (m)}$$

Con los datos anteriores, comprobemos el

desplazamiento:

Por definición: $\Delta = L*B*d*Cb/35$ (ton) (B)

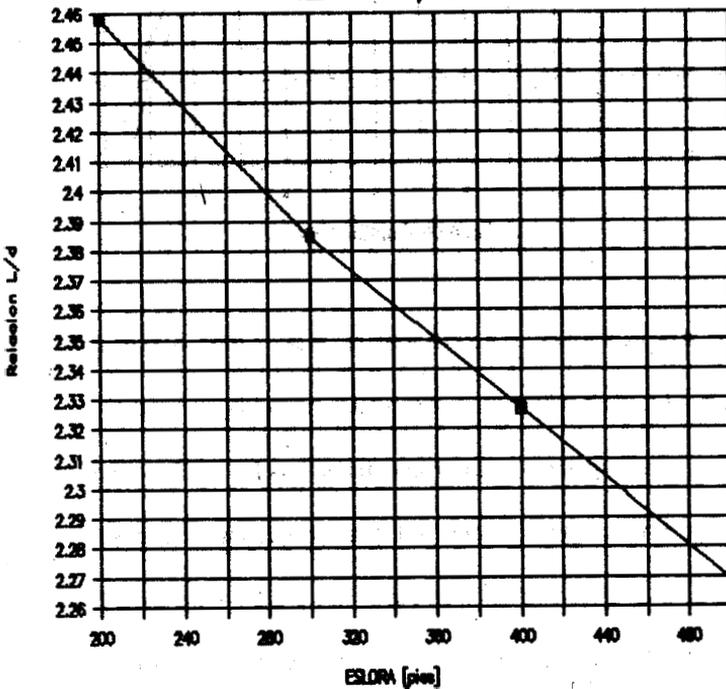
$\Delta = 426.5(\text{pies})*61(\text{pies})*25.5(\text{pies})*0.75/35$

$\Delta = 14216$ (ton)

El coeficiente block utilizado, es uno representativo a los dos calculados.

Notamos que este valor, difiere solo en un 5% al asumido de 15000 (tan).

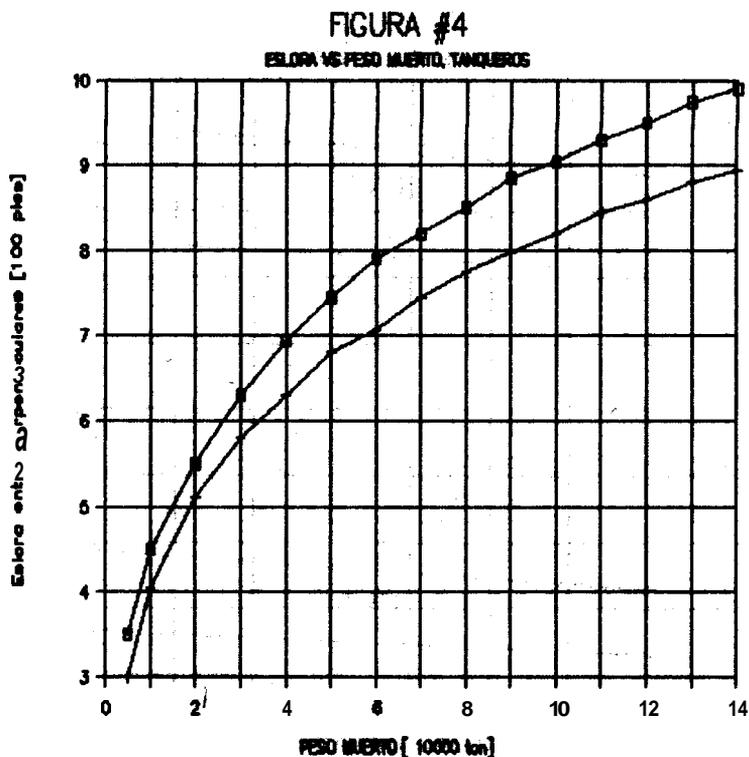
FIGURA #3
RELACION ESLOA/CALADO



METODO DE CALCULO DE DIMENCIONES FRINCIFALES, SEGUN T LAME.

El método a presentarse a continuación, fué un trabajo relativamente reciente, entregado par T Lamb, (15), y nos servirá para comparar los resultados obtenidas,

siguiendo los procedimientos del libro de Arkenbout.



En la figura #4, se presentan gráficos con relaciones, entre las dimensiones principales, para buques tanqueros. En la mencionada figura, entramos con el peso muerto, encontrando los siguientes valores:

$$L = 430' (\text{pies}) = 131.1 \text{ (m)}$$

$$\text{Eslora entre perpendiculares } L = 430' = 131.1 \text{ (m)}$$

$$L/D = 13$$

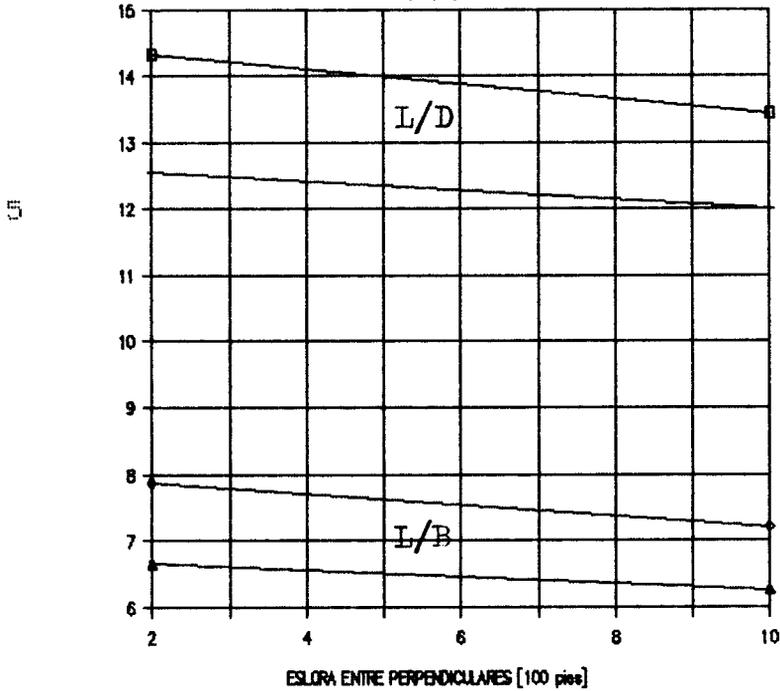
Despejando el puntal D:

$$D = 430' / 13 = 33.07 (\text{pies}) = 10.08 \text{ (m)}$$

Este valor de puntal, solamente es referencial, ya que su verdadero valor, se lo calcula de acuerdo al Convenio de Líneas de Carga de 1966, (21).

De la figura #5, encontramos:

FIGURA #5
RELACIONES L/D y L/B TANQUEROS



$$L/B=7.05$$

Por lo que:

$$B=430'/7.05= 61 \text{ (pies)}= 18.6 \text{ (m) manga del buque.}$$

En la figura #6, encontramos:

$$B/d=2.4$$

Así, despejando el calado d:

$$d=61'/2.4=25.42 \text{ (pies)}=7.75 \text{ (m)}$$

$$\text{Calado en máxima carga: } d= 25.42'=7.75 \text{ (m)}$$

DESPLAZAMIENTO Y COEFICIENTE BLOCK.

Necesitamos calcular el siguiente valor:

$$v/\sqrt{L} = 12.5/\sqrt{430} = 0.603$$

Con este valor, entramos en la figura #7, y

encontramos:

$$(\text{despl}/(0.01L))^3 = 185 \text{ Cb} = 0.76$$

Despejando el desplazamiento, y reemplazando el valor de la eslora, tenemos que:

$$\Delta = 185*(0.01*430) \text{ (ton)} = 14709 \text{ (ton)}$$

Comprobemos el valor del desplazamiento, con las dimensiones calculadas:

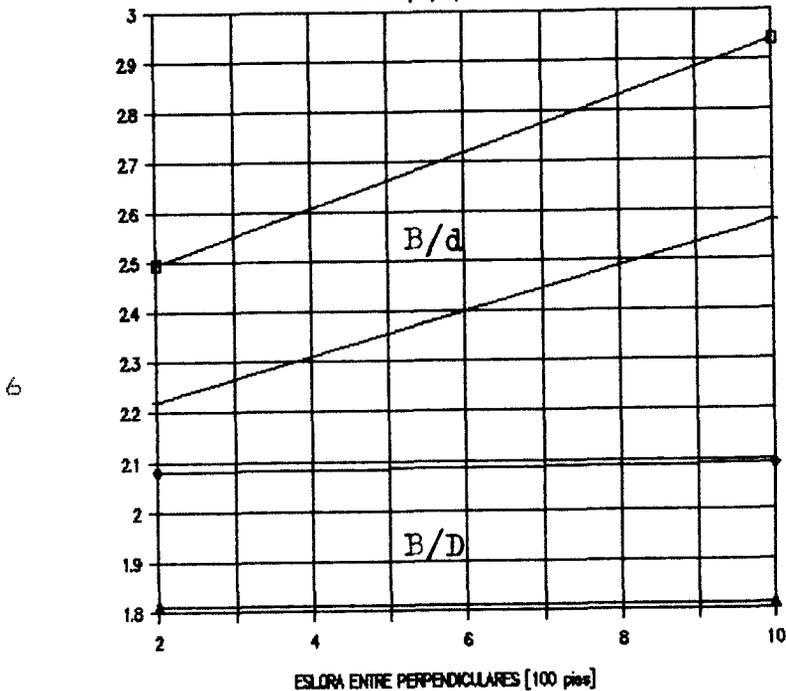
$$\Delta = L*B*d*Cb/35 \text{ (ton)}$$

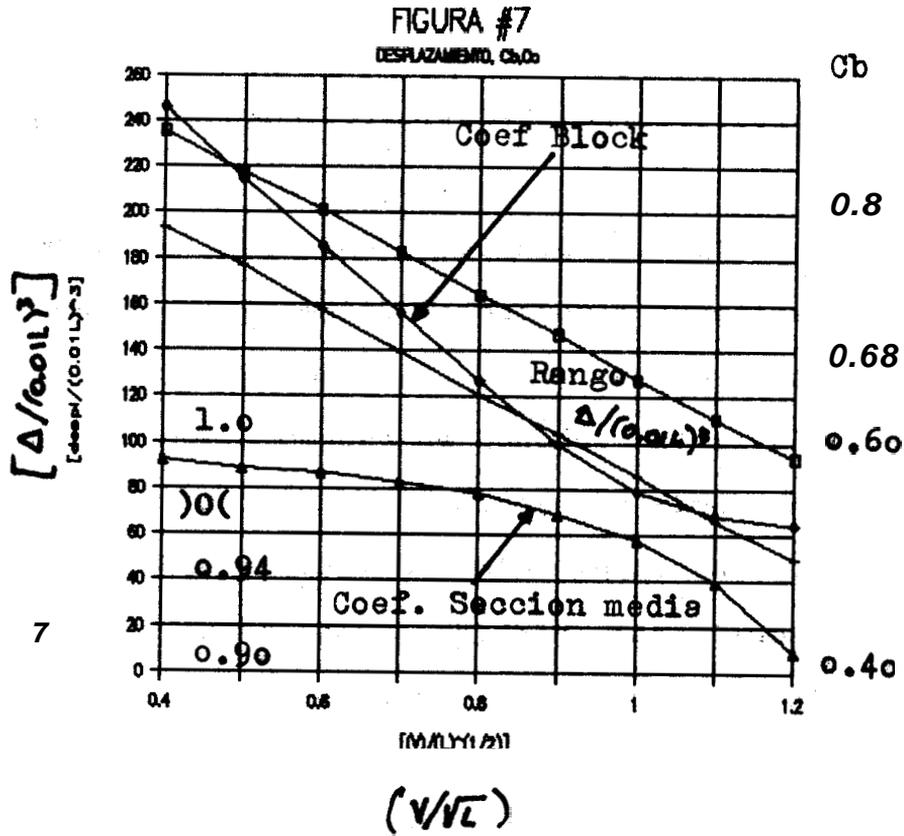
$$\Delta = 430' * 61' * 25.42' * 0.76 / 35 \text{ (ton)} = 14478 \text{ (ton)}$$

$$\Delta = 14478 \text{ (ton)}.$$

Valor que no representa una variación muy grande.

FIGURA #6
RELACIONES B/d y B/D, TANQUEROS





Resumiendo, las siguientes son las dimensiones principales, calculados segun los procedimientos sugeridos por Arkenbout y por T Lamb:

Cuadro #6: Comparación de dimensiones del buque, segun Arkenbout y T Lamb.

Dimensión.....	Arkenbout.....	T Lamb
L.....	426.5' (130m)	430' (131.1m)
B.....	61.0' (18.6m)	61' (18.6m)

d.....25.5' (7.77m).....25.42' (7.75m)
Cb..... 0.759.....0.76
 $\Delta = L*B*d*C_b/35$ 14397(ton).....14478 (ton)

Notamos, que los valores calculados, no varían significativamente. Escogeremos aquellos obtenidos de acuerdo al método de T Lamb, ya que estas se basan en relaciones, tomadas de buques, relativamente modernos. Para el caso del coeficiente de Block, notamos que su valor es aproximadamente igual a 0.76, pero, por cuanto necesitamos obtener las líneas de forma del buque, y no contar con un buque prototipo a mano, proponemos que el coeficiente de block sea de 0.75, con esto podemos usar DATA FORM, las cuales nos da líneas de forma, hasta un coeficiente de block de 0.75 (13). Por lo tanto :

$$C_b = 0.75$$

DIMENSIONES PRINCIPALES DEL BUQUE:

- Peso muerta, Dw 10000 (ton)
- Velocidad de servicio, V=12.5 (nudos)
- Eslora entre perp (L) 131.1(m)=430'
- Manga, B 18.6(m)= 61'
- Calado, d 7.75(m)=25.42'
- Coeficiente block, Cb 0.75
- Desplazamiento, Δ 14542 (ton)

ESLORA DE CALCULO.

Hemos dicho, que nuestros cálculos, se guiarán de acuerdo a las Reglas de la Sociedad Clasificadora, American Bureau of Shipping, (de aquí en adelante, para mayor simplicidad, reglas de la ABS), (1) . La ABS, en su regla #2.1, establece que todos los cálculos, a realizarse, deben basarse en un valor de eslora, la cuál se la define en las reglas de ABS como:

"L es la distancia en metros, en la flotación de verano estimada, desde la cara de proa de la roda, a la cara de popa del codaste popel o codaste; en donde no haya codaste popel o codaste, L se medirá al eje de la mecha del timón. Para su utilización en las reglas, L no será menor del 96 por 100, ni mayor del 97 por 100, de la eslora en la flotación de verano."

Como se puede apreciar, la definición de eslora de cálculo, es prácticamente el valor de la eslora entre perpendiculares. A estas alturas de nuestro trabajo, aún no conocemos la eslora total, en la flotación de verano, por lo que consideramos válido que usemos como eslora de cálculo, el valor de eslora entre perpendiculares, el valor de Lpp. Mas adelante, cuando tengamos las líneas de forma del buque, comprobaremos si la eslora de cálculo, asumida, cumple con las

proporciones solicitadas, por lo tanto:

ESLORA DE CALCULO: $L = 131.1$ (m)

2.3 ESTIMACION PRELIMINAR DEL FRANCOBORDO Y CUHVA DE ARRUFO. PUNTAL.

Otra dimensión principal del buque, en el proceso de diseño preliminar, es el puntal; el puntal en si, no es mas que la suma entre el calado de diseño, (a maxima carga) y el francobordo. Este último representa la reserva de boyantez de la nave. Obviamente que el armador, desea que el calado de su nave, sea lo mayor posible y el francobordo lo menor posible; en cambio, el diseñador naval, luchará porque el valor del francobordo sea alto, por razones de seguridad.

Se deberá llegar a un acuerdo, de tal modo, que se proteja los intereses económicos de los armadores, sin desmedro de la seguridad total del buque.

La demarcación del francobordo está reglamentada, por la Conferencia Internacional sobre Líneas de carga de 1966, (21) (para simplicidad nos referiremas a ella como Línea de Carga de 1966), en esta Conferencia se recomiendan los francobordos para los distintos buques del mundo.

Trabajando con este convenio, regla #3, Capitulo I, numerales 5 y 6, encontramos la definición de puntal de trazada y francobordo. En realidad, el francobordo es una distancia medida, verticalmente hacia abajo, en

el centro del buque, desde el canto alto de la línea de cubierta, hasta el canto alto de la línea de carga correspondiente.

Revisando el Convenio de 1966, capítulo III, regla 27, notamos que se definen dos tipos de buques, los A i los B. Los buques de tipo A, son aquellos proyectados para transportar básicamente líquidos a granel, en la cuál los tanques de carga, tienen solo pequeñas aberturas de acceso, cerradas por tapas de acero o material equivalente, dotadas de frizos; los buques tipo B, son aquellos que no cumplen con las características de los tipo A. En la regla # 28, se asignan los francobordos tabulares, segctn el tipo de buque, en las tablas A ■ B, repectivamente.

Los valores del francobordo, están en función de la eslora, y pueden ser tabulados linealmente, para valores intermedios de eslora; cabe anotar que las dos tablas, vienen en los dos sistemas de medida, métricas e inglesas, esto es, las esloras pueden estar en metros o en pies, y los francobnrdos tabctlares en milímetros o pulgadas, respectivamente.

En la regla 3.1 del Convenio de 1966, la eslora L será el 96% de la eslora total, en una línea de flotación situada a una distancia de la quilla, igual al 85% del

puntal mínimo de trazado. Por no tener aún a mano, un plano de formas de nuestro buque, tomaremos como valor de L, aquel obtenido para la eslora entre perpendiculares, por lo que: L= 131.1 (m).

En base a esta eslora, realizaremos todos los cálculos referentes al francobordo.

FRANCOBORDO TABULAR.

Puesto que nuestro buque es del tipo tanquero, cae dentro del grupo de buques clasificados como A, por el Convenio, tomando de la regla 28.1, obtenemos los francobordos tabulares, tomando dos valores próximos a 131.1 (m), para poder interpolar, tenemos:

Eslora (m).....	Francobordo (mm)
131.....	1650
132.....	1667

La correspondiente interpolación lineal es:

$$F_t = 1650 + (1667 - 1650) * (132 - 131.1) / (132 - 131) \text{ (mm)}$$

FRANCOBORDO TABULAR; $F_t = 1665.3 \text{ (mm)}$

COHRECCION DEL FRANCOEORDO TABULAR POW COEFICIENTE BLOCK.

La regla 30 del Convenio, indica que si el coeficiente block, es mayor que 0.68, el francobordo tabular debe

ser corregido; para nuestro caso $C_b=0.75$, par lo que es necesario corrogir el valor del francobordo tabular. La regla dice que F_t , debe ser multiplicado por el factor:

$$(C_b+0.68)/1.36 \dots \dots \dots (9)$$

$$F=1665.3*(0.75+0.68)/1.36 \text{ (mm)} = 1751.01 \text{ (mm)}$$

Par definicibn sabemos que:

$$\text{Puntal} = \text{calado} + \text{francobordo} \dots \dots \dots (10)$$

Reemplazando tenemos:

$$D = 7.75 \text{ (m)} + 1.791 \text{ (m)} = 9.501 \text{ (m)}$$

CORRECCION DEL FRANCOBORDO POR PUNTAL.

La regla 31 del Convenia de 1966, establece que se debe corregir el francobarda, cuando el puntal excede a $L/15$; analicemos:

$$L/15 = 131.1 \text{ (m)}/15 = 8.74 \text{ (m)}$$

Por cuanto el puntal, $D=9.501 \text{ (m)}$, es mayor que $L/15 = 8.74$, tendremos que carregar el francoborda.

La corrección que da la regla, es la de aumentar el francobordo en:

$$(D-L/15)*R \text{ (mm)} \dots \dots \dots (11)$$

$$R = L/0.48 [L \leq 120 \text{ m}]; R = 250 [L \geq 120 \text{ m}]$$

Por lo que para nuestro caso: $R=250$, así que:

$$(9.501 - 131.1/15)*250 \text{ (mm)}$$

$$\text{Corrección por puntal} = 190.25 \text{ (mm)}$$

Entonces:

$$F = 1751.01 \text{ (mm)} + 190.25 \text{ (mm)}$$

$$\text{FRANQUEORDO CORREGIDO POR PUNTAL: } F = 1941.26 \text{ (mm)}$$

El nuevo puntal, ya corregido será:

$$D = 7.750 \text{ (m)} + 1.9413 \text{ (m)}$$

$$D = 4.691 \text{ (m)}$$

PROPORCION DE LAS DIMENSIONES.

Tomando en cuenta la regla # 2.17, de la ABS, se nota que como condición de clasificación, el puntal no deberá ser menor a $L/15$ y que F/D no exceda a 2; analicemos nuestros valores calculados:

$$L/15 = 131.1 \text{ (m)} / 15$$

$$L/15 = 8.74$$

$$D = 9.691 \text{ (m)}$$

$$B/D = 18.6 \text{ (m)} / 9.691 \text{ (m)}$$

$$E/D = 1.919$$

Las dimensiones, por nosotros encontradas, están dentro de las proporciones requeridas por la ABS.

CURVA DE ARRUFDO.

La cubierta principal, de todo buque, tiene una curvatura longitudinal, con respecto a una línea horizontal, que pase por el punta mas bajo de esta cubierta, (si es continua); a tal curva se la conoce con el nombre de "curva de arrufo", y a la curvatura como "arrufo". Por cuanto, esta curvatura puede variar de buque a buque, el Convenio ha dictado normas para

determinar las ordenadas de curva de arrufo "normales"; aquellos buques, que tengan curvas de arrufo distintas a las normales, deberán ser corregidas en su francobordo, por arrufo.

Para nuestro buque, adoptaremos la curva de arrufo "normal", motivo por el cual no es necesario corregir el francobordo.

La curva de arrufo normal, viene definida en la regla 38, numeral 18, y se dan las ordenadas para la mencionada curva, estas son:

Cuadro #7: Posicion de ordenadas de curva de arrufo normal.

SITUACION.	ORDENADA(mm)
Perp popa (Pp).....	25(L/3 +10) =1343(mm)
L/6 desde Pp.....	11.1(L/3 +10) = 595(mm)
L/3 desde Pp.	2.8(L/3 +10) = 150(mm)
Centro del buque.....	= 0 (mm)
L/3 desde Ppr.	5.6(L/3+10) = 300(mm)
L/6 desde Ppr.....	22.2(L/3+10) =1192(mm)
Perp proa (Ppr).....	50.0(L/3+10) =2685(mm)

Estas ordenadas, se trazan a partir de una línea horizontal, paralela a la Línea Base, y que pase por D=9.691 (m).

ALTURA MINIMA DE PROA .

La regla 39 del Cnnvenio de 1966,numeral 1, establece

que la distancia vertical, en la perpendicular de proa, entre la flotación, correspondiente a la máxima carga en verano, y el canto alto, en el costado de la cubierta expuesta, no será menor a:

$$56L(1-(L/500))*1.36/(Cb+0.68) \text{ (mm)} ; L.4 \text{ 250 (m)}$$

$$56*131.1*(1-(131.1/500))*1.36/(0.75+0.68) \text{ (mm)}$$

$$\text{Altura mínima de proa} = 5151.5 \text{ (mm)}$$

Altura mínima de proa, con respecto a línea base:

$$= \text{calado} + \text{altura mínima de proa (m)}$$

$$= 7.75 \text{ (m)} + 5.1515 \text{ (m)} = 12.9 \text{ (m)}$$

Como se puede apreciar, esta altura de proa, se consigue, colocando una superestructura a castilla en la proa, este castillo con su cubierta expuesta, nos servirá para ubicar el cabrestante para cadenas y demás elementos de fondeo. La longitud y altura del castillo de proa, lo fijaremos adelante, en el momento que se esté compartimentando y distribuyendo el buque.

2.4 ESTIMACION PRELIMINAR DE LA POTENCIA.

En estas primeras etapas del diseño, se requiere estimar la potencia promedio, a instalarse en el buque, para su propulsión; y decimos que es promedio, porque, la potencia real, se la determina por medio de un modelo a escala del buque, en un tanque de pruebas, tarea que corresponde a otra Área de la Ingeniería

Naval, la de la Resistencia y Propulsión.

METODO DE T LAMB.

Seguiremos el procedimiento de T Lamb, (15) para determinar la potencia:

Por definición, la potencia efectiva es la potencia necesaria para mover un buque, a una velocidad determinada en remolque.

La potencia efectiva viene dado por:

$$ehp = [C_1 * C * V^3 * \Delta^{(2/3)}] / 427 \dots \dots \dots 1 \quad (12)$$

En donde:

V= 12.5 (nudos), velocidad de servicio.

Δ = 14542 (ton), desplazamiento en máxima carga.

C₁= factor de correlación, diseñado por Moor y Small, y sus valores varían de acuerdo a la eslora; y se la encuentra en la figura #8. Nótese, que se entra al gráfico con la eslora entre perpendiculares (pies).

Con L= 430', encontramos que C₁=0.94

C = factor de resistencia, derivada por Watson, y viene definida por:

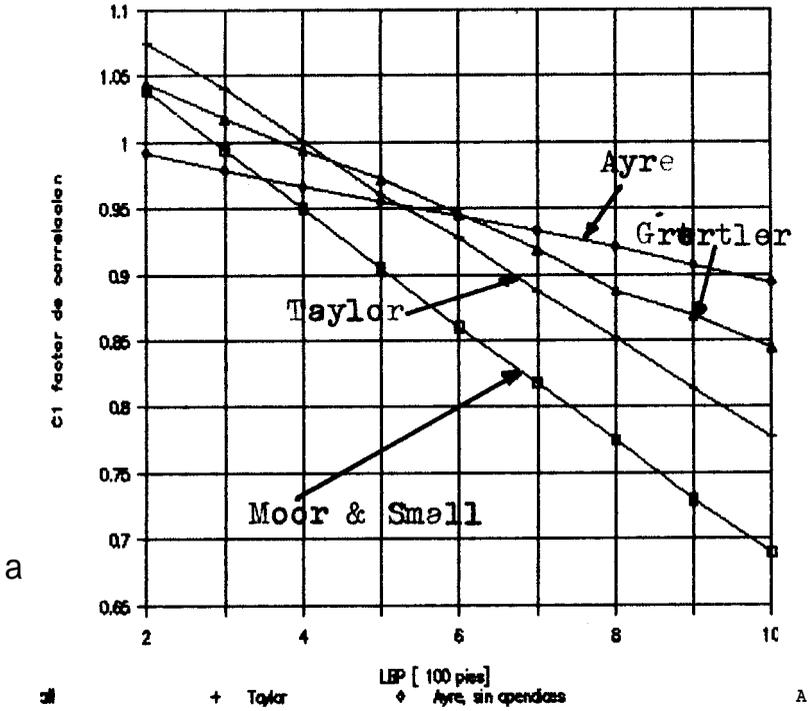
$$C = 0.907 - 0.00012L + 10(k-1)^2 - 0.275C_b \dots \dots \dots (13)$$

C_b = 0.75, coeficiente block..

$$k = C_b + V / (2 * \sqrt{L}) \dots \dots \dots (14)$$

$$k = 0.75 + 12.5 / (2 * \sqrt{430'}) = 1.0514$$

FIGURA #8
FACTOR DE CORRELACION



Reemplazando todos estos valores:

$$C = 0.907 - 0.00012 * 430 + 10(1.0514 - 1)^2 - 0.275 * 0.75$$
$$C = 0.676$$

Por lo que la potencia efectiva es:

$$ehp = 0.94 * 0.676 * 12.5^2 * 14542^{(2/3)} / 427.1 \text{ (hp)}$$
$$ehp = 1731 \text{ (hp)}$$

POTENCIA AL EJE.

La potencia requerida para remolcar al buque, no es la que debe tener la maquinaria propulsora, ya que existen siempre perdidas. La potencia necesaria, para ser entregada al eje propulsor, se la conoce como "

potencia al eje". La relación existente entre potencia efectiva a la potencia al eje, se la conoce como "eficiencia propulsiva". Siguiendo a T Lamb, tenemos que la eficiencia propulsiva viene dado por :

$$N_p = 0.86 - N * L / 18000 \quad (15)$$

En la que:

N= revoluciones por minuto de la hélice, puede variar entre 80 a 200 rpm.

Tomaremos un valor de 200 rpm.

L=430', eslora entre perpendiculares.

$$N_p = 0.86 - 200 * 430 / 18000 = 0.63$$

Por definición, la eficiencia propulsiva, es igual la potencia efectiva (EHP), dividida para la potencia al eje (SHP), por la que la potencia al eje es:

$$SHP = EHP / N_p = 1731 \text{ (hp)} / 0.63 \Rightarrow SHP = 2748 \text{ (hp)}$$

$$SHP = 2748 \text{ (hp)}.$$

Para márgenes de servicio, proponemos aumentar esta potencia en un 25%, esto es:

$$SHP = 1.25 * 2748 \text{ (hp)} = 3435 \text{ (hp)}$$

METODO DE ARKENBOUT PARA LA POTENCIA.

Utilizamos ahora la obra de Arkenbout,(4) , para hallar la potencia.

Arkenbout nos entrega directamente la potencia al eje, representada por la formula del Almirantazgo:

$$SHP = \frac{\Delta \cdot V^3}{C} \text{ (hp)} \dots \dots \dots (16)$$

En la que:

Δ = 14542 (ton), desplazamiento en máxima carga.

V = 12.5 (nudos), velocidad de servicio.

C = factor que depende de la eslora, y viene dado por:

$$C = 0.95L + 197 \text{ (L en metros)} \dots \dots \dots (17)$$

$$C = 0.95 \cdot 131.1 + 197 = 321.545$$

$$SHP = \frac{(14542) \cdot (12.5)^3}{321.545} \text{ (hp)} = 3618 \text{ (hp)}.$$

Digamos SHP = 3600 (hp)

Recordemos que con el método de T Lamb, encontramos que SHP = 3435 (hp).

Tomaremos, por lo tanto, un valor representativo intermedio de potencia al eje de :

$$SHP = 3500 \text{ (hp)}$$

Recalcamos de nuevo, la potencia correcta, se la obtendrá de un estudio mas a fondo de la resistencia y propulsión, lo cual está fuera de nuestros objetivos de Tesis.

2.5 LINEAS DE FORMA, CALCULO DE LOS PRINCIPALES ATRIBUTOS DE LA CARENA.

Hemos calculado ya, las dimensiones principales del buque, pero, aún no tenemos las líneas de forma de él, para esto nos valemos de DATA FORM, (13) , DATA FORM, no son más que líneas de forma, dibujadas

en porcentajes unitarios de manga, y de calado, para coeficientes de block, que varían desde 0.60 a 0.75; existen tres tipos de forma de casco, tipo U, N (normal) y V. Las estaciones son numeradas desde la 0 en la perpendicular de popa, hasta la número 10 en la perpendicular de proa, están subdivididas en su calado, (a máxima carga), en 10 líneas de agua, lo mismo ocurre con su semimanga, la cual est.6 subdividida en 10 partes.

Para nuestro trabajo, utilizaremos las formas N2F75 (que corresponde a la forma normal de las cuadernas de proa, entre las estaciones 1.6 a la 5, con coeficiente block de 0.75), y la forma N2A75, (que corresponde a la forma normal de cuadernas de popa, entre las estaciones 6 a la 1 en proa, coeficiente block. 0.75).

Notamos que las cuadernas, o estaciones, no tienen cerramiento en la parte superior, ya que dependerá del tipo de buque y su respectivo francobordo.

Como detalle adicional, notamos que la numeración de DATA FORM, es desde popa hacia proa. Nosotros adoptaremos la convención mas usada en América, que es la de proa hacia popa. Esto quiere decir, que nuestro buque, tendrá la numeración de proa a popa, así la cuaderna #0, coincidirá con la perpendicular de proa,

y así en orden creciente hacia popa.

Presentamos el cuadro de parentajes de las semimangas, en base a DATA FORM, aplicables para determinar las líneas de forma de nuestro tanquero, en el apéndice A_.

Todos los valores representan porcentajes de semimanga (la máxima semimanga es en la estación 5), y están dados para diferentes líneas de agua, en porcentaje de calada.

Sabemos que: $L = 132.1$ (m); $B = 18.6$ (m); $d = 7.75$ (m); así que $B/2 = 9.3$ (m).

Cada uno de los porcentajes del cuadro, se multiplica por el valor de semimanga, obteniendo el respectivo cuadro de puntos. Apéndice A.

Con este cuadro de puntos, procedemos a trazar las respectivas estaciones, a escala en un borrador. Se presenta en las figuras #9 y #10, las formas originales de FORM DATA, y en las figuras # 11 y # 12 se muestra las formas de las cuadernas, según el plano de formas.

En base al mencionado borrador, se traza el plano de formas del buque. Este plano constará de diez

estaciones, incluyendo dos estaciones intermedias; contaremos con cinco perfiles y cinco líneas de agua. En este plano dibujaremos la cubierta, de acuerdo a las ordenadas de la curva de arrufo normal, ya calculadas.

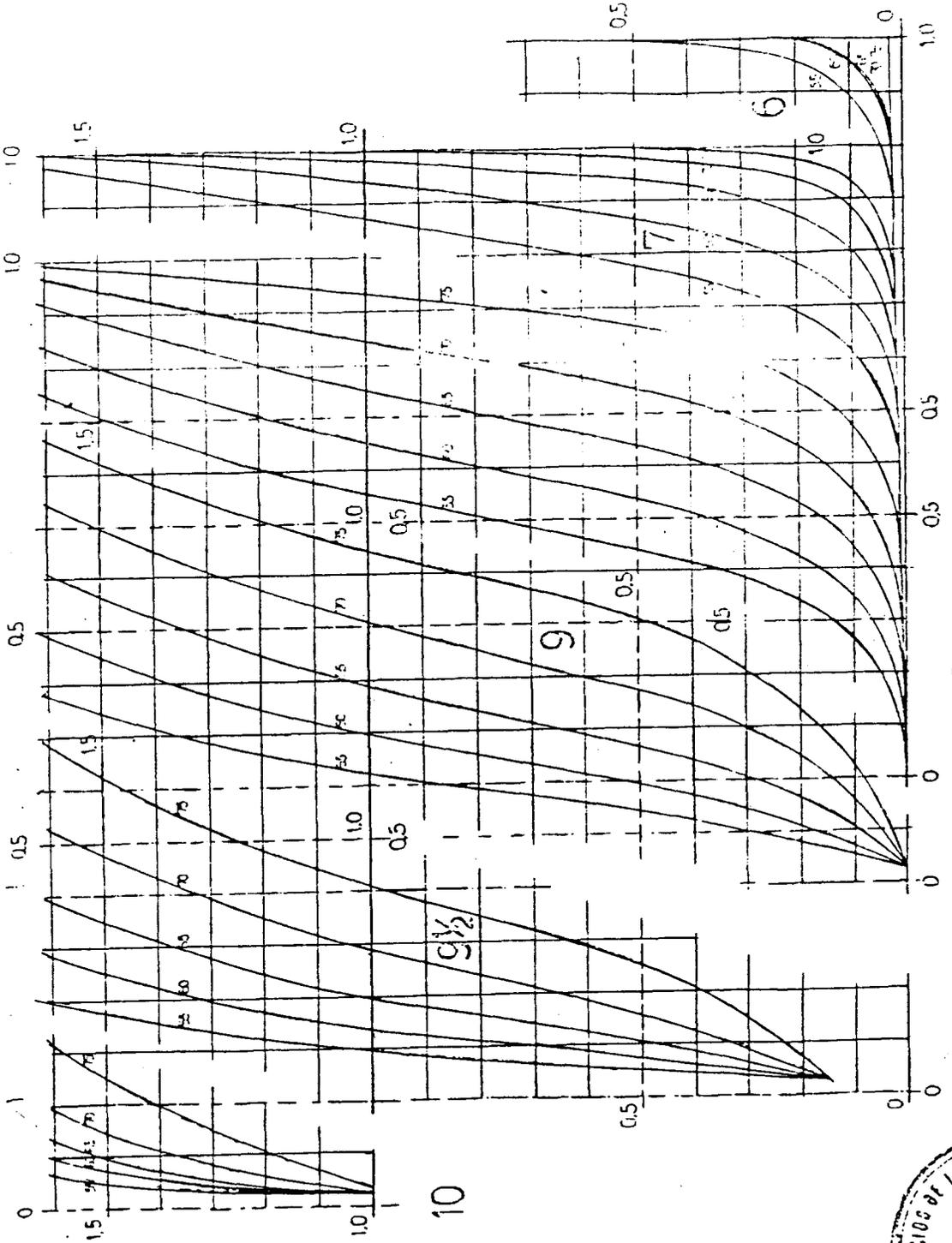
Una vez verificado que las intersecciones, del plano de formas coinciden, procedemos a confeccionar las curvas Bonjean, o curvas de Areas seccionales, las cuales nos serán de gran utilidad ~~mas~~ adelante.

En base a las líneas de forma, calcularemos los atributos de carena, estos cálculos se presentan en el apéndice A.

FIG # 9: FORM DATA N2F.

Non-Dimensional Sections
[SECCIONES ADIMENSIONALES]

N2F



1 200000
C100000

FIG # 10: FORM DATA N2A

Non-Dimensional Sections [SECCIONES ADIMENSIONALES]

N2A

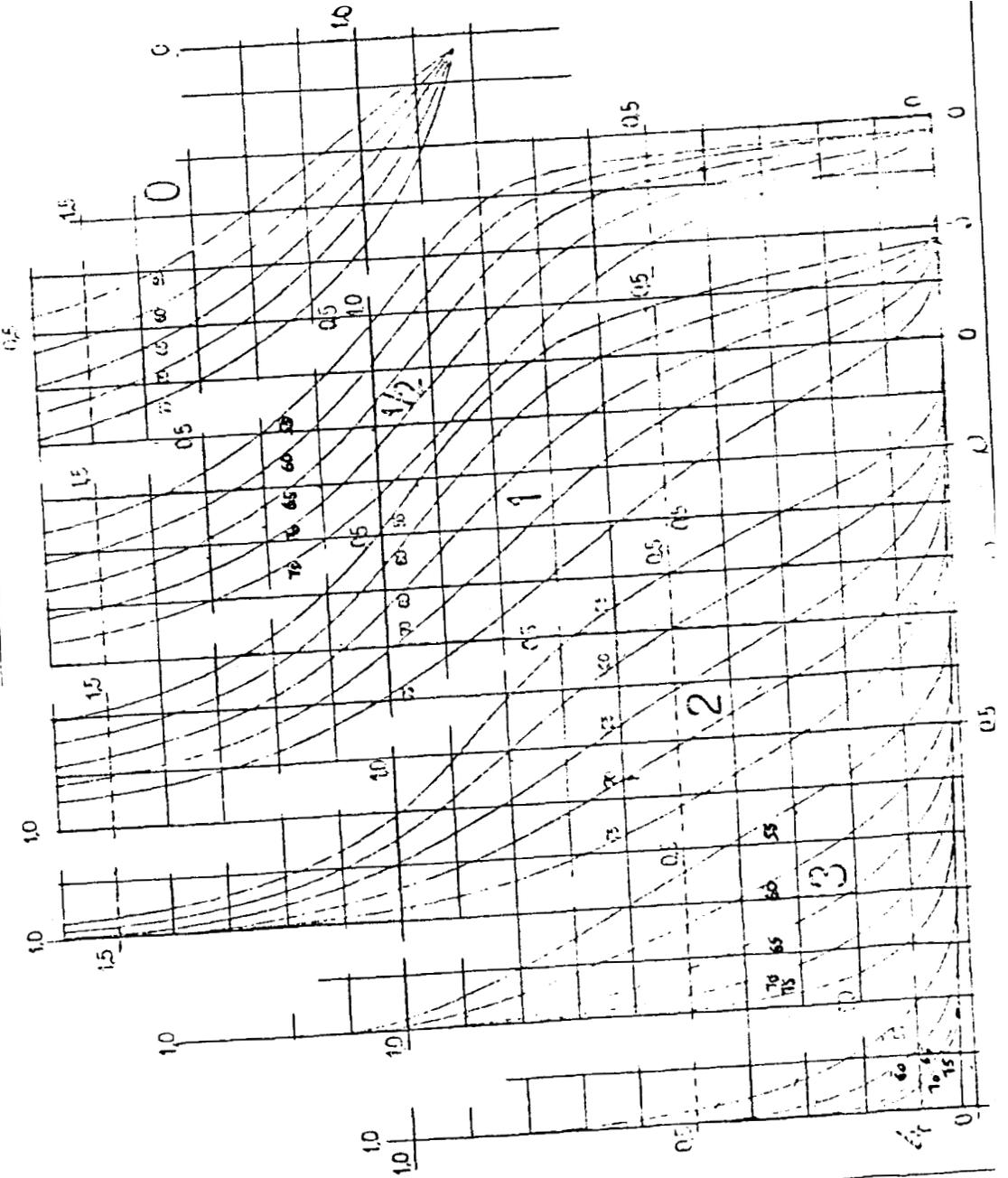


FIGURA Nº 11
Formas de cuadernas de Proa

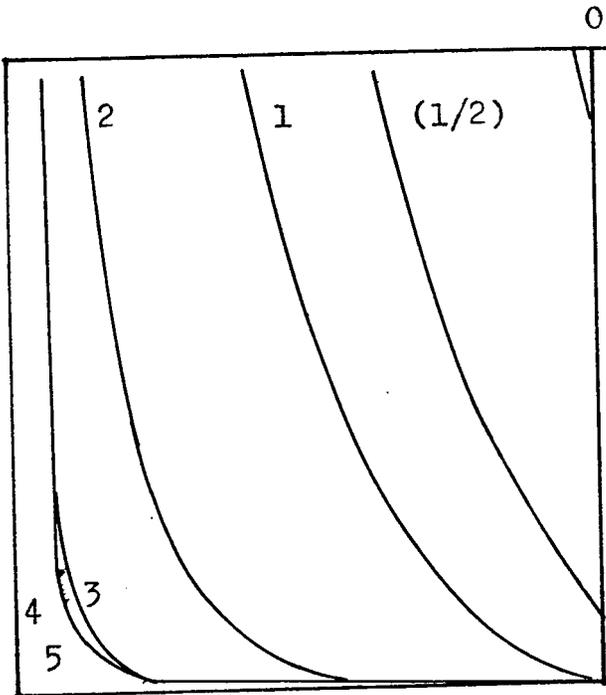
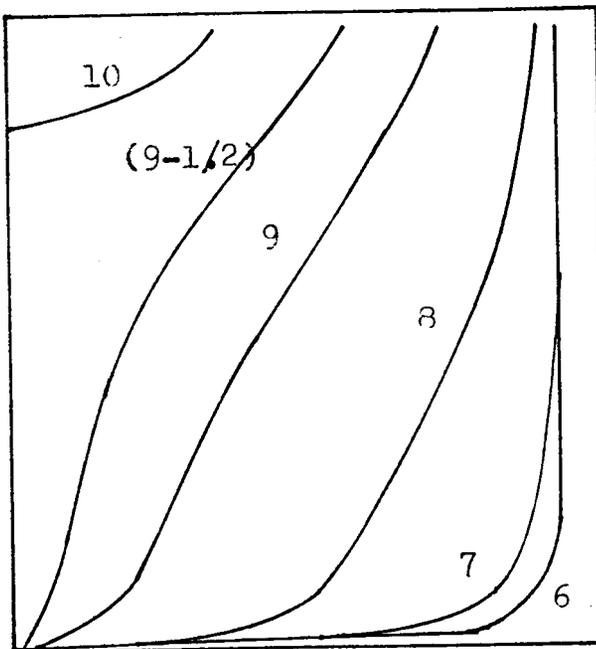


Figura Nº12
Formas de cuadernas de popa



2.6 POSICION DE LOS PRINCIPALES MAMPAROS DEL BUQUE, DISTRIBUCION GENERAL- PRELIMINAR.

En el buque, existen ciertos mamparos importantes, con respecto a la subdivisión estanca, por lo que es vital el determinar su ubicación, ya que muchos de ellos garantizan, la seguridad y estanqueidad de la nave. Entre los principales, y su manera de posicionarlos tenemos:

MAMPARO DE COLISION: Situado en la proa, es de suprema importancia, por ser la principal defensa contra colisiones. Su localización esta regido por SOLAS 81, (19) , capitulo II-1 numeral 2, la cual establece, que debe ser estanco hasta la cubierta de francobordo, y su situación, debe estar a una distancia de la perpendicular de proa, no menor al 5 por ciento de la eslora del buque, ó a 10 metros, si la segunda magnitud es menor, con la salvedad, que si la Administracion no establece otra cosa, la distancia no será superior al ocho por ciento de la eslora del buque.

La ABS, (1) , regla 12.5.1, indica que se debe colocar un mamparo estanco e intacto, hasta la cubierta de francobordo, a una distancia no menor de $0.05L$ a popa de la intersección de la roda con la línea de

flotación de máxima carya.

Notamos que, ya sea la Casa Clasificadora, como SOLAS, prohíben la construcción de un mamparo de colisión, a menos de $0.05L$, a partir de la perpendicular de proa, (ó a 10 metros si esa dimensión es menor que $0.05L$).

Calculemos la posición de este mamparo:

De el plano de líneas de forma, tomamos las siguientes medidas:

En la línea de agua #5 (diseño):

Eslora entre perpendiculares: 131.1 (m)

Eslora total de LA #5= 136.1 (m)

Como en la definición de eslora de cálculo, se dijo que esta no será menor al 96%, ni mayor del 97% de la eslora en flotación de verano, comprobemos con L_{pp} :

$$131.1 * 100 / 136.1 = 96.3\%$$

Valor que está dentro del rango permitido, entonces:

ESLORA DE CALCULO: L_{pp} = 131.1 (m)

$$0.05L = 0.05 * 131.1 (m) = 6.555 (m)$$

$$0.08L = 0.08 * 131.1 (m) = 10.488 (m)$$

Escogemos que la posición del mamparo de colisión esté a 7.00 (m) desde la cara proel de la roda, en LA5.

MAMPARO DEL PIQUE DE POPA.- Este mamparo estanco, es el que protege el Departamento de Máquinas, y cuya única abertura, es aquella que permite el paso del eje propulsor y del prensaestopas.

La localización de este mamparo, viene dado por SOLAS, (20) , regla 1.0, numerales 5 i. 6. En estas reglas establecen la obligatoriedad, de instalar mamparos estancos, hasta la cubierta de cierre en los espacios de máquinas, que las separen de los espacios de carga. A mas de eso, se debe praveer que las bocinas, esten encerradas en espacios estancos, de volumen reducido. El prensaestopas de la bocina, estará situada en un túnel de eje, estanco a en un espacio estanco, separado del compartimento de la bocina.

SOLAS, en sí na define una posición concreta de los mamparos del departamento de máquinas, sino que deja a criteria del proyectista, eso sí advirtiendlo de la necesidad de conservar, a toda coŝta, la seguridad del departamento de máquinas.

Segun AES, regla 12.5.2, establece que para todo buque movido par hélices, se deben colocar mamparus de pique de popa, dispuestas de tal forma, que comprendan los tubos de bocinas en un compartimento estanco. Los mencionados mamparos, deben prolongarse hasta la cubierta resistente.

La ABS, también deja en libertad al proyectista de ubicar a este mamparo de pique de popa, segun su criterio, eso sí, con las debidas precauciones de

seguridad y protección de las bocinas del eje propulsor.

Proponemos colocar el mamparo de pique de popa, a una distancia de 6.555 (m), contado a partir de la perpendicular de popa, esto quiere decir, que el mamparo coincidirá con la estación 9-1/2 de el plano de líneas de forma.

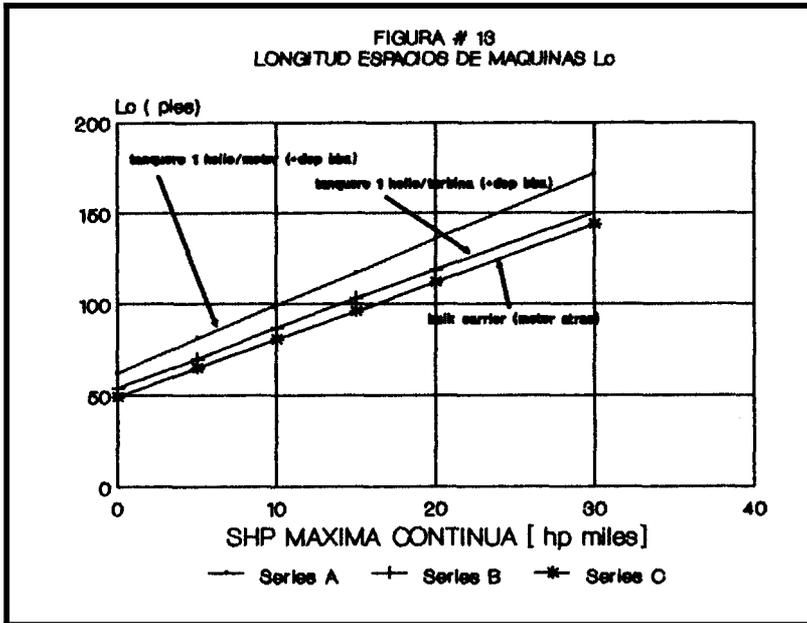
El mamparo de pique de popa, par tener nuestro buque, su maquinaria a popa, coincide con el mamparo a popa del departamento de máquinas.

MAMPARO DE PROA DEL DEPARTAMENTO DE MAQUINARIAS.

Otro mamparo, obligatorio y necesario, es aquel que está a proa del departamento de máquinas, su posición, obviamente, dependerá de la longitud del Departamento de Máquinas. SOLAS 81, no dice nada acerca de este mamparo, ya que lo considera, como un mamparo que cae dentro del compartimentado del buque, y que se autoposiciona, de acuerdo a los requerimientos de potencia del buque, así como de su eslora inundable. La ABS, en su regla 12.5.3 (espacios de maquinaria), indica que los espacios de maquinaria, estarán comprendidos por mamparas estancos, los cuales se prolongarán hasta la cubierta de francobordo.

Resumiendo, la longitud del espacio de máquinas,

depende de la potencia al eje del buque, por tal motivo, usamos el metodo de T Lamb. Usemos la figura #13.



13

En la figura #13, se entra con la potencia al eje, en nuestro caso SHP= 3500 HP, escogemos la curva titulada "buques tanquero monohélice, a motor, incluyendo cuarto de bombas".

El resultado es:

Longitud de espacios de máquinas, incluyendo cuarto de bombas= $l_m = 75' = 22.87 (m)$

Redondeando tenemos que:

$l_m = 22.44 (m)$

Podemos colocar un mamparo, a una distancia de:

$$6.56 \text{ (m)} + 22.44 \text{ (m)} = 29.0 \text{ (m)}$$

Esto es, el mamparo a proa del espacio de máquinas, estará situado a 29.0 (m) del peak de popa.

DEPARTAMENTO DE BOMBAS.

El buque, por nosotros diseñado, es del tipo tanquero, necesita de un compartimento en el cual se alojen, el sistema de descarga, bombas, tuberías, etc; este compartimento, normalmente se lo ubica, a proa del departamento de máquinas, de manera, que no solamente sirve para alojar los sistemas de bombeo, sino que actúa como una barrera de seguridad, entre los tanques de carga y el departamento de máquinas.

Pero, analizando las reglas de la ABS, se prevee la instalación de cofferdams, estancos, ventilados y de fácil acceso, que separen los tanques de carga, de las cocinas y alojamientos de espacios de carga, que se hallen por debajo de la cubierta continua mas alta, cámaras de caldera y espacios que contengan maquinaria propulsora, y demás maquinaria, en, donde normalmente se hallen presenters focos u orígenes de ignición. Se considera que las cámaras de bombas, compartimentos destinados exclusivamente para lastre, y tanques de fuel oil, se pueden considerar como cofferdams.

SOLAS 81, en lo fundamental, especifica que todo espacios de maquinarias, estará aislado de los tanques de carga (regla 56), y de los tanques de decantación, mediante un coferdám, una cámara de bombas o un tanque de almarenamiento de combustible.

Regresando a nuestro caso, el espacio de maquinaria calculado, ya incluía el departamenta de bombas, colocaremos un mamparo divisorio, entre las departamentos de bombas y máquinas. La posición de este nuevo mamparo, proponemos que sea de 5 metros a popa del mamparo proel del espacio de maquinarias.

Entonces, la posición del mamparo divisorio entre estos dos departamentos es:

Posición mamparo Depto máquinas/Bombas= 24 (m) a proa de la perpendicular de popa.

La prolongación de este último mamparo, por encima de la cubierta resistente, nos servirá como mamparo frontal de la superestructura de popa, en el que irán alojados, los tripulantes, oficiales, etc. La longitud de esta superestructura, la tomaremos de 24 (m), con tree; entrepuentes, cada uno de 2.5 (m) de altura.

La asunción de dimensiones de la superestructura de popa, la tomamos para dar una habitabilidad al buque, y tomar en cuenta su influencia en los cálculos, de manera similar, propondremos dimensiones del castillo

de proa.

POSICION DE MAMPAROS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES EN TANQUES DE CARGA.

Hasta aquí hemos visto la posición de los siguientes mamparos transversales: peaks de proa y popa, división depto máquinas/depto bombas, y el mamparo proel del espacio de maquinarias.

Es lógico pensar, que se requieren mas mamparos transversales, que garanticen la subdivisión estanca del buque, esta distribución la conseguimos con la curva de esloras inundables. Pero, a más de satisfacer las condiciones de subdivisión, debemos tener cuidado, en satisfacer las necesidades de carga, en nuestro caso, el número de segregaciones.

Reglas ABS 12.5.4, SOLAS cap II-1 regla 4-5 y 6.

Mas adelante, hablaremos mas en detalle sobre esloras inundables.

Regresando a nuestra subdivisión, la cual la asumiremos, y posteriormente la compararemos con los resultados obtenidos, de los cálculos de esloras inundables.

Uno de los requerimientos del armador, constaba que el buque posea tres segregaciones. Es decir que el buque tenga la capacidad de transportar, cargar/descargar ,

tres productos diferentes, en forma autónoma y separada. Para conseguir esto, proponemos que, subdividamos al buque en 6 tanques de carga, (en el sentido longitudinal), de tal modo, que cada producto sea transportado en dos tanques. Cada dos tanques, colocaremos un coferdam estanco, para evitar que se produzcan contaminaciones. No está por demás decir, que cada segregación, contará con su propio sistema de líneas de carga, y respectivas bombas de carga. Cada uno de estos tanques de carga, será de igual longitud.

Es necesario el implementar un séptimo tanque, el cual servirá como tanque de decantación, del agua proveniente del lavado de tanques de carga, según las reglas 15 y 17 de MARPOL 73, (17) , en el que se exige el mencionado tanque de decantación. El agua contaminada, recogida en este tanque de decantación, normalmente es entregada en los puertos de carga, los cuales deben tener las instalaciones adecuadas.

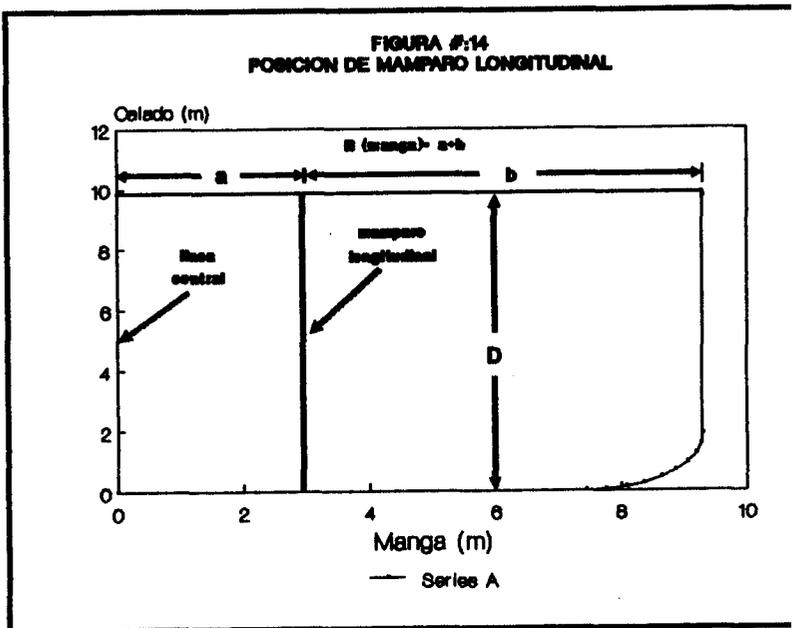
En la definición de la ABS, de buques petroleros, implícitamente, regla 22.1.1, se establece que el buque tenga estructura longitudinal, con puntales menores a un quinceavo de la eslora, estructura soldada, maquinaria a popa, fondos sencillos, con dos o tres mamparos longitudinales continuos.

La ubicación de la maquinaria a popa, ya la hemos citado, nos toca ahora instalar dos mamparos longitudinales continuos. Pero, cuál es su ubicación con respecto a la crujía, de estos mamparos?, para esto utilizaremos Arkenbout, (4).

Arkenbout, hace un estudio, en relación a la separación entre mamparos transversales de buques petroleros, así como el posicionamiento de los mamparos longitudinales. El nos presenta una tabla, (la tabla #121 en esa obra).

Por efectos de espacio, solamente citamos una parte de la mencionada tabla. Tabla #2.1.

Para efectos de comprensión de la simbología de la tabla, presentamos en el cuadro # 8 ; en el que se explica el significado de cada uno:



cuadro #8: Posiciones de mamparos longitudinales y transversales en tanqueros (Arkenbout).

L.....	D.....	D/S.....	2a/S.....	b/S.....
415'	33'	1.06	1.22	0.52
425'	31'	0.98	0.68	0.52
442'	32'	0.80	0.59	0.46
442'	32'	1.07	0.79	0.61
460'	34'	0.83	0.54	0.45

Recordando los valores calculados para nuestro buque:

$$L=131.1 \text{ (m)} = 430' \quad B/2= 9.3 \text{ (m)} = 30.5'$$

$$D = 9.691 \text{ (m)} = 31.79'$$

Con estos valores, y las relaciones de eslora para $L=425'$ i $L=442'$, obtenemos los siguientes resultados:

Cuadro #9: Posición de mamparos transversales y longitudinales.

D/S	S	2a/S	a	b/S	b	a+b
0.98	32.44'	0.68	11.0	0.52	16.87	27.9'
0.80	39.70'	0.59	11.7'	0.46	18.3'	30.0'
1.07	29.70'	0.79	11.7'	0.61	18.1'	29.8'

Nótese que, los resultados obtenidos, trabajando con las relaciones de $L=442'$, de el cuadro, son satisfactorios; por la tanto, escogemos las siguientes relaciones, para fijar la posición del mamparo longitudinal:

Alternativa #1:

S= 12 (m)=39.36' (separación entre mamp. transv.)

a= 3.8(m)=12.46' (separación del mamp. long a crujía).

b= 5.5(m)=18.04' (separación del mamp. long al costado).

Alternativa # 2:

S= 9.0 (m)= 29.52' (separación entre mamp transv.)

a= 3.8(m)=12.46' (separación del mamp. long a crujía)

b= 5.5(m)=18.04' (separación del mamp long al costado)

Con esto, ya podemos bosquejar dos distribuciones de tanques de carga, así tenemos:

CUADRO #10: ALTERNATIVA DE DISTRIBUCION #1.

MAMPARO.....	DIS'T. A Ppp(m)
peak popa.....	6.555
Depto máquinas/Bombas.....	24.00
Depto bombas/tq #7.....	29.00
Tanques #7/#6.....	41.00
Tanques #6/#5.....	53.00
Proa Tq #5/cofferdam.....	65.00
Cofferdam/popa tanques #4.....	66.50
Tanques #4/Tanques #3.....	78.50
Proa tanque #3/cofferdam.....	90.50
cofferdam/popa tanques #2.....	92.00
Tanques #2/Tanques #1.....	1.04.00

Proa tanques #1/cofferdam.....	116.00
Cofferdam/proa.....	117.50
Mamparo colisión.....	124.10

Separación entre mamparos transversales=12 (m), en tanques de carga. Se han instalado tres cofferdam, cada uno de 1.5 (m) de largo, entre los tanques de carga 5/4, 3/2, y 1/proa.

El espacio de 6.6 (m), entre el cofferdam de praa del tanque #1 y el mamparo de colisión servirá para cajas de cadenas, departamenta de bombas,(de lastre). Además, se colocará tanques de lastre, 6 de agua de potable, etc. Ver figura #15.

ALTERNATIVA #2.

En este caso, el tamaño de los tanques de carga es menor, por lo que aumentan en das; esto quiere decir que dos segregaciones ,tendrán tres tanques de carga, cada una, y la restante solo dos. total de tanques nueve, incluyendo el tanque de recolección de agua de lavado de tanques. :

CUADRO #11: ALTERNATIVA DE DISTRIBUCION #2:

MAMPARO_____	DIST. A Ppp(m)
Peak de popa.....	6.555
depto maquinas/bombas..	24.00

depto bombas/Tanques #Y.	29.00
Tanques #9/Tanques #8.....,	38.00
Tanques #8/Tanques #7.....	47.00
Tanques #7/Tanques #6... ,	56.00
tanques #6/cofferdam..	65.00
Cofferdam/Tanques #5.....	66.50
Tanques #5/Tanques #4.....	75.50
Tanques #4/Tanques #3.....	84.50
Tanques #3/cofferdam.....	93.50
Cofferdam/Tanques #2.....	95.00
Tanques #2/Tanques #1.....	104.06
Tanques #1/cofferdam.....	113.00
Cofferdam/proa.....	114.50
Mamparo de colisión.....	124.10

Separación entre mamparos transversales, en tanques de carga= 9(m).

Se han instalado tres cofferdam, de 1.5 (m), entre los tanques de carga 5/4, 3/2 y 1/proa. Igual comentario, que el seguido, en la primera distribución, para el espacio de praa.

Ver la figura #16.

Como datos adirionales, para la5 dos alternativas de distribución, colocaremos un doble fondo, en el departamento de maquinas y bombas, doble fondo que servirá de base para la maquinaria.

El doble fondo en Máquinas y Bombas, servirán, además como tanques de combustible y/o agua dulce, lubricantes, etc.

Hemos colocado pañoles para el servomotor, en popa, repuestos en popa; el peak de popa servirá para agua de lastre, limpio.

En la alternativa #1, los tanques #7 pueden ser utilizados de la siguiente manera:

Tanque #7 centro, para la recolección del agua de lavado de tanques. tanques #7 laterales, (babor y estribor), como tanques profundos de combustibles, para uso de máquinas del buque.

En cuanto a la distribución de productos, para cada alternativa, podemos citar:

PRODUCTO.....	TANQUES ALT#1.....	TANQUES ALT#2
A.....	#1,#2.....	#1,#2
B.....	#3,#4	#3,#4,#5
C.....	#5,#6.....	#6,#7,#8
Lavado tanques.....	#7 centro.....	#9 centro
Combustible.....	#7Bb y #7Eb.....	#9Bb y # 9Eb.

Para las dos alternativas, hemos colocado una

superestructura en popa, la cual empieza como una prolongación del mamparo del departamento máquinas/bombas, las longitudes de cada cubierta de esta superestructura es:

Cubierta habitabilidad tripulantes: 22.0 (m)

Cubierta habitabilidad oficiales: 18.0 (m)

Cubierta puente de mando: 8.0 (m)

Distancia entre cubiertas: 3.0 y 2.5(m)

Castillo en proa: 20.0 (m)

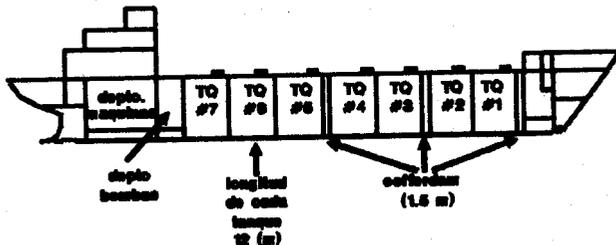
La distribución adecuada, de esta superestructura, no esta dentro de los objetivos, ya que corresponde a otra área de la Ingeniería, por eso solamente la hemos bosquejado, para tener su influencia dentro del aspecto estructural.

Debemos cnmprubar, si las dimensiones del compartimentado, de las dos alternativas, son seguras, es decir, que en caso de avería de un mamparo transversal, el buque no se hunda.

Si los tanques, aquí asumidos, en su longitud, son mayores que ciertas valores, a calcularse, no serán seguros, casu cantraria, querró decir que tales valores asumidos, son satisfactorios.

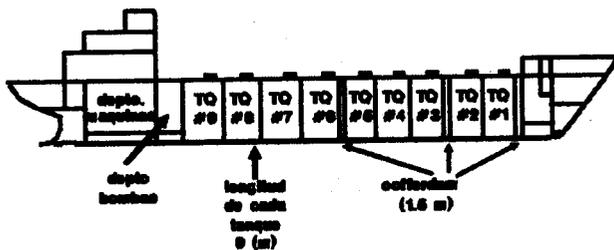


FIGURA # 15
ALTERNATIVA DE DISTRIBUCION #1



15 16

FIGURA #16
ALTERNATIVA DE DISTRIBUCION #2



LA CURVA DE ESLORA INUNDABLE, METODO DE SHIROKAUER.

Nos proponemos compartimentar el buque, para la cual entregamos algunas definiciones, resumidas, dadas por SOLAS 81 (19), Capitulo II-1, regla 2, las mas importantes:

Línea de carga de compartimentado: Línea de flotación, utilizada para determinar el compartimentado del buque.

Línea de máxima carga de compartimentado: línea de flotación correspondiente al calado máximo, permitido por las prescripciones relativas a compartimentado aplicables.

Eslora del buque: longitud de este, medida entre perpendiculares, trazadas entre los extremos de la línea de máxima carga de compartimentado.

Manga del buque: anchura máxima de este, fuera de miembros, medida en la línea de máxima carga de compartimentado, o por debajo de ella.

Calado: distancia vertical, que media entre la línea base, en el centro del buque, y la línea de carga de compartimentado que se trate.

Cubierta de cierre: la cubierta más elevada, a la que

llegan los mamparos estancos transversales.

Línea de márgen: Una línea trazada en el costado a 76 mm, cuando menos por debajo de la cara superior de la cubierta de cierre.

Permeabilidad de un espacio: proporción del volumen de ese espacio, que el agua puede ocupar. El volumen de un espacio, que se extienda por encima de la línea de márgen, se medirá solamente, hasta la altura de esta línea.

Usaremos la teoría de FNA (8), para el siguiente razonamiento.

Supongamos que un buque, flotando en su línea de máxima carga, con un volumen de desplazamiento V , y su centro de boyantez, situado a x metros de la sección media, sufre una avería que permite la entrada de v_w metros cúbicos de agua, que lo lleva a una nueva línea de flatacibn, esta nueva línea de flotacibn, es tangente a la línea de márgen, el nuevo volumen de desplazamiento, V_1 , tiene un LCB situado a x_1 metros de la sección media. El volumen inundado v_w , tiene su centra de gravedad, situado a x_w metros de la sección media, de la anterior tenemos que:

$$V_1 = V + v_w \text{ (m}^3\text{)} \dots \dots \dots (18)$$

$$x_w = \left[\frac{(V_1 * x_1 + V * x)}{v_w} \right] \text{ (m)} \dots \dots \dots (19)$$

NOTA: x_i x_1 , son positivos si están a proa de la sección media, y negativos si están a popa de ella.

La longitud requerida del compartimento, viene dado por:

$$L = (v_w * 100) / (\mu * A) \dots \dots \dots (20)$$

Donde A, es el área seccional del compartimento, hasta la línea de flotación de avería.

μ = permeabilidad del compartimento.

Se pueden sacar innumerables condiciones de avería, siempre tangentes a la línea de margen, teniendo como resultado, distintos valores de longitudes de compartimento, este proceso sería demasiado laborioso. El libro de PNA, (8), nos entrega el método de Shirokauer, el cual en forma resumida no es mas que el siguiente procedimiento:

Para el trabajo se requiere el perfil diametral del buque, con las curvas de áreas seccionales, llamadas también curvas Bonjean.

Definimos el siguiente valor:

$$T = 1.6D - 1.5H \dots \dots \dots (21)$$

En la que:

D = 9.615 (m), puntal desde la línea base hasta la línea de margen, en su punto mas bajo.

H = 7.75 (m) calado desde la línea base, a la línea de

carga de subdivisión.

$$T = 1.6 * 9.616 - 1.5 * 7.75 \text{ (m)} = 3.76 \text{ (m)}$$

A continuación, en las curvas Eonjean, trazamos 7 condiciones de avería (líneas de flotación):

a) Hundimiento paralelo, tangente a la línea de margen, paralela a la línea de carga.

b) A partir de la línea de hundimiento paralelo, sobre la perpendicular de popa, se marcan tres puntos, situados a $T/3$ (1.235m), $2T/3$ (2.506m), y T (3.76 m) hacia abajo. Desde estos puntos, se trazarán líneas rectas, tangentes a la línea de margen.

c) De igual manera, se marcan en la perpendicular de proa, tres puntos, a la misma altura que el caso b, trazándose a partir de ellos tres líneas tangentes a la línea de margen.

A las líneas trazadas desde la proa, se las representa con las siglas 1A, 2A, 3A, y representan, tres condiciones de asentamiento a pupa. A las líneas trazadas a partir de la perpendicular de popa, se las nombra como 1F, 2F, 3F, representan a su vez, condiciones de asentamiento de a proa.

Puesto que las curvas Bonjean, representan áreas, la intersección de las 7 condiciones de avería, con las respectivas estaciones nos llevan al proceso:

Integración de cada condición de avería, encontrando el volumen de desplazamiento, el LCB, v_w , i x_w .
Aparte, para cada condición de avería, se dibuja la curva de áreas seccionales, se marca el x_w calculado, y se halla la longitud del compartimento L, tendremos 7 puntos. Teniendo como abcisas, las esloras del buque, se grafica los valores de longitud de compartimento, pero en porcentaje de eslora, formando una curva. Esta curva debe ser dividido para la permeabilidad, pero, la permeabilidad es diferente, tanto en la zona de máquinas, como en la zona de carga.

La permeabilidad que tomaremos, para el departamento de maquinas será de $85 + 10(a-c)/v$.

Siendo :

a = volumen de espacios de pasajeros (m^3), bajo la línea de margen. $=0$.

c = Volumen de espacios de entrepuentes, bajo la línea de margen, destinado para carga $.c=0$

v = volumen del espacio de máquinas, bajo la línea de margen. Por determinarse aún.

Permeabilidad en departamento de máquinas. $= 85$

Revisando la que establece SOLAS 81 (20), regla 6, tenemos que :

La eslora máxima permisible de un compartimento, cuyo centro se halle, en un punto cualquiera de la eslora

del buque, se obtiene a partir de la eslora inundable, multiplicada esta por un factor apropiado, que se llama factor de subdivisión.

La permeabilidad para las zonas de proa y popa del departamento de máquinas viene dado por:

$$63 + 35(a/v)$$

Puesto que el valor de $a=0$, para buques de carga, tenemos que la permeabilidad, para zonas fuera del departamento de máquinas, será igual a 63.

Los valores de permeabilidad anteriores, son dictadas por la regla #5 Capítulo II de SOLAS 81, (19) .

El factor de subdivisión, depende de la eslora del buque, y viene dado por la expresión:

$$A = (58.2 / (L - 60)) + 0.18$$

Para $L=131$. (m) o más, para buques de carga.

Reemplazando:

$$A = (58.2 / (131.1 - 60)) + 0.18$$

$$A = 0.999$$

Como el factor de subdivisión, es casi igual a la unidad, la eslora permisible, en este caso, será igual a la eslora inundable.

En el apéndice A, se presentan los cálculos correspondientes a la eslora inundable, siguiendo el método de Shirokauer.

Analizando la curva de esloras permisibles obtenida, tenemos la siguiente:

L% en departamento de máquinas=15.6, lo que equivale a una longitud de compartimenta de:

$$L_c = 15.6 * 131.1 \text{ (m)} / 100$$

$$L_c = 20.5 \text{ (m)}$$

Recordando que, la longitud del departamento de máquinas, asumidas en las dos alternativas, fué de $L_c = 17.45 \text{ (m)}$, está dentro del límite de seguridad, por ser menor a la máxima eslora permisible.

L% a 1/4L desde peak proa=19.0, la **qua** equivale a una longitud de compartimenta de:

$$L_c = 19.0 * 131.1 \text{ (m)} / 100$$

$$L_c = 24.9 \text{ (m)}$$

L% cerca de sección media= 27.5, la que equivale a una longitud de compartimento de :

$$L_c = 27.5 * 131.1 \text{ (m)} / 100$$

$$L_c = 36.0 \text{ (m)}$$

L% a 1/4L desde peak de **papa**= 19.6, la que equivale a una longitud de campartimento de:

$$L_c = 19.6 * 131.1 \text{ (m)} / 100$$

$$L_c = 25.7 \text{ (m)}$$

Recordando que, en las alternativas de distribución #1 y #2, las longitudes de tanques de carga, fueron de 12(m) y 9(m), respectivamente.

Resolvemos que, la alternativa de distribución #1, es la **mas** adecuada, puesto que **implica** un menor numera de

mamparos trasversales, (y por ende menor peso). A más de lo anterior, escoger la distribución #1, implica que el buque tiene la garantía, de mantenerse intacto, con dos tanques de carga inundados .

La posición de todos los mamparos, aún no es definitivo, ya que más adelante, por necesidades de tipo estructural, es posible que se muevan. Podemos decir, eso sí, que el máximo valor de longitud de carga, será de 12.5 (m), en otras palabras, el máximo valor de carrimiento de los mamparos transversales, viene determinado por la curva de esloras permisibles.

1.7 A 2

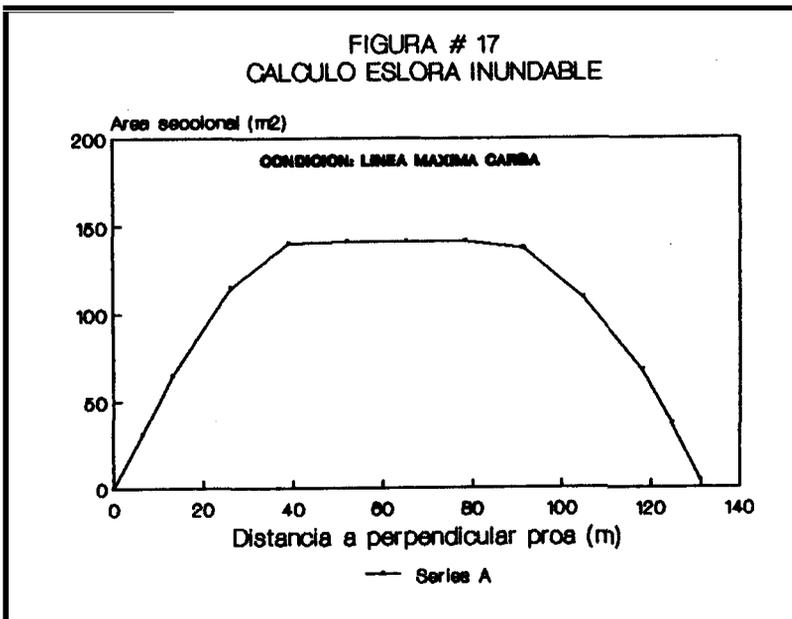


FIGURA # 18
CALCULO ESLORA INUNDABLE

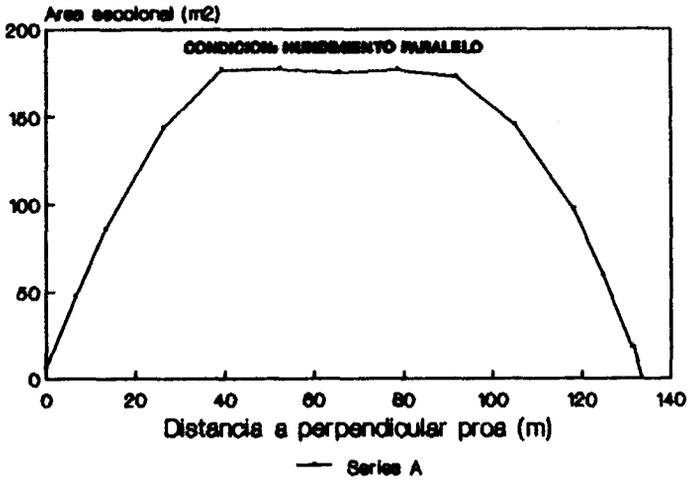


FIGURA # 19
CALCULO ESLORA INUNDABLE

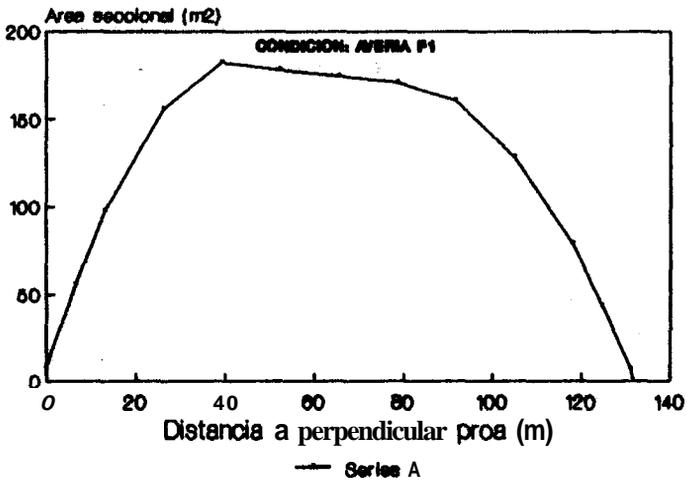


FIGURA # 20
CALCULO ESLORA INUNDABLE

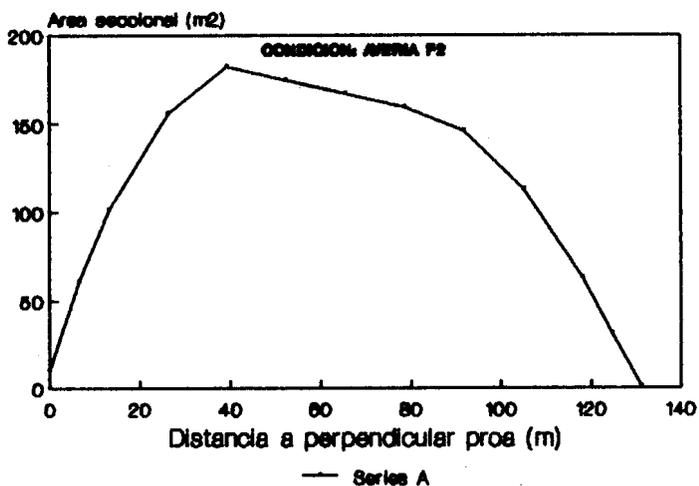
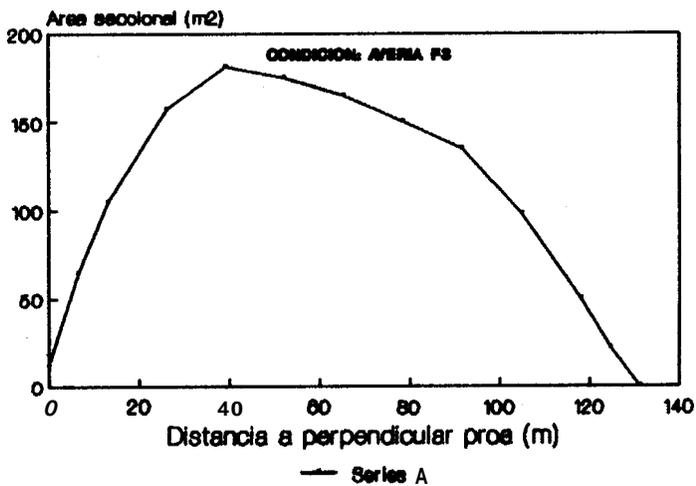


FIGURA # 21
CALCULO ESLORA INUNDABLE



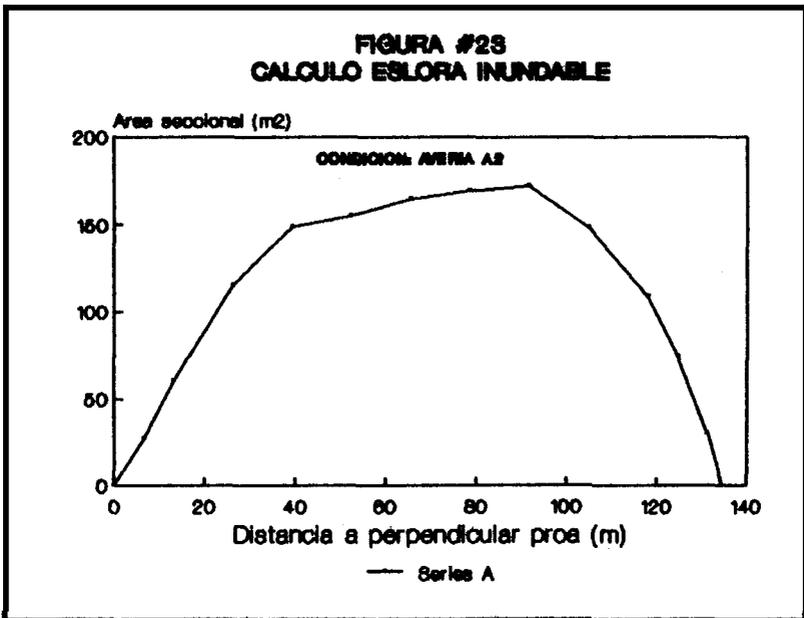
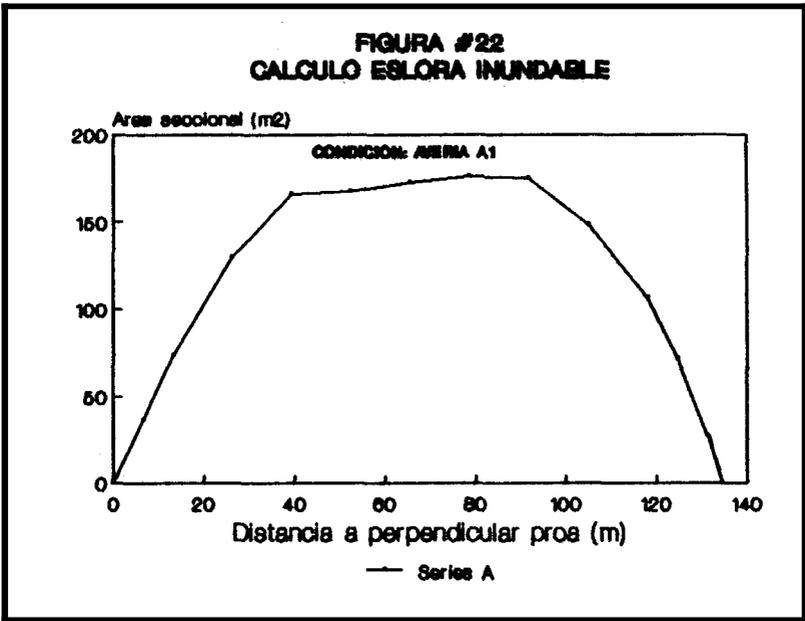


FIGURA # 24
CALCULO ESLORA INUNDABLE

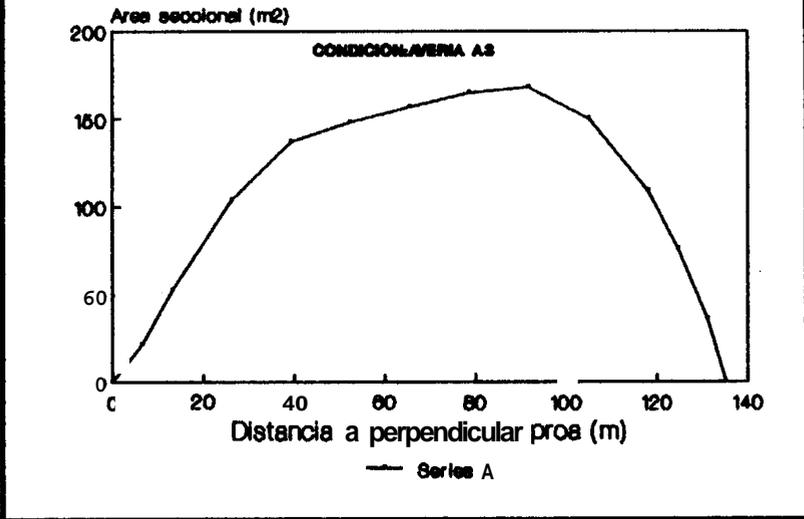
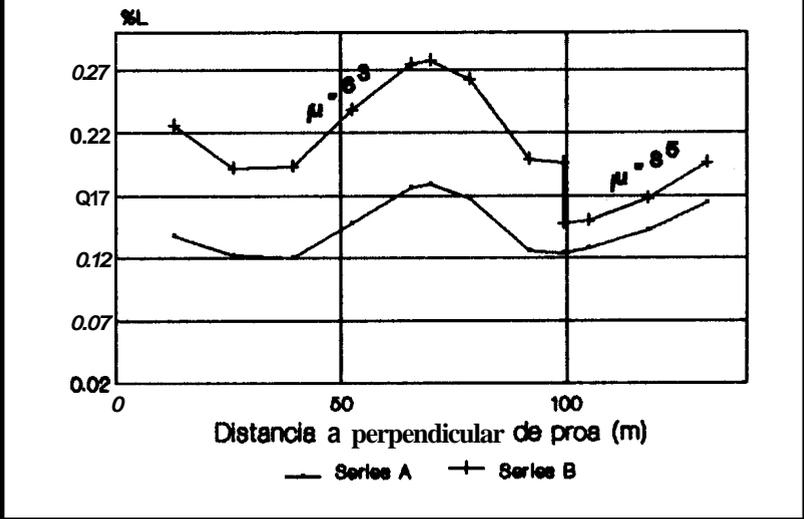


FIGURA #25
ESLORAS INUNDABLES Y PERMISIBLES



2.7 ESTIMACION PRELIMINAR DE PESOS.

El peso muerto de un buque, por definición, es la diferencia entre el desplazamiento en máxima carga, y el peso ligero del navío. El peso ligero, a su vez, es el resumen de todos los items, necesarios para construir al buque, listo para hacerse a la mar, pero se excluye en su campo el peso del combustible, agua dulce, tripulación y efectos, provisiones y vitualias, los cuales son considerados como misceláneos del peso muerto. El peso muerto total, es la suma del peso de la carga y los anteriores misceláneos nombrados.

A pesar de tener, en esta etapa de diseño, una distribución del buque, no podemos saber a ciencia cierta, sobre la distribución de pesos, tampoco sobre sus estructurales. Pero, necesitamos estimar el peso del buque.

Sigamos con T Lamb, (15), cuyo método nos entrega el peso ligero del buque. T Lamb, divide al peso en varios grupos, estimando sus pesos por separado, finalmente los suma, obteniendo el peso ligero. Los mencionados grupos y la forma de calcularlos son:

PESO NETO DEL CASCO:

En este grupo, está incluido el acero estructural del

casco, estructuras, codaste, pala, mástiles etc.

Previo a su cálculo, es necesario definir, el llamado "numeral de equipo Lloyd", para simplicidad lo llamaremos "numero de Lloyd", y viene dado por:

$$\# \text{ Lloyd} = L(B+d) + 0.85(D'-d)L + 0.85 \sum (l_s * h_s) + 0.75 * \sum (l_d * h_d).$$

En donde:

L= 430', eslora entre perpendiculares.

B= 61', manga

d= 25.42', calada de diseño.

D= 31.8', puntal.

D'= 0.97D=30.8', para buques sin arrufo en sección media.

$l_s * h_s$ = longitud * altura de superestructuras (pies*pies).

Para nuestro caso tenemos:

Habitabilidad tripulación: 22(m)x3(m)=72.16' *9.84' = 710

Habitabilidad oficiales: 18(m)x2.5(m)=59' x8.2'=484

Puente de mando: 8(m)x 2.5(m)= 26.2' x8.2'=215

$$(l_s * h_s) = 710 + 584 + 215 = 1409$$

$(l_d * h_d)$ = longitud* altura casamatas(piesxpies)

Para nuestro caso, existe un castillo en proa:

Castillo proa: 20(m) x2.5(m)= 65.6' x 8.2' =538

Reemplazando los valores, tenemos:

$$\# \text{ Lloyd} = 430(61+25.42) + 0.85(30.8-25.42)430 +$$

$0.85 \times 1409 + 0.75 \times 538$

Lloyd = 40835

En la figura # 26, con $L=430'$, en la curva para tanqueros, leemos la relación peso casco/#Lloyd igual a:

Peso neto casco/# Lloyd = 0.056

Por lo que el peso de casco es: 2287 (ton)

PESO NETO DEL CASCO = 2287 (ton).

PESO DE ACCESORIOS.

En este rubro, se incluyen los talleres y herramientas, aparejaduras, escotillas, mástiles, maquinaria de cubierta incluyendo al servomotor, aislamiento térmico y acústico en acomodaciones, accesorios de maquinarias, ya sea de refrigeración, aire acondicionado, equipos de detección y combate contra incendio.

En la figura # 27, entrando con el número de Lloyd, se encuentra directamente el peso de accesorios.

Con # Lloyd = 40835 tenemos; para tanqueros:

PESO DE ACCESORIOS = 410 (ton).

PESO DE INGENIERIA DEL CASCO.

Dentro de este grupo, para espacios fuera de maquinaria, se incluyen tuberías, serpentines de calentamiento, sistemas sanitarios, imbornales y

descargas, instalación eléctrica. En espacios de maquinarias, se incluyen bombas, tuberías, instalaciones eléctricas, tanques de servicio, calderas en buques a motor, ejaretados, escalas, escapes.

En la figura #28, ingresando con el número de Lloyd, en la curva de tanqueros a motor, leemos directamente el peso. Por lo tanto:

PESO INGENIERIA DEL CASCO= 550 (ton)

PESO DE MAQUINARIA.

En este grupo están incluidos, el peso de la máquina propulsora, calderas con aguas en sus circuitos, auxiliares para la máquina principal, generadores, ejes, hélices.

En la figura # 29, ingresando con la potencia al eje, SHP, obtenemos el peso de la maquinaria, para nuestro caso, escogemos la curva para tanqueros con turbocharger .

Con SHP= 3500 (hp), leemos el siguiente valor:

PESO DE MAQUINARIA= 200 (ton)

Por definición tenemos que:

Peso ligero= casco + accesorios + ingeniería y maquinaria.

Peso ligero= 2287 + 410 + 556 + 200 (ton)

Peso ligero = 3447 (ton)

Comprobemos el resultado con el peso muerto:

Por definición:

Peso muerto= desplazamiento en máxima carga -
desplazamiento ligero.

Peso muerto= 1.4380 - 3447 (tars)

Peso muerto = 10933 (tun)

Comparado con los 10000 (tan), de peso muerto inicial, existe una variación de 9.3%, lo cual no es mucho, ya que estamos en la etapa de estimación, el verdadero peso ligero, estará influenciado por el peso de los estructurales y demás equipos, aún por determinarse.

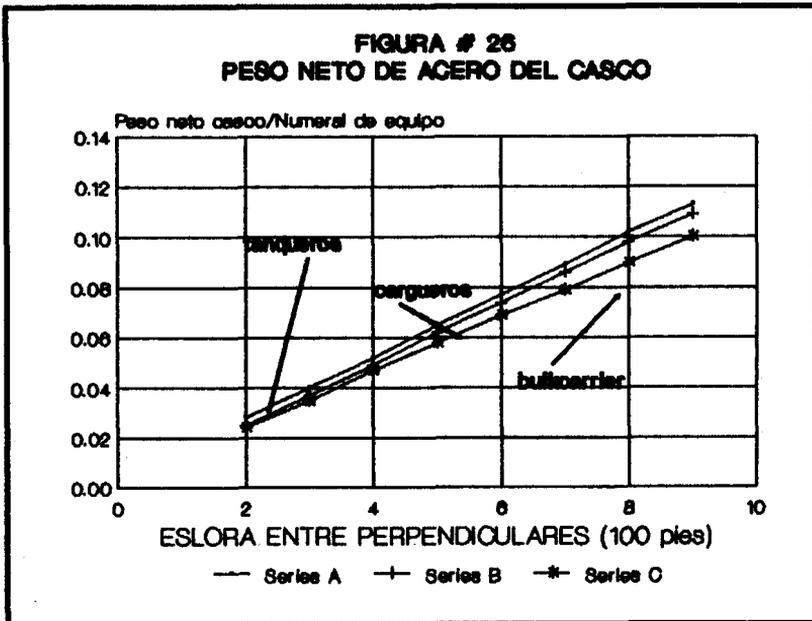


FIGURA # 27
PESO DE ACCESORIOS

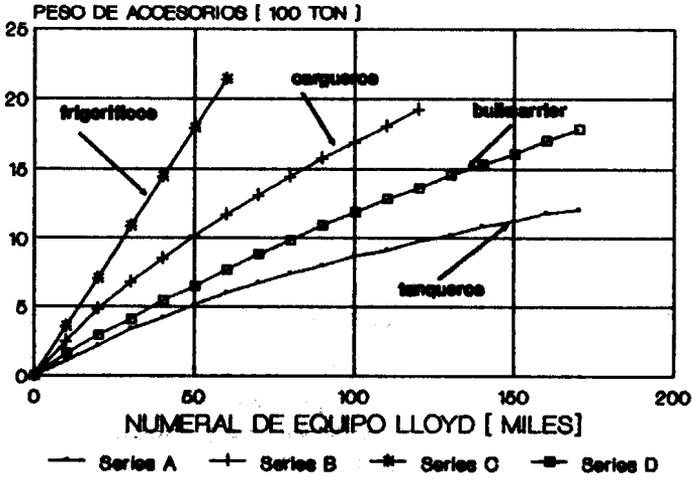


FIGURA # 28
PESO DE INGENIERIA DE CASCO

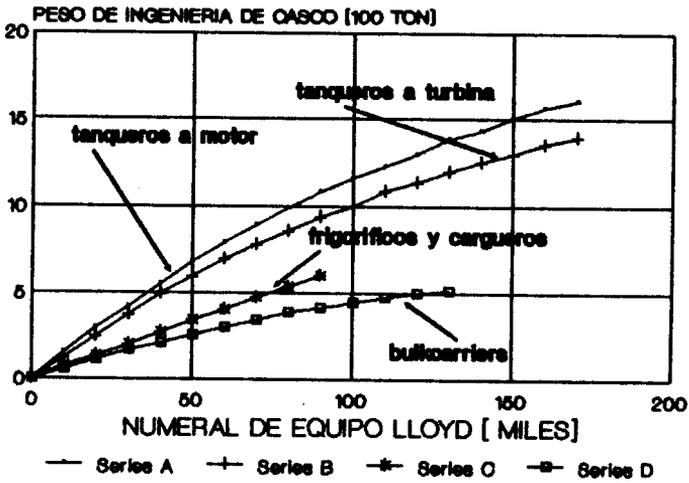
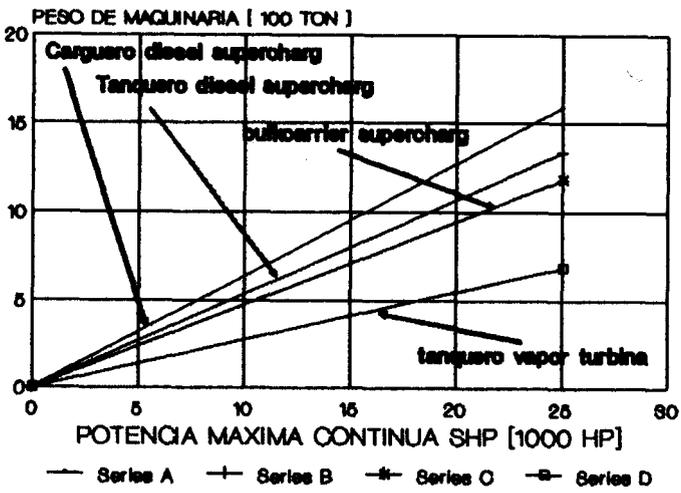


FIGURA # 29
PESO DE MAQUINARIA





BIBLIOTECA

CAPITULO #3

PROCESO ITERATIVO PARA LA DETERMINACION DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL BUQUE.

3.1 DISTRIBUCION ESTRUCTURAL PRELIMINAR, ASUMIDA.

Heos aquí, en esta etapa del trabajo, con la necesidad de entregar un distribución estructural del buque. El trabajo habitual de un diseñador, se ve simplificado, si posee los escantillones de un buque parecido. En nuestro caso, no ocurre lo anterior, por lo que nos veremos forzados a asumir, los escantillones de los principales elementos estructurales del buque.

Es preciso aclarar que, los escantillones a darse aquí, no serán del todo alejados de los reales requeridos, y su fundamento teórico, no será completamente detallado, sino que meramente citado; la teoría necesaria se detallará mas adelante. De manera

similar, en esta sección se definirán, ciertos valores, que se utilizarán en el resto del trabajo.

CLARA ENTRE CUADERNAS.

La clara entre cuadernas, es el espaciamiento existente entre dos cuadernas consecutivas. Uno de los requerimientos de la Casa Clasificadora ABS, es de que el cuadernaje del buque, sea del tipo longitudinal. Es decir, que la relación existente, entre la distancia entre dos cuadernas consecutivas, dividida para la separación entre refuerzos longitudinales, es mayor que la unidad.

Recordando que, la distribución general, asumida en el capítulo anterior, el espaciamiento entre mamparus transversales, en tanques de carga, es de 12 (m).

A mas de contribuir en el compartimentado, cada mamparo transversal, participa principalmente en la resistencia transversal del buque. Notamos, que debido a la separación entre ellos, existiría una longitud demasiado extensa, sin reforzamiento transversal, en los tanques de carga.

La solución al problema anterior, es la de instalar, a espacios iguales, cuadernas gigantes en forma de anillos, que provean la adecuada resistencia

transversal al tanque.

Proponemos instalar tres bulárcamas, así llamadas, a las cuadernas gigantes, en cada tanque de carga. De lo anterior se desprende, que cada tanque de carga, se dividirá en cuatro partes iguales, en el sentido longitudinal.

Podemos definir el siguiente valor:

Espaciamiento entre bulárcamas $S = 12(m)/4$

$S = 3 (m) = 300 (cm)$.

A la separación entre refuerzos longitudinales, lo denotaremos por s , la cual tenemos que estimarla.

En la teoría de estructuras, cálculos de planchajes, estabilidad al pandeo, etc; se define la relación de aspecto de un panel, como el valor de relación entre el lado largo al lado corto, en el que los esfuerzos principales son normales al lado más corto. A groso modo, podemos decir, que aquellos paneles, con estructura de tipo longitudinal, tienen un excelente comportamiento estructural, y entre estos, los que tienen relaciones de aspecto mayor a 2. Las relaciones de aspecto más utilizadas son: 3, 4 y 5.

Utilizaremos la relación de aspecto igual a 4, por ser

el mas común.

Por definición:

$$S/s = 4$$

$$\text{Entonces: } s = 300 \text{ (cm)}/4$$

ESPACIAMIENTO ENTRE LONGITUDINALES: $s = 75 \text{ (cm)}$

CLARA DE GLJADERNAS, SEGUN ABS.

La ABS (1), regla 8.3, nos dice que la clara entre cuadernas, en los piques no, excederá a 610 (mm). La clara normal en el centro, viene dado por:

$$s = 2.08L + 438 \text{ (mm)} \quad L \leq 270 \text{ (m)} \dots \dots \dots (22)$$

$$L = 131.1 \text{ (m)}$$

$$s = 2.08 * 131.1 + 438 \text{ (mm)} = 711 \text{ (mm)}$$

Pero esta clara de cuadernas, es para un buque de cuadernaje transversal, y se la puede adoptar, como clara entre elementos longitudinales; notamos que la diferencia con los 750(mm), por nosotros adoptado no es mucha.

Tomaremos el valor de espaciamentu, entre longitudinales, en la zona de tanques de carga, igual a 750 (mm), porque nos encaja y acomoda a nuestra distribución. Adoptaremos coma clara entre cuadernas,

para los piques igual a $S = 600$ (mm).

Nótese que el cuadernaje en los piques, es del tipo transversal, por mandato de la casa Clasificadora; y es explicable, ya que se necesita un reforzamiento local, por los violentos esfuerzos que sufren estas zonas, en los movimientos de 1 buque.

Los piques de proa y popa, vienen delimitados, de la siguiente manera:

PIQUE PROA: Cofferdam tanques #1, hasta la roda. PIQUE

DE FOFA: Desde el Dpto de bombas (inclusive), hacia popa.

Con estas clarías de cuadernas, podemos posicionar nuevamente a los distintos mamparos transversales y cuadernas.

CUADRO # 12: POSICION DE CUADERNAS Y MAMPAROS.

ELEMENTO	DIST A Ppr (m)
Cuaderna #0	0.00
Cuaderna #5	3.00
Cuaderna #10	6.00
Mamparo colisión (cuad # 11)	6.60
Cuaderna #16	9.60

Cuaderna #21	12.60
Mamparo cofferdam (cuad #22)	13.20
Mamparo coff/TQ #1 (cuad #23)	14.70
Cuaderna #24	17.70
Cuaderna #25	20.70
Cuaderna #26	23.70
Mamparo TQ #1/TQ #2 (cuad #27)	26.70
Mamparo TQ #2/coff (cuad #31)	38.70
Mamparo coff/TQ #3 (cuad #32)	40.20
Mamparo TQ #3/TQ #4 (cuad #36)	52.20
Mamparo TQ #4/coff (cuad #40)	64.20
Mamparo coff/TQ #5 (cuad #41)	65.70
Mamparo TQ #5/TQ #6 (cuad #45)	77.70
Mamparo TQ #6/TQ #7 (cuad #49)	89.70
Mamparo TQ #7/Depto Bombas(cuad #53)	101.70
Cuaderna #57	104.10
Cuaderna #59	105.30
Mamparo depto Bbas/Depto maq.(cuad #61)	106.50
Cuaderna #71	112.50
Cuaderna #81	118.50
Mamparo peak de popa (cuad #91)	124.50
Cuaderna # 105	135.50

Notamos que algunos mamparos, se han movido ligeramente, con relación a la posición, que tenían en la distribución . Par ejemplo, el mamparo de colisión, se movió (cm), hacia proa, pero aún se

mantiene fuera de los 0.05L.

El tamaño del departamento de máquinas, ha aumentado su longitud, en 55.5 (cm); mientras , el tamaño del departamento de Bombas, se ha reducido en 20 (cm).

Como vemos, los cambios, son muy pequeños, y están dentro de los límites, permitidos por la curva de esloras permisibles.

POSICION DE REFUERZOS Y MAMPAROS LONGITUDINALES.

Con la separación $s=75$ (cm), distribuiremos, a través de toda la manga, y del puntal, los refuerzos longitudinales; igualmente posicionaremos a los mamparos longitudinales.

Cuadro #13: POSICION DE REFUERZOS LONGITUDINALES EN EL FONDO.

ELEMENTO	DIST. A CRUJIA (m)
Vagra central	0.00
Longitudinal de fondo L1	0.75
Longitudinal de fondo L2	1.50
Longitudinal de fondo L3	2.25
Longitudinal de fondo L4	3.00
Mamparo longitudinal	3.75
Longitudinal de fondo L5	4.50
Longitudinal de fondo L6	5.25

Longitudinal de fondo L7_____	6.00
Longitudinal de fondo L8_____	6.75
Longitudinal de fondo L9(**)_____	7.50
Longitudinal de fondo L10(**)_____	8.25
Longitudinal de fondo L11(**)_____	9.00

** Los longitudinales de fondo L9 a L11, se encuentran en el pantoque, su separación es de 75 (cm), entre sí, para siguiendo la curvatura del mismo; las distancias indicadas, son solo referenciales.

Debido a la simetría del buque, con respecto al plano de crujía, se presenta la distribución, solamente para una banda. Esta política se sigue para ahorrar de espacio, y evitar cálculos redundantes.

CUADRO #14: POSICION DE LONGITUDINALES DEL COSTADO.

Para este caso, las distancias se miden, con respecto a la línea base:

ELEMENTO_____	DIST A LINEA BASE (m)
Longitudinal L12_____	1.30
Longitudinal L13_____	2.00
Longitudinal L14_____	2.75
Longitudinal L15_____	3.50
Longitudinal L16_____	4.25
Longitudinal L17_____	5.00

Longitudinal L18	5.75
Longitudinal L19	6.50
Longitudinal L20	7.25
Longitudinal L21	8.00
Longitudinal L22	8.60
Longitudinal L23	9.20
Cubierta (al costado)	9.69

Nótese que, hemos dejado como espaciamento, entre los refuerzos L21 a L23 de 60 (cm), y entre el refuerzo L23 y la cubierta de 49 (cm), por razones de construcción, ya que así se tiene accesibilidad para soldar en tales áreas.

Además, ya que el espaciamento es menor, entre estos refuerzos, su resistencia se incrementará, y esto nos conviene, puesto que esa Area, es una zona sometida a altos esfuerzos.

CUADRO #: 1.5 POSICION DE ELEMENTOS LONGITUDINALES DE CUBIERTA .

ELEMENTO	DIST. A CRUJIA(m)
Eslora central	0.00
Eslora LC1	0.75
Eslora LC2	1.50

Eslora LC3_____	2.25
Eslora LC4_____	3.00
Mamparo longitudinal_____	3.75
Eslora LC5_____	4.50
Eslora LC6_____	5.25
Eslora LC7_____	6.00
Eslora LC8_____	6.75
Eslora LC9_____	7.50
Eslora LC10_____	8.10
Eslora LC11_____	8.70
Costado_____	9.30

Hemos dejado como espaciamiento 60 (cm), entre las esloras LC9 hasta el costado.

POSICION DE REFUERZOS DE MAMPAROS TRANSVERSALES.

Para mantener la continuidad de la estructura, y una mejor distribución de esfuerzos, hemos decidido que los mamparos transversales, tengan refuerzos de tipo vertical; esto quiere decir, que se extenderán desde la cubierta hasta el fondo, y su posición, será la misma que la de los refuerzos de cubierta.

POSICION DE LOS REFUERZOS DE MAMPAROS LONGITUDINALES.

Hemos decidido, reforzar horizontalmente estos

mamparos; esto es, paralelos a la línea base. Con esto logramos que tales refuerzos, contribuyan con su inercia en el módulo seccional del buque-viga.

Las distancias, están referidas con respecto a la línea base:

CUADRO # 16: POSICION DE REFUERZOS DE MAMPAROS LONGITUDINALES.

ELEMENTO	DIST. A LB(m)
Longitudinal LL1	0.75
Longitudinal LL2	1.50
Longitudinal LL3	2.25
Longitudinal LL4	3.00
Longitudinal LL5	3.75
Longitudinal LL6	4.50
Longitudinal LL7	5.25
Longitudinal LL8	6.00
Longitudinal LL12	9.00
Cubierta	9.73

Queda un espacio de 73 (cm), entre el último refuerzo y la cubierta.

DISTRIBUCION DE ANCHOS DE TRACAS, PARA FONDO, CUBIERTA, COSTADO, MAMPAROS LONGITUDINALES Y

TRANSVERSALES.

El planchaje de los buques metálicos, se extienden longitudinalmente, en hileras, comúnmente conocidas como tracas; en el sentido transversal, estas tracas deben ser distribuidas; esta distribución debe hacerse, tomanda en cuenta a la disponibilidad comercial y estructural. Esto significa, que la unión entre dos tracas consecutivas, no coincida con la posición de ningún refuerzo.

Primero, nos ocuparemos de los anchos de cada traca, y luego de sus espesores.

TRACAS DEL FONDO.

Para la traca central, llamada quilla, utilizaremos un ancho de 1.2 (m), equivalente a un ancho comercial de 4'. El centro de esta plancha, debe coincidir con la línea de crujía, para efectos de simetría.

Como detalle, a la traca de quilla se la denomina por K, las adyacentes por A,B,C, D, etc, de acuerdo a su proximidad a la K. Los anchos de planchaje, comerciales, que utilizaremos, son:

CUADRO # 17: ANCHOS COMERCIALES

ANCHO (pies) _____ ANCHO (m)

4	1.20
5	1.50
8	2.50

Para posicionar las tracas del fondo, cortaremos una plancha de 2.50 (m), a 2.00, y la colocaremos en la traca C, para que una sola plancha cubra enteramente el pantoque. Las distancias referidas, son con respecto a crujía, de la fibra mas alejada de la traca:

CUADRO #18: POSICION DE LAS TRACAS DEL FONDO.

TRACA	ANCHO	DIST. A CRUJIA.
K quilla	1.20 (m)	0.60 (m)
A	2.50 (m)	3.10 (m)
B	2.50 (m)	5.60 (m)
C	2.00 (m)	7.70 (m)

CUADRO #19: POSICION DE LAS TRACAS DEL COSTADO.

TRACA	ANCHO	DIST. A LB.
D pantoque	2.50 (m)	1.70 (m)
E	1.50 (m)	3.10 (m)
F	1.50 (m)	4.60 (m)
G	1.20 (m)	5.80 (m)
H	1.20 (m)	7.00 (m)
J	1.20 (m)	8.20 (m)
L cinta	1.50 (m)	9.70 (m)

Las distancias, corresponden a las fibras mas alejadas de la traca, con respecto a la línea base.

Con esta distribución de tracas, podemos acotar que: la traca de cinta, se prolonga 11 (cm), sobre la cubierta.

POSICION DE TRACAS DE MAMPAROS.

Las distancias, serán referidas, con respecto al fondo; y los valores, dados aquí, servirán ya sea, para los mamparos transversales, como para los longitudinales.

CUADRO # 20: POSICION DE TRACAS DE MAMPAROS.

TRACA_____	ANCHO(m)_____	DIST.A LB.(m)
A_____	2.50_____	0.00
B_____	1.50_____	2.50
C_____	1.50_____	4.00
D_____	1.50_____	5.50
E_____	1.50_____	7.00
F_____	1.20_____	8.50
Cubierta_____	----	9.70

Las distancias, corresponden a la fibra mas cercana de la traca, con respecto al fondo.

PUSICION DE TRACAS EN CUBIERTA.

Las distancias, son de la fibra mas alejada de la traca, can respecto a la linea de crujia:

CUADRO # 21: POSICION DE TRACAS DE CUBIERTA.

TRACA_____	ANCHO(m)_____	DIST.CRUJIA(m)
A_____	1.20_____	0.60
B_____	1.50_____	2.10
C_____	1.50_____	3.60
D_____	1.50_____	5.10
E_____	2.50_____	7.60
F trancañil_____	2.30_____	9.30

Ya tenemos las posiciones de todos los refuerzos, y tracas. El siguiente paso es calcular el espesor de planchajes, y los escantillones de los estructurales.

ESPEORES DE PLANCHAJES DEL FONDO Y COSTADOS.

Proponemos el siguiente procedimiento, para determinar los mencionados espesores de cada una de las tracas:

Tomemos un tanque de carga; por ser representativo, escogeremos uno que esté cerca de la sección media, digamos el #5. El menrionado tanque, en el. sentido transversal, está dividido en tres partes. Asumamos

que el tanque está lleno, hasta una altura de 2.44 (m), por encima de la cubierta, al costado. En realidad, esta es la columna de prueba, exigida por la ABS (1), regla 22.13.1.

Definimos que H, es el cabezal en metros, el cual se mide desde el punto en que se quiere analizar los escantillones, hasta un punto situado a 2.44(m), sobre la cubierta, al costado.

El valor de H, varía desde $H=12.14$ (m), en el fondo, hasta $H= 2.44$ (m), en la cubierta.

Para nuestra conveniencia, el cabezal de cada traca del costado, se medirá en las fibras mas cercanas al fondo.

Tomemos una porción del planchaje del forro, sea del fondo o del costado, de ancho igual a 75 (cm), es decir la separación entre refuerzos longitudinales, y de largo 300(cm), igual a la separación entre bulárcamas.

sigamos las siguientes asunciones:

La plancha se encuentra empotrada en las bularcamas, y apoyada simplemente en los refuerzos longitudinales.

La plancha soporta una presión hidrostática igual a :

$$p = 0.1026H \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (23)$$

H = cabezal en metros.

Siguiendo estas asunciones, Martín Domínguez (9) , nos dice que el espesor del planchaje viene dado por la fórmula:

$$h = 1 (513H/\delta)^{1/2} \text{ (cm)} \dots\dots\dots (24)$$

En donde:

h = espesor de plancha, (cm)

1- separación entre refuerzos (m)

H = cabezal de agua, (m)

δ = esfuerzo permisible, (kg/cm²)

Utilizando nuestra nomenclatura, la fórmula anterior es:

$$t = s (513H/f_p)^{1/2} \text{ (cm)} \dots\dots\dots (25)$$

En la que:

t = espesor de plancha, (cm)

s = espaciamiento entre refuerzos, (m)

f_p = esfuerzo permisible (kg/cm²).

Martín Domínguez, recomienda usar $f_p=1500$ (kg/cm²), para planchajes que trabajan con petroleos.

Reemplazando los valores conocidos en la fórmula:

$$t = 0.75 \left[(513 * H) / 1500 \right]^{1/2} = 0.4386H \text{ (cm)}$$

Hemos obtenido una expresión, para calcular el espesor de planchajes, en función de su cabezal.

Podemos confeccionar un cuadro, con la fórmula anterior, para calcular los espesores, que deben tener las distintas tracas, ya sea del fondo así como del costado.

CUADRO # 22: ESPESORES DE PLANCHAJE EN FONDO Y COSTADO, FORMULA #25.

TRACA _____	H(m) _____	t=0.4386 \sqrt{H} (cm)
K,A,B,C,D _____	12.13 _____	1.53
E _____	10.53 _____	1.42
F _____	9.03 _____	1.32
G _____	7.53 _____	1.22
H _____	6.33 _____	1.10
J _____	5.13 _____	0.99
L(cinta) _____	3.93 _____	0.87

Nótese que, siguiendo el razonamiento anterior, la traca de cinta,(L), y la que le sigue, tendría un espesor bajísimo, por lo que es menester, realizar un análisis diferente para ella.

Pero, definiremos primero, los espesores de las tracas

del fondo; el caso de la traca K de quilla, es especial, ya que es ella la que mas trabajará, y sufrirá esfuerzos mayores. Por lo que es prudente aumentar su espesor. Proponemos aumentar el espesor de la traca de quilla en 2 (mm).

Analicemos la que pide AES (1) , regla 22.19.1, en relación con los espesores de planchaje del fondo:

$$t = S(L + 8.54) / (42L + 2318) \text{ (mm)} \dots \dots \dots (26)$$

En donde:

L= 3.31.1 (m), eslora de cálculo.

t= espesor de planchaje, (mm)

S= 864, valor dado por la regla. Reemplazando tenemos:

$$t = 864(131.1 + 8.54) / (42 * 131.1 + 2318) = 15.42 \text{ (mm)}$$

La segunda fórmula, para el cálculo de planchas del fondo, dado por ABS, es:

$$t = 0.006s [0.7d + 0.02(L-50)]^{1/2} + 2.5 \text{ (mm)} \dots \dots \dots (27)$$

Donde:

s= 750 (mm), clara entre longitudinales,

d= 7.75 (m), calado de trazado, en línea de carga.

Reemplazando:

$$t = 0.006 * 750 [0.7 * 7.75 + 0.02(131.1 - 50)]^{1/2} + 2.5 \text{ (mm)}$$

$$t = 14.45 \text{ (mm)}$$

ABS, dice que los espesores , de las planchas del fondo, no deben estar por debajo del menor de los das

valores anteriores. En nuestro caso, no debe ser menor a 14.45 (mm).

Con respecto a la traca de quilla, la ABS, en su regla, 22.19.3, solicita que su espesor sea 1.5 (mm), mayor que el resto de las tracas del fondo, por lo menos,

Comparemos los valores obtenidos:

CUADRO #23: COMPARACION DE ESPESORES DE TRACAS EN EL FONDO, POR ABS Y FORMULA #25.

TRACA _____	t fórmula 25 (mm) _____	t ABS (mm) _____
K _____	17.3 _____	15.95 _____
A,B,C,D _____	15.3 _____	14.45 _____

Pero, los espesores calculados, normalmente no los vamos a encontrar en el mercado, así que debemos adoptar un espesor de planchaje comercial, que se acerque, lo mas posible, al calculado. Así que adoptaremos los siguientes espesores:

CUADRO #24: ESPESORES DE LAS TRACAS DE PLANCHAS DEL FONDO:

TRACA _____	ESPESOR (mm) _____
K _____	19.05 (equivalente a 3/4") _____

A,B,C,D _____ 15.90 (equivalente a 5/8")

Los espesores anteriores, son para la zona, dentro de 0.4L central, para los piques y zonas cercanas, la ABS nos dá dos valores de espesores:

La regla 15.5.2, da:

$$t=0.05(L+20) +0.009s \text{ (mm)}; 85 \leq L \leq 305 \text{ (m)} \dots \dots \dots (28)$$

Para nuestro caso:

s= 600 (mm), espaciamento entre cuadernas, en los piques.

L=131.1 (m), eslora de cálculo.

Entonces:

$$t= 0.05 (131.1 + 20) + 0.009*600=13.0 \text{ (mm)}$$

La segunda fórmula de ABS, viene en la regla 22.19.4:

$$t=0.00139s \left[L-10.1 \right]^{(1/2)} + 3 \text{ (mm)} \dots \dots \dots (29)$$

En este caso:

s= 750 (mm), espaciamento entre refuerzos.

Así:

$$t= 0.00139*750 \sqrt{131.1-10.1} +3 = 14.47 \text{ (mm)}$$

La regla dice que los espesares, de la zona de proa del fondo, no debe ser menor a la fórmula dada en 22.19.4, ni inferior a la obtenida en la 15.5.2.

Tomaremos como espesor, para la zona de proa y popa, en el fondo, espesores de plancha igual a :

$$t = 15.90 \text{ (mm)}, \text{ equivalente a } 5/8".$$

CALCULO DE ESPESOR RE PLANCHAS DEL COSTADO.

Ya hemos calculado el espesor de las planchas del costado, en función del cabezal de agua que soportará; pero, las tracas, que están junto a cubierta, sufrirán en la vida real del buque, esfuerzos de gran magnitud, comparados con los cabezales hidrostáticos ya mencionados. La traca de cinta y adyacentes, estarán sujetos a los mayores esfuerzos, causados por los momentos flectores longitudinales, considerando a1 buque-viga, por lo que es vital, tomar en cuenta su estabilidad a tales esfuerzos; estamos hablando de pandea.

Profundamente,hablaremos de esto mas adelante. El esfuerzo critico, de una plancha, al pandeo, viene dado por la siguiente fórmula,(4) :

$$\sigma_{cr} = \left\{ \left[\pi^2 E (t/b)^2 k \right] / \left[12 (1 - \nu^2) \right] \right\} \dots \dots \dots (30)$$

Donde:

E=2.1*10⁶ (kg/cm²), módulo de elasticidad para el acero.

ν = 0.3, relación de Poisson.

b= 75 (cm) , espaciamento entre refuerzos.

t= espesor de plancha (cm)

k= factor de placa, su valor depende de la relación de aspecto y de las condiciones de apoyo de la plancha.

Realizando los reemplazos y los cálculos tenemos que:

$$\sigma_{cr} = 1.9 \times 10^6 * (t/b)^2 k$$

Despejando tenemos:

$$(t/b) = 7.25 \times 10^{-4} * [\sigma_{cr}/k]^{(1/2)}$$

El valor de k, asumiendo, que la plancha está simplemente apoyada, en los lados largos, y empotrada en los cortos, vale 4.

Por lo que reemplazando:

$$(t/b) = 3.63 \times 10^{-4} * [\sigma_{cr}]^{(1/2)}$$

Nuestro interés, es el de que el planchaje sea estable, por lo menos hasta el límite elástico del material. Puesto que la ABS (1), regla 22.23, solicita usar acero especial en las tracas de cinta, trancañil y pantoque, usaremos el límite elástico del acero de alta tensión= 3200 (kg/cm²)

$$(t/b) = 0.02053$$

$$t = 750 \text{ (mm)} * 0.02053 = 15.4 \text{ (mm)}$$

Tomemos el valor de t= 15.9 (mm), equivalente a 5/8", para la traca de cinta.

La idea básica, es la de partir de un espesor de 15.9 (mm) en el fondo, traca de pantoque D, hasta un espesor de 12.0 (mm), en la traca G; de manera similar, disminuirémos los espesores de traca, desde cubierta hacia abajo. Es decir, partiremos con t=15.9 (mm) en la traca de cinta (L), hasta t= 12.0 (mm), en la traca G.

La ABS, regla 22.19.1, entrega dos fórmulas, para calcular el espesor mínimo de las planchas del costado:

$$t = 0.01L(6.5 + 21/D) \text{ (mm)} \dots\dots\dots (31)$$

L=131.1 (m), eslora de cálculo,

D=9.697 (m), puntal,

$$t = 0.01 * 131.1 (6.5 + 21/9.697) = 11.36 \text{ (mm)}$$

La segunda fórmula es:

$$t = 0.0052s \left[0.7d + 0.02L \right]^{(1/2)} + 2.5 \text{ (mm)} \dots\dots\dots (32)$$

En la que:

s= 750 (mm), clara entre longitudinales.

d= 7.75 (m), calado de trazado, en la línea de carga.

$$t = 0.0052 * 750 \left[0.7 * 7.75 + 0.02 * 131.1 \right]^{(1/2)} + 2.5 \text{ (mm)}$$

$$t = 13.56 \text{ (mm)}$$

La regla dice, que el espesor, no deberá ser tomado menor al obtenido en las dos fórmulas.

Proponemos los siguientes espesores para las tracas del fondo y del costado:

CUADRO # 25: RESUMEN DE ESPESORES DE TRACAS EN EL FONDO Y COSTADOS.

TRACA _____	ESPESOR(mm)
K_____	19.05 (3/4")
A,B,C,D_____	15.90 (5/8")
E,F,G,H,J_____	14.29 (9/16")
L_____	15.90 (5/8")

ESPESOR DE PLANCHAS DE CUBIERTA.

far ser la fibr-a mas alejada del eje neutro, sufrirá también los mayores esfuerzos, por la que el criterio aplicado, en el cálculo del espesor de la traca de cinta, es el mismo, así que:

Espesor de tracas de cubierta: 15.9 (mm) . ABS, en su regla 22.21.1, nos dice que el espesor de las planchas de cubierta, no deben ser menores que:

$$a) t = 0.0016s [L - 53]^{(1/2)} + 0.32(L/D) - 2.5 \text{ (mm)} \dots (33)$$

Donde:

s= 750 (mmj, separación entre longitudinales.

L=131.1 (m), eslora de cálculo.

D= 9.697 (m), puntal de trazado.

$$t = 0.0016 * 750 * [131.1 - 53]^{(1/2)} + 0.32 * (131.1 / 9.697) .$$

-2.5... (mm)

t= 12.43 (mm)

b) $t = s(30.48+L)/(4981+40L)$ (mm); $L \leq 152.4$ (m) ..(34)

t= $750(30.48 +131.1)/(4981+40*131.1)= 11.85$ (mm)

Por lo tanto escogemos:

ESPESOR DE TRACAS DE CUBIERTA:

t= 12.70 (mm) (equivalente a 1/2"), para las tracas centrales.

ESPESOR DE TRACA DE TRANCANIL: t=15.9 (mm) (5/8")

DETERMINACION DE ESPESORES DE PLANCHAJES DE MAMPAROS LONGITUDINALES Y TRANSVERSAL-ES.

Puesto **qua** es **el**. mismo criterio, usamos la fórmula 25:

formemos un cuadro:

CUADRO # 26: ESPESORES DE TRACAS EN MAMPARO LONGITUDINAL, FORMULA # 25.

TRACA	H(m)	t(cm)= 0.4386_H
A	12.13	1.53
B	9.63	1.36
C	8.13	1.25
D	6.63	1.13
E	5.13	1.00

F _____ 3.63 _____ 0.84

Proponemos los siguientes espesores, para las tracas de los mamparos longitudinales:

TRACA _____	t (mm)
A _____	15.90 (5/8")
B _____	14.29 (9/16")
C, D, E _____	12.70 (1/2")
F _____	12.70 (1/2")

Nótese que, las dos últimas tracas, están sobredimensionadas, a propósito; la idea es dejar una reserva por desgaste; recuérdese que esta zona, está sujeta a fuerte corrosión, por gases de combustibles.

Analicemos los requerimientos de la ABS:

,De acuerdo a las reglas 22.23.1 y 13.1 tenemos:

t = $\left[\frac{s \cdot (h)^{1/2}}{254} \right] + 2.54$ (mm) (35)

s = 750 (mm), separación de refuerzos, para los dos tipos de mamparos.

,h = distancia que existe, entre el canto inferior de la plancha, hasta un punto situado a 1.22 (m), por encima de la cubierta, o a la parte superior de la escotilla, la que sea mayor, Para nuestro caso, queremos instalar

escotillas, que tengan una altura de 1.5 (m), sobre la cubierta.

Variando h, en la fórmula, formamos la tabla:

CUADRO # 27: ESPESORES DE TRACAS MAMPAROS, ABS.

TRACA	h (m)	t (mm)
A	11.20	12.42
B	8.70	11.25
C	7.20	10.46
D	5.70	9.59
E	4.20	8.60
F	2.70	7.40

Pero, la regla no termina ahí, recomienda que el espesor de la traca superior, de un mamparu longitudinal, no sea inferior a 9.5 (mm), en buques de 91.5 (m) de eslora, y de 16 (mm), en buques de eslora igual o superior a 213.5 (m), y que la traca siguiente a la superior, su espesor, no sea menor de 9.5 (mm), en buques de eslora igual a 122 (m), y de 12.5 (mm), en buques de eslora igual o superior a 213.5 (m), con espesores para esloras intermedias, obtenidas por interpolación. veamos cuales serian estos valores:

De la traca superior: $t = 13.9$ (mm)

De la traca inferior: $t = 12.2$ (mm)

- Como vemos, el espesor de la traca F, In asumimos menor, a lo requerido por la ABS, así que escogeremos como espesor de la traca F, el valor de $t = 14.29$ (mm). Los espesores finales, para las tracas de los mamparo; quedarán:

CUADRO # 28: ESPEORES DE TRACAS EN MAMPARO LONGITUDINAL..Y TRANSVERSAL.

	M. LONG	M. TRANSV.
TRACA_____	t(mm)_____	t(mm)
A_____	14.3_(9/16")	14.3_(9/16")
B_____	12.7_(1/2")	12.7_(1/2")
C_____	12.7_(1/2")	12.7_(1/2")
D_____	12.7_(1/2")	12.7-(1/2")
E_____	12.7_(1/2")	12.7-(1/2")
F_____	14.3_(9/16")	12.7_(1/2")

Es explicable que la ABS, otorgue mayor escantillón a las últimas tracas del mamparo longitudinal, puesto que está cerca de la fibra peligrosa del buque, y debe contribuir en la resistencia longitudinal del buque.

ESTIMACION PRELIMINAR DE LOS ESCANTILLONES DE LUS REFUERZOS LONGITUDINALES DEL FONDO Y COSTADO.

Tenemos ya los espesores , provisionales de las tracas del forro, cubierta y mamparos del buque. El siguiente paso, es el de determinar el módulo seccional de los refuerzos correspondientes, para cada uno de los elementos mencionados.

Como muestra, analicemos a un refuerzo horizontal del fondo, aunque el razonamiento, es válido para los refuerzos del costado, cubierta y mamparos.

Asumiremos lo siguiente:

Sobre un refuerzo longitudinal cualquiera, actuará sobre sí, un cabezal hidrostático H , (m) .

El cabezal, será la distancia, desde el punto en el cual esta instalado, hasta un punto situado a 2.44 (m) de la cubierta, al costado.

El refuerzo longitudinal, esta empotrado en los mamparos transversales, y en las bulárcamas.

Para conseguir la rigidez necesaria, en la unión con las bulárcamas y mamparos, instalaremos escuadras rigidizantes, de 25 (cm) de lado, estas escuadras en número de dos, en cada intersección, nos permite reducir la luz efectiva de estos refuerzos, reduciendolas de 3 (m) a 2.5 (m).

La presión hidrostática, que actúa sobre el refuerzo es de $p = 0.1026H$ (kg/cm²). Sobre el refuerzo, actuará

una carga, de distribución uniforme igual a:

$$P=0.1026Hs \text{ (kg/cm)} \dots\dots\dots (36)$$

s= 75 (cm), espaciamento entre longitudinales.

$$P= 0.1026*75H= 7.695H \text{ (kg/cm)}$$

En la tabla #26 de Martin Domínguez (9), notamos que para una viga empotrada en sus dos extremos, con una carga uniformemente distribuida, el máximo momento flector se da en los extremos, y viene dado por la expresión:

$$M = PL^2/12 \text{ (kg-cm)} \dots\dots\dots (37)$$

En la que:

P = carga uniforme (kg/cm), actuando en la viga.

L= luz de la viga = 250 (cm).

Reemplazando valores, en la expresión para el momento, tenemos:

$$M= PL^2/12 = (7.695H)(250)^2/12 \text{ (kg-cm)}$$

$$M= 40078.13H \text{ (kg-cm)}$$

De un libro de mecánica de sólidos (24) sabemos que:

$$M= Z\sigma_p \dots\dots\dots (38)$$

Siendo:

Z= módulo seccional del refuerzo (cm³).

σ_p = Tensión máxima admisible, (kg/cm²), a la cual se desea que trabaje el refuerzo.

La ABS (1), regla 22.27.2, requiere que el máximo permisible de tensión, para elementos longitudinales, sea de $\sigma = 947 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$; y para elementos transversales de $1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$.

Puesto que conocemos una expresión para el momento flector, y el valor del esfuerzo permisible, entonces:

$$Z = M/\sigma_p = 40078.13 H \text{ (kg-cm)}/947 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$Z = 42.32 H \text{ (cm}^3\text{)}.$$

Hemos obtenido una expresión para calcular los módulos seccionales, en función del cabezal de agua.

Analicemos, lo que nos pide la ABS, para los refuerzos del fondo y del costado:

Regla 22.29.1, aplicables a refuerzos de forro, cubiertas y mamparos:

$$SM = Z = 7.9chs1^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots \dots \dots (39)$$

El factor c vale:

$c = 1.4$ para longitudinales del fondo,

$c = 0.95$ longitudinales del costado $c = 1.25$ para longitudinales de cubierta.

$c = 1$ para cuadernas (cuadernaje transversal)

$c = 1$ para refuerzos horizontales o verticales, en mamparos transversales y refuerzos verticales en

mamparos longitudinales.

$c = 0.9$ para refuerzos horizontales, en mamparos longitudinales.

$l = 2.5$ (m) separación a distancia entre puntos de soporte

$s = 0.75$ (m), separación entre refuerzos longitudinales.

h = distancia en metros, desde los longitudinales, o desde la mitad de l , para los refuerzos verticales, hasta un punto situado a 1.22 (m), por encima de la cubierta, al costado, en la maestra, en buques de eslora igual a 61 (m), y hasta un punto situado a 2.44 (m), por encima de la cubierta al costado en la maestra, en buques de eslora igual o superior a 122 (m), para esloras intermedias, h se mide a alturas obtenidas por interpolación. El valor de h , para refuerzos de mamparos y longitudinales de cubierta, no será menor que la distancia en metros, desde el longitudinal o refuerzo, a la parte superior de la escotilla.

En nuestro caso, puesto que $L = 131.1$ (m), el punto de la referencia, estará a 2.44(m) de cubierta. Formemos una expresión, en función de h , para calcular el módulo seccional de los refuerzos del fondo y del costado, según ABS:

$$SM = Z = 7.9chs^2 = 7.9ch * 0.75 * 2.5^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$SM=Z=37.03ch \text{ (cm}^3\text{)}.$

Con la posición de las tracas, del fondo y del costado, formaremos dos tablas, para calcular, con las dos fórmulas obtenidas, los módulos seccionales son:

CUADRO # 29: MODULOS SECCIONALES DE REFUERZOS LONGITUDINALES DEL CASCO, FORMULA 38.

TRACA	H (m)	Z (cm ³) = 42.32H
K,ln,B,C,D	12.13	513
E	10.53	441
F	9.03	382
	7.53	319
H	6.33	268
J	5.13	217
L	3.93	166

Formemos ahora el cuadro, con la fórmula de ABS, para hallar los módulos seccionales requeridos:

CUADRO # 30: MODULOS SECCIONALES DE REFUERZOS LONGITUDINALES DEL CASCO, FORMULA 39.

TRACA	h(m)	c	Z (cm ³) = 37.03ch
K,A,B,C,D	12.13	1.40	629

E	10.53	0.95	370
F	9.03	0.95	318
G	7.53	0.95	270
H	6.33	0.95	223
J	5.13	0.95	181
L	3.93	0.95	138

Analizando los cuadros, podemos notar:

Los módulos seccionales, para los refuerzos del fondo, requeridas por la ABS, son mayores que el por nosotros calculado; esto se debe a que la Casa Clasificadora, no solo considera el cabezal de agua que actúa en los refuerzos, sino que toma en cuenta la contribución, que deben hacer estos refuerzos del fondo al módulo seccional del buque-viga en general.

Para las otras tracas, nuestros módulos son mayores, que los de la ABS.

Ya que estamos en una etapa preliminar, proponemos los siguientes valores promedios de módulo seccional:

CUADRO # 31: MODULOS SECCIONALES DE REFUERZOS LONGITUDINALES DEL CASCO.

TRACA	Z (ABS)	Z (calc)	Z (PROPUESTO)
	(cm ³)	(cm ³)	(cm ³)
K, A, B, C, D	629	513	630
E	370	441	406

F	318	382	350
G	265	319	292
H	223	268	246
J	181	217	199
L	138	166	152

Hemos escogido, para los refuerzos del fondo, el módulo determinado por la ABS.

Mas adelante, en base a estos módulos seccionales, escogeremos los perfiles adecuados, que cumplan con tales valores.

DETERMINACION PRELIMINAR DE LOS MODULOS SECCIONALES DE LOS REFUERZOS DE MAMPAROS.

REFUERZOS DE MAMPAROS LONGITUDINALES.

Recordando, el buque posee dos mainparos longitudinales, sus refuerzos del tipo horizontal, para que contribuyan al módulo seccional del buque viga.

Seguiremos con iguales asunciones, que las usadas, en los refuerzos del forro. La fórmula para los módulos es:

$$Z = 42.32H \text{ (cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(38)$$

Formemos un cuadro. Como siempre, la distancia H, se mide desde el borde inferior de la traca, hasta un punto situado a 2.44(m) sobre la cubierta, al costado:

CUADRO # 32: MODULOS SECCIONALES DE REFUERZOS DE MAMPAROS LONGITUDINALES.

TRACA.....	H (m)	Z=42.32H (cm ³)
A.....	12.32.....	521
B.....	9.63.....	408
C.....	8.13.....	344
D.....	6.63.....	281
E.....	5.13.....	217
F.....	3.63.....	154

Recordando que la ABS, nos dá el siguiente módulo seccional:

SM=Z= 7.9chs1² (cm³)..... (39)

El único valor que varía es c= 0.9.

Reemplazando:

SM=Z= 7.9*0.9*h*0.75*2.5² (cm³)

SM=Z= 33.328h (cm³).

Expresión en función de el cabezal h, formemos un cuadro, para obtener los módulos necesarios:

CUADRO # 33: MODULOS SECCIONALES DE REFUERZOS DE MAMPAROS LONGITUDINALES, FORMULA 39.

TRACA_____ h (m)_____Z (cm³)=33.328h

A	12.32	411
B	9.63	321
C	8.13	271
D	6.63	221
E	5.13	171
F	3.63	121

Notamos, nuevamente, que los módulos seccionales, por nosotros calculados, son relativamente mayores, que los solicitados por la ABS, pero nos dan una buena aproximación rápida para estimarlos. Proponemos los siguientes módulos:

CUADRO # 34: MODULOS SECCIONALES DE REFUERZOS DE MAMPAROS LONGITUDINALES.

TRACA	Z (ABS)	Z (CALC)	Z (PROPUESTO)
	(cm ³)	(cm ³)	(cm ³)
A	411	521	466
B	321	408	365
C	271	344	308
D	221	281	251
E	171	217	194
F	121	154	138

MODULO SECCIONAL DE REFUERZOS DE MAMPAROS

TRANSVERSALES.

Para determinar el módulo seccional, de los refuerzos de mamparos transversales, es un tanto diferente, puesto que hemos decidido que estos sean verticales.

Un mamparo transversal, en realidad consta de tres secciones, por existir dos tanques laterales y uno central, pero el razonamiento es válido para las tres secciones.

Analicemos un refuerzo vertical cualquiera, asumamos y/o definamos lo siguiente:

El módulo seccional P determinarse, incluye el ancho efectivo de plancha asociada.

La longitud promedio de los refuerzos (total), es igual al puntal del buque.

Asumiremos empotramiento del refuerzo en el fondo y cubierta.

La separación entre refuerzos es de $s = 75$ (cm)

El cabezal de agua, en el fondo es de $H = 12.14$ (m).

La carga unitaria, que soporta el refuerzo, en la cubierta es: $P_1 = 0.1026sH$ (kg/cm).

$s = 75$ (cm); $H = 2.44$ (m)

$P_1 = 18.8$ (kg/cm).

La carga unitaria, que soporta el refuerzo en el fondo

es:

$$P_2 = 0.1026sH ; s = 75 \text{ (cm)}; H = 12.14 \text{ (m)}$$

$$P_2 = 93.72 \text{ (kg/cm)}$$

Natamos que el refuerzo, estará sometido a una distribución de carga, del tipo trapezoidal. La carga trapezoidal se la descompone en dos, una uniforme y la otra triangular; la carga uniforme es:

$$Q_1 = 18.8 \text{ (kg/cm)}$$

Y la carga de tipo triangular será:

$$Q_2 = 93.72 - 18.8 = 74.92 \text{ (kg/cm)}. \text{ Para una viga, de}$$

Para una viga de longitud L, con una carga de distriburihn uniforme, empotrada en los extremos, el máximo momento flector viene dado por la expresión:

$$M_1 = QL^2/12 \dots \dots \dots (37)$$

$$M_1 = Q_1 L^2/12 = 18.8 \text{ (kg/cm)} * (970 \text{ cm})^2/12$$

$$M_1 = 1474077 \text{ (kg-cm)}$$

Para una viga, con iguales condiciones que la anterior, pero con una distribución de carga triangular, el máximo momento flector, viene dado por la expresión:

$$M = (1/2) QL^2/10 \dots \dots \dots (40)$$

$$M_2 = (1/2) * (74.92 \text{ kg/cm}) * (970 \text{ cm})^2/10$$

$$M_2 = 3524611 \text{ (kg-cm)}$$

Para hallar el momento flector total, de la carga trapezoidal, no incurrimos en un error grande, al sumar los dos momentos , carga uniforme y triangular:

$$M = M_1 + M_2 = 1474077 + 3524611 = 4998688 \text{ (kg-cm)}$$

El esfuerzo permisible, para elementos transversales, según la ABS, es de 1420 (kg/cm²).

Y el módulo seccional es:

$$Z = M / \sigma_p \text{ (cm}^3\text{)} = 4998688 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$Z = 3520 \text{ (cm}^3\text{)}.$$

Según la ABS (1), regla 22.29.1 : $SM = Z = 7.9 \text{ chsl}^2$ (cm³)..... (39)

$c = 1$, para refuerzos verticales en mamparos transversales.

$h = 7.29$ (m), distancia de la mitad del refuerzo, a un punto, situado a 2.44(m) de cubierta.

$s = 0.75$ (m), espaciamiento entre refuerzos.

$l = 9.7$ (m), longitud entre apoyos del refuerzo.

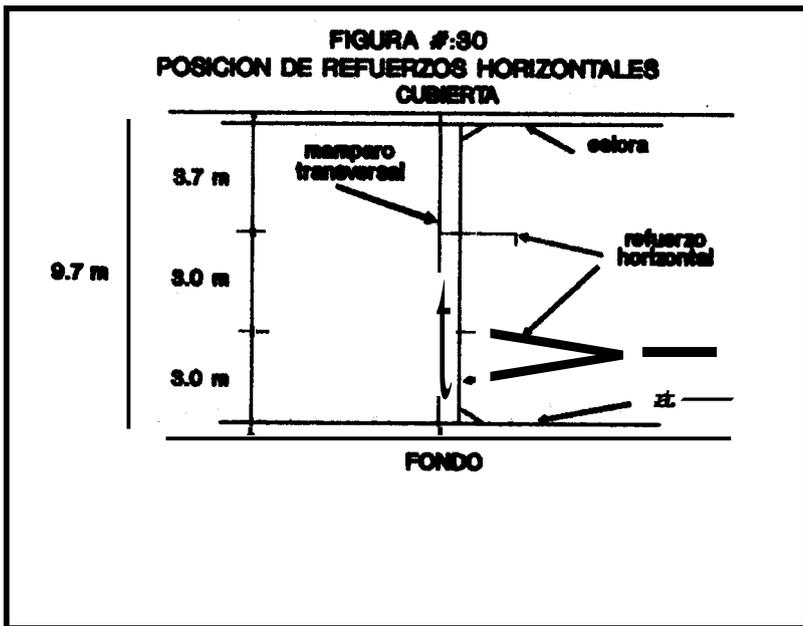
$$SM = Z = 7.9 * 1 * 7.29 * 0.75 * 9.7^2 \text{ (cm}^3\text{)} = 4064 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Analizando los dos resultados, notamos que el módulo seccional es muy elevado, lo que se traduciría en un peso excesivo del mamparo. La causa de esto, se debe a

que la luz del refuerzo, es muy grande, puesto que cubre todo el puntal del buque.

Para remediar esto, proponemos instalar dos refuerzos horizontales, lo suficientemente grandes y resistentes, como para considerarlos rígidos, en los cuales se apoyen los refuerzos verticales. Estos refuerzos horizontales, cubrirán toda la manga del buque, pero las dimensiones de los refuerzos, en el mamparo central, no serán las mismas, necesariamente, que los del mamparo lateral.

30



Instalaremos estos refuerzos horizontales en: Refuerzo horizontal superior, alineado con refuerzo horizontal #4 de mamparo longitudinal, y el refuerzo horizontal inferior alineado con el refuerzo horizontal #8 del mamparo longitudinal.

Las distancias de cada uno de los refuerzos, con respecto a la cubierta son:

Refuerzo superior A : 3.7 (m)

Refuerzo inferior B: 6.7 (m)

Lo cual implica, que cada refuerzo vertical, tendrá tres longitudes de apoyo:

L_1 (superior): 3.7 (m); L_2 (central): 3(m); L_3 (inferior): 3.0 (m).

Los cabezales, en cada punto de intersección del refuerzo vertical, son:

Cubierta: 2.44 (m); refuerzo horizontal A: 6.14 (m);

refuerzo horizontal B: 9.14 (m); fondo: 12.14 (m)

Recordando que la carga unitaria, viene dado por:

$$P=0.1026sH \text{ (kg/cm)}$$

Siendo: $s=75$ (cm), espaciamiento de refuerzo.;

Entonces, las cargas unitarias, en los cuatro puntos anteriores son:

$$\text{Cubierta: } P_1=0.1026*75*2.44 \text{ (kg/cm)}= 18.8 \text{ (kg/cm)}$$

Refuerzo A: $P_2=0.1026*75*6.14$ (kg/cm)=47.24 (kg/cm)

Refuerzo B: $P_3=0.1026*75*9.14$ (kg/cm)=70.33 (kg/cm)

Fondo: $P_4= 0.1026*75*12.14$ (kg/cm)= 93.42 (kg/cm)

Puesto que el tramo de refuerzo vertical, comprendido entre el refuerzo horizontal B y el fondo, soportará las condiciones de carga mas fuertes, lo analizaremos:

En primer lugar, sobre esta porción de refuerzo, actúa una distribución de carga trapezoidal, con valor de 70.33 (kg/cm), en la unión con el refuerzo B, y de 93.42 (kg/cm), en el fondo. Consideraremos empatramiento en las dos intersecciones.

Siguiendo el mismo procedimiento, tenemos que la carga trapezoidal, se descompone en una carga uniforme de 70.33 (kg/cm), y una triangular de 23.09 (kg/cm).

El momento flector, para la carga uniforme es:

$$M=PL^2/12$$
 (kg-cm)..... (37)

$$M_1= 70.33$$
 (kg/cm)*[300 cm]²/12 = 527475 (kg-cm)

El momento flector máximo, para la distribución triangular es:

$$M_2= (1/2)PL^2/10$$
 (kg-cm).....(40)

$$M_2= (1/2)*23.09$$
 (kg/cm)*(300 cm)²/10= 103905 (kg-cm)

El momenta flectar máximo, asumimos que es la suma de

los dos anteriores:

$$M = M_1 + M_2 \text{ (kg-cm)} = 527475 + 103905 = 631380 \text{ (kg-cm)}$$

El módulo seccional, por lo tanto es:

$$Z = M/\delta_p = 631380 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 445 \text{ (cm}^3\text{)}.$$

Hemos tomado como esfuerzo permisible 1420 (kg/cm²).

Analicemos lo que pide la ABS (1); usando la ecuación #39:

$$SM = Z = 7.9chs1^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$c = 1; h = 7.29 \text{ (m)}; s = 0.75 \text{ (m)}; l = 3.0 \text{ (m)}.$$

$$SM = Z = 7.9 * 1 * 7.29 * 0.75 * 3^2 = 389 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Notamos, nuevamente, que el módulo par nosotros calculado, es mayor que el requerido par la ABS, y es que nuestras consideraciones, son mas conservadoras que las de la Casa Clasificadora. Pero, en general, hemos conseguido disminuir, en una forma considerable el módulo seccional, de los refuerzos verticales de los mamparos transversales.

Nos toca ahora, determinar el módulo seccional de los dos refuerzos horizontales sugeridos para el mamparo transversal. Para el efecto analizaremos, par separada la sección central, y luego la lateral del mamparo

transversal.

MODULO SECCIONAL. DE REFUERZOS HORIZONTALES, DE MAMPARO TRANSVERSAL, SECCION CENTRAL.

Debemos acotar la siguiente:

El ancho total de este mamparo es de 7.5 (m), para evitar esta luz excesiva, de los refuerzos horizontales, instalaremos en cruzía, un refuerzo vertical de grandes dimensiones, que sirva de apoyo a los mencionados refuerzos horizontales.

REFUERZO HORIZONTAL INFERIOR B:

El cabezal de agua, que actúa sobre el, es de 9.14(m), la presión hidrostática correspondiente es:

$$p = 0.1026 H \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.1026 * 9.14 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$p = 0.94 \text{ (kg/cm}^2\text{)}.$$

asumimos que este refuerzo absorberá una carga, de un ancho igual a 3 (m), es decir, la separación entre refuerzos horizontales, entonces: $s = 300 \text{ (cm)}$.

La carga unitaria, de distribución uniforme, a la largo del refuerzo es:

$$P = ps \text{ (kg/cm)} = 0.94 \text{ (kg/cm}^2\text{)} * 300 \text{ (cm)} = 282 \text{ (kg/cm)}$$

El refuerzo B, se apoyará en los mamparos longitudinales y en el refuerzo vertical central, por

lo que podemos analizarlo, solamente en la mitad de su longitud.

Asumiremos empotramiento en los extremos del refuerzo. Para conseguirlo, colocaremos una escuadra de 30 (cm), en la intersección de los dos refuerzos, y una escuadra de 30 (cm), en la intersección con el mamparo longitudinal. Con esta disposición, se reduce la luz efectiva del refuerzo horizontal a: $(7.5/2)-2(0.3) = 3.15$ (m); el momento flectar máximo, para una viga, con estas condiciones es:

$$M = PL^2 \text{ (kg-cm)} \dots \dots \dots (37)$$

$$M = 282 \text{ (kg/cm)} * (315 \text{ cm})^2 / 12 = 2331788 \text{ (kg-cm)}$$

Con un esfuerzo permisible de 1420 (kg/cm²), el módulo seccional es:

$$Z = M / \sigma_p = 2331788 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 1642 \text{ (cm}^3\text{)}$$

El módulo seccional, requerido por ABS, viene dado por la regla 22.27.2:

$$SM = Z = 4.74chs l_b^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots \dots \dots (41)$$

c = 2, para cantrafuertes de mamparos transversales.
h = 9.14 (m), distancia del refuerzo, hasta un punto situado a 2.44 (m), sobre la cubirrrta.

$s = 3$ (m), separación de transversales, o ancho de área soportada.

$l_b = 3.15$ (m), luz del elemento.

$$SM=Z = 4.74 * 2 * 9.14 * 3 * 3.15^2 = 2580 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Como vemos, el módulo exigido por ABS, es mayor que el por nosotros calculado. Si consideramos a la viga simplemente apoyada, tenemos que:

$$M = PL^2/8 = [282 \text{ (kg/cm)} * (315 \text{ cm})^2] / 8 = 3497681 \text{ (kg-cm)}$$

$$Z = M/\sigma_p = 3497681 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 2464 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Este último resultado es mas satisfactorio. Escogeremos como módulo seccional: $Z = 2600 \text{ (cm}^3\text{)}$.

REFUERZO HOKIZONTAL. SUPERIOR.

El cabezal de agua que actúa es $H = 6.14$ (m), y la presión hidrostática será por lo tanto:

$$p = 0.1026 * H = 0.1026 * 6.14 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.63 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

El Area soportada por este refuerzo, o la separación entre refuerzos as de $s = 3$ (m). La carga unitaria que actúa sobre este refuerzo, será entonces:

$$F = p_s = 0.63 \text{ (kg/cm}^2\text{)} * 300 \text{ (cm)} = 189 \text{ (kg/cm)}$$

Todas las condiciones seguidas, en el cálculo del

módulo del refuerzo B, se mantienen para el cálculo del módulo del refuerzo A; $L = 3.15$ (m)

El momento flector y el módulo seccional son:

$$M = FL^2/B = 189 \text{ (kg/cm)} * (315\text{cm})^2/B = 2344191 \text{ (kg-cm)}$$

$$Z = M/\sigma_p = 2344191 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 1651 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Según ABS:

$$SM = Z = 4.74chs l_b^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots \dots \dots (41)$$

$$c = 2$$

$h = 6.14$ (m), distancia del refuerzo a un punto situado a 2.44 (m) sobre la cubierta al costado.

$s = 3$ (m), espaciamiento entre refuerzos, o ancho de Area soportada.

$l_b = 3.15$ (m), luz del elemento.

$$SM = Z = 4.74 * 2 * 6.14 * 3 * 3.15^2 = 1733 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Notamos que la diferencia no es mucha. Adoptaremos como módulo seccional para este refuerzo:

$$Z = 1800 \text{ (cm}^3\text{)}$$

MODULO SECCIONAL DE REFUERZOS HORIZONTALES, DE MAMPARO TRANSVERSAL, SECCION LATERAL.

El ancho de estos mamparos, es de 5.55 (m), la posición de los dos refuerzos horizontales es la misma que los refuerzos del mamparo central.

Al no cambiar las posiciones, los cabezales son los

mismos, y las consideraciones de cálculo en igual forma, así las cargas uniformes en los refuerzos A i B son: $P_a = 189$ (kg/cm); $P_b = 282$ (kg/cm).

En cada extremo de refuerzo horizontal colocaremos escuadras de 40 (cm), así que la luz efectiva es de :

$$L = \underline{5.55} \text{ (m)} - 2(0.4)(\text{m}) = 4.75 \text{ (m)}$$

Pero, debemos descontar también, la altura de los refuerzos del casco y del mamparo, a los cuales van unidas las escuadras, al no tener aún esas dimensiones, las podemos estimar en 30 (cm) la altura de cada una de estos refuerzos.

Es decir, la luz efectiva de los refuerzos horizontales será:

$$L = 4.75 \text{ (m)} - 2*(0.3)(\text{m}) = 4.15 \text{ (m)}$$

Calculemos los respectivos momentos flectores, considerando a los refuerzos apoyados simplemente apoyados:

$$M_a = PL^2/8 = 189 \text{ (kg/cm)} * (415\text{cm})^2/8 = 4068816 \text{ (kg-cm)}$$

$$M_b = PL^2/8 = 282 \text{ (kg/cm)} * (415\text{cm})^2/8 = 6070931 \text{ (kg-cm)}$$

Tomando como esfuerzo permisible = $1420(\text{kg/cm}^2)$, los módulos seccionales, serán:

$$Z_a = 4068816 \text{ (kg-cm)} / 1420(\text{kg/cm}^2) = 2865 \text{ (cm}^3)$$

$$Z_b = 6070931 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 4275 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Y lo requerido por ABS:

$$SM=Z = 4.74chs1_b^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots \dots \dots (41)$$

$$c=2$$

$$s= 3 \text{ (m)}$$

$$h= 6.14 \text{ (m)}, \text{ para el refuerzo A}$$

$$h= 9.14 \text{ (m)}, \text{ para el refuerzo B}$$

$$l = 4.15 \text{ (m)} \text{ para ambos refuerzos.}$$

$$Z_a = 4.74 * 2 * 6.14 * 3 * 4.15^2 = 3007 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$Z_b = 4.74 * 2 * 9.14 * 3 * 4.15^2 \text{ (cm}^3\text{)} = 44.77 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Nuevamente, los valores por nosotros calculados, son ligeramente menores a los requeridos por la ABS, esto quiere decir que nuestras estimaciones preliminares, están lo bastante cercanos a los verdaderas, y que pueden ser confiables para una primera aproximación rápida.

MODULO SECCIONAL DE REFLJERZOS DE CUBIERTA.

Estos refuerzos son vitales en la resistencia del buque viga, por lo que para su cálculo asumiremos lo siguiente: La cubierta soporta una carga hidrostática de 2.44(m);

Los refuerzos longitudinales, a más de soportar la anterior carga hidrostática, debe soportar el peso del

planchaje, y su propio pesu.

El espesor de la cubierta, en sus **tracas** centrales, es de **1.27** (cm), cuyo peso unitario es de **93.8** (kg/m²)(2); y en la traca de trancañil, el espesor de plancha es de 1.59 (cm), con un peso de 123.6 (kg/m²); trabajaremos con **este** último valor.

Dividiendo el peso unitario de la plancha de 1.59 (cm), para el espaciamiento entre longitudinales, nos dará el peso por unidad de longitud de la misma:

$$P_1 = 125.6 \text{ (kg/m}^2\text{)} * 0.75 \text{ (m)}$$

$$P_1 = 92.7 \text{ (kg/m)} = 0.927 \text{ (kg/cm)} \text{ peso de planchaje.}$$

Debemos ahora estimar el peso de los refuerzos longitudinales; proponemos que **este** peso sea el 30% del peso del planchaje, por lo que:

$$P_2 = 0.3 * 0.927 \text{ (kg/cm)}$$

$$P_2 = 0.28 \text{ (kg/cm)} \text{ peso de estructurales.}$$

El peso unitario, causado por el cabezal de agua será:

$$P_3 = 0.1026 * s * H \text{ (kg/cm)} \dots \dots \dots (36)$$

$$s = 75 \text{ (cm)}$$

$$P_3 = 0.1026 * 75 * 2.44 \text{ (kg/cm)} = 18.8 \text{ (kg/cm)}$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \text{ (kg/cm)}, \text{ peso total en cubierta.}$$

$$P = 0.927 + 0.28 + 18.8 = 20.0 \text{ (kg/cm)}$$

Esta carga P , es de distribución uniforme.

Otras de las asunciones, es la de considerar a los refuerzos longitudinales, empotrados en los baas, con una luz igual a 3(m).

El momento y el módulo seccional; tomando $\sigma_p = 947$ (kg/cm²), para elementos longitudinales son:

$$M = PL^2/12 = 20(\text{kg/cm}) * (300\text{cm})^2/12 = 150000 \text{ (kg-cm)}$$

$$Z = M/\sigma_p = 150000 \text{ (kg-cm)}/947 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 158 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Analicemos lo que pide la ABS:

$$SM=Z = 7.9chs^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(39)$$

$c = 1.25$ para longitudinales de cubierta.

$$h = 2.44 \text{ (m)}$$

$$s = 0.75 \text{ (m)}$$

$$l = 3 \text{ (m)}$$

$$SM=Z = 7.9 * 1.25 * 2.44 * 0.75 * (3)^2 = 162 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Notamos que nuestras asunciones, están cerca de la realidad, al calcular valores cercanos a los solicitados por la Casa Clasificadora.

MODULO SECCIONAL DE ANILLOS TRANSVERSALES.

Uno de los elementos, que proveen la resistencia transversal en el buque, es la bulárcama, también llamada cuaderna gigante.

A el anillo transversal, lo consideramos compuesto de los siguientes elementos: baco central, baco lateral, bularcama, contrabularcama, varenga lateral y central; a todos estos elementos, los analizaremos por separado.

VARENGA DEL FONDO, TANQUE CENTRAL..

Asumiremos lo siguiente:

La varenga soporta un cabezal hidrostático de 12.14 (m).

La varenga, debe cubrir una resistencia transversal, igual o superior a su espaciamento.

Lo anterior equivale a decir que la carga unitaria, ejercida sobre la varenga es:

$$P=0.1026SH \text{ (kg/cm)}$$

Donde:

$$H=12.14 \text{ (m)}, \text{ cabezal de agua.}$$

$$S= 3\text{(m)}= 300 \text{ (cm)}, \text{ espaciamento entre varengas.}$$

$$P= 0.1026*300*12.14 = 373.7 \text{ (kg/cm)}$$

La varenga esta empotrada en el mamparo longitudinal y apoyada simplemente en la vagra de cruzía.

Instalaremos escuadras de 50 (cm), en la unión de la vagra con el mamparo longitudinal. Sabiendo que el

ancho de el tanque es de 7.5 (m), la luz efectiva, de la varenga, entre el mampara longitudinal y la vagra central es:

$$L = (7.5\text{m}/2) - 0.5 \text{ (m)} = 3.25 \text{ (m)} = 325 \text{ (cm)}$$

El máximo momenta, para una viga, en las condiciones anteriores, en el empotramiento (4) es igual a:

$$M = PL^2/8 \dots\dots\dots(42)$$

$$M = 373.7 \text{ (kg/cm)} * (325 \text{ cm})^2 / 8 = 4934008 \text{ (kg-cm)}$$

Tomando como esfuerzo permisible =1420(kg/cm²), el módulo seccional es:

$$Z = M/\sigma_p = 4934008 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 3475 \text{ (cm}^3\text{)}$$

La ABS (1), regla 22.27.2 da el siguiente valor:

$$SM=Z = 4.74chs_1^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(41)$$

c = 1.75, cuando se tiene una vagra en crujía.

h = 9.7 (m), puntal del buque, para el caso de varengas y vagras.

s = 3 (m), separación entre varengas.

l = 3.58(m), luz del elemento, medido entre los puntos de soporte.

$$SM=Z = 4.74 * 1.75 * 9.7 * 3 * 3.58^2 = 3094 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Como vemos, nuestros cálculos, están por encima a lo requerido por la ABS, pero en una cantidad aceptable, para ser una primera aproximación.

VARENGA DEL FONDO, TANQUE LATERAL.

Asumiremos lo siguiente:

La varenga está apoyada en el costado, y empotrada en el mamparo longitudinal.

Las alturas de las almas, de la contrabulárcama y de la bulárcama son de 50 (cm). Además colocaremos dos escuadras de rigidez, una en la unión de la varenga con bulárcama, y otra en la unión de la varenga con la contrabulárcama.

Las dos escuadras, tendrán 50 (cm) de lado. Lo que equivale a decir que la luz efectiva de la varenga, se ha reducido a $3.55(m) = 355 (cm)$.

El momento flector máximo, en el empotramiento, para una viga, con las condiciones dadas, es:

$$M=PL^2/8.....(42)$$

La carga unitaria P, es la misma que la que se calculó para la varenga central, y es: $P= 373.7 (kg/cm)$.

$$M= 373.7 (kg/cm)*(355 cm)^2/8= 5886943 (kg-cm)$$

Y el módulo seccional:

$$Z=M/\sigma_p= 5886943 (kg-cm)/1420(kg/cm^2)=4146 (cm^3)$$

Segun la ABS:

$$SM=Z= 4.74chs1_b^2 (cm^3).....(41)$$

$c = 2.4$, para tanques laterales.

$h = 9.7$ (m), puntal del buque.

$s = 3$ (m), separación entre varengas.

$l = 3.60$ (m) luz efectiva del elemento.

$SM=Z = 4.74 * 2.4 * 9.7 * 3 \cdot 3.6^2 = 4290 \text{ (cm}^3\text{)}$

Como vemos ABS, nos dá un valor ligeramente mayor al par nosotros estimado.

BULARCAMA Y CONTRABULARCAMA, EN TANQUES LATERALES.

Fara el cálculo realizaremos las siguientes asunciones:

La bulárcama y contrabulárcama están empotrados en el fondo y cubierta.

Se ha instalado un tirante, que une a bulárcama con la contrabulárcama, alineada con el refuerzo #7 del mamparo longitudinal, la finalidad de este tirante, es con el propósito de transmisión de esfuerzos entre estos miembros.

La varenga, en el fondo, tendrá una altura de 60 cm, y la altura del haq, en la cubierta, de 50 cm.

En las intersecciones de bulárcama/ contrabulárcama, con baos y varengas, se instalarán escuadras de 50(cm) de lado.

Con lu anterior, la luz efectiva de la bulárcama y

contrabulárcama, se reduce a:

$$L = 9.7 \text{ (m)} - 0.6 \text{ (m)} - 0.5 \text{ (m)} - 2(0.5) \text{ (m)}$$

$$L = 7.6 \text{ (m)} = 760 \text{ (cm)}$$

La distribución de carga, sobre la bulárcama y contrabulárcama, es del tipo trapezoidal, con un cabezal de 2.44 (m), en la cubierta, y de 12.14 (m), en el fondo.

La bulárcama y contrabulárcama, deben cubrir una resistencia transversal, equivalente al espaciamiento entre ellas, por lo que $S = 3 \text{ (m)} = 300 \text{ (cm)}$.

Nota: En los siguientes cálculos se referirán solamente a la bulárcama, pero son los mismos que para la contrabulárcama.

La carga unitaria, que actúa en la bulárcama, intersección con la cubierta es:

$$P_e = 0.1026 * S * H_e \dots \dots \dots (36)$$

$$P_e = 0.1026 * 300 * 2.44 = 75.1 \text{ (kg/cm)}$$

La carga unitaria que actuará en el fondo es:

$$P_f = 0.1026 * S * H_f = 0.1026 * 300 * 12.14 = 373.7 \text{ (kg/cm)}$$

Es una distribución de carga tipo trapezoidal.

Recordando que la distribución trapezoidal, puede ser descompuesta en una uniforme y otra triangular, y calcular por separado sus momentos flectores máximos; el momento máximo sera la suma de los dos anteriores, es el procedimiento que seguiremos:

La distribución de carga uniforme es: $P_1 = 75.1 \text{ (kg/cm)}$

La carga triangular es :

$$P_2 = 373.7 - 75.1 \text{ (kg/cm)} = 298.6 \text{ (kg/cm)}$$

El momento flector, para una viga, empotrada en los extremos, con una carga uniforme, recordando es:

$$M_1 = PL^2/12 \dots\dots\dots (37)$$

$$M_1 = 75.1 \text{ (kg/cm)} * (760\text{cm})^2 / 12 = 3614813 \text{ (kg-cm)}$$

El momento flector, para una viga rmpotrada, y con una carga triangular es:

$$M^2 = (1/2)PL^2/10 \dots\dots\dots (40)$$

$$M_2 = (1/2) * 298.6 \text{ (kg/cm)} * (760\text{cm})^2 / 10 = 8623568 \text{ (kg-cm)}$$

Y el momento para la carga trapezoidal es:

$$M = M_1 + M_2 = 3614813 + 8623568 = 12229626 \text{ (kg-cm)}$$

Tomando como esfuerzo permisible 1420 (kg/cm²)

$$Z = M/\sigma_p = 12229626 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 8612 \text{ (cm}^3\text{)}$$

La ABS, pide:

$$SM = Z = 4.74 \text{ chsl}_b^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (41)$$

En la que:

$c = 0.85$, para bulárcamas y contrabulárcamas, con un tirante horizontal..

$h = 12.14$ (m), para bulárcamas, cabezal de agua con respecto a un punto situado a 2.44 (m) de la cubierta.

$s = 3$ (m), separación entre bularcamas.

$l_b = 7.6$ (m) luz del refuerzo.

$$SM=Z= 4.748 \cdot 0.858 \cdot 12.14 \cdot 3 \cdot 7.6^2 = 8476 \text{ (cm}^3\text{)}$$

(Comparando los dos resultados, notamos que la diferencia es minima. Escogeremos como módulo seccional para bulárcama y contrabulárcama, el valor de $Z = 8500$ (cm³).

BAO DE CUBIERTA, EN TANQUE LATERAL.

Realizaremos las siguientes asuncianes:

El bao deberá soportar una carga equivalente a la separación entre bulárcamas, así $S = 300$ (cm).

1-as cargas que actúan sobre la cubierta son: el peso del planchaje, peso de las estructurales, el peso propio del baa, y un cabezal de agua de 2.44(m).

El baa estará apoyado simplemente en el costado y en el mampara longitudinal. La luz del baa, lo consideraremos igual al ancho del tanque, es decir $L = 5.55$ (m) = 555(cm), a pesar de tener dos escuadras de

50 (cm), y de las alturas de almas de bulárcama y contrabulárcama. Esta asunción se la hace, para tener en cuenta las reacciones, que se dan en las uniones de baos con bulárcamas.

Analicemos las cargas que actúan sobre el bao:

Cabezal de agua:

$$P_1 = 0.1026HS = 0.1026 * 2.44 * 300 = 75 \text{ (kg/cm)}$$

Peso de planchaje:

El peso específico de planchaje es $w = 123.6 \text{ (kg/m}^2\text{)}$.

Peso unitario de planchaje : $P_2 = wS \text{ (kg/m)}$

$$P_2 = 123.6 \text{ (kg/m}^2\text{)} * 3 \text{ (m)} = 370.8 \text{ (kg/m)} = 3.71 \text{ (kg/cm)}$$

Peso de estructurales :

Anteriormente, en el cálculo del módulo seccional de los refuerzos de cubierta, asumimos que su peso fuese el 30% del peso del planchaje, lo haremos nuevamente:

$$P_3 = 0.3 P_2 = 0.3 * 3.71 \text{ (kg/cm)} = 1.11 \text{ (kg/cm)}$$

Peso propio del bao:

Por aún desconocer sus características, proponemos asumir que sea el 50% del peso del planchaje:

$$P_4 = 0.3 * P_2 = 0.3 * 3.71 \text{ (kg/cm)} = 1.86 \text{ (kg/cm)}$$

El peso unitario, a ser soportado por el bao será:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \text{ (kg/cm)}$$

$$P = 75 + 3.71 + 1.11 + 1.86 = 81.7 \text{ (kg/cm)}$$

Este peso unitario, tiene una distribución uniforme.

Par lo que el máximo momento flector es:

$$M = PL^2/8 = 81.7 \text{ (kg/cm)} * (555\text{cm})^2/8 = 3145705 \text{ (kg-cm)}$$

Y el módulo seccional es:

$$Z = M/\sigma_p = 3145705 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 2215 \text{ (cm}^3\text{)}$$

La ABS, pide:

$$SM = Z = 4.74 \text{ chsl}_b^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots \dots \dots (41)$$

En donde:

$$c = 3.5$$

$h = 2.44 \text{ (m)}$, distancia a un punto, situado a 2.44 (m) , desde cubierta.

$s = 3 \text{ (m)}$, espaciamiento entre refuerzos.

$l_b = 3.15 \text{ (m)}$, luz del refuerzo, tomando en cuenta la altura de bulárcamas y escuadras.

$$SM = Z = 4.74 * 3.5 * 2.44 * 3 * 3.15^2 = 1205 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Notamos que nuestros cálculos se han excedido, en casi el doble, por ser muy conservadores. Probemos ahora, en nuestros cálculos, disminuyendo la luz, tomando solamente en consideración, la luz de las bulárcamas; esto es:

$$L = 555 \text{ (cm)} - 2 * 70 \text{ (cm)} = 415 \text{ (cm)}$$

El momento y el módulo serán:

$$M=PL^2/8= 81.7(\text{kg/cm}) * (415\text{cm})^2/8= 1758848 (\text{kg-cm})$$

$$Z= M/\sigma_p = 1758848(\text{kg-cm})/1420(\text{kg/cm}^2)= 1239 (\text{cm}^3)$$

Este último valor es bastante aceptable, siendo ligeramente superior al requerido por la ABS.

BAO DE CUBIERTA, TANQUE CENTRAL.

Las asunciones de carga, tomadas para el bao lateral, se mantienen.

Adicionalmente, asumimos que el bao se encuentra empotrado en los mamparos longitudinales, y simplemente apoyado en la eslora reforzada central de cubierta.

A más de esto, instalaremos dos escuadras de 30(cm), en las uniones de los baos, con los mamparos longitudinales. Con esto la luz efectiva se reduce a:

$$L= (750/2)(\text{cm}) - 30(\text{cm})= 345 (\text{cm})$$

Nótese, que hemos tomado para el análisis, solamente el tramo entre mamparo y eslora. La carga, que actúa en el bao central es $P= 91.7 (\text{kg/cm})$.

El momento flector y el módulo seccional son:

$$M=PL^2/8= 81.7(\text{kg/cm}) * (345\text{cm})^2/8=1215543 (\text{kg-cm})$$

$$Z= M/\sigma_p = 1215543(\text{kg-cm})/1420(\text{kg/cm}^2)= 856 (\text{cm}^3)$$

Según la ABS, tenemos:

$$SM=Z= 4.74chs1_b^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(41)$$

En la que:

$$c= 2.5$$

h=2.44 (m) cabezal de agua.

s= 3(m), espaciamiento entre refuerzos.

l_b= 3.55 (m), luz del refuerzo.

$$SM=Z= 4.74*2.5*2.44*3*3.55^2= 1093 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Notamos que nuestros cálculos son menores, que los requeridos por la ABS. Probando, pero, con una luz de L= 375 (cm), es decir sin tomar en cuenta la escuadra.

$$M=PL^2/8= 81.7 \text{ (kg/cm)}*(375\text{cm})^2/8=1436133 \text{ (kg-cm)}$$

Y el módulo seccional:

$$Z= M/\sigma_p= 1436133(\text{kg-cm})/1420(\text{kg/cm}^2)= 1011 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Mas satisfactoria, tomamos Z= 1100(cm³).

MODULO SECCIONAL DE VAGRA DE QUILLA.

Dtra de los elementos estructurales, de mayor importancia, es la vagra longitudinal, situada en crujía, y decimos que es el más importante, ya que va a ser éste quien absorva, los máximos esfuerzos, que se producen en la estructura, cuando el buque descansa sobre los picaderos, en el varadero.

Para el cálculo, realizaremos las siguientes asunciones:

Sobre el refuerzo actúa un cabezal de 9.7 (m), es decir, igual al puntal del buque.

El ancho de área soportada, S, lo tomamos igual a cuatro veces la separación entre refuerzos longitudinales. Por lo que $S=4s= 4*75(\text{cm})= 300 (\text{cm})$

Tomamos este ancho de Área soportada, ya que el resto de área soportada, 1.0 cubren los mamparos longitudinales, y los costados del buque. Asumimos empotramiento de la vagra en las varengas.

La luz de la varenga es igual a la separación entre varengas, esto es $L= 300 (\text{cm})$

La carga unitaria, que actúa sobre la vagra es:

$$P= 0.1026HS= 0.1026*9.7*300=298.6 (\text{kg/cm})$$

El momento flector, para una carga uniformemente distribuida, viene dado por:

$$M=PL^2/12 \dots\dots\dots (37)$$

$$M= 298.6 (\text{kg/cm}) * (300\text{cm})^2/12= 2239500 (\text{kg-cm})$$

El módulo seccional es:

$$Z = M/\delta_p = 2239500(\text{kg-cm})/1420(\text{kg/cm}^2) = 2365 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Lo requerido por ABS es:

$$SM=Z = 4.74chs l_b^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (41)$$

En la que:

$$c=2$$

$h = 9.7 \text{ (m)}$, puntal del buque.

$s = 3 \text{ (m)}$, separación entre refuerzos.

$l_b = 3 \text{ (m)}$, luz del refuerzo.

$$SM=Z = 4.74*2*9.7*3*3^2 \text{ (cm}^3\text{)} = 2483 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Como vemos, el valor de ABS, es ligeramente mayor, al pnr nosotros calculado. Tomaremos como módulo seccional el valnr de 2500 (cm3)

MODULO SECCIONAL DE ESLORA CENTRAL. REFORZADA.

Este refuerzo longitudinal es de la cubierta, y los razonamientos para su cálculo, son los mismos seguidos para la vagra de quilla.

En este caso la carga que va a soportar la eslora, es el equivalente a un cabezal de agua de 2.44 (m), el peso del planchaje, el peso de los estructurales, y su propio peso. El ancho de área soportada será de 3(m), es decir cuatro veces el espaciamiento entre refuerzos longitudinales.

Asumiremos, de igual forma, empotramiento en los baos transversales.

Calculemos la carga que actúa sobre la eslorá reforzada:

Peso de plancha es de 123.6 (kg/m²), y su peso unitario es:

$$P_1 = W * S = 123.6 \text{ (kg/m}^2\text{)} * 3 \text{ (m)} = 370.8 \text{ (kg/m)}$$

$$P_1 = 3.71 \text{ (kg/cm)}$$

Peso por columna de agua:

$$P_2 = 0.1026HS = 0.1026 * 2.44 * 300 = 75.1 \text{ (kg/cm)}$$

Tomaremos el 30% del peso del peso del planchaje como peso de estructurales.

$$P_3 = 0.3 * P_1 = 0.3 * 3.71 \text{ (kg/cm)} = 1.11 \text{ (kg/cm)}$$

El peso de la eslorá, lo tomaremos como el 50% del peso del planchaje; así:

$$P_4 = 0.5 * 3.71 \text{ (kg/cm)} = 1.86 \text{ (kg/cm)}$$

El peso total, uniforme, actuando sobre la eslorá es:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \text{ (kg/cm)}$$

$$P = 3.71 + 75.1 + 1.11 + 1.86 = 81.78 \text{ (kg/cm)}$$

El máximo momento flector es:

$$M = PL^2/12 = 81.78 \text{ (kg/cm)} * (300\text{cm})^2/12 = 613350 \text{ (kg-cm)}$$

Tomamos $\delta_p = 947 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$, para longitudinales, por lo

que el módulo seccional es:

$$Z = M/\sigma_p = 613350 \text{ (kg-cm)}/947 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 648 \text{ (cm}^3\text{)}$$

La ABS pide:

$$SM=Z= 4.74chs l_b^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (41)$$

En la que:

c= 2.5, para esloras.

h= 2.44 (m'), cabezal de agua, sobre cubierta.

s= 3 (m), ancho del área soportada.

l_b= 3(m), luz del refuerzo.

$$SM=Z= 4.74*2.5*2.44*3*3^2=781 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Notamos que el módulo de ABS, es mayor que el calculado por nosotros, es de presumir que a mas de las cargas, asumidas, se debe tomar en consideración el aparte de este refuerzo, al módulo seccional del buque-viga. Tomaremos como módulo seccional el valor de Z= 790 (cm³).

MODULO SECCIONAL DE REFUERZO DE CRUJIA, EN MAMPARO TRANSVERSAL- DE TANQUE CENTRAL.

Este perfil reforzado, servía para disminuir la luz efectiva de los dos refuerzos horizontales.

Realizaremos las siguientes consideraciones, para su cálculo:

Sobre el refuerzo actúa una carga trapezoidal, con un cabezal de agua de 2.44(m) en cubierta, y de 12.14 (m) en el fondu.

El ancho de área soportada es de 3(m), es decir, cuatro veces el espaciamento entre refuerzos. $S= 300$ (cm).

El refuerzo estará empotrado en cubierta y fondu.

La altura de alma, de la vagra de quilla es de 60 (cm), además se colocará una escuadra de 50(cm), en la unión de este refuerzo vertical y la vagra, y una escuadra de 30 (cm), en la unión con la eslora central de cubierta. La altura de alma de la eslora es de 40 (cm), la luz efectiva de este refuerzo es:

$$L= 9.7(m) - (0.6+0.5+0.4+0.3)(m)= 7.4 (m)= 790 (cm)$$

La carga unitaria, actuando en el refuerzo, en la cubierta, es:

$$P_e= 0.1026 H*S (kg/cm)=0.1026*2.44*300 (kg/cm)$$

$$P_e= 75.1 (kg/cm)$$

Y la carga unitaria, actuando en el fondo, es:

$$P_f= 0.1026H*S = 0.1026*12.14*300=373.7 (kg/cm)$$

Recordemos que tenemos instalados dos refuerzos horizontales, en este mamparo transversal; el primer

refuerzo está situado a 3.7(m) de cubierta , y el otro a 6.7 (m) de la misma.

Las cabezales de cada punto, son de 6.14(m) y de 9.14(m), respectivamente. Analizaremos el tramo de refuerzo, que va desde la intersección con el segundo refuerzo horizontal y el fondo, por soportar las máximas cargas.

La carga unitaria, en el punto de intersección de los dos refuerzos, es:

$$P = 0.1026sH = 0.1026 * 300 * 9.14 = 281.3 \text{ (kg/cm)}$$

La carga unitaria en el fondo es de 373.7 (kg/cm)

Sobre este tramo de refuerzo, actúa una carga trapezoidal, la descompondremos en una uniforme y otra triangular.

La carga uniforme valdrá: $P_1 = 281.3 \text{ (kg/cm)}$

Y la carga triangular:

$$P_2 = 373.7 - 281.3 \text{ (kg/cm)} = 92.4 \text{ (kg/cm)}$$

Asumimos que el refuerzo está apoyado simplemente en el refuerzo horizontal, para un cálculo rápido, tomaremos la luz igual a $L = 300 \text{ (cm)}$

Por lo que el máximo momento flector para la carga uniforme es:

$$M = PL^2/12 \dots \dots \dots (37)$$

$$M_1 = 281.3 \text{ (kg/cm)} * (300\text{cm})^2 / 12 = 2109750 \text{ (kg-cm)}$$

El momento flector, para la carga triangular, viene dado por:

$$M_2 = (1/2)PL^2/10 = (1/2)*92.4 \text{ (kg/cm)} * (300\text{cm})^2 / 10$$

$$M_2 = 415800 \text{ (kg-cm)}$$

El momento flector, total es:

$$M = M_1 + M_2 = 2109750 + 415800 = 2525550 \text{ (kg-cm)}$$

Y el módulo seccional es:

$$Z = M/\sigma_p = 2525550 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 1779 \text{ (cm}^3\text{)}$$

La que pide la ABS es:

$$SM=Z= 4.7chs l_b^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots \dots \dots (41)$$

En la que:

c=2 para contrafuertes de mamparos transversales.

h= 7.29 (m), distancia desde la mitad del refuerzo, hasta un punto situado a 2.44(m), sobre la cubierta, al costado.

s= 3 (m), ancha del Area soportada por el refuerzo.

l_b= 3 (m) , luz del refuerzo

$$SM=Z= 4.74 * 2 * 7.29 * 3 * 3^2 = 1867 \text{ (cm}^3\text{)}$$

El valor es mas alto que el por nosotros calculado, pero lo suficientemente cerca. Tomaremos como módulo seccional de este refuerzo; $Z = 1900 \text{ (cm}^3\text{)}$

SELECCION DE PERFILES.

Hemos propuesto, hasta aquí, módulos seccionales de los principales elementos estructurales del buque, en la zona de tanques de carga.

La forma de calcularlos, en la mayoría de ellos, fue la de considerarlos, como vigas sometidas a cargas hidrostáticas, sea distribución uniforme o trapezoidal, según sea el caso. En todos los casos, los resultados obtenidos, han sido comparados, con los requerimientos estipulados por la Casa Clasificadora ABS.

1-^{as} módulos seccionales calculados, incluyen el llamado ancho efectivo de plancha. Pero, que significa ancho efectivo de plancha? ; cuando un perfil (estructural cualquiera), está trabajando para resistir un determinado esfuerzo, especialmente en el caso de flexión, opone su inercia para resistir tal esfuerzo, pero a mas de su propia inercia, se ha comprobado, que en el caso de paneles de planchas, una

porción de plancha, a la cual está unida el refuerzo, también participa con su inercia, en la resistencia total del sistema, al ancho o porción de planchaje, que contribuye efectivamente en la inercia, y por tanto en el módulo seccional, se lo conoce con el nombre de "ancho efectivo de plancha". Pero, la interrogante es : que tanto de planchaje debe considerarse; existe bastante teoría al respecto al tema; pero, en general, podemos decir, que para paneles de estructura longitudinal, cuyas relaciones de lados, son mayores que la unidad, el ancho efectivo, se acerca a la separación que existe entre los refuerzos longitudinales; para relaciones de cuatro o mas, el valor de ancho de plancha, es casi igual a la mencionada separación.

Fara nuestros cálculos, para mayor rapidez, utilizaremos como ancho efectivo, para estructuras longitudinales, igual a la separación entre estos refuerzos.

Para relaciones de lados, menores a uno, es costumbre tomar los siguientes valores: de 40 a 60 veces el espesor de la plancha asociada.

El propósito, de este momento, es el de seleccionar perfiles;, de forma que junto a la plancha asociada,

cumpla con el módulo seccional, calculado para determinado estructural.

Es de mencionar, que ciertos módulos seccionales son elevados, y que los perfiles requeridos no se lo encuentran en el mercado, por lo que será menester confeccionarlos.

(A continuación presentaremos un cuadro, de resumen de los distintos estructurales, y sus respectivos módulos seccionales.

CUADRO # 35: RESUMEN DE MODULOS SECCIONALES DE REFUERZOS DEL CASCO, MAMPAROS Y CUBIERTA.

CASCO

ESTRUCTURAL.....	Z (ABS).....	Z (CALC).....	Z (PROPUES).....
	(cm ³)	(cm ³)	(cm ³)
L1 a L12.....	629.....	513.....	630
L13, L14.....	370.....	441.....	406
L15, L16.....	318.....	382.....	350
L17, L18.....	265.....	319.....	292
L19.....	223.....	268.....	246
L20, L21.....	181.....	217.....	199
L22, L23.....	138.....	166.....	152

MAMPAROS LONGITUDINALES.

LL1 A LL3.....	"43.1." ..		521.....	466
----------------	------------	--	----------	-----

LL4,LL5.....	321.....	408.....	365
LL6,LL7.....	271.....	344.....	308
LL8,LL9.....	221.....	281.....	251
LL10,LL11.....	"171..	217.....	194
LL12.....	121.....	154.....	138

CUBIERTA PRINCIPAL.

LC1 a LC11.....	148.....	158.....	153
-----------------	----------	----------	-----

MAMPAROS TRANSVERSALES

R1 a R11.....	389.....	445.....	416
---------------	----------	----------	-----

REFUERZOS HORIZONTALES EN MAMPAROS TRANSVERSALES.

Sup. lateral.....	"..3007.....	2865.....	3010
Inf. lateral... ..	4477.....	4275.....	4480
Sup. centro.....	1733.....	1651.....	1800
Inf. centro.....	2580.....	2464.....	2600

BULARCAMAS, VARENGAS Y BAOS.

Varenga centro.....	3094.....	3475.....	3100
Varenga lateral.....	4290.....	4146.....	4300
Bularcama.....	8476.....	8612.....	8500
Bao lateral.....	1205.....	1239.....	1240
Bao centro.....	1093.....	1011.....	1100

REFUERZOS CENTRALES.

Vagra quilla.. ..	2483.....	2365.....	2500
-------------------	-----------	-----------	------

Eslora central.....	781.....	648.....	790
Mamp. central.....	1867.....	1779.....	1900

La forma que emplearemos, para seleccionar el perfil adecuado, será la siguiente:

Para elementos longitudinales, los pequeños, tomaremos como ancho efectivo, su espaciamiento. Para los demás elementos, ya sean longitudinales o transversales, tomaremos como ancho efectivo igual al ancho de carga asumido para el cálculo del módulo seccional.

En una sección aparte, corregiremos con más detalle, y luego de una adecuada sustentación teórica, los anchos efectivos aquí asumidos.

Trabajando con Singer (24), para escoger el perfil que cumpla con el módulo requerido, según sea el caso, así como los perfiles que se deban construir, por no existir en mercado, para ser el módulo seccional exigido muy alto, de Singer (24), usaremos, por este motivo, la tabla B6.

Hemos diseñado un programa, en LOTUS, mediante el cual, en base a las cualidades geométricas, ya sea de los perfiles y de la plancha asociada, y por la aplicación de momentos, podemos hallar el módulo

seccional del conjunto perfil/plancha.

Los cálculos de cada elemento estructural, son presentados en el apéndice B. Como aclaración, las distancias para el cálculo de momentos, son con respecto a una línea base, que coincide con el borde inferior de la plancha asociada.

(A continuación, realizaremos ciertos comentarios que aclaran los cálculos realizados.

PERFILES DE CASCO L1 a L11.

Puesto que todos ellos requieren el mismo módulo seccional, tendremos igual perfil, tomaremos como espesor de plancha $t=1.59(\text{cm})$, con un ancho efectivo de $75(\text{cm})$, el perfil escogido es un ángulo de $9" \times 4" \times 3/4"$.

PERFILES DEL COSTADO.

Analizando que existe una variedad, de requerimientos de módulos para el costado, y proponiendo uniformidad, proponemos la siguiente:

Que los refuerzos L13 al L18, tengan el módulo seccional del refuerzo L13, el cual es un ángulo de $8 \times 4 \times 1/2"$, con una plancha asociada de $75(\text{cm}) \times 1.27(\text{cm})$.

Para los refuerzos de L19 a L23, escogemos un solo perfil, con el módulo que necesita el L19. Este perfil es un ángulo de $6 \times 4 \times 1/2$ ".

PERFILES DE MAMPAROS LONGITUDINALES.

Recordando que el espesor de estos mamparos, es de $9/16$ ", en las tracas superiores e inferiores, y de $1/2$ " para las intermedias, la plancha asociada a (trabajarse será de 75×1.27 (cm)), para estos refuerzos se requieren seis módulos seccionales, con el afán de normalizar las dimensiones de los perfiles, proponemos solamente dos tipos de perfiles, con los siguientes grupos: Primer grupo de LL1 a LL6, y el otro de LL7 a LL12.

El perfil para los refuerzos LL1 a LL6 escogido es de $8 \times 4 \times 5/8$ ", y el perfil para LL7 a LL12, es un ángulo de $7 \times 4 \times 3/8$ ".

PERFILES DE CUBIERTA.

Hemos escogido perfiles $6 \times 4 \times 3/8$ ", con una plancha asociada de 1.27 (cm) \times 75 (cm).

A continuación, presentamos un resumen de las escantillones de los principales elementos estructurales, hasta ahora calculados.

CUADRO # 36: RESUMEN DE ESCANTILLONES DE TRACAS DEL CASCO.

TRACA.....	ANCHO.....	ESPEJOR.....	PESO UNITARIO.
	(cm)	(cm)	(kg/m)
K.....	120.....	1.91.....	179.57
A/B.....	250.....	1.59.....	311.75
C.....	210.....	1.59.....	261.87
D.....	250.....	1.59.....	311.75
E/F.....	150.....	1.43.....	168.35
G/H/J.....	120.....	1.43.....	134.68
L.....	150.....	1.59.....	187.05

Nótese que hemos tomado a la traca K, en tado su ancho, ya que su centro coincide con crujía.

CUADRO # 37: RESUMEN DE ESCANTILLONES DE TRACAS DE CUBIERTA Y MAMPAROS.

CUBIERTA

TRACA.....	ANCHO.....	ESPEJOR.....	PESO UNITARIO
	(cm)	(cm)	(kg/m)
A.....	120.....	1.27.....	119.7
B/C/D.....	150.....	1.27.....	149.6
E.....	250.....	1.27.....	249.4
F.....	230.....	1.59.....	286.8

MAMPARO LONGITUDINAL

A	250	1.43	280.6
B/C/D/E	150	1.27	149.6
F	120	1.43	1.347

MAMPARO TRANSVERSAL

A	250	1.43	280.6
B/C/D/E	150	1.27	149.6
F	120	1.27	119.7

NOTA: Los pesos especificos de los planchajes, se los obtiene de Amelio D' Arcangelo (2). El peso unitario se obtiene multiplicando el peso especifico por el ancho de traca.

CUADRO # 38: RESUMEN DE ESCANTILLONES DE REFUERZOS DE CASCO, CUBIERTA Y MAMPAROS.

CASCO

REFUERZO	PERFIL
L1 a L12	ang 9x4x1/2"
L13 a L18	ang 8x4x1/2"
L19 a L23	ang 6x4x1/2"

MAMPARO LONGITUDINAL

LL1 a LL6	ang 8x4x5/8"
LL7 a LL12	ang 7x4x1/2"

CUBIERTA

ESLORAS LC1 A LC11 _____ ang 6x4x3/8"

MAMPARO TRANSVERSAL.

Refuerzos verticales(11) _____ ang 8x4x1/2"

PERFILES REFORZADOS DE MAMPARO TRANSVERSAL.

Horizontal superior centro _____ L 45x18x1.27 cm

Horizontal superior lateral _____ L 55x26x1.27 cm

Horizontal inferior centro _____ L 50x26x1.27 cm

Horizontal inferior lateral _____ L 70x30x1.27 cm

Refuerzo vertical de crujía _____ T 45x20x1.27 cm

PERFILES REFORZADOS DE CASCO Y CUBIERTA

Varenga central _____ T 50x35x1.27 cm

Varenga lateral _____ T 60x40x1.27 cm

Bulárcama/contrabulárcama _____ T 95x45x1.27 cm

Bao central _____ T 35x15x1.27 cm

Bao lateral _____ T 35x20x1.27 cm

Vagra de quilla _____ T 46x20x1.59 cm

Eslora central de cubierta _____ T 27x14x1.27 cm

Los pesos unitarios, de cada uno de los perfiles anterior-es, así como los demás atributos propios, se los presenta en cada cálculo de módulo seccional, que por razones de espacio no se los muestra nuevamente.

PESO UNITARIO DE ELEMENTOS LONGITUDINALES.

Sumaremos los pesos de aque los elementos que se consideran continuos, en el sentido longitudinal, esta suma nos ayudará, mas adelante, a formar la curva de peso. Dentro de este cálculo, incluiremos todos los refuerzos longitudinales, ya sea del casco, cubierta y mamparos longitudinales. Además de la anterior, tomaremos en cuenta, los planchajes del casco y mamparos longitudinales. La suma es de los pesos unitarias de tales elementos. Sumando los pesos de todas las tracas y los refuerzos ,tanto de cubierta, casco y mamparos longitudinales, tenemos los siguientes resultados:

Peso de cubierta.....	2534.34 (kg/m)
Peso mamparos longitudinales.....	2780.64 (kg/m)
Peso de casco.....	6224.64 (kg/m)

TOTAL:	11539.62 (kg/m)
PESO ELEMENTOS LONGITUDINALES: 11.54 (ton/m)	

En el apéndice B, se muestra ma; en detalle la sumatoria de los pesos, ya sean longitudinales, así coma la de los transversales.

PESO DE ELEMENTOS TRANSVERSAL-ES.

De manera similar, hemos calculado por separado, el

peso de cada elemento transversal, ver el apéndice B, y los resultados son:

Peso de cada mamparo transversal: 34.7 (ton)

Peso de cada anillo: 8.1 (ton)

Todos estos valores, se utilizarán, mas adelante, en la determinación de la curva de pesos del buque.

Nótese que todos los pesos, son para estructurales que están en la zona de tanques de carga.

ESCANTILLONES DE ESTRUCTURALES DE PROA, POPA Y SUPERESTRUCTURAS .

Hasta aquí, todos los escantillones obtenidos, han correspondido a estructurales situados cerca de la sección media, en otras palabras, en los tanques de carga. Pero, aún no hemos dicho nada, sobre los estructurales de los piques de proa y popa.

ESTRUCTURALES DE POPA Y SUPERESTRUCTURA.

Recordando, la separación entre cuadernas, para los piques, es de 60 (cm); y que el peak de popa, comprende desde el departamento de bombas, hacia popa. Asumiremos lo siguiente:

Se instalará un doble fondo, en los departamentos de



bombas y máquinas, con una altura de 1.5 m, sobre la línea base. En el departamento de máquinas, instalaremos dos entrepuentes, situados a 4(m) y 6.5(m) de la línea base, respectivamente.

Cada cuatro cuadernas colocaremos una bulárcama.

Para mantener la continuidad, mantendremos los espesores de las tracas en el casco, de la sección central.

ESPESOR DE PLANCHAJES DE TAPA DE DOBLE FONDO.

Con excepción de bases de maquinarias, en las que se requieren de grandes espesores, el resto de planchajes no sufrirán grandes esfuerzos.

Para su cálculo, asumiremos que los departamentos de máquinas y de bombas, están inundados hasta la cubierta resistente; el cabezal hidrostático, que actúa en la tapa de doble fonda es:

$$H = 9.7(m) - 1.5(m) = 8.2 (m)$$

La presión hidrostática será:

$$p = 0.1026H \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.1026 * 8.2 = 0.87 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

La carga unitaria, tomando s = 60(cm), separación de refuerzos es:

$$P = ps \text{ (kg/cm)} = 0.87 \text{ (kg/cm}^2\text{)} * 60 \text{ (cm)} = 52.2 \text{ (kg/cm)}$$

Pero recordando la fórmula #25, tenemos que:

$$t = s \left[\frac{(513 * H) p}{\sigma} \right]^{1/2} \dots \dots \dots (25)$$



BIBLIOTECA

En la que:

t = espesor de la plancha (cm)

$s = 0.6$ (m), separación de refuerzos.

$H = 8.2$ (m), cabezal de agua que actúa sobre la plancha.

$\sigma_p = 1500$ (kg/cm²), esfuerzo permisible (9).

$t = 0.6 \left[\frac{513 \times 8.2}{1500} \right]^{1/2} = 1.00$ (cm)

Para las tracas centrales, del doble fondo, tomaremos como espesor 10(mm), y para la traca marginal, un espesor de 12.7 (mm) .

MODULO SECCIONAL DE LAS CUADERNAS DE POPA.

Para determinar, el módulo seccional de las cuadernas del peak. de popa, realizaremos las siguientes asunciones :

La cuaderna, en la cubierta superior, soporta una presión hidrostática, equivalente a un cabezal de 4(m) de altura. Esta asunción, nos sirve para tomar en cuenta, parcialmente, la influencia de la superestructura de popa, de la cual no conocemos nada aún.

La separación entre refuerzos transversales es de 60(cm) .

Recordemos, propusimos instalar dos entrepuentes en el departamenta de máquinas. El cabezal de agua, que

soportará la cuaderna, a la altura del primer entrepuente, cerca al fondo, es de 9.7(m), y el cabezal que soporta la cuaderna, a la altura del segundo entrepuente, es de 7.2(m).

Analizando a la porción de cuaderna, comprendida entre el primer entrepuente y el doble fondo, tenemos que:

La carga unitaria, en el punto de unión del primer entrepuente y la cuaderna es:

$$P_1 = 0.1026sH \text{ (kg/cm)} \dots \dots \dots (36)$$

H= 9.7 (m), cabezal de agua.

s= 60(cm), separación entre refuerzos.

Entonces :

$$P_1 = 0.1026 * 9.7 * 60 = 59.71. \text{ (kg/cm)}$$

La carga unitaria, en el punto de unión de la cuaderna y el doble fondo es:

$$P_2 = 0.1026sH = 0.1026 * 60 * 12.2 = 75.1. \text{ (kg/cm)}$$

Consideraremos empotramiento, en los dos extremos del tramo , y sometida a una carga trapezoidal; puesto que ya conocemos el procedimiento para encontrar, el máximo momento flector, de una carga de distribución trapezoidal. La luz , la tomaremos igual a la longitud de este tramo, $L=3(m)=300(cm)$.

Carga uniforme: $Q_1 = 59.71 \text{ (kg/cm)}$

Carga triangular:

$$Q_2 = 75.10 - 59.71 \text{ (kg/cm)} = 15.39 \text{ (kg/cm)}.$$

El momento flector, para la carga uniforme es:

$$M_1 = Q_1 * L^2 / 12 = 59.71 \text{ (kg/cm)} * (300 \text{ cm})^2 / 12 = 447825 \text{ (kg-cm)}$$

El momento flector, para la carga triangular es:

$$M_2 = (1/2) * Q_2 * L^2 / 10 \text{ (kg-cm)} \dots\dots\dots (40)$$

$$M_2 = (1/2) * 15.39 \text{ (kg/cm)} * (300 \text{ cm})^2 / 10 = 69255 \text{ (kg-cm)}$$

Y el momento flector total es :

$$M = M_1 + M_2 = 447825 + 69255 = 517080 \text{ (kg-cm)}$$

Tomando un esfuerzo permisible de 1420 (kg/cm²), el módulo seccional es:

$$Z = M / \sigma_p = 517080 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 364 \text{ (cm}^3\text{)}$$

La ABS (1), regla 8.9.2, nos entrega la expresión:

$$SM = Z = 2.79sL - 36 \text{ (cm}^3\text{)}; \text{ para } L < 427 \text{ (m)} \dots\dots\dots (43)$$

En la que:

s = 0.6(m), separación entre refuerzos.

L = 131.1 (m), eslara de cálculo.

$$SM = Z = 2.79 * 0.6 * 131.1 - 36 = 184 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Notamos que nuestros cálculos son dos veces mayores, principalmente por las asunciones llevadas a cabo.

Tomaremos un valor de 200 (cm³), como módulo seccional. El ancho efectiva de plancha, tomaremos de

60 (cm), y un espesor promedio de 1.59(cm).

El perfil seleccionado es un ángulo 6x4x3/8", ver apéndice B.

Revisando la distribución de cuadernas, en el departamento de máquinas, notamos que existen 30 espacios, lo que equivale a decir que se necesitan $30 \times 200(\text{cm}^3) = 6000 (\text{cm}^3)$ de módulo seccional, para cubrir la resistencia transversal.

Proponemos, instalar bulárcamas, en el departamento de máquinas, en cantidad tal, que la suma de todas ellas, equivalga por lo menos a la mitad del módulo seccional total, requerido para las demás cuadernas, en el departamento. Es decir: $6000(\text{cm}^3)/2 \approx 3000(\text{cm}^3)$, (11).

Si colocamos una bulárcama, cada 5 cuadernas, tendremos 6 bulárcamas, en todo el departamento, separadas entre sí 3(m), cada bulárcama, tendrá un módulo seccional de $3000(\text{cm}^3)/6 = 500(\text{cm}^3)$.

El perfil que cumple con esta, ver apéndice, es una 1 de 22x12x1.27 (cm), plancha asociada de 60(cm)x 1.59 (cm).

El siguiente paso, es el de estimar las escantillones preliminares de entrepuentes, baas del departamento de

máquinas, etc, así como de la supereestructura de popa. Paris Genalis (12); en el cuadro siguiente, nos presenta las cargas promedias, que se utilizan, para los distintos espacios:

CUADRO #39: CARGAS TIPICAS EN ESPACIOS.

ESPACIO	CARGA
Acomodación (sobre cubierta)	75psf = 0.04kg/cm ²
Acomodación (bajo cubierta)	100psf = 0.05kg/cm ²
Oficinas	150psf = 0.07kg/cm ²
Cuartos de control	150psf = 0.07kg/cm ²
Espacios de estiba	200psf = 0.10kg/cm ²
Talleres	200psf = 0.10kg/cm ²
Pañoles de carga	300psf = 0.15kg/cm ²

Las cargas anteriores, para efectos de cálculo, se las considera uniformemente distribuidas.

Para determinar, el módulo seccional, de los baos transversales en los entrepuentes, del departamento de máquinas, asumiremos lo siguiente:

Dejar un espacio de 6(m) de ancho, centrado en crujía, para dejar paso al guardacalor. Por lo que a 3(m) de crujía, colocaremos esloras reforzadas, que cubran toda la longitud del departamento de máquinas, estas esloras deberán descansar, sobre puntales,

distanciadas a 3(m), y que estén alineados con las bulárcamas anteriores.

La longitud del guardacalor, la tomaremos de 9(m), e irá desde la cuaderna # 71 hasta la cuaderna #86.

La luz para los baos normales, en la cubierta superior, la tomaremos igual a 4.5(m). Pero, como es una luz excesiva, proponemos instalar dos esloras refarzadas mas, una a cada banda, a una distancia de 5.4(m) de crujía. Así $L = 2.4(m)$, luz de trabajo del bao. Igualmente, rada 3(m), y baja estas esloras refarzadas, colocaremos puntales. Todos los puntales, corren desde la cubierta resistente, hasta el doble fonda, y están alineadas con las bulárcamas.

Para los cálculos, en los entrepuentes, tomaremos la carga de $0.15(kg/cm^2)$. Puesto que la separación entre baos, es de 60(cm), la carga unitaria, que actúa en cada bao es:

$$P = ws \text{ (kg/cm)}$$

En la que:

$w = 0.15 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$, carga que actúa an la cubierta.

$s = 60(cm)$, separación de refuerzos.

$$P = 0.15 \text{ (kg/cm}^2\text{)} * 60(cm) = 9.0 \text{ (kg/cm)}$$

Recordando que el espesor de planchaje es:

$$t = s\sqrt{(513 * H) / \sigma_p A^{(1/2)}} \text{ (cm)} \dots \dots \dots (25)$$

En la que:

s = 0.6(m), espaciamiento entre refuerzos

H (m), cabezal de agua, en nuestro caso, El cabezal es:

$$H = W / 0.1026 \text{ (m)}$$

$$H = 0.15 / 0.1026 (\pi) = 1.46 \text{ (m)}$$

Tomamos como cabezal: H = 2.0 (m)

$\sigma_p = 1500 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$, esfuerzo permisible. Reemplazando, y realizando el cálculo obtenemos: t = 0.5 (cm)

Escogemos un espesor comercial de 0.635(cm) = 1/4".

Este espesor de planchaje, lo adoptaremos para todos los entrepuentes en y bajo cubierta.

Respecto a la carga unitaria, soportada por el bno:

$$P = q \text{ (kg/cm)}$$

Asumiendo empotramiento en la cuaderna y la esloná reforzada:

$$M = PL^2 / 12 = 9 \text{ (kg/cm)} * (240 \text{ cm})^2 / 12 = 43200 \text{ (kg-cm)}$$

Y el módulo seccional es:

$$Z = M / \sigma_p = 43200 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 30 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Como vemos el módulo seccional resultante, es insignificante, por lo que prescindiremos de las

esloras reforzadas, situadas a 5.4(m) de cruzía. La luz del baa se transforma en:

$$L = 4.5(m) = 450(cm)$$

Y el momenta es:

$$M = 9(kg/cm) * (450cm)^2 / 8 = 227813 (kg-cm)$$

Hemos asumido apoyo simple.

$$Z = M / \sigma_p = 227813(kg-cm) / 1420(kg/cm^2) = 160 (cm^3)$$

Perfil escogido (apéndice B): L de 6x3-1/2x3/8". En el departamento de máquinas existen 30 baos, par In que el módulo total requerido es de 5220(cm³); la política seguida es la de asignar, a los baas reforzados, la mitad de la suma de los módulos seccionales de los baas, así:

$$5220(cm^3) / 2 = 2610(cm^3), \text{ suma de módulos de baos reforzados.}$$

Cada bao reforzado tendrá un módulo seccional de :

$$Z = 2610(cm^3) / 6 = 435 (cm^3).$$

Revisando el apéndice B, el perfil correspondiente es una T de 24x12x1.11(cm).

Regresando al doble fondo, hemos determinado el espesor de planchaje, $t=10(mm)$ y $t=12.7(mm)$, para tracas centrales y de margen, respectivamente. ABS (1), regla 7.5.1, dá el siguiente espesor:

$$t = 0.037L + 0.009s + 1.5 \text{ (mm)}; L \leq 427(m) \dots \dots \dots (44)$$

En donde:

L= 131.1 (m), eslora de cálculo.

s= 600(mm), clara entre cuadernas.

Reemplazando y haciendo el cálculo:

$$t = 11.75 \text{ (mm)} .$$

/El espesor escogido por nosotros, es menor, para el caso de las tracas centrales. Adoptaremos el espesor de t=12.7 (mm), para todas las tracas del doble fondo en departamentos de máquinas y bombas. Por continuidad estructural, la vagra de quilla, en los tanques de carga, la extenderemos, hacia proa, hasta la roda, y hacia popa, hasta el codaste.

En la zona de departamentos de máquinas y bombas, proponemos; que esta vagra sea continua, y servirá como mamparo estanco de tanques de servicio.

El espesor de plancha, para esta vagra, proponemos que sea de 12.7(mm), es decir, igual que el espesor de la tapa de doble fondo.

Espesor de vagra central: 12.7 (mm)

La ABS (1), regla 7.3.2b, pide:

$$t = 0.056L + 5.5 \text{ (mm)}; L \leq 427(m) \dots \dots \dots (45)$$

La fórmula anterior, es para la sección maestra; en las extremos, el espesor será el 85% de lo requerido por la maestra.

En donde:

$L=131.1$ (m) , eslora de cálculo.

Haciendo el cálculo:

$t= 12.84$ (mm) , en la maestra.

$t= 10.91$ (mm), en los extremos.

Escogemos un espesor de $t=11.11(\text{mm})= 7/16"$

Proponemos, a su vez, que el espesor de las varengas en los departamentos máquinas/bombas sea de $t= 11.11(\text{mm})$, igual que la vagra central, en la zona de tanques de carga. La ABS, regla 7.3.4a, pide el siguiente espesor, para las varengas, en la cámara de máquinas :

$$t= 0.036L + 6.2 \text{ (mm)}; L \leq 427(\text{m}) \dots \dots \dots (46)$$

$L= 131.1$ (m), eslora de cálculo.

$$t= 0.036 \times 131.1 + 6.2 \text{ (mm)}$$

$$t= 10.92 \text{ (mm)}$$

Lo que está de acuerdo, con el espesor por nosotros propuesto.

Fara la cubierta, en la zona del departamento de máquinas, proponemos que el espesor de los planchajes, sea de $1.27(\text{cm})$, en la traca de trancañil; para el

resto de tracas, proponemos que el espesor sea de 9.53(mm) = 3/8".

La ABS, regla 16.5.1.; que nos dá el espesor del trancañil en los extremos, nos dice que el espesor (del trancañil) debe ser:

$$t = 0.014L + 7.2 \text{ (mm); } L \leq 200 \text{ (m)} \dots \dots \dots (47)$$
$$t = 0.014 * 131.1 + 7.2 = 9.04 \text{ (mm)}$$

Los resultados son ligeramente menores a las propuestos; así que nos quedamos con los espesores propuestos.

Los baos en cubierta, pueden ser los mismas que los colocados en las entrepuentes.

SUPERESTRUCTURA DE PDPA.

Bosquejaremos rápidamente esta superestructura. Existirán tres entrepuentes, distantes entre si 2.4(m); el primer entrepuente, se prolongará desde la cuaderna #61 (mamparo depto bombas/depto máquinas), hasta la cuaderna # 65, en una manera que los costados de este entrepuente, sean la prolongación del furrn del buque.

El espesor del costado del primer entrepuente, lo

tomaremos de 11.11(mm). El espesor del mamparo frontal y de los mamparos del guardacalor, lo tomaremos de 11.11(mm).

Para el segundo entrepuente, situado desde la cuaderna #hi hasta la #95, longitud ___(m), altura de 2.4(m), el espesor de costados, mamparus extremos y de guardacalores, proponemos que sean de 9.53(mm). El ancho de este entrepuente, serh 2(m) menor que el entrepuente inferior, en otras palabras, la linca de castado de este entrepuente, correrá paralela, a un metro de distancia del castado del entrepuente inferior.

El siguiente entrepuente, será para el puente de mando, su posición es desde la cuaderna #61 hasta la #71, su ancho es el mismo que el. entrepuente inferior. La cubierta que separa este entrepuente con el inferior, será de igual manga que la del primer entrepuente, y la llamaremos cubierta de botes.

ESCANTILLONES DE REFUERZOS EN PROA Y CASTILLO.

El. peak de proa, corre desde la cuaderna #22 hasta la roda.

Puesto que esta zona está sometida, a fuertes condiciones de sollicitaciones de esfuerzos, en

special en mal tiempo, proponemos que el espesor de planchaje sea de 15.9 (mm). El espaciamento de cuadernas es de 60(cm).

Propanemos el siguiente arreglo estructural y de distribución:

Colocaremos tanques, que pueden servir, ya sea para lastre limpio, como para agua dulce. La altura de la tapa de estos tanques, estará situado a 6.2(m) desde la línea base. El primer tanque estará desde el mamparo de colisión hacia la roda, y el otro tanque, estará desde la cuaderna #22 hasta el mamparo de colisión.

Eajo estos tanques de praa. instalaremos dos palmejares, distanciados a 2(m), entre sí, para dar resistencia longitudinal, y para servir de apoyo a las cuadernas.

Entre las tapas de los mencionados tanques, y la cubierta principal, colocaremos plataformas, distanciadas entre sí a 2(m), con igual propósito, estos espacios vacíos, proveen una reserva de boyantez, así como espacios para almacenar elementos de gran volumen, cabos por ejemplo. A popa del mamparo de colisión, instalaremos los pañoles de cadenas, y aprovechando el espacio existente, dejaremos un lugar para departamento de bombas, (bombas de lastre,

transferencia, etc) de estos compartimentos.

Sobre la cubierta principal, con una altura de 2.4(m), situaremos el castillo de proa, el cual correrá desde la cuaderna #22 hasta la roda. El mamparo de popa de este castillo, será la prolongación del mamparo situado en la cuaderna #22, los costados del castillo serán la prolongación del forro del casco.

Sobre la cubierta del castillo de proa, se instalarán todos los equipos de maniobra y fondew, tales como molinetes, cabrestantes, etc.

El espacio entre la cubierta del castilla y cubierta principal, nos servirá para paños de pinturas, materiales, herramientas, talleres, etc.

ESCANTILLONES DEL MAMPARO DE COLISION.

Uno de los mamparus transversales, y quizá el mas importante, es el de colisión. Su ubicación, como vimos tiene un tratamiento especial. Este mamparo debe ser reforzado, de tal manera que soporte condiciones de abardaje. Es difícil cuantificar el valor de los esfuerzos, que debe soportar este mamparo, durante un abardaje. Cabe anotar que, existe alguna controversia, par el excesivo reforzamiento de este mamparo, ya que,

según algunos, a más del excesivo peso del mamparo, este nunca, en la vida del buque, trabajará a plenitud, lo que se traduce a inversión innecesaria; pero, esta discusión no nos concierne directamente, ya que por la menos sabemos que este mamparo, a más de ser estanco, debe tener igual a superior resistencia, que los mamparos transversales de los tanques de carga.

Adoptaremos la siguiente política, para encontrar su escantillonado:

Sea s =espaciamiento real de los refuerzos del mamparo en (cm). Pero, en los cálculos de espesores y módulos utilizaremos el siguiente espaciamiento: $S=1.25s$.

Como vemos, hemos aumentado un 25% con este sobredimensionamiento esperamos que resista las condiciones más duras de carga.

Adaptaremos los siguientes anchos de traca:

CUADRO # 40: POSICION DE TRACAS, MAMPARO COLISION

TRACA	ANCHO (m)	DIST. A LB (m)
A	2.5	3.6
B	2.5	6.1
C	2.5	8.6

D	1.5	10.1
E	1.5	11.6

El orden de tracas, es de abajo hacia arriba, y la distancia es la de la fibra mas alejada de la traca, con respecto a la línea base.

Para nuestros cálculos, escogeremos un punto, situado a 2.44(m), par encima de la cubierta, con esto los cabezales, de las fibras mas bajas, de cada una de las tracas, con respecto a este punto son:

CUADRO #41: CABEZALES HIDROSTATICOS DE TRACAS, MAMPARO COLISION.

TRACA	H(m)
A	12.9
B	10.4
C	7.9
D	5.4
E	3.9

Recordando la fórmula, de Martin Dominguez (9), para determinar el espesor de planchajes:

$$t = s * \sqrt[5]{513H / \sigma_p} \cdot 8^{0.5} \text{ (cm)} \dots\dots\dots (25)$$

s = espaciamiento de refuerzos.

$\sigma_p = 1500 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$, esfuerzo permisible.

El espaciamiento real de refuerzos, para el mampara de colisión es de $s = 60(\text{cm})$, y el espaciamiento de cálculo es de $S = 1.25*s(\text{cm}) = 1.25*60(\text{cm}) = 75 (\text{cm})$.

H= cabezal, en metros de agua.

Realizando los reemplazos respectivos, y las operaciones correspondientes, encontremos una expresión para el espesor, en función del cabezal H:

$$t = 0.44 (H)^{0.5} (\text{cm})$$

Y los espesores para cada traca son:

TRACA	H(m)	t= 0.44 (H) ^{0.5} (cm)
A	12.9	1.58
B	10.4	1.42
C	7.9	1.24
D	5.4	1.02
E	3.9	0.87

La ABS (1), regla 12.7.1, solicita:

Para puntales menores a 18(m):

$$t = s \left[\frac{(h+6.1)}{1830} \right] + 3.05 (\text{mm}) \dots \dots \dots (48)$$

En donde:

s= separación de los refuerzos (mm).

Para el caso de mamparas de colisión y pique de pupa, se recomienda que en los cálculos se incrementen en

152(mm), al espaciamiento realmente adoptado, por lo que :

$$s = 600 + 152 \text{ (mm)} = 752 \text{ (mm)}$$

h = distancia en metros, entre el canto inferior de la plancha, hasta la cubierta de compartimentado, en la línea de crujía, :

Reemplazando tenemos:

$$t = 752 \left[\frac{(h + 6.1)}{1830} \right] + 3.05 \text{ (mm)}$$

$$t = 0.41h + 5.56 \text{ (mm)}$$

Y los espesores de tracas serán:

TRACA	h(m)	t=0.41h+5.56 (mm)
A	10.5	9.9
B	8.0	8.8
C	5.5	7.8
D	3.0	6.8
E	1.5	6.2

Comparando los valores de ABS, y los par nosotros calculados, notamos que nuestros valores están sobredimensionados; las causas principales pueden ser: el considerar un esfuerzo permisible muy bajo, resaltando que el mampara de colisión, no está en contacto con petróleo, ni sus productos, sino con agua dulce o lastre limpio.

Otra causa, probable, es el de asumir un cabezal extra

de 2.44 (m), sobre cubierta. En nuestro caso, el máximo cabezal, que puede actuar en el fondo, es cuando, por avería, cualquiera de los compartimentos de proa se ha inundado hasta la cubierta de francobordo, pero en la vida normal, el cabezal mayor será, cuando los tanques de proa estén llenos, por lo que no se justifica colocar ese cabezal adicional.

Propoñemos las siguientes espesores, para las tracas del mamparo de colisión.

CUADRO # 42: ESPESORES DE TRACA, MAMPARO DE COLISION.

TRACA_____	t(cm)
A_____	1.27 (1/2")
B/C_____	0.95 (3/8")
D/E_____	0.80 (5/16")

MODULOS SECCIONALES DE REFUEHZOS DE MAMPARO DE COLISION.

Estos refuerzos, proponemos que sean verticales.

Dijimos que colocaríamos una cubierta a 6.2(m) desde la línea base, la cual servirá como tapa de tanque de lastre. En este tramo, los refuerzos tendrán una luz máxima de 5.1(m); colocando una escuadra de 30(cm), en rada extremo del refuerzo; dentro del tanque de lastre, la luz efectiva del refuerzo se reduce a

4.5(m).

Asumiendo las peores condiciones, en las que el compartimento de proa esté inundado, hasta la cubierta principal, el refuerzo estará sometido a una carga triangular, partiendo desde cero, en la cubierta de compartimentado, hasta su máximo valor., en el fondo.

Analizando la porción de refuerzo, entre el fanda y la tapa de tanque de lastre, tenemos que, el cabezal en el fanda es de 10.5(m), y el de la tapa del tanque es de 5.1(m). La carga unitaria en la tapa de tanque de lastre es:

$$Q_1 = 0.1026Hs \text{ (kg/cm)}$$

$$s = 60 \text{ (cm)} \quad H = 5.1 \text{ (m)}$$

$$Q_1 = 31.4 \text{ (kg/cm)}$$

La carga unitaria en el fondo es:

$$Q_2 = 0.1026Hs \text{ (kg/cm)}$$

$$s = 60 \text{ (cm)} \quad H = 10.5 \text{ (m)}$$

$$Q_2 = 64.8 \text{ (kg/cm)}$$

La distribución de carga es trapezoidal, sobre este tramo de refuerzo, al descomponerla tenemos:

Carga uniforme:

$$P_1 = 31.4 \text{ (kg/cm)}$$

Carga triangular:

$$P_2 = 33.4 \text{ (kg/cm)}$$

Asumiendo empotramiento en los extremos:

$$M_1 = PL^2/12 = 31.4 \text{ (kg/cm)} * (450\text{cm})^2/12$$

$$M_1 = 529875 \text{ (kg-cm)}$$

$$M_2 = (1/2) * PL^2/10 =$$

$$M_2 = (1/2) * 33.4 \text{ (kg/cm)} * (450\text{cm})^2/10$$

$$M_2 = 338175 \text{ (kg-cm)}$$

El momento total: $M = M_1 + M_2 \text{ (kg-cm)}$

$$M = 529875 + 338175 \text{ (kg-cm)} = 868050 \text{ (kg-cm)}$$

Y el módulo seccional:

$$Z = M/\sigma_p = 868050 \text{ (kg-cm)} / 1800 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 482 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Nótese: esfuerzo permisible = límite elástico. La ABS (1), regla 12.7.2 pide:

$$SM=Z= 7.9chs^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots \dots \dots (39)$$

En la que:

$c=0.3$, para refuerzos con consolas.

$h= 7.53 \text{ (m)}$, distancia desde el punto medio de I, hasta la cubierta de compartimentada en crujía.

$l= 4.5 \text{ (m)}$, distancia entre los talones de las uniones de los extremos de los refuerzos.

$s= 0.6 \text{ (m)}$, separación entre refuerzos.

$$SM=Z= 7.9 * 0.3 * 7.8 * 0.6 * 4.5^2 \text{ (cm}^3\text{)} = 225 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Para el caso de refuerzos, en mamparos de colisión, se recomienda incrementar el valor anterior, en 25%, así que:

$$Z = 1.25 * 225 \text{ (cm}^3\text{)} = 282 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Notamos que nuestros valores son mayores, por ser demasiados conservativos, proponemos usar un módulo seccional de 300 (cm³).

Revisando el apéndice B, obtenemos un perfil tipo L de 7"x4"x7/16".

Proponemos colocar, en cruzía de este mamparo, un refuerzo vertical, que sea tres veces el módulo del anterior; el perfil resultante es una T de 39x12x0.95(cm), ver apéndice B.

ESCANTILLONES DE CUADERNAS DE PROA.

Para esto debemos hacer las siguientes acotaciones:

Como ya se dijo, instalaremos una vagra en cruzía, la cual será una continuación de la roda. En cada espaciamento de cuaderna, instalaremos a su vez una varenga de plancha.

Considerando a la varenga, como una viga continua, sometida a un cabezal hidrostático de $H=10.5(m)$, y con una luz de $5(m)$, la carga unitaria en el fondo es:

$$P=0.1026sH \text{ (kg/cm); } H=10.5(m) \text{ } s=60(cm)$$

$$P=0.1026*60*10.5 \text{ (kg/cm) } P=64.64(kg/cm)$$

El momento flector y el módulo seccional vienen dados

por:

$$M = PL^2/12 \text{ (kg-cm)} = 64.64(\text{kg/cm}) * (500\text{cm})^2/12$$

$$M = 1346666.67 \text{ (kg-cm)}.$$

$$Z = M/\sigma_p = 1346666.67(\text{kg-cm})/1420(\text{kg/cm}^2) = 948 \text{ (cm}^3)$$

Revisando el apéndice B, el perfil resultante es una T de 40x14x0.95 (cm)

Para la vagra central, considerando igual carga de 64.64(kg/cm), asumiendo que esta vagra esta empotrada en el mamparo de colisión, y en el siguiente mamparo a popa, la luz será de 6.6(m).

El momento será:

$$M = PL^2/12 = 64.64(\text{kg/cm}) * (660\text{cm})^2/12 = 2346432 \text{ (kg-cm)}$$

$$Z = M/\sigma_p = 2346432 \text{ (kg-cm)} / 1420(\text{kg/cm}^2) = 1652 \text{ (cm}^3)$$

Mirando en el. apéndice B, tenemos el perfil T de 50 x 20x0.95 (cm); por no existir en el. mercado, se lo construirá.

ESCANTILLONES DE CUADERNAS DE PROA.

En la zona, entre el fondo y la tapa de tanque de lastre, analizamos la porción, entre el fondo y el primer palmejar, la cuaderna tiene los siguientes cabezales de agua:.

$H_1 = 8.5 \text{ (m)}$, en el palmejar. $H_2 = 10.5 \text{ (m)}$ en el fondo.

La carga unitaria, a la altura del palmejar es:

$$Q_1 = 0.1026sH = 0.1026 * 60 * 8.5 \text{ (kg/cm)} = 52.32 \text{ (kg/cm)}$$

Y la carga unitaria en el fondo:

$$Q_2 = 0.1026sH = 0.1026 * 60 * 10.5 \text{ (kg/cm)} = 64.64 \text{ (kg/cm)}$$

En este tramo de cuaderna, la distribución de carga es trapezoidal, por la que seguiremos el procedimiento ya conocido:

Carga uniforme:

$$P_1 = 52.32 \text{ (kg/cm)}$$

Carga triangular:

$$P_2 = 64.64 - 52.32 \text{ (kg/cm)} = 12.32 \text{ (kg/cm)}$$

Asumiendo empotramiento en el fondo, de la cuaderna, y apoyo simple en los palmejares, y tomando una luz promedio de 240 (cm), tenemos los siguientes momentos flectores:

$$M_1 = PL^2/8 = 52.32 \text{ (kg/cm)} * (240\text{cm})^2/8$$

$$M_1 = 376704 \text{ (kg-cm)}$$

$$M_2 = (1/2)PL^2/10 = (1/2) * 12.32 \text{ (kg/cm)} * (240\text{cm})^2/10$$

$$M_2 = 354181.6 \text{ (kg-cm)}$$

$$M = M_1 + M_2 = 376704 + 354181.6 = 412185.6 \text{ (kg-cm)}$$

Y el módulo seccional:

$$Z = M/\sigma_p = 412185.6 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$Z = 290 \text{ (cm}^3\text{)}$$

La ABS, regla 8.7.2, pide el siguiente módulo seccional:

$$SM=Z= 3.7sL - 9 \text{ (cm}^3\text{)} \dots \dots \dots (49)$$

En la que:

s= 0.6 (m), espaciamiento entre cuadernas.

L= 131.1 (m), eslora de cálculo.

$$SM=Z= 3.71 \cdot 0.6 * 131.1 - 9 = 282 \text{ (cm}^3\text{)}$$

La diferencia es pequeña, tomaremos como módulo el valor de 290 (cm³), escogemos el perfil L de 7"x 4"x 7/16".

MODULO SECCIONAL DE PALMEJAR CERCAO AL FONDO.

El cabezal que actúa sobre él es de H= 8.5(m), la longitud del palmejar es de 660 (cm), pero colocando en sus extremos, escuadras de 50(cm) de lado, reducimos su luz efectiva a 550(cm), y la separación entre palmejares es de 200(cm); por lo que la carga uniforme, sobre el palmejar es:

$$P = 0.1026 sH = 0.1026 * 200 * 8.5 = 174.42 \text{ (kg/cm)}$$

Asumiendo empotramiento en los dos extremos del palmejar, tenemos el siguiente momento flector:

$$M = PL^2/12 = 174.42 \text{ (kg/cm)} * (550\text{cm})^2/12$$

$$M = 4396837.5 \text{ (kg-cm)}$$

/ el módulo seccional:

$$Z = M/\sigma_p = 4396837.5 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 3096 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Escogemos un perfil L de 70x20x1.11 (cm), por

confeccionarse.

MODULO SECCIONAL DEL SEGUNDO PALMEJAR.

Para este palmejar, solo cambia el cabezal, $H= 6.5(m)$, lo demás sigue igual:

$$P= 0.1026sH= 0.1026 *200*6.5= 133.8 \text{ (kg/cm)}$$

Y el momento flector:

$$M= PL^2/12= 133.8 \text{ (kg/cm)}*(550\text{cm})^2/12$$

$$M= 3372875 \text{ (kg-cm)}$$

Por lo que el módulo seccional:

$$Z=M/B_p = 3372875 \text{ (kg-cm)}/1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)}= 2375 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Escogemos el perfil L de 60x20x1.11 (cm). Apéndice B.

ESCANTILLONES DE FLANCAJES Y BAOS DE CUBIERTAS EN PRQA.

Realizaremos las siguientes asunciones:

Los baos se apoyarán en una esloro, situada en crujía; la tapa de tanque de lastre, soportará un cabezal hidrostático igual a la altura del compartimento inmediato superior, es decir $H= 5.4 \text{ (m)}$.

La semimanga promedio, en ese tanque es de 5(m), reducimos esa luz con dos escuadras de 30(cm) de lado, por lo que $L= 460\text{(cm)}$.

La carga unitaria es:

$\delta_p = 1500$ (kg/cm²), esfuerzo permisible.

Así:

$$t = 0.6 \sqrt{(513 * 5.4) / 1500} \text{ (cm)}$$

$$t = 0.82 \text{ (cm)}$$

Escogemos un espesar de 0.95 (cm) equivalente en el comercio a 3/8". Además el perfil escogido para los baas es de una L de 7"x4"x1/2".

MODULO SECCIONAL DE BAO LONGITUDINAL CENTRAL., PROA.

Asumimos que este refuerzo, abarca cuatro espaciamentos de cuadernas, $s = 4 * (60\text{cm}) = 240(\text{cm})$.

La carga unitaria que soporta este estructural es:

$$P = 0.1026sH = 0.1026 * 240 * 5.4 = 133 \text{ (kg/cm)}$$

Colocando en los extremos de este bao reforzado, dos escuadras de 70(cm) de lada. tenemos que la luz es $L = 520$ (cm).

Asumiendo empotramiento en los extremos, el momento flector es:

$$M = PL^2/12 = 133(\text{kg/cm}) * (520\text{cm})^2/12$$

$$M = 2996933.33 \text{ (kg-cm)}$$

Y el módulo seccional:

$$Z = M/\delta_p = 2996933.33 \text{ (kg-cm)} / 947 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$Z = 3165 \text{ (cm}^3\text{)}.$$

Y el perfil correspondiente es una T de 70x20x1.11 cm.

Asumimos los siguientes parámetros para los otros refuerzos y planchajes:

Los planchajes de los entrepuentes inmediatos, hacia arriba, tendrán un espesor igual a 0.8(cm). Los baos restantes, tendrán igual módulo, que el calculado previamente, el mismo perfil para el bao longitudinal de crujía. El espesor de planchaje, en la prolongación de la cubierta principal, en proa, lo tomaremos igual a 1.27 (cm). El espesor del planchaje del castillo de proa, lo tomaremos igual a 0.95(cm).

Las dimensiones de los dos paños de cadena, serán de 2.5 (m) de ancho x 3.5(m) de largo, y su altura promedio, es de 4.5 (m), ya que está limitada, superiormente, por la cubierta principal, el espesor de estos paños será de 1.59(cm). El módulo seccional de sus refuerzos será de 300(cm³). Estos paños están en crujía, uno a cada banda, con un mamparo longitudinal que los separa, a popa del mamparo de colisión. Los dos mamparos de cadena son estancos al agua, tomaremos como espesor de planchajes, en su fondo de $t=1.59(\text{cm})$.

Analicemos algunos espesores, solicitados por ABS, regla 15.5.1, en la que el espesor mínimo del forro exterior, en los extremos, tomados desde cada uno de los extremos, hasta $0.1L$:

$$t = 0.033(L+29) + 0.009s \text{ (mm)} \dots\dots\dots(50)$$

para $85 \leq L \leq 305$ (m)

En donde:

$L = 131.1$ (m) eslora de cálculo.

$s = 600$ (mm), espaciamento entre cuadernas.

$$t = 0.033(131.1 + 29) + 0.009*600 \text{ (mm)}$$

$$t = 11 \text{ (mm)}$$

Además de lo anterior, la regla 15.5.2 nos dá el espesor de las planchas de proa, debajo de la flotación, tomado desde la roda hasta $0.16L$:

$$t = 0.05(L+20) + 0.009s \text{ (mm)} \dots\dots\dots(51)$$

Para $85 \leq L \leq 305$ (m)

Donde :

$$t = 0.05(131.1 + 20) + 0.009*600 \text{ (mm)}$$

$$t = 12.96 \text{ (mm)}$$

Re lo anterior, podemos tomar los siguientes espesores para el casco, en la proa:

Fondo: 15.9 (mm) (equivalente a 5/8")

Bajo línea de carga: 14.5 (mm) (equiv. a 9/16")

Sobre línea de carga: 11.11(mm) (equiv a 7/16")

En la regla 15.5.5, se dan los espesores de planchas para los costados del castillo y toldilla:

$$t = 0.038(L-21) + 0.009s \text{ (mm)} \dots\dots\dots(52)$$

Para : $85 < L \leq 305$ (m)

$L = 131.1$ (m), eslora de cálculo.

$s = 600$ (mm), espaciamento de cuadernas.

$$t = 0.038(131.1 - 21) + 0.009*600 \text{ (mm)}$$

$$t = 9.6 \text{ (mm)}$$

Utilizaremos un espesor de planchaje, en los costados de 11.11 (mm), rquivalente a 7/16".

RODA.

Para la rnda, de plancha, la **ABS**, en su regla 4.3.1 y 15.3.9.b, especifica que esta no debe ser menor a:

$$t = \left[\frac{s(L-18.3)}{(42L+10170)} \right] \text{ (mm)} \dots\dots\dots(53)$$

Para $L < 427$ (m)

Siendo:

$s = 750$ (mm), espaciamento de refuerzos, en la maestra.

$L = 131.1$ (m), eslora de cálculo.

$$t = \left[\frac{750(131.1-18.3)}{(42*131.1 - 1070)} \right] \text{ (mm)}$$

$$t = 12.86 \text{ (mm)}$$

Escogeremns: $t = 14.3$ (mm) (9/16")

La regla 16.5.1.4 de ABS, nos da el espesor de la cubierta de castillo de proa:

$$a) t = 0.009s_b + 2.4 \text{ (mm)} ; s_b \leq 760 \text{ (mm)} \dots\dots\dots(54)$$

$s_b = 600$ (mm) espaciamiento de refuerzos.

$$t = 0.009 * 600 + 2.4 \text{ (mm)}$$

$$t = 7.8 \text{ (mm)}$$

También tenemos la expresión:

$$b) t = \frac{s_b + (L + 48.76)}{\dots\dots\dots} \text{ (mm)} \dots\dots\dots(55)$$

$$\dots\dots\dots 26L + 8681$$

Para $L \leq 183$ (m)

Escogemos $t = 9.53$ (mm) (3/8")

3.2 BALANCEO DEL BUQUE EN LA OLA, LA CURVA DE PESOS, LAS CURVAS DE BOYANTEZ, (ARRUFO Y QUEBRANTO), LAS CURVAS DE CARGAS, LAS CURVAS DE FUERZAS CORTANTES, LAS CURVAS DE MOMENTOS FLECTORES, LAS CURVAS DE MODULOS SECCIONALES.

En el tema anterior!, hemos encontrado, una distribución estructural asumida. Se la llamó asumida, por cuanto no poseíamos un buque modelo, con el cuál pueda ser comparado, y que sirva de guía, para encontrar la distribución estructural adecuada. Pero,

esta distribución estructural, preliminar, no ha sido encontrada en forma muy ligera, sino que cumple con los mínimos requerimientos, solicitados por la Casa Clasificadora, y de las condiciones de carga, a las que va a estar sometido el buque, en sus principales elementos estructurales; énfasis principal se tomó en las cargas hidrostáticas, a las que estarán sometidos tales elementos estructurales.

Pero, a más de soportar las cargas hidrostáticas, el buque debe ser capaz de soportar, con seguridad, los esfuerzos causados por los momentos flectores; longitudinales.

En el comienzo de este trabajo, no se trató sobre tales esfuerzos, puesto que aún no teníamos, ninguna clase de distribución estructural, la cual es muy necesaria para realizar el análisis.

El origen de los momentos flectores longitudinales, en un buque, será analizado más adelante. Para una mejor comprensión, presentaremos ahora un modelo matemático simple, con el cual será relacionado el buque. Este modelo, se lo puede encontrar, en cualquier texto elemental de resistencia de materiales. Trabajando con Singer (24) en forma simplificada; tomando una viga continua, con una distribución de carga q , esta carga

es función de la longitud de la viga; los valores de la fuerza cortante, viene dada por la expresión:

$$\int dV = \int q(dx) \dots \dots \dots (56)$$

La expresión anterior, sirve cuando se conoce la expresiñn matemática para la carga q. Fera, en el caso de no conocer esa relación, sino que tenemos la forma de la curva de cargas, la expresión se transforma en:

$$V_2 - V_1 = \Delta V = \text{[área]} \text{ de cargas} \dots \dots \dots (57)$$

En otras palabras, el cambio o variación de fuerzas cortantes, entre dos puntos, es igual al Area bajo la curva do cargas, entre esos dos puntos.

La expresión para los momentos flectores, viene dado por la expresión:

$$\int dM = \int Vdx \dots \dots \dots (58)$$

La fórmula anterior, es vdlida, cuando las fuerzas cortantes son una función de la posición x. Para el caso de na tener una expresión matemática para V, pero, a su vez, se tiene la curva de V, tenemos la siguiente expresión:

$$M_2 - M_1 = \Delta M = \text{[área]} \text{ de fuerza cortante} (59)$$

De manera similar, el cambio, o variación de momentos

flectores, entre dos puntos, es igual al Area bajo la curva de fuerzas cortantes, entre esos dos puntos.

La teoría de la flexión pura (24), nos dice que para una viga, sometida a flexión, con una inercia transversal I, alrededor de un eje neutro, la tensión máxima, actuando en la fibra mas alejada del eje neutro, a una distancia c, de la sección en estudio, viene dado por la expresión:

$$\sigma_{max} = [Mc/I] \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(60)$$

La fórmula anterior, se la puede expresar tambien:

$$\sigma_{max} = [M/(I/c)] = [M/Z] \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(61)$$

Al término Z, se lo conoce con el nombre de módulo seccional, y sus unidades vienen en (cm³), (pul³) ó en (m³), según sea el caso.

Todo lo dicho anteriormente, se aplica a vigas continuas de sección constante.

TEORIA VIGA-BUQUE .

Esta teoría, resumida en una forma muy breve, hace una analogía entre el buque y una viga, como la descrita

anteriormente.

Esta teoría, considera que el buque se encuentra descansando sobre el agua. Se origina una curva de cargas, por la desigualdad existente, entre el **pesu** de una determinada sección, y la boyantez causada por el agua; recuérdese que la boyantez, la cual actúa hacia arriba, y es una fuerza, depende de la geometría de la sección, es decir, de las líneas de formas del buque. Ya que la distribución de pesos y la boyantez, en las distintas secciones, no son iguales, dará origen a una curva de cargas. Integrando esta curva de cargas, de acuerdo a la teoría expuesta, obtendremos la curva de fuerzas cortantes; a su vez, integrando la curva de fuerzas cortantes, determinaremos la curva de momentos flectores longitudinales. Por cuanto, ya conocemos una distribución estructural preliminar, podemos determinar en base a esta, el momento de inercia transversal; de este cálculo, también podemos calcular el módulo seccional y la posición del eje neutro. Normalmente, la **fibra** más alejada, es la cubierta principal, y por tanto sujeta a los máximos esfuerzos.

A continuación, hablaremos más detenidamente de cada una de las curvas, y sus formas de calcularlas.

CURVA DE PESOS.

Es una de las curvas mas importantes, así coma la mas difícil de construir, ya que en ella se debe incluir el peso de cada uno de los componentes del buque, y su adecuada ubicación .

Esencialmente, la curva de pesos de un buque, en cualquier condición de carga, puede ser dividida en los items correspondientes al peso muerto, (carga, lastre, combustible, consumos), y el peso ligero, este último consta del peso de todo el casco, equipos, casamatas, superestructuras, etc .

Vamos a seguir el procedimiento siguiente: puesto que tenemos los pesos promedios de casco y estructurales, apéndice B, tanto de la sección central coma de los piques, lo podemos graficar.

Recordemos los siguientes pesos;, estimados en el capítulo II:

Peso neto de casco: 2287 (ton)

Peso de accesorios: 410 (ton)

Peso de Ingeniería: 550 (ton)

Peso de maquinaria: 200 (ton)

Total (**peso** ligero) 3447 (ton)

De los cálculos de escantillones, apéndice B, de los

elementos, realizados por nosotros tenemos:

peso de elementos longitudinales: 11.51 (ton/m)

peso un mamparo transversal: 34.70 (ton)

Peso un anillo : 8.10 (ton)

Notamos que los mamparos transversales y los anillos; son estructurales que actúan en forma puntual, sobre una sección, esto dificulta su graficación en la curva de pesos. Proponemos, para facilitar su graficación; sumar los pesos de todos los mamparos transversales y anillos, existentes en todos los tanques de carga, y posteriormente dividir para su longitud total, este valor promedio, será sumado a su vez, al peso unitario de los elementos longitudinales.

Existen 11 mamparos transversales y 21. anillos:

11 (mamparos) * 34.7 (ton/mamparo) = 381.7 (ton)

21. (anillos) * 8.1 (ton/anillo) = 170.1 (ton)

TOTAL----- 551.8 (ton)

La longitud de los tanques de carga, incluyendo los cofferdam, es de 88.5 (m), por lo que el peso promedio es:

Peso promedio= 551.8 (ton)/88.5 (m)

Peso elementos transversales= 6.24 (ton/m)

Por lo que el peso promedio del casco, en la zona de

tanques de carga es:

Peso elementos transversales: 6.24 (ton/m)
Peso elementos longitudinales: 11.51 (ton/m)
Peso promedio del casco: 17.75 (ton/m)

El peso total de los tanques de carga, incluyendo los tres cofferdam es:

Peso tanques= 17.75 (ton/m) * 88.5 (m)= 1570.9 (ton)

De los cálculos realizados, en base a los escantillones de los estructurales, tenemos el siguiente resumen, ver apéndice B:

Peso castillo proa-----	50.16 (ton)
Peso casco proa-----	105.49 (ton)
Peso casco popa-----	270.40 (ton)
Superestructura popa-----	108.48 (ton)
Tanques de carga-----	<u>1570.90 (ton)</u>
Total-----	2105.41 (ton)

Valor comparado con los 2287 (ton), estimado en las primeras etapas del diseño, es bastante aceptable, ya que en el cuadro anterior, no hemos incluido aún, el peso del departamento de bombas.

Ahora bosquejaremos, una curva de pesos fijos, en el que se incluya los pesos de los equipos, y demás

sistemas existentes del buque, a más del peso neto del casco; seguiremos el siguiente procedimiento:

Los rubros correspondientes a ingeniería y accesorios, 550 y 410 (ton), respectivamente, la repartiremos uniformemente en toda la eslora del buque, es decir:

$$\begin{aligned} \text{Peso servicios + Ingeniería} &= 910 \text{ (ton)}/131.1 \text{ (m)} \\ &= 7.32 \text{ (ton/m)} \end{aligned}$$

El peso de la maquinaria, 200 (ton), la repartiremos en el departamento de máquinas:

$$200 \text{ (ton)}/24.6 \text{ (m)} = 8.13 \text{ (ton/m)}$$

Para la curva de pesos fijos en la proa, comprendida entre la cuaderna #0 (0 m), hasta la cuaderna #22 (13.2 m), comprenderá los siguientes pesos:

Casco-----	105.49 (ton)
Castillo-----	<u>50.10 (ton)</u>
Total-----	155.59 (ton)

Lo que dá un peso unitario de:

$$\begin{aligned} \text{Peso unitario proa: } &155.59 \text{ (ton)}/13.2 \text{ (m)} \\ &= 11.79 \text{ (ton/m)} \end{aligned}$$

A este peso unitario, debemos sumar el valor unitario de los equipos y servicios (7.32 ton/m), lo que nos lleva a un valor de :

$$11.77 + 7.32 \text{ (ton/m)} = 19.11 \text{ (ton/m)}$$

Tomaremos el valor de 19.0 (ton/m)

OHDENADA DE PESOS FIJOS EN POFA: 19.0 (ton/m)

CURVA DE PESOS FIJOS EN POFA.- La conforman los items siguientes:

Peso de casco	270.40 (ton)
Superestructura	<u>108.48 (ton)</u>
TOTAL:	378.88 (ton)

Este peso lo distribuiremos, entre las cuadernas #61 (106.5 m), y la cuaderna #102 (131.1 m), con una longitud de 24.6 (m), obteniendo un peso unitario de:

$$378.88 \text{ (ton)} / 24.6 \text{ (m)} = 15.4 \text{ (ton/m)}$$

A este peso, debemos agregar los pesos unitarios de la maquinaria (8.13 ton/m) y de servicios (7.32 ton/m).

Lo que dá un total de:

$$15.4 + 8.13 + 7.32 \text{ (ton/m)} = 30.85 \text{ (ton/m)}$$

Notamos que este valor es muy pequeño, ya que el peso estimado para maquinarias es muy bajo, en este rubro solo se consideró a la máquina principal, es necesario

incrementar el valor, para tomar en cuenta el peso de los generadores, bombas, etc; proponemos incrementar este peso en un 48%, valor obtenido luego de varias tentativas. Así:

$30.8 \text{ (ton/m)} * 1.48 = 45.05 \text{ (ton/m)}$, para popa, entre 106.5 (m) hasta 131.1 (m).

PESOS FIJOS EN ZONA DE TANQUES DE CARGA.

Ya dijimos que el peso de los tanques de carga es de 1570.9 (ton); este valor lo vamos a repartir entre la cuaderna #22 (13.2 m), y la cuaderna #61 (106.5m), con una longitud de 93.3 (m). Nótese, que hemos incluido también el departamento de bombas, compensando así el exceso de peso, introducido al calcular el peso de los tanques de carga, considerándolos tener una sección constante, lo cual no es completamente cierta. El peso unitario de la zona descrita será:

$1570.9 \text{ (ton)} / 93.3 \text{ (m)} = 16.85 \text{ (ton/m)}$

Podemos tomar el valor de 1.7.0 (ton/m)

Al peso anterior, debemos aumentar el peso unitario de los servicios, (7.32 ton/m), lo cual nos da:

Peso unitario en tanques de carga y depto bombas:
24.32 (ton/m).

Resumiendo todos los valores anteriores tenemos:

CUADRO # 43: ORDENADAS DE CURVA DE PESOS FIJOS.

BLOQUE	PESO UNIT (ton/m)	LONG (m)	PES TOT (ton)
popa-----	45.05-----	24.6-----	1108.23
proa_____	19.00_____	13.2-----	250.80
Tanques-----	24.32-----	93.3-----	<u>2269.05</u>
Total (desp. ligero)			3628.08

La que dá una diferencia de 4.6%, can respecto al estimado en la etapa inicial.

CURVA DE PESOS VARIABLES.

Otra curva, que conforma la curva de pesos, es la de pesos variables; y la conforma el peso de la carga, lastre, agua dulce, combustible, provisiones, etc; en otras palabras, el pesa de todos aquellos items, que forman el peso muerto del buque. Decimos que son variables, ya que dependen de la condición de carga, en un momento dado del buque. La curva de pesos totales, es igual a la suma, de la curva de pesos fijos can la curva de pesos variables.

Puesto que existen infinidad de posibilidades de carga; tales como carga completa, media carga, lastre, etc; para simplificar el cálculo, analizaremos,

solamente la condición de máxima carga, la cual en forma usual, es la que produce las condiciones mas críticas de esfuerzos.

Analizando la capacidad de los 7 tanques, de carga, notamos que su capacidad total, supera al volumen de desplazamiento. Esto quiere decir, que debemos destinar, para el uso de lastre, ciertos tanques, los cuales, en condicibn de máxima carga irán vacíos.

De un análisis preliminar de cargas, fuerzas cortantes y momentos flectores, notamos que la posición de los mamparos longitudinales, según como se propuso al comienzo, es un tanto inadecuado.

Por ser largos y tediosos, no presentamos esos tanteos preliminares, ya que en nada contribuirían al normal desarrollo de este trabajo.

La posición original de los mamparos longitudinales, con respecto a la línea de crujía fue de 3.75 (m), uno a cada banda, por la que los tanques de carga centrales, tenían un ancho total de 7.5 (m).

Proponemos colocar, a cada mampara longitudinal, a 6.75 (m) can respecto a crujía, obteniendo un ancho de tanque central de 13.5 (m).

Con el aumento de capacidad de los tanques centrales, obtenemos dos formas posibles de cargar los tanques:

FORMA A

Utilizar todos los tanques centrales, para cargar productos; los tanques laterales, del #1 al #6, irían vacíos; los tanques laterales #7, servirán para combustible de máquinas. Para condición de máxima carga, la distribución sería:

Tanques #1C a #6C, llenos.

Tanque #7C, agua lavado tanques, vacío.

Tanques #1 a #6 laterales, vacíos.

Tanques #7 laterales, combustible, llenos.

Para condición de lastre sería:

Tanques #1C al #6C, vacíos

Tanque #7C, agua lavada tanques, lleno.

Tanques #1 a #6 laterales, agua lastre, llenos.

Tanques #7 laterales, llenos, combustible.

Nótese, que con la distribución anterior, podemos utilizar lastre limpia, ya que tenemos tanques dedicados expresamente a ella.

FORMA B

Utilizar los tanques de carga #2 a #6, tanto laterales como centrales, para productos. Los tanques #1, para

lastre limpio, los tanques #7 laterales para combustible de máquinas. El tanque #7 centro para recolectar agua del lavado de tanques. En la condición de máxima carga, la disposición de los tanques sería:

Tanques #1, lastre, vacíos.

Tanques #2 a #6, centro y laterales, llenas.

Tanques #7 laterales, combustible, llenos.

Tanque #7 centro, lavado tanques, vacío.

Para la condición de lastre, queda a juicio, el utilizar tanto los tanques de carga, como los de lastre.

Hemos dejado espacios, tanto en proa, como en popa, para el uso de lastre, agua dulce ó combustibles. Recuérdese que la suma de los pesos de la carga, y demas items, junto con el peso del buque, tienen que ser igual al desplazamiento del buque, en máxima carga.

La forma de plotear, la curva de pesos variables, es la de tomar el peso de la carga, en un compartimento dado y dividirlo para la longitud de este, el peso unitario resultante, se ploteará, entre los límites de eslora del compartimento.

La curva de pesos totales, se la traza, sumando,

sección por sección, las ordenadas de las curvas de pesos fijos con las ordenadas de pesos variables.

El Area, bajo la curva de pesos, debe ser igual al desplazamiento en la correspondiente línea de carga.

LA CIJRA DE EOYANTEZ.

Entre una de las asunciones, que hemos tomado, consiste en considerar que el buque, en una determinada condición de **carqa**, descansa sobre el **aqua**.

Sin profundizar demasiado en la teoría dictada por PNA (8), podemos decir, que el buque en el agua tiene dos estados característicos; cuando el buque, está flotando libremente en el **aqua**, y ésta no se mueve; a este estado se lo conoce con el nombre de **aguas tranquilas**.

Debido a la geometría del buque, y recordando el principio de Arquímedes, que enuncia que todo cuerpo sumergido en un fluido, experimenta una fuerza vertical, hacia arriba, igual al peso del volumen de fluido desplazado por el cuerpo; a esta fuerza, también se la conoce con el nombre de **boyantez**. Para el caso de los buques, la forma de determinar esa

boyantez, la cuál se presenta en forma de curva, por su variación de forma, con respecto a la eslora, es a través de las curvas Bonjean.

Por equilibrio estático, debe tomarse en cuenta que el área bajo la curva de pesos totales, debe ser igual al área bajo la curva de boyantez.

Para una determinada condición de carga, la forma de plotear la curva de boyantez es: leemos en las curvas Bonjean, los respectivos valores de áreas seccionales, valores que vienen en (m^2); a cada uno de estos valores, lo multiplicamos por el peso específico, $w = 1.026$ (ton/m^3), para el agua salada, el resultado del producto, viene en (ton/m); valores que serían las ordenadas unitarias de la boyantez.

Pero, el buque no siempre navegará en aguas tranquilas, sino que lo hará, muchas veces, en severas condiciones de mar; hasta ahora es difícil el simular, las peores condiciones de mar, en las que se va a topar el buque, en su vida de servicio, por la que es difícil, a su vez, el determinar el comportamiento del buque.

Para poder analizar al buque, en condiciones de mar críticas, se ha procedido a crear un modelo, entre

varios, en el cual se considera, que el buque se encuentra descansando sobre una ola.

La forma de ola, la mas común, es la trocoidal. Una ola trocoidal, o mas bien dicho, una curva trocoidal, es generada por la trayectoria de un punto, situado en la periferia del diámetro de un circulo, que rueda (sin deslizar), alrededor de su centro.

En cuanto a la longitud de onda, o de ola, generalmente, se la toma igual a la eslora entre perpendiculares del buque.

Para determinar la altura de ola, existen diversas opiniones o criterios; por lo que es vital el escoger una adecuada altura de ola, ya que de ella dependerán, los mayores ó menores esfuerzos, a los cuales se asumirá que el buque está sujeto. Para no extendernos demasiado, solamente citaremos, y trabajaremos, con las alturas de ala dadas, por la ABS (1) , y par PNR (8).

Segun PNA, la altura de ola se tomará igual a:

$$h = L/20 \text{ (m) (62); } L=131.1 \text{ (m)}$$

$$h = 131.1 \text{ (m)}/20 = 6.555 \text{ (m)}$$

Según la ABS, regla 6.3.2.b la altura de ola es:

$$H_w = 0.0172L + 3.653 \text{ (m)} \dots\dots\dots(63)$$

Para $60 \leq L \leq 150 \text{ (m)}$

Siendo $L = 131.1 \text{ (m)}$, eslora de cálculo.

$$H_w = 0.0172 * 131.1 + 3.653 \text{ (m)}$$

$$H_w = 5.91 \text{ (m)}$$

La altura de ola para la ABS, es menor que la dictada por PNA. Para efectos de comparación de resultados, trabajaremos por separado, con estos dos valores de altura de ola.

Peru, existen infinitas posiciones, en las cuales el buque se asienta en estas olas. Tomaremos solamente dos condiciones extremas, representativas, en las cuales el buque se asienta en la ola:

CONDICION DE QUEBRANTO.- En esta posición, el buque está en una forma tal que, la cresta de la ola, coincide con la sección media del buque. En esta condición, el buque tiene un exceso de boyantez cerca de la sección media, y un exceso de peso en los piques.

Todos los esfuerzos derivados de esta condición, ya sea causados por fuerzas cortantes, o por momentos flectores, se les dá el nombre de esfuerzos por

quebranto.

El nombre de quebranto se origina, por la tendencia del buque, bajo **esta** condición, a quebrarse, **cerca** de la mitad.

CONDICION DE ARRUFO.- En esta posición, las crestas de la ola, están cerca de los piques del buque, y el valle de la ola, está en la cercanía de la sección media.

Bajo estas condiciones, la boyantez excederá a los pesos, en los piques del buque, y un exceso de peso, en el centro. Los esfuerzos derivados, tienen el nombre de "esfuerzos por arrufo".

El nombre de arrufo, es por la tendencia a arquear, hacia arriba, al buque.

Las dos condiciones anteriores, como ya se dijo, son extremas; y son las que producen, en el buque, las peores condiciones de carga. Existiendo infinitas condiciones intermedias, las cuales, por motivos de extensión, no las vamos a analizar.

Utilizaremos, solamente las dos condiciones principales de ola; arrufo y quebranto.

Trabajaremos de la siguiente manera:

Construcción de ola: De PNA (8), obtenemos los siguientes factores, estos factores los multiplicaremos por las respectivas alturas de ola:

CUADRO # 44 : FACTORES PARA CONSTRUCCION DE OLA TROCROIDALES EN CONDICIONES DE ARRUFO Y QUEBRANTO.

ESTACION	QUEBRANTO	ARRUFO
0 (perp)	1.000	0.000
1	0.982	0.034
2	0.927	0.128
3	0.839	0.266
4	0.720	0.421
5	0.577	0.577
6	0.421	0.720
7	0.266	0.839
8	0.128	0.927
9	0.034	0.982
10 (1/2L)	0.000	1.000

Para su dibujo, se traza una línea base, a igual escala que las curvas de Bonjean. Se multiplica la altura de ola, por cada uno de los coeficientes de la tabla, estos valores son graficadas, a partir de una línea paralela a la base, situada a una distancia igual a la altura de ola escogida.



BIBLIOTECA

Nótese que la eslora ha sido dividida en 20 partes, y por simetría de la ola, solamente se presentan hasta la mitad de L. Uniendo todos los puntos, obtenemos las curvas de las olas, tanto en arrufo como en quebranto, alas en ABS, como de PNA.

En las figuras #31 a la #32, se presentan las alas, mencionadas.

El siguiente paso, es el de coger las cuatro olas resultantes, y las superponemos en las curvas de Bonjean, recuérdese que, para cada condición de ola, se debe cumplir que el peso del buque debe ser igual al desplazamiento; así como la posición de el centro de gravedad debe coincidir con el centro de boyantez, para cada caso. Lo anterior es una operación un tanto demorada, y se la conoce con el nombre de balanceamiento del buque en la ola.

Todo el trabajo anterior, lo hemos realizado, por la que tenemos 5 curvas de boyantez, dos en quebranto, dos en arrufo y una en aguas tranquilas, estas curvas se presentan en las figuras # 33 a # 37.

LA CUHVA DE CARGAS.

En cualquier sección del buque, actúan simultáneamente

el peso y la boyantez; puesto que la distribución de cada una, no es uniforme, por lo que sus respectivas curvas tampoco lo son, pero eso sí, el Area bajo cada una de ellas sí la es. La curva de cargas, no es mas que la suma algebraica, sección por sección, de las curvas de pesos totales con las curvas de boyantez, este trabajo debe realizarse por separado, para cada condicibn de ola.

Se adopta la siguiente convención de signos, en la construcción de la curva de cargas: los valores de boyantez, lo tomamos como positivo, hacia arriba de la línea base, y los pesos, negativos, hacia abajo de la base.

Al construirse la curva de cargas, debe tomarse en cuenta las discontinuidades, que aparecen en la curva de pesos, normalmente.

Por equilibrio, el Area sobre la línea base, (en la curva de cargas), debe ser igual al área bajo ella; en otras palabras, el Area neta debe ser igual a cero.

Las cinco curvas de cargas, las presentamos en las figuras # 39 a # 43.

CURVA DE FUERZAS CORTANTES.

Recordemos que, integrando la curva de cargas, obtenemos la curva de fuerzas cortantes. Si integramos, sección por sección, y para cada condición, la curva de cargas, obtenemos las respectivas curvas de fuerzas cortantes, estas se presentan en las figuras # 44 a # 48.

CURVA DE MOMENTOS FLECTORES.

Integrando, cada una de las curvas de fuerzas cortantes, como la pide la teoría, obtenemos las respectivas curvas de momentos flectores. Estas curvas las presentamos con los # 49 a # 53.

Los cálculos y figuras, de boyantez, cargas, fuerzas cortantes y momentos flectores, se los realizó utilizando el lenguaje LOTUS, cálculos que se entregan en el apéndice # B .

Pero, son de mayor interés, en estas curvas, los máximos valores, tanto de fuerzas cortantes, como de momentos flectores longitudinales. Presentamos el siguiente resumen de tales valores:

CUADRO # 45: MAXIMAS FUERZAS CORTANTES

CONDICION	POSICION(m)	VALOR (ton)
-----------	-------------	-------------

Aguas tranquilas	26.22/104.9	-589.56/603.52
Quebranto, ABS	38.70/106.5	-1014.84/1088.00
Quebranto, PNA	38.70/106.5	- 998.24/1105.30
Arrufo, ABS	26.70/89.70	+1724.64/-2047.02
Arrufo, PNA	26.70/89.70	+1882.42/-2186.02

CUADRO # 46: MAXIMOS MOMENTOS FLECTORES.

CONDICION	POSICION(m)	VALOR(ton-m)
Aguas tranquilas	65.55	-21916.34
██████████, ABS	77.70	-34164.17
Quebranto, PNA	65.70	-32712.10
Arrufo, ABS	64.20	+58234.45
Arrufo, PNA	64.20	+62898.05

Analizando los valores del cuadro anterior, notamos que los mayores valores de fuerzas cortantes, están en las vecindades de $(1/4)L$ y de $(3/4)L$, (32.8 m y 98.4m, respectivamente).

Los mayores valores de momento flector, están en la vecindad de $(1/2)L$, (65.55 m).

Comparando, entre los valores de las condiciones de arrufo y quebranto, tanto de fuerzas cortantes como de ~~momentos~~ flectores, es evidente que son mayores, los correspondientes a la condición de arrufo, lo cual es característico, en los buques tanqueros.

El momento flector total, se lo toma como la suma de los momentos flectores, longitudinales, en aguas tranquilas más momento en la ola, así:

$$M_t = M_{at} + M_o \text{ (ton-m)} \dots\dots\dots(64)$$

Con los resultados del cuadro anterior, tenemos:

MOMENTOS FLECTORES TOTALES, SEGUN OLA DE PNA

Condición de quebranto:

$$M_t = (-21916.34) + (-32712.10) \text{ (ton-m)}$$

$$M_t = -54628.44 \text{ (ton-m)}$$

Condición de arrufo:

$$M_t = (-21916.34) + (+62898.05) \text{ (ton-m)}$$

$$M_t = +40981.71 \text{ (ton-m)}$$

MOMENTOS FLECTORES TOTALES, SEGUN OLA DE ABS

Condición de quebranto:

$$M_t = (-21916.34) + (-34164.17) \text{ (ton-m)}$$

$$M_t = -56080.51 \text{ (ton-m)}$$

Condición de arrufo:

$$M_t = (-21916.34) + (+58234.45) \text{ (ton-m)}$$

$$M_t = +36318.11 \text{ (ton-m)}$$

Escogeremos como momento total, para las condiciones de arrufo, los valores obtenidos originalmente, es decir, sin tomar en consideración el momento por aguas

tranquilas. Esta apreciación, nos permite seguir con el criterio de seguridad, que da la fórmula de momento total.

CUADRO # 47: MOMENTOS FLECTORES TOTALES

CONDICION	MOMENTO (ton-m)
Quebranto, PNA_____	-54628.44
Quebranto, ABS_____	-56080.51
Arrufo, PNA_____	+62898.05
Arrufo, ABS_____	+58234.45

LA CURVA DE MODULOS SECCIONALES.

Con los máximos momentos flectores anteriores, podemos continuar con nuestro proceso, el de determinar los esfuerzos que se producen en la estructura.

El siguiente paso, es el de determinar el valor del módulo seccional, en la cuaderna maestra.

Una definición concreta, de lo que es el módulo seccional, In dá las regulaciones de la línea de carga (8) :

"El módulo longitudinal I/c , es el momento de inercia I , de la sección media, alrededor del eje neutro,

dividida para la distancia c , medida desde el eje neutro, hasta el tope del baa, en la cubierta resistente al costado, calculado en el lado de aberturas, pero sin deducciones por agujeros de remaches. Las áreas son medidas en pulgadas cuadradas y las distancias en pies. For debajo de la cubierta resistente, todos los miembros continuos longitudinales, distintos de aquellos refuerzos bajo cubierta, que son requeridos enteramente para propósitos de apoyo, son incluidos. For encima de la cubierta resistente, el refuerzo L del trancañil, y la continuación de la traca de cinta, son los únicos miembros incluidos".

La definición anterior, merece que se hagan ciertos comentarios explicativos.

A pesar de que la definición, viene en unidades inglesas, pulgadas y pies, se la hace extensiva a nuestro sistema de medidas, por lo que las distancias estarán en metros, las inercias en centímetros elevadas a la cuarta potencia, las Areas en centímetros cuadrados. Es decir, usaremos el sistema de medidas con unidades compatibles.

La definición, además, determina que el módulo

seccional, se lo calcula en el lado de aberturas; en otras palabras, se deberá descontar, en el cálculo, el área de todas las aberturas, ya que ellas le restan continuidad a la sección.

Para nuestro caso, en el cual nuestro buque, es un tanquero, con tres compartimentas, en el sentido transversal, necesitamos colocar tres tanques de expansión, uno para cada tanque. Proponemos, que el ancho de tales tanques de expansión, sea de 75 (cm), mientras que el largo y el alto, sean de 150 (cm) x 150 (cm), respectivamente.

Obviamente, que el ancho efectiva, de planchaje a descontarse, será de $3 \times 75(\text{cm}) = 225 (\text{cm})$, en cubierta.

Con este ancho, solamente descontaremos el planchaje involucrado, sin eliminar ningún refuerzo de cubierta.

Como adicional, podemos decir, que agujeros adicionales, pero pequeños, deberán ser alineados con estos tanques de expansión, en cubierta.

Solo se toman en cuenta, en el cálculo del módulo seccional, los elementos longitudinales continuos, en un buen porcentaje de la eslora, dígase por lo menos dentro de $0.4L$. Esta aclaración se lo hace, por cuanto

pueden existir elementos longitudinales, que actúen como intercostales, los cuales se instalan, normalmente, con propósitos de reforzamiento local; estos elementos no entran en el cálculo del módulo.

Se debe tener cuidada, en proveer la adecuada continuidad de los elementos longitudinales, considerados efectivos, y en especial, en la zona de cruce con los mamparos transversales.

Se incluye en el cálculo del módulo seccional, solamente el refuerzo unión de la traca de trancanil y la prolongación de la traca de cinta, sobre la cubierta.

La FNA (81, nos proporciona la siguiente fórmula, para calcular el momento de inercia de una sección:

$$I = 2 [I_n - A * d_o^2] = 2 [(i_o + a * d_n^2) - A * d_o^2] \quad (65)$$

Donde:

I= mínimo momento de inercia vertical, de toda la sección; esto es, el momento de inercia alrededor de una línea paralela a la base, a través del verdadero eje neutro. (cm²-m²), (pul²-pie²).

Nota: en la fórmula aparece el factor 2, lo cual indica, que en el cálculo del módulo seccional, solo se toma en cuenta, por simetría, los elementos

longitudinales de la mitad de la sección, lo que al final los resultados, se multiplican por dos, para hallar el módulo de toda la sección.

$I_n = \sum (i_o + a * d_n^2)$, momenta de inercia, alrededor de cualquier eje asumido, paralelo al eje neutro, para nuestro trabajo, el eje asumido será la línea base. (cm²-m²) (pul²-pie²).

$A = \sum a$ (cm²) (pul²) , Area total, de los miembros resistentes longitudinales.

Para nuestra trabajo, por lo tanto, incluiremos todos los refuerzos del fondo, costado, cubierta y mamparos longitudinales, incluyendo los respectivos planchajes. Para las tracas centrales, así como en los refuerzos centrales, solo hemos incluido la mitad de sus áreas e inercias. Hemos descontado 75 (cm) de planchaje, en la traca F de cubierta, y 37.5 (cm) de las tracas BCD de cubierta, para tomar en cuenta los respectivos tanques de expansión. Nótese que sólo hemos tomado, la mitad del ancho de plancha, del tanque central, por existir en ese tanque solamente un tanque de expansión, la fórmula general se encarga de completar su ancho.

d_o = distancia del eje asumido al verdadero eje neutro, (m), (pie).

i_e = momento vertical de inercia (con respecto a su propia centro de gravedad), de cada plancha individual o perfil, efectivo en la resistencia longitudinal, ($\text{cm}^2\text{-m}^2$), ($\text{pul}^2\text{-pie}^2$).

a = Area de cada elemento individual, efectivo en la resistencia longitudinal, (m^2), (pul^2).

d_n = distancia, desde el centro de gravedad, de cada elemento estructural efectivo, hasta el eje asumido, (m), (pie).

En base a un programa en LOTUS, formaremos un cuadro, con todas estas variables, aunque con otra simbología.

Utilizaremos las unidades métricas, las unidades de lo, estarán; originalmente en (cm^4), después de su sumatoria, lo llevamos a las unidades de ($\text{cm}^2\text{-m}^2$), para que sea compatible con el resto de cantidades en la fórmula. La posición del eje neutro se halla dividiendo la sumatoria de momento; $A*d$ para la suma de Areas, A.

Los resultados obtenidos, en la que llamamos primera tentativa, son (apéndice #B):

Posición del eje neutro, con respecto a la línea base, es de: $H = 4.44$ (m)

Momenta de inercia alrededor del eje neutro:

$$I = 213776.09 \text{ (cm}^2\text{-m}^2\text{)}$$

Distancia de cubierta a eje neutro:

$$y = 5.26 \text{ (m)}$$

Módulo seccional, con respecto a cubierta:

$$Z_c = 40646.95 \text{ (cm}^2\text{-m)}$$

Módulo seccional con respecto al fondo:

$$Z_f = 48147.77 \text{ (cm}^2\text{-m)}$$

Analicemos ahora los requerimientos de la ABS (1).

Calculemos primero el módulo resistente mínimo, regla

6.3.1b.:

$$SM=Z = 0.001 C_1 L^2 B (C_b + 0.70) \text{ (cm}^2\text{-m)} \dots \dots \dots (66)$$

Siendo:

$$C_1 = 10.75 - \left[\frac{(300-L)}{100} \right]^{1.0} ; 90 \leq L \leq 300 \text{ m}$$

$L = 131.1 \text{ (m)}$, eslora de cálculo.

$C_1 = 8.555$; $B = 18.6 \text{ (m)}$, manga

$C_b = 0.75$, coeficiente black, en línea de verana.

$$SM=Z = 0.001 * 8.555 * (131.1)^2 * 18.6 * (0.75 + 0.7)$$

$$SM=Z = 39659.8 \text{ (cm}^2\text{-m)} .$$

Notamos que el módulo seccional, por nosotros calculado, hasta el momento, cumple con satisfacción el mínima requerido por la ABS.

El módulo seccional requerido, regla 6.3.11 es:

$$SM=Z= M_t/f_p \text{ (cm}^2\text{-m)} \dots\dots\dots(67)$$

Siendo:

f_p = tensión admisible nominal, para flexión longitudinal, en toneladas métricas por centímetro cuadrado:

$$f_p = 1.663 - \left[\frac{(240-L)}{1620} \right] \text{ (ton/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(68)$$

para $61 \leq L \leq 240$ m

$$f_p = 1.663 - \left[\frac{(240-131.1)}{1620} \right] \text{ (ton/cm}^2\text{)}$$

$$f_p = 1.596 \text{ (ton/cm}^2\text{)}$$

M_t = momento total de flexión, según las siguientes reglas:

Regla 6.3.2, el momento de flexión total (ton-m) es:

$$M_t = M_{sw} + M_w \dots\dots\dots(69)$$

Donde M_t es el momento flector en aguas tranquilas, para cuando se conozca su envolverte, en base a la distribución de pesos; en caso de conocerlo, se puede estimarla, con la regla 6.3.2a.

M_w = máximo momento de flexión causado por las olas, según las reglas 6.3.2b ó 6.3.2c, en (ton-m).

La regla 6.3.2a, permite estimar el momento flector en aguas tranquilas:

$$M_{sw} = M_s = C_{st} * L^{2.5} * B (C_b + 0.5) \text{ (ton-m)} \dots\dots\dots(70)$$

En la que:

$$C_{wt} = [0.564 + (160-L)/925] \cdot 10^{-2} \quad 110 < L \leq 210 \text{ m}$$

$$C_{wt} = [0.564 + (160-131.1)/925] \cdot 10^{-2}$$

$$C_{wt} = 0.00595$$

L=131.1 (m), eslora de cálculo,

B= 18.6 (m), manga de cálculo,

C_b= 0.75, coeficiente block, línea de verano.

$$M_{wv} = 0.00595 \cdot (131.1)^2 \cdot 18.6 \cdot (0.75+0.5) \text{ (t-m)}$$

$$M_{wv} = 27234.8 \text{ (ton-m)}$$

Con la regla 6.3.2b, encontramos el momento flector inducido por las olas:

$$M_w = C_2 L^2 B H_w K_b \text{ (ton-m)} \dots \dots \dots (71)$$

En donde:

$$K_b = 1.4 - 0.5 C_b \text{ para } 0.74 \leq C_b \leq 0.8$$

$$K_b = 1.4 - 0.5 \cdot 0.75; K_b = 1.025$$

$$C_2 = [2.34 C_b + 0.2] \cdot 10^{-2}$$

$$C_2 = 0.0196$$

L= 131.1 (m), eslora de cálculo,

B=18.6 (m), manga de cálculo.

H_w= altura efectiva de una ola promedia:

$$H_w = 0.0172L + 3.653 \text{ (m); } 61 \leq L \leq 150 \text{ m} \dots \dots \dots (72)$$

$$H_w = 0.0172 \cdot 131.1 + 3.653 \text{ (m)}$$

$$H_w = 5.91 \text{ (m)}$$

Reemplazando:

$$M_w = 0.0196 \cdot (131.1)^2 \cdot 18.6 \cdot 5.91 \cdot 1.025 \text{ (ton-m)}$$

$$M_w = 37956.5 \text{ (ton-m)}$$

El momento flector longitudinal total, entonces sera:

$$M_t = M_{sw} + M_w \text{ (ton-m)}$$

$$M_t = 27234.8 + 37956.5 \text{ (ton-m)}$$

$$M_t = 65191.3 \text{ (ton-m)}$$

Por lo que el módulo seccional requerido es:

$$Z = SM = M_t / f_p \text{ (cm}^2\text{-m)}$$

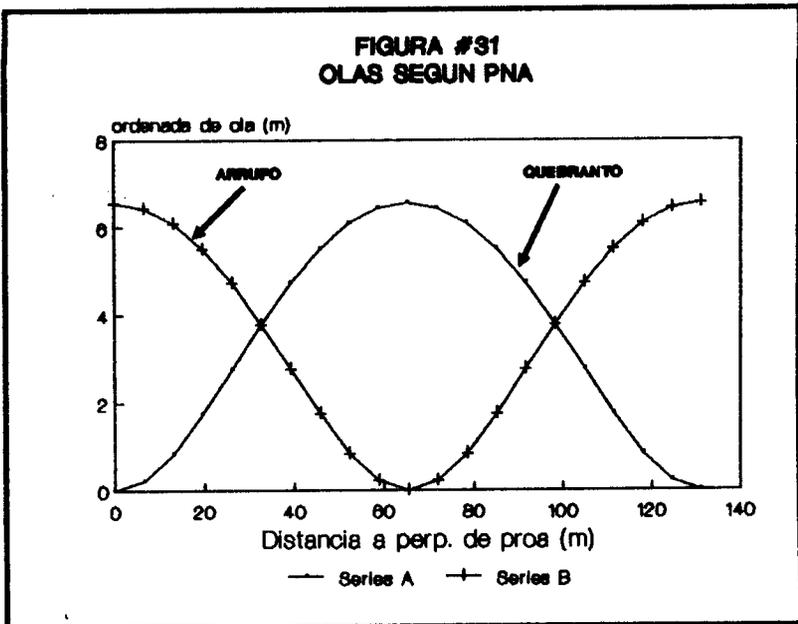
$$Z = SM = [65191.3 \text{ (ton-m)} / 1.596 \text{ (ton/cm}^2)]$$

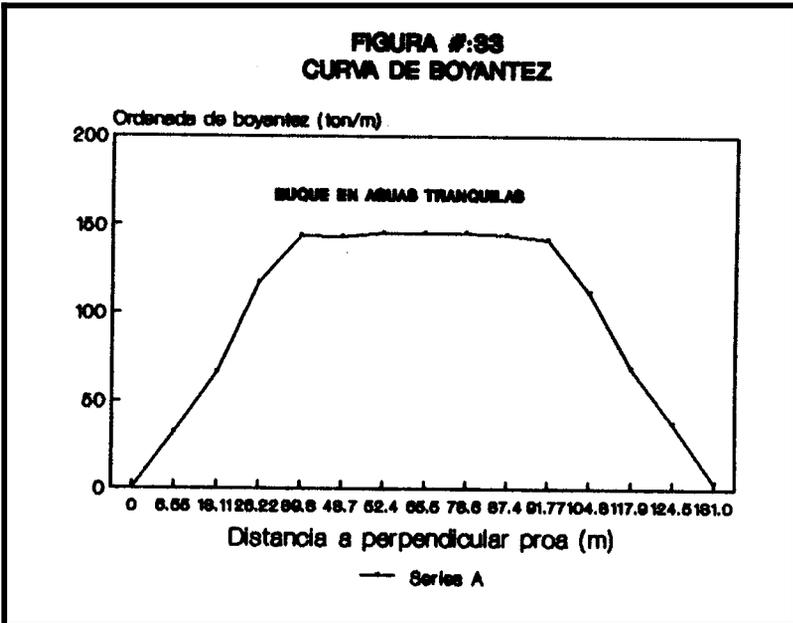
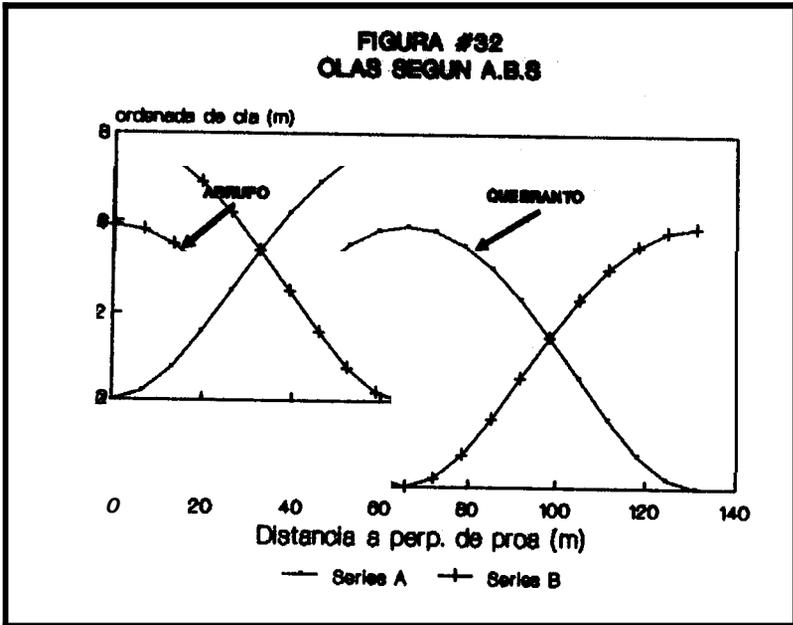
$$Z = SM = 40846.7 \text{ (cm}^2\text{-m)}.$$

Valor comparado con:

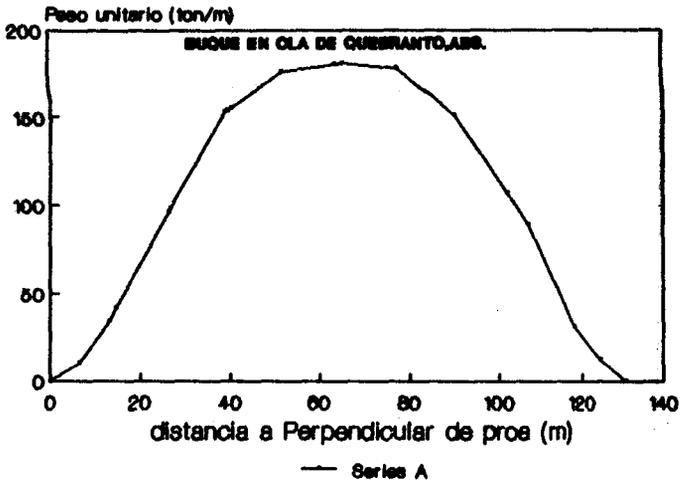
$$Z = 40647 \text{ (cm}^2\text{-m) (calculado por nosotros).}$$

Valor ligeramente menor, pero satisfactorio; el cual será corregido mas adelante.

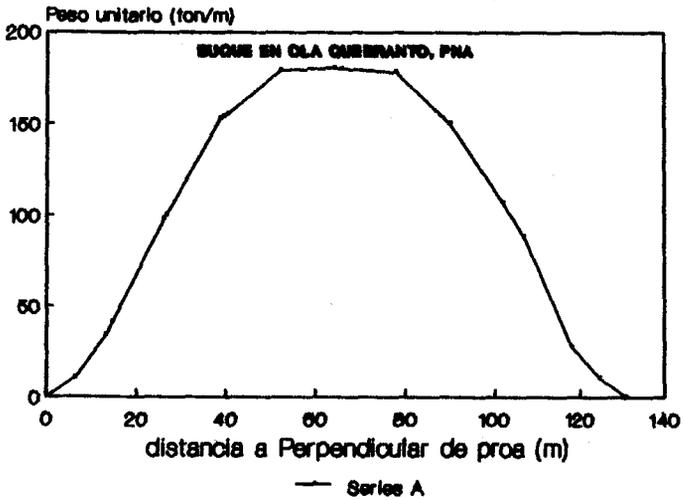


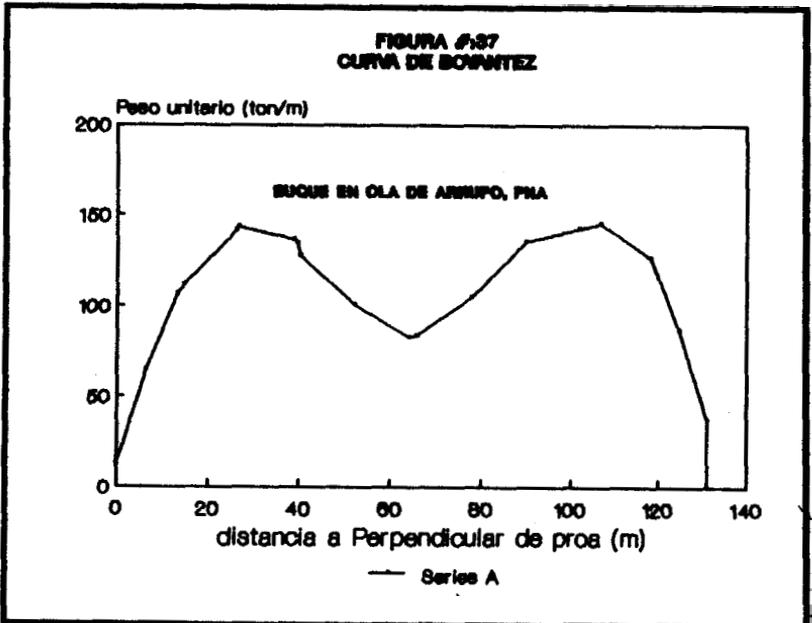
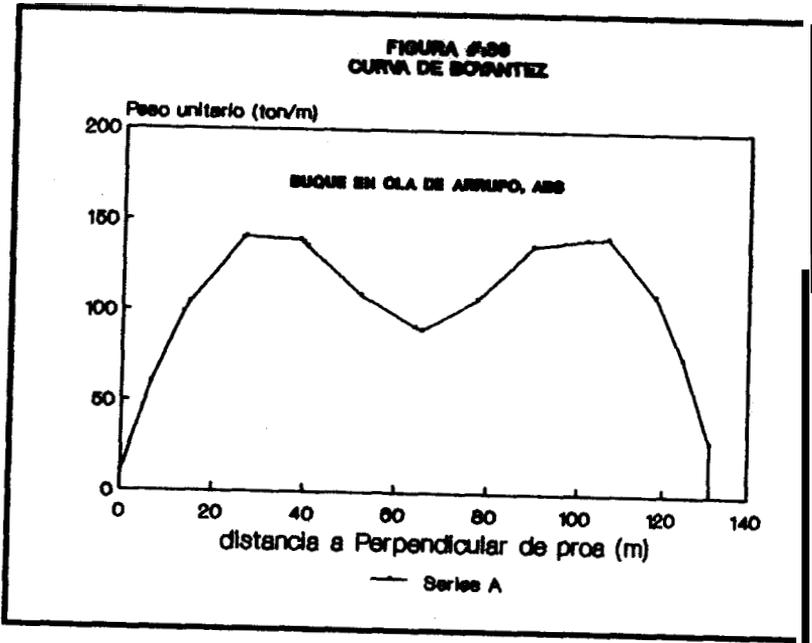


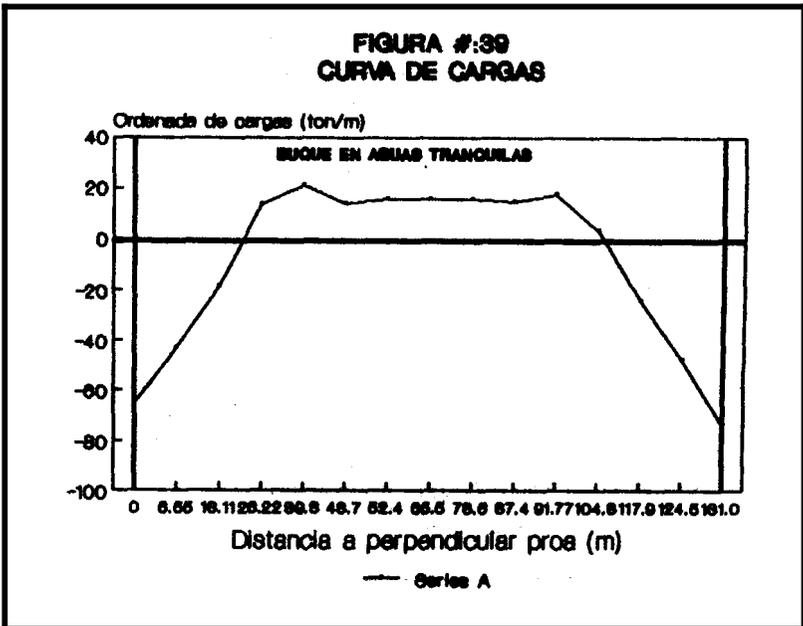
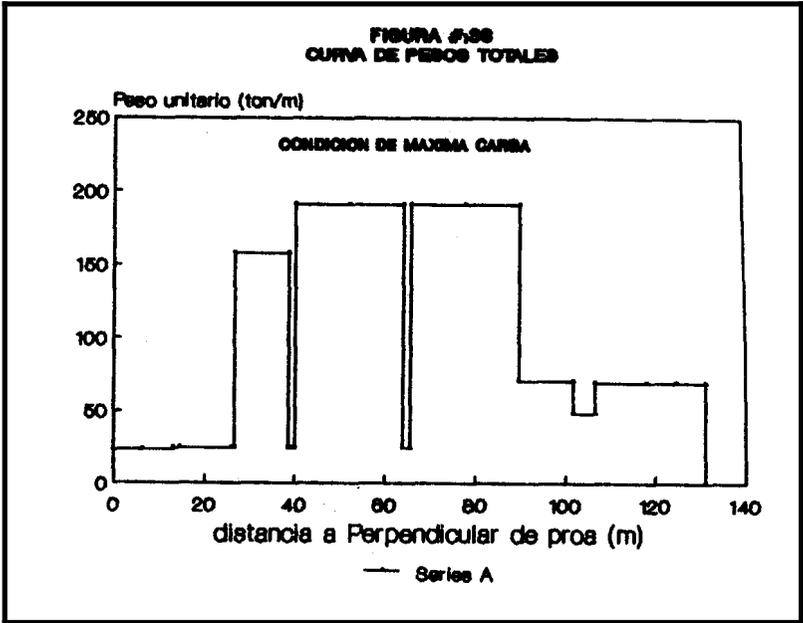
**FIGURA #34
CURVA DE BOYANTEZ**

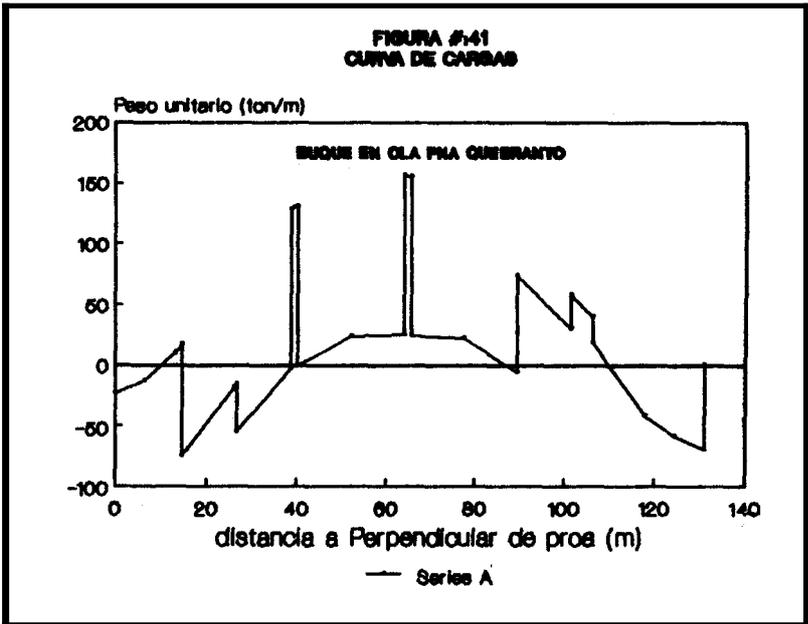
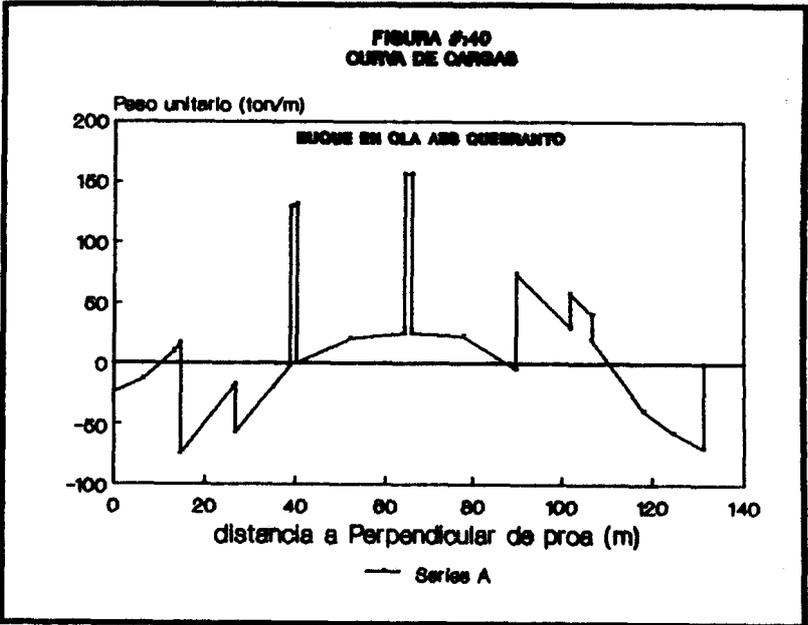


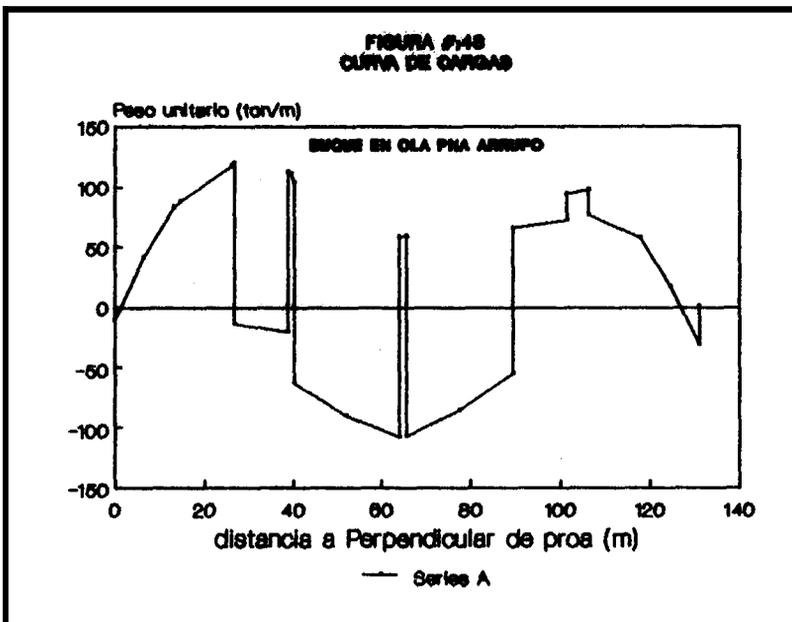
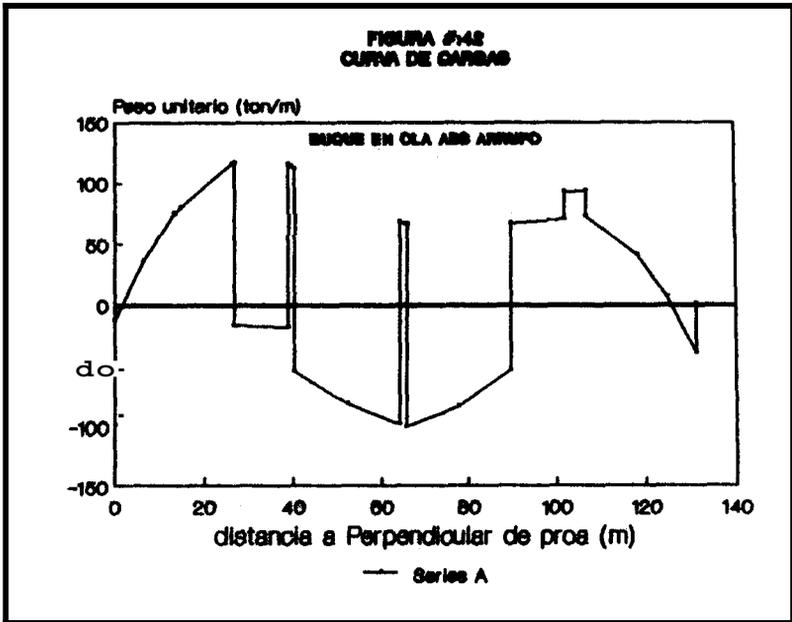
**FIGURA #35
CURVA DE BOYANTEZ**











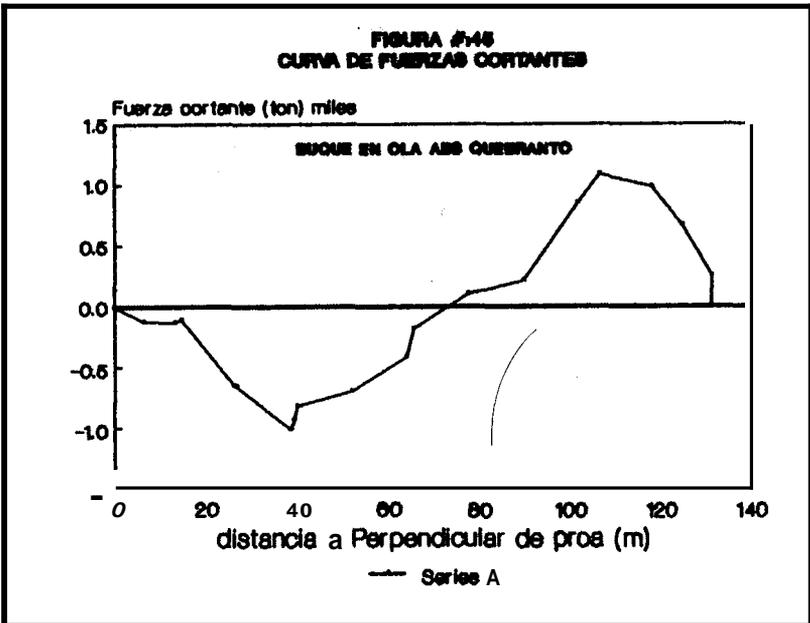
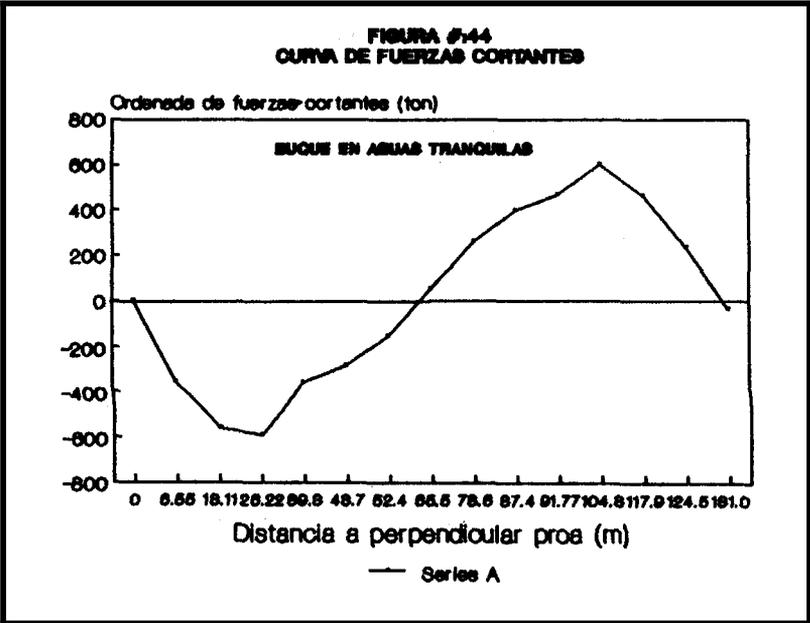


FIGURA #146
CURVA DE FUERZAS CORTANTES

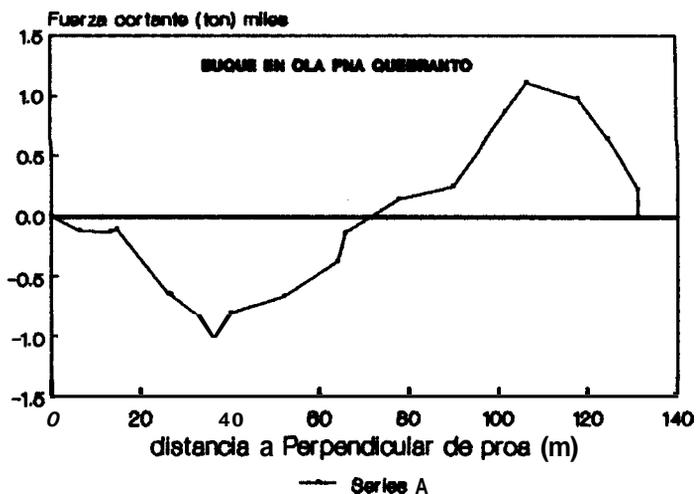
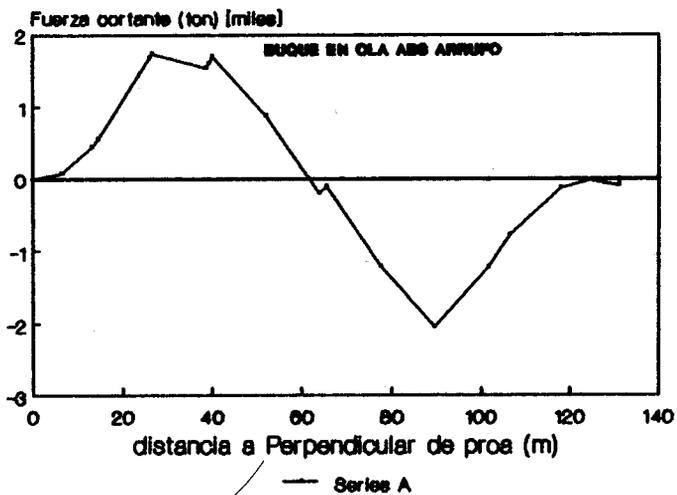
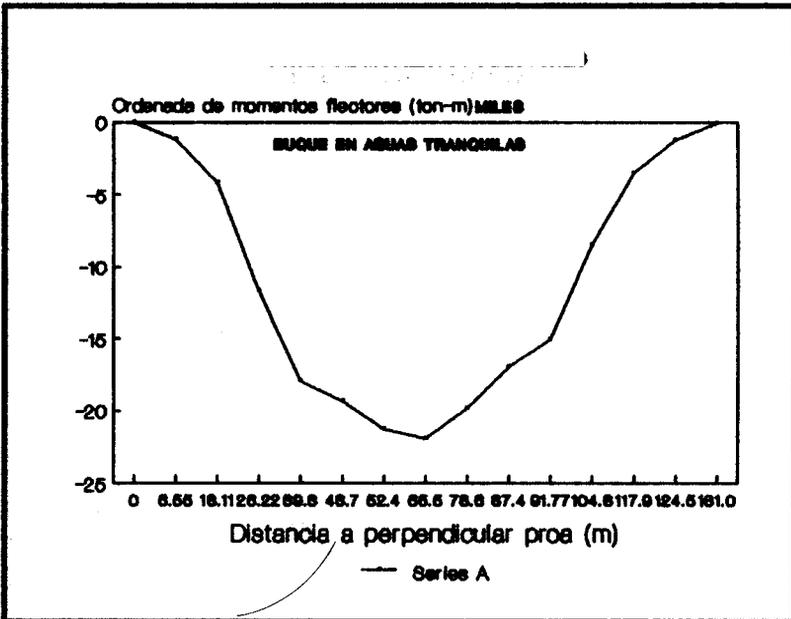
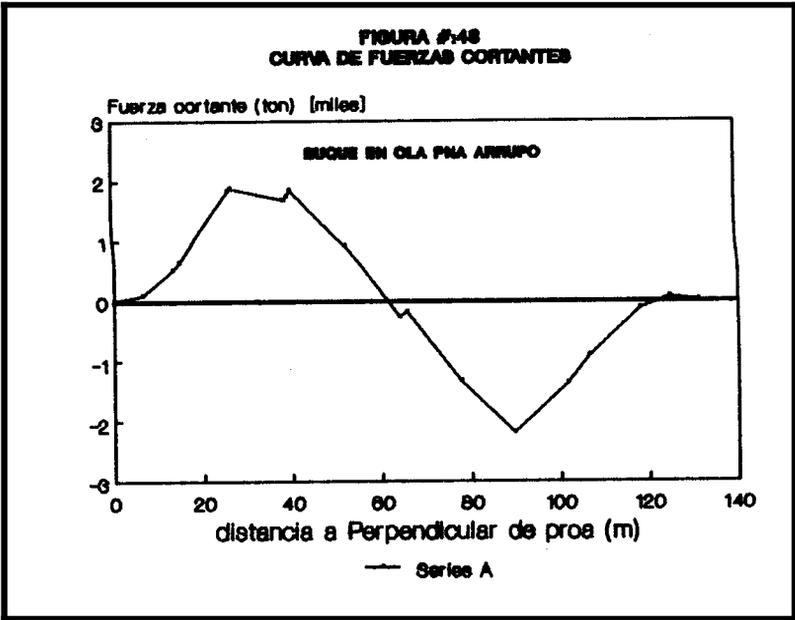


FIGURA #147
CURVA DE FUERZAS CORTANTES





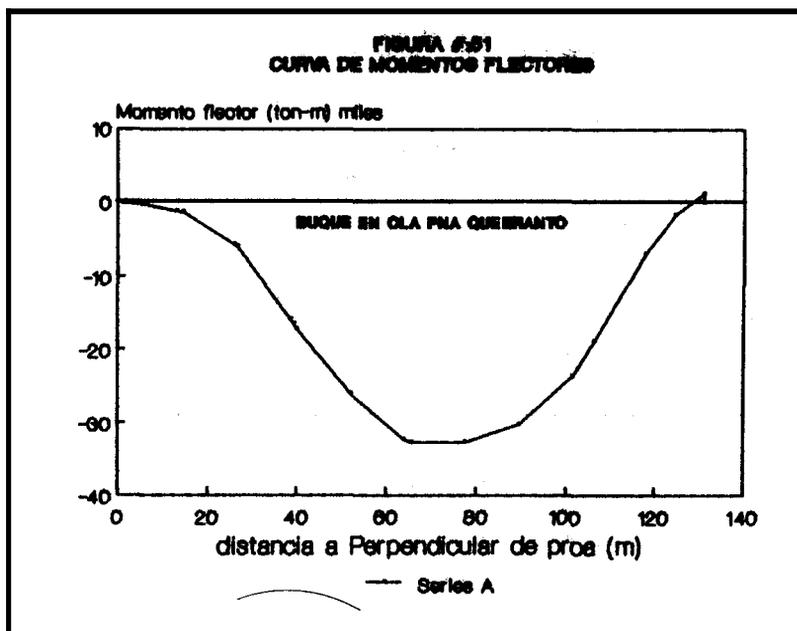
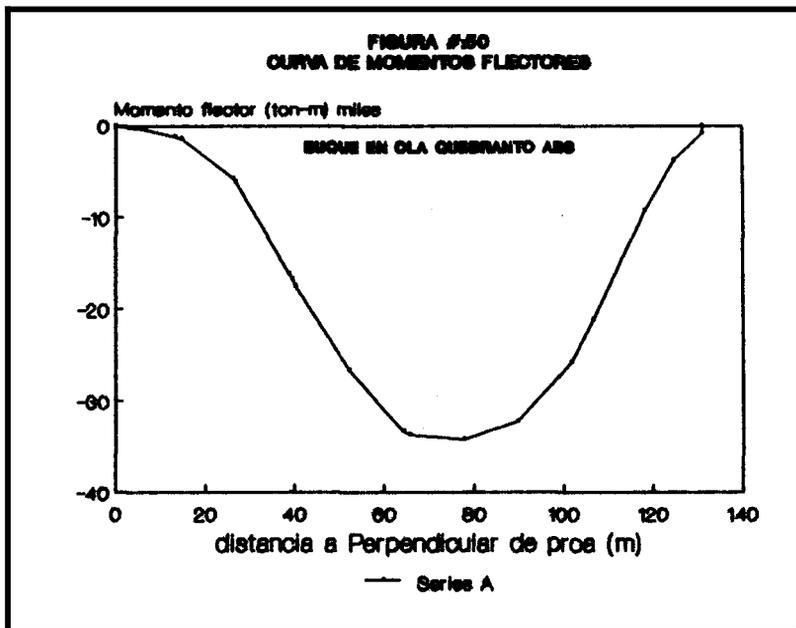


FIGURA #52
CURVA DE MOMENTOS FLECTORES

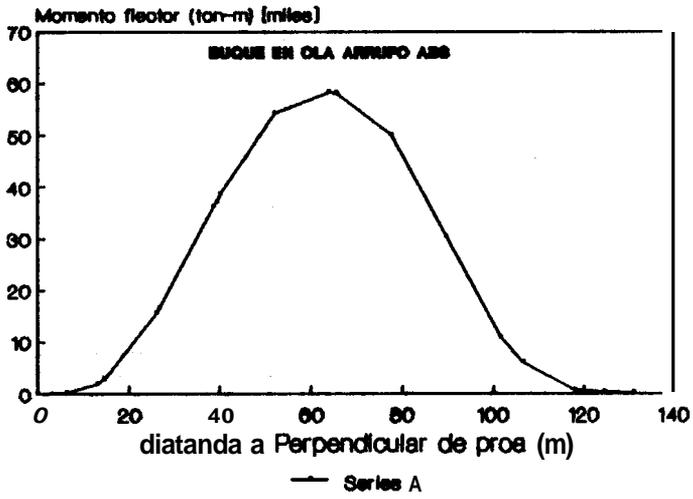
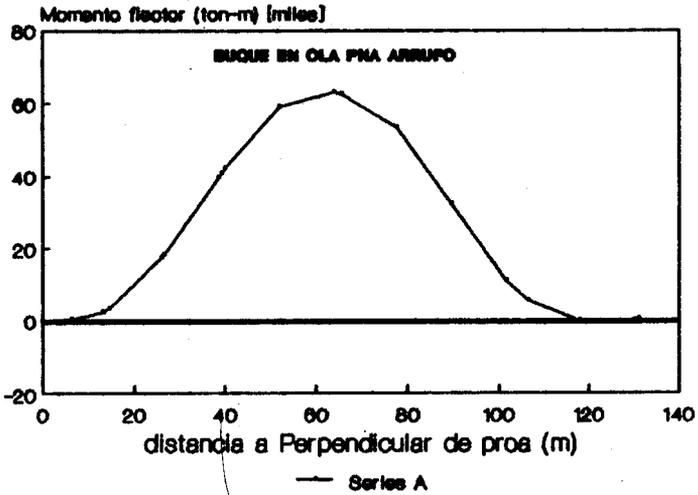
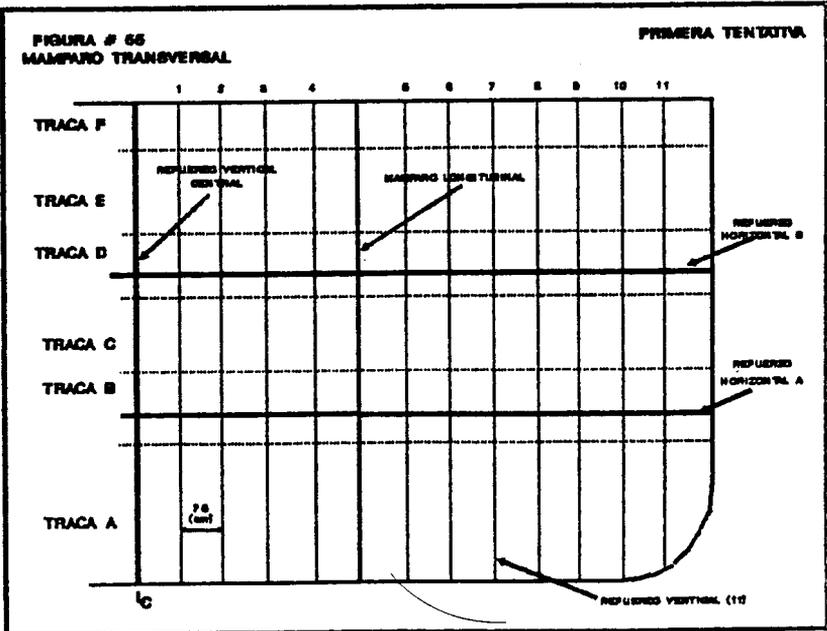
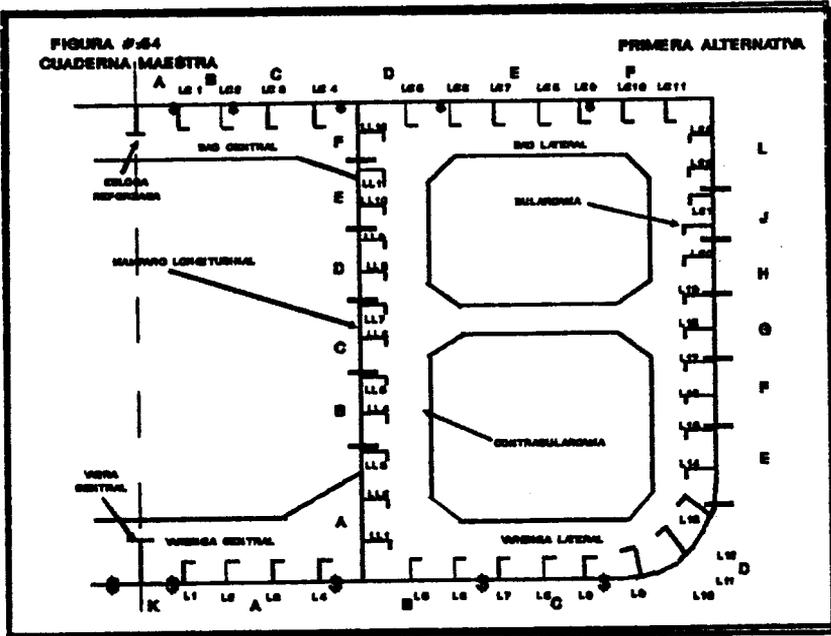
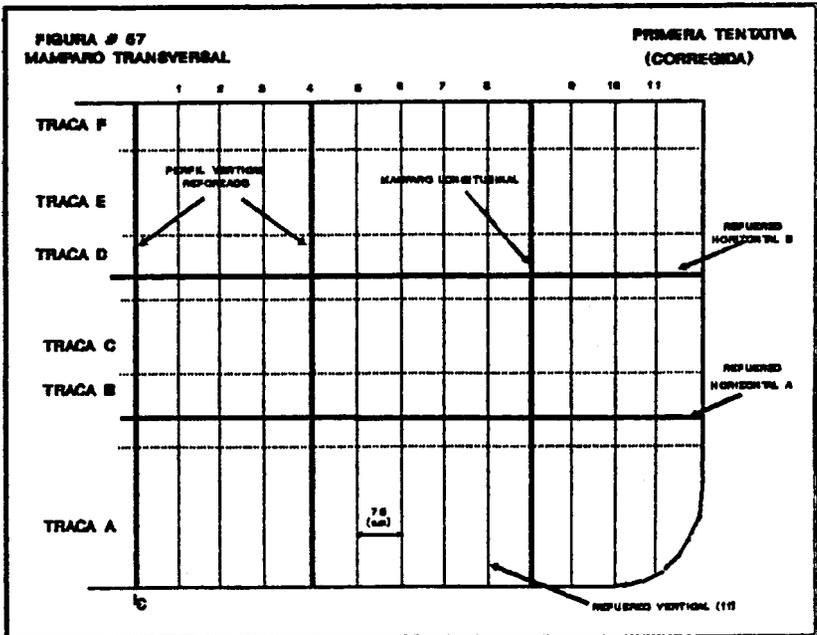
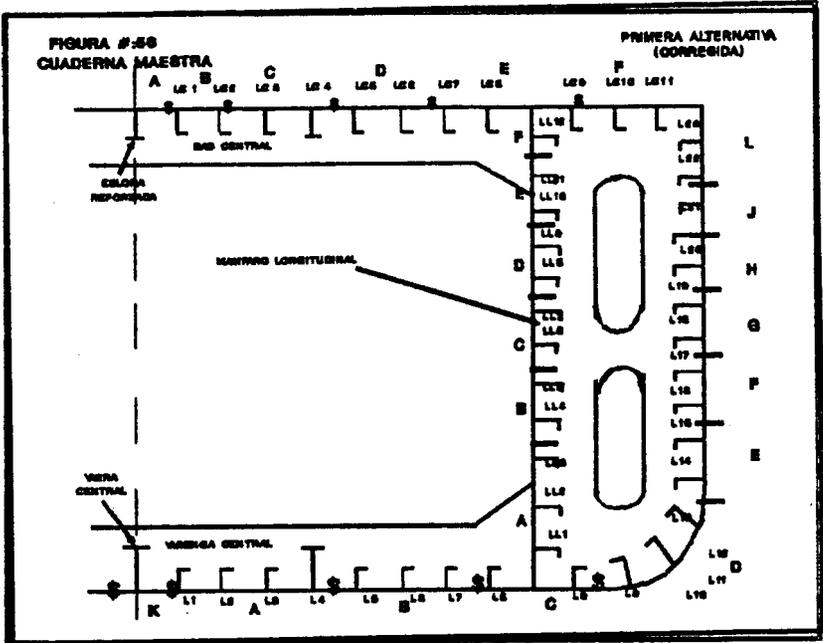
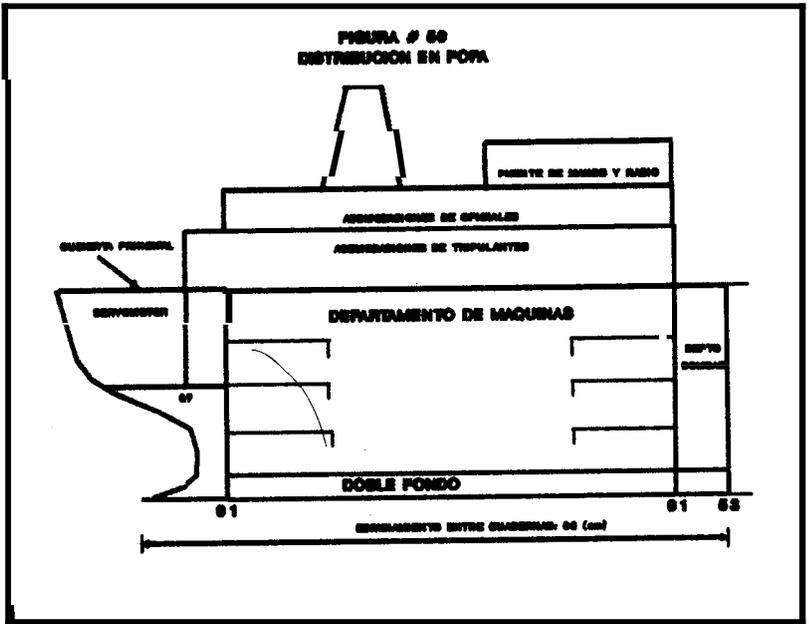
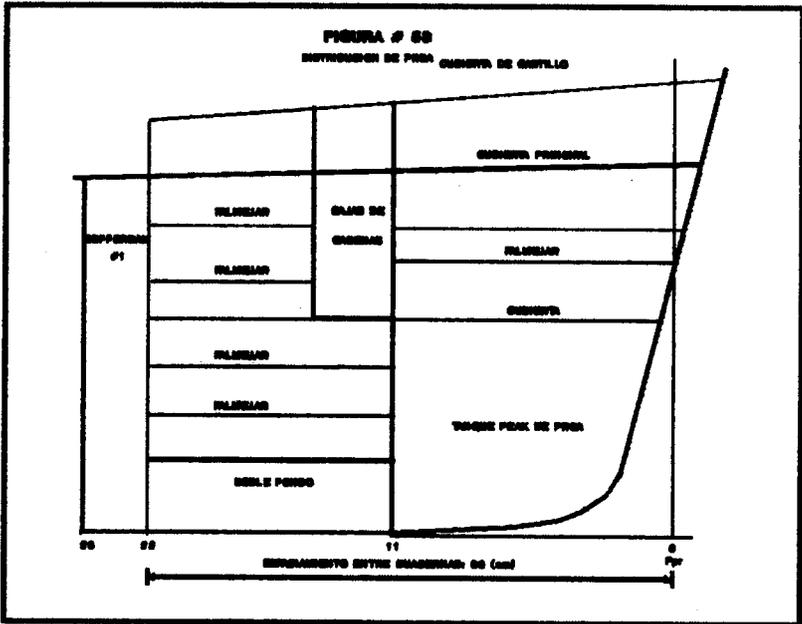


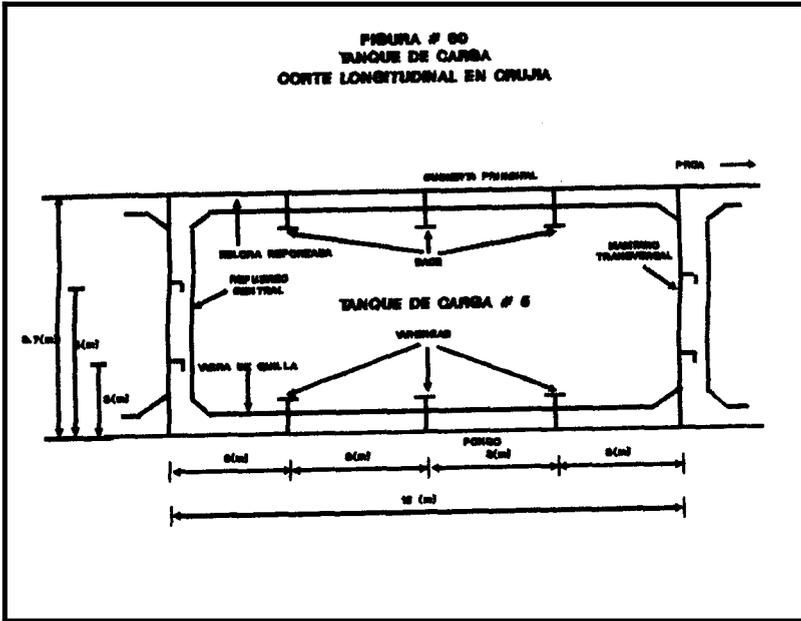
FIGURA #53
CURVA DE MOMENTOS FLECTORES











3. CALCULO DE ESFUERZOS CAUSADOS POR LOS MOMENTOS FLECTORES LONGITUDINALES Y FUERZAS CORTANTES.

Como primer paso, debemos corregir el módulo seccional de la cuaderna maestra, ya que corrimos los mamparos longitudinales, hasta una distancia de 6.75(m), a partir de crujía. Para compensar este aumento de luz, en el sentido transversal del tanque central, instalaremos en el fondo, dos vagras laterales, y en la cubierta dos esloras reforzadas, está claro que una a cada banda. Las dimensiones de las nuevas vagras y

esloras, serán las mismas que las instaladas en crujía. La posición de estos nuevos refuerzos será a 3(m), contados desde crujía.

Aumentando las nuevas vagras y esloras laterales, el nuevo módulo seccional se la presenta en el apéndice B___, con el nombre de tentativa #1 corregida, ese nuevo valor es de $Z = 41230 \text{ (cm}^2\text{-m)}$.

El peso de las estructuras, aumenta aparentemente, con la introducción de estos cuatro nuevos elementos, pero, en el análisis que realizaremos posteriormente, debemos tratar de disminuirlos, sin perjuicio de mejorar su resistencia.

ESFUERZOS ORIGINADOS POR LOS MOMENTOS FLECTORES LONGITUDINALES.

Siguiendo con el proceso de cálculo, y recordando la teoría viga-buque, los esfuerzos que se presentan en una viga, sometida a flexión, viene dado por la expresión:

$$\sigma = \frac{M}{I/y} = M/Z \dots \dots \dots (61)$$

Siendo:

M= momento flector longitudinal, que actúa en ese punto de la viga.

I= Momento de inercia transversal, con respecto al eje

neutro de la sección.

y = Distancia desde el eje neutro, hasta la fibra que se quiere analizar.

Puesto que la relación es directa, se toma a la fibra mas alejada para el análisis. En el caso del buque, esta fibra es la cubierta principal, y es con respecto a ésta que se calcula el módulo seccional de la cuaderna maestra.

Podemos considerar, en base a lo anterior, como zonas peligrosas, con respecto a esfuerzos producidos por la flexión, las siguientes Areas:

CUBIERTA PRINCIPAL: por ser la fibra mas alejada, estará sometida a esfuerzos tanto de tensión como de compresión.

TRACA DE CINTA: del casco, la cual por estar cercana a la cubierta principal, participará de los máximos esfuerzos causados por la flexión.

EL FONDO: los esfuerzos debido a la flexión que soportarán, comparados con los de cubierta, serán menores, pero siguen siendo de gran valor, como para

tenerlos en cuenta. Un caso especial lo constituye la traca de pantoque, la cual se convierte en la fibra mas alejada del eje neutro, cuando el buque balancea, alcanzando grandes ángulos de escora, 1.0 que implica que sufrirá grandes esfuerzos.

Calcularemos ahora los respectivos esfuerzos, tanto para cubierta, como para el fondo. Usando los momentos flectores totales, calculados con olas de ABS y PNA.

Para eso, necesitamos los siguientes datos calculados:

$$I = 216833.97 \text{ (cm}^2\text{-m}^2\text{)}$$

$$y = 5.26 \text{ (m)}$$

$$Z_e = 41230 \text{ (cm}^2\text{-m)} \text{ (con respecto a cubierta)} \quad H = 4.44 \text{ (m)}$$

$$Z_f = 48836.5 \text{ (cm}^2\text{-m)} \text{ (con respecto al fondo)}$$

ESFUERZOS POR FLEXION, RUEBRANTO PNA.

$$\text{Cubierta: } \sigma = M/Z = 54628.44 \text{ (ton-m)} / 41230 \text{ (cm}^2\text{-m)}$$

$$\sigma = 1.325 \text{ (ton/cm}^2\text{)}$$

$$\text{Fondo: } \sigma = M/Z = 54628.44 \text{ (ton-m)} / 48836.5 \text{ (cm}^2\text{-m)}$$

$$\sigma = 1.19 \text{ (ton/cm}^2\text{)}$$

ESFUERZOS POR FLEXION, RUEBRANTO ABS.

$$\text{Cctbierta: } \sigma = M/Z = 56080.51 \text{ (ton-m)} / 41230 \text{ (cm}^2\text{-m)}$$

$$\sigma = 1.36 \text{ (ton/cm}^2\text{)}$$

$$\text{Fondo: } \sigma = M/Z = 56080.51 \text{ (ton-m)/48836.5 (cm}^2\text{-m)}$$

$$\sigma = 1.15 \text{ (ton/cm}^2\text{)}$$

ESFUERZOS POR FLEXION, ARRUF0 PNA

$$\text{Cubierta: } \sigma = M/Z = 62898.05 \text{ (ton-m)/41230 (cm}^2\text{-m)}$$

$$\sigma = 1.53 \text{ (ton/cm}^2\text{)}$$

$$\text{Fondo: } \sigma = M/Z = 62898.05 \text{ (ton-m)/48836.5 (cm}^2\text{-m)}$$

$$\sigma = 1.29 \text{ (ton/cm}^2\text{)}$$

ESFUERZOS POR FLEXION, ARRUF0 ABS.

$$\text{Cubierta: } \sigma = M/Z = 58234.45 \text{ (ton-m)/41230 (cm}^2\text{-m)}$$

$$\sigma = 1.41 \text{ (ton/cm}^2\text{)}$$

$$\text{Fondo: } \sigma = M/Z = 58234.45 \text{ (ton-m)/48836.5 (cm}^2\text{-m)}$$

$$\sigma = 1.19 \text{ (ton/cm}^2\text{)}$$

Los mayores esfuerzos, coma se esperaba, se dan en la cubierta, en la condición de arr-ufo; pero, todos están por debajo del esfuerzo permisible, dado por la ABS, (1.596 ton/cm²).

FACTOR DE SEGURIDAD.

Para su comprensión, debemos hablar de esfuerzo de trabajo; el esfuerzo de trabajo, de una determinada estructura, son los esfuerzos, a los cuales el diseñador de ésta, calcula que va a soportar, en forma

segura, en condiciones de máxima carga.

Los requerimientos para aceros, de la ABS, entre los principales, tenemos:

Aceros de resistencia normal: Resistencia a la tracción, para todos los grados 41 a 50 kg/mm², y el límite elástico mínimo es de 24 kg/mm².

Aceros de alta resistencia: resistencia a la tracción de 48 a 60 kg/mm², y el límite elástico mínimo de 32 kg/mm².

Para el cálculo de el coeficiente de seguridad, algunos autores, escogen el límite de fluencia del material, otros en cambio, lo hacen con el límite elástico. Nosotros escogeremos el límite elástico, par cuanto, después de este punto, el material ya pierde su forma original.

El coeficiente de seguridad, en este caso, se la define como la división, entre el límite elástico para el esfuerzo de trabajo, y es adimensional.

En realidad, el coeficiente de seguridad, es un indicativa de confiabilidad de una estructura, ya que da una idea, de cuanta sobrecarga puede soportar esta, hasta que empiece a fallar.

Pero, cuál es el valor de coeficiente de seguridad que debemos escoger?; existen bastantes criterios, pero en la mayoría de los casos, dependerá del servicio que preste esa estructura.

Claro está que a mayor variación de cargas, el coeficiente de seguridad debe ser mayor. De igual manera, si se está en las etapas preliminares, en las que no se conocen aún todos los esfuerzos que actúan, el coeficiente de seguridad será alto.

La ABS, tomé como coeficiente de seguridad de 1.5, con respecto al límite elástico.

ESFUERZOS CAUSADOS POR LAS FUERZAS CORTANTES.

Las fuerzas cortantes, ya calculadas, ocasionarán en la estructura del buque, esfuerzos conocidos como esfuerzos cortantes.

Esbozaremos la teoría respectiva, para el cálculo de los mencionados esfuerzos.

Paris Genalis (12) , analiza una viga sometida a flexión, y encuentra que el esfuerzo, causado por la fuerza cortante V, está dado por:

$$T = \left[\frac{(VQ)}{(It)} \right] \dots \dots \dots (73)$$

Siendo:

T = Esfuerzo cortante (ton/cm²), (kg/cm²)

V= Fuerza cortante, que actúa en la sección de la viga sujeta a análisis; (ton), (kg).

$$Q = \int_{Y_1}^{Y_2} y \, dA \dots \dots \dots (74)$$

Q= momento de Area, par encima del punto, donde el cortante es considerado. La distancia, y, se la considera a partir del eje neutro de la sección, (cm³), (cm²-m).

t= ancha de la viga (cm)

I= momento de inercia de la seccion, con respecto al eje neutro, (cm⁴), (cm²-m²).

Analizando la fórmula, notamos que el máximo valor de esfuerzo, se dá en el eje neutro, y tiene una distribución parabblica.

Pero, en la deducción de esta fórmula, solo consideró la cartante en la sección transversal de la viga, en el sentido vertical, no tomando en cuenta que los esfuerzos, par cartantes, deben influenciar en el plano horizontal.

Paris Genalis, para el efecto, analiza una porción de

cubierta de buque, situada a una determinada distancia de la proa, luego de un equilibrio de fuerzas y otras consideraciones, encuentra que los esfuerzos cortantes, vienen dados por la expresión:

$$T = [(VQ)/(It)] \dots \dots \dots (75)$$

La cual es parecida a la expresión anterior, pero con las siguientes variantes:

t= espesor del planchaje, (cm)

$$Q = \int y t ds \dots \dots \dots (76)$$

ds= diferencial de ancho de planchaje.

Analicemos la fórmula, tanto para cubierta, como para el costado (como veremos que también es aplicable).

Para la cubierta:

$$T = [VQ/It] = (V/It) \int y t ds = (V/It) y t \int ds$$

Esto se debe a que V e I son constantes, por ser propiedades de la sección; además, y,t no varían con s.

Notamos que la expresión es lineal, y que su mayor valor. está en los extremos, digamos que en las tracas

junto al forro, trancanil.

Para el costado (y también los mamparos) :

En este caso $ds = dy$, así que:

$$T = VQ/It = (V/It) \int yt \, ds = (V/It)t \int y \, dy$$

La cual, es una variación parabólica.

Lus planchajes de cubierta, así como del costado, está conformado por distintos espesores, las curvas, sufrirán saltos en esos cambios, eso sí considerando, que en los puntos de transición de espesor, Q es constante. Notamos en la fórmula que T es inversamente proporcional al espesor del planchaje.

Las partes mas criticas, expuesta a los peores esfuerzos cortantes, en el buque, son:

En los puntos situados en las vecindades, de los cuartos de eslora, per ser las fuerzas cortantes máximas.

En los puntos de cubierta principal, cercanos a los costados, traca de trancanil; se debe tener cuidado en el fondo, con la traca de pantoque.

Todos los puntos cerca del eje neutro, tanto en el costado, como en las mamparos longitudinales.

En el apéndice B___, presentamos los cálculos, de esfuerzos cortantes, para la cubierta, fonda, costado y mamparos longitudinales, todos los cuadros son en LOTUS.

Como estaba previsto, los máximos valores, de esfuerzos cortantes, aparecieron en el casco, a la altura del eje neutro, para la condición de arrufo, ola de ABS; este valor alcanzó 0.85 (ton/cm²), en los (3/4)L, y de 0.73 (ton/cm²), en (1/4)L; según ola de PNA, se obtuvo los valores de 0.89 y 0.74 (ton/cm²), respectivamente.

Si analizamos Singer (24), tabla B-1, notamos que los límites proporcionales, para el acero dulce y el de alta tensión, son de 1500 y de 2500 (kg/cm²), respectivamente, en cortante.

Ya que el máximo esfuerzo cortante, se presenta en una zona, en la que más trabaja el acero dulce, tenemos que el factor de seguridad es:

Con respecto a PNA:

$$n = 1500 \text{ (kg/cm}^2\text{)} / 890 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$n = 1.69$$

Con respecto a ABS:

$$n = 1500 \text{ (kg.cm}^2\text{)} / 850 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$n = 1.76$$

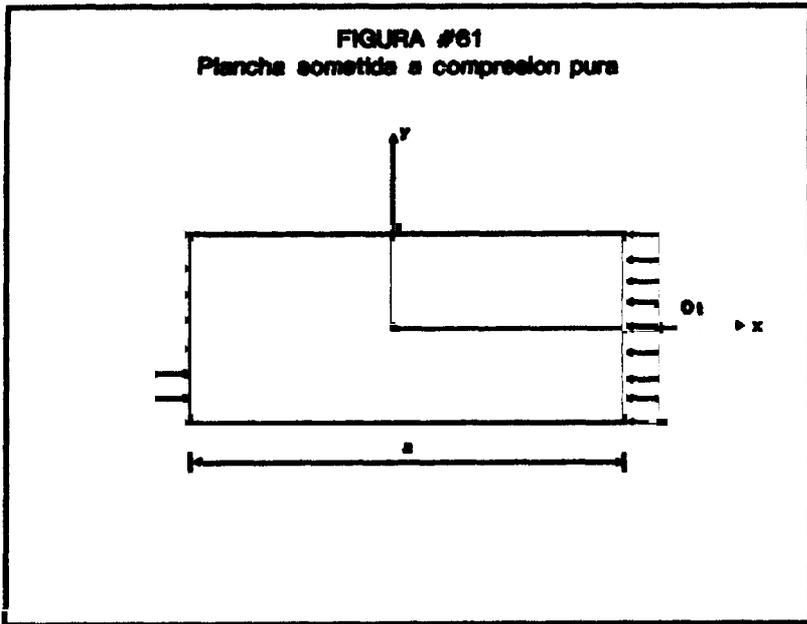
Notamos que los valores de esfuerzos cortantes calculados, están en un rango dentro del cual nos podemos sentir con relativa tranquilidad, ya que el riesgo de una inestabilidad, por cortante, está lejos.

La ABS (1), regla 6.3.3, nos dice que el espesor de las planchas del forro, y de los mamparos longitudinales, debe ser tal que la tensión nominal, por fuerza cortante, no sea mayor de 1 065 (ton/cm²). Este requerimiento, lo cumplimos

Como vemos los esfuerzos, causados por las fuerzas cortantes, son de menor magnitud, y de importancia, comparados con los esfuerzos compresivos y de tensión del buque-viga.

3.4 CALCULO DE LA ESTABILIDAD AL PANDEO DE FONDO, COSTADOS, CUBIERTA, MAMPAROS, CUADERNAS, BAOS, VAGRAS, VARENGAS, ETC, DENTRO DE 0.4L

Resumiremos la teoría de Bleich (5), para esta parte



Si tomamos una plancha rectangular de largo a , ancho b , y de espesor t ; supongamos además que la plancha, está apoyada simplemente, en los lados cortos b . Bleich, considera dos alternativas de apoyo, para los lados largos a ; en el primer caso, considera a estos lados, estar elásticamente restringidos; y en el segundo caso, considera a un lado elásticamente restringido y al otro libre.

Si se aplican esfuerzos compresivos σ , que actúen perpendicularmente sobre los lados b ; al comienzo de la aplicación de los esfuerzos, la plancha mantendrá su condición de equilibrio; pero si se incrementan más

y mas, llegará un momento, en el que se alcance un cierto valor de esfuerzo σ_e , en el que el equilibrio na se mantenga presentandose una condición de inestabilidad, produciendose el pandeo.

Bleich, realiza un profundo estudio, de todas las condiciones de equilibrio, así como de las ecuaciones involucradas. Como resultado, nos entrega que el esfuerzo, crítico, al cual se produce el pandeo, para la plancha de la figura, viene dado por:

$$\sigma_e = \left[\frac{(\pi)^2 E t^3 k}{12(1-\nu^2) b^3} \right] \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (77)$$

En la que:

$\pi = 3.14$

$E = 2.1 \times 10^6$ (kg/cm²), módulo de Young para el acero.

$\nu = 0.3$ Coeficiente de Poisson.

$t =$ espesor de plancha (cm)

$b =$ ancho de la plancha (cm)

$a =$ largo de la plancha (cm)

$k =$ factor de placa.

El factor de placa k , depende de las dimensiones de la plancha, así como de las condicianes de apoyo de sus lados.

La fórmula anterior, es válida dentro del límite

elástico; para el caso que el esfuerzo crítico, este fuera del límite elástico, el esfuerzo crítico, es dividido para un factor \sqrt{T} , el cual, a su vez, también depende del esfuerzo crítico.

Puesto que los elementos principales del buque, durante su tiempo de servicio, estarán sometidas a compresión, en las diferentes condiciones de servicio, es preciso garantizar que el pandeo no ocurra.

Una política aceptable, que se sugiere adoptar, es el de que un elemento estructural cualquiera, falle al pandeo, en forma simultánea, por lo menos, cuando el mismo falle primariamente como un todo; esto quiere decir, por ejemplo, que un elemento estructural, no fallará al pandeo, antes de que todo el sistema, al cual se pertenece, falle digamos a la tensión, es decir que alcance el límite elástico.

ESTABILIDAD AL PANDEO DE LAS PLANCHAS DE CUBIERTA.

Vamos a analizar las planchas de cubierta. Del tema anterior, está claro, que existen en cubierta, zonas que están sometidas a esfuerzos compresivos y de corte, en forma simultánea. De igual forma, podemos expresar que los esfuerzos compresivos, en cubierta, varían a lo largo de ella, en el sentido longitudinal,

por ser función de los momentos flectores, alcanzando su máximo valor cerca de la sección media, disminuyendo hacia los piques.

Por su parte, los esfuerzos cortantes, varían desde su mínimo valor, cero, en la sección media, hasta su máximo valor, en los cuartos de eslora; en los sitios intermedios, entre sección media y cuartos de eslora, existirán también, valores intermedias de estas esfuerzos.

Para simpleta, analizaremos la estabilidad de los planchajes, primero a los esfuerzos compresivos, luego a los esfuerzos cortantes, y por último a una combinación de los dos anteriores.

En el extenso análisis realizado por Bleich, podemos citar dos casos que nos interesan. Tomando dos planchas rectangulares largas, sometidas a compresión, en la que los lados largos descargados, para los dos casos, estaban simplemente apoyadas; en la primera plancha, los lados cargados b , estaban simplemente apoyadas, y en la segunda plancha empotradas. Bleich demostró que el factor de placa k , para relaciones de aspecto grandes, (mayores a 3), toma el valor de 4 para los dos casos; dicho en palabras más prácticas, el factor de placa, para planchas largas sometidas a

compresión, vale 4, sin importar el tipo de restricción existente en los lados cargados.

Consideraremos que el planchaje de la cubierta, se encuentra empotrado en los **baos**; aunque como ya se dijo, no es relevante si está empotrado o no, para tener la relación de aspecto igual a 4, y apoyado simplemente en los refuerzos longitudinales.

La mayoría de las fórmulas, a emplearse aquí, nos presentan esfuerzos críticos al pandeo, que caen fuera del límite elástico; a estos esfuerzos calculados, los llamaremos esfuerzos aparentes.

El comportamiento de los materiales, mas allá del límite elástico, es diferente, y es necesario el introducir un factor de plasticidad:

$$T = E_t/E \dots\dots\dots (78)$$

En la que E_t , es el módulo de elasticidad tangencial, y E, es el módulo de Young conocida. El valor de T, dentro del rango elástico, toma el valor de la unidad.

En la zona no elástica, T, dependerá de el esfuerzo crítico al pandeo. Bleich demuestra lo anterior, y nos entrega una expresión para T (5):

$$T = \left\{ \frac{[(\sigma_y - \sigma_c) * \sigma_c]}{[(\sigma_y - \sigma_p) * \sigma_p]} \right\} \dots \dots \dots (79)$$

En la que:

σ_y = Esfuerzo de fluencia del material

σ_p = Limite praparcianal del material

σ_c = Esfuerzo critico al pandeo.

Dentro del límite elástico $E_t = E$, por lo que $T=1$.

La mayor parte de las fórmulas, para calcular los esfuerzos criticos al pandeo, serán de la forma:

$$(\sigma_c / \sqrt{T}) = \sigma_{ap} = \left[\frac{(\pi)^2 E (t/b)^2 k}{12(1-\nu^2)} \right] \dots \dots \dots (80)$$

Llamemos por D a:

$$D = (\pi)^2 E \dots \dots \dots (81)$$

$$(\sigma_c / \sqrt{T}) = \sigma_{ap} = \left[\frac{D(t/b)^2 k}{12(1-\nu^2)} \right]$$

Despejando σ_c :

$$\sigma_c = \sqrt{T} * \sigma_{ap} = \sqrt{T} * \left[\frac{D(t/b)^2 k}{12(1-\nu^2)} \right] \dots \dots \dots (82)$$

La rutina para calcular el esfuerzo critico al pandea, es como sigue: calculamos el esfuerzo critico aparente (σ_c / \sqrt{T}) , fórmula (80), asumir luego un esfuerzo critico al pandeo, σ_{ap} , el cual puede ser menor al límite elástico, del material escogido, con este valor

podemos evaluar \sqrt{T} , en la fórmula (79); reemplazando el valor de \sqrt{T} , en la fórmula (82), el valor que obtengamos de δ_c , debe ser el mismo que δ_{adm} , de no ser así, escogeremos un nuevo valor de δ_{adm} , y así se repite el proceso, cuantas veces se requiera, hasta que el δ_{adm} , sea igual al δ_c de la fórmula (82), es clara que el valor de k , factor de placa, variará según las condiciones de carga y apoyo de la plancha.

Tomaremos los siguientes valores en nuestros cálculos. Para acero dulce: límite elástico 2400 (kg/cm²), límite proporcional 1700 (kg/cm²). Para acero alta tensión: límite elástico 3200 (kg/cm²), límite proporcional 2400 (kg/cm²).

Hemos preparada, para nuestros cálculos, utilizando LOTUS, programas con el procedimiento anterior.

PANDEO POR COMPRESION PURA.

Utilizamos el procedimiento, ya descrito; ya hemos dicho que para planchas de gran relación de aspecto, el factor de placa, toma el valor de 4, sin importar las condiciones de apoyo, en los lados cargados.

En el apéndice # C, presentamos los cálculos de esfuerzos críticos al pandeo, para planchas sometidas

a compresi3n pura, para la5 planchas de cubierta, fondo, mamparos, costados.

FANDEO FOR CORTANTE PURA.

Bleich (5), nos entrega el siguiente valor de esfuerzo cr3tico, a cortante pura:

$$T_c = [\sigma_c / (3)^{(1/2)}] \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots \dots \dots (83)$$

En la que el factor de placa k, viene dado por la expresi3n (5) :

$$k = (3)^{(1/2)} [5.34 + (4/\alpha^2)] \dots \dots \dots (84)$$

$$\alpha = a/b \geq 1$$

B3sicamente el procedimiento es el mismo, ya que se debe encontrar primero σ_c , luego T

Usaremos el misma programa de LOTUS, obviamente el valor de k, es diferente.

ESFUERZOS CRITICOS AL PANDEO, FOR COMPRESION Y CORTANTE SIMULTANEOS.

Bleich (5), nos entrega los siguientes esfuerzos cr3ticos al pandeo:

$$T_c = \sigma_c / [B^2 + 3]^{(1/2)} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots \dots \dots (85)$$

$$\sigma_{1c} = B T_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (86)$$

En la que el factor de placa viene dado por:

$$k = 2K^2B (B^2 + 3)^{(1/2)} \left\{ -1 + \left[1 + (4/(B^2K^2)) \right]^{(1/2)} \right\} \dots\dots (87)$$

Para alfa = a/b \geq 1

$$B = \sigma_1/T \dots\dots\dots (88)$$

σ_1 (kg/cm²), esfuerzo compresivo puro.

T (kg/cm²), esfuerzo cortante puro.

$$K = \left[(4/3) + (b^2/a^2) \right] \dots\dots\dots (89)$$

Retornando al análisis de la cubierta principal, considerando que sobre ella, no actúan cargas normales adicionales, tenemos que la sección media, y sus cercanías, salamente estará sujeta a cargas de compresión, ya que las fuerzas cortantes son pequeñas; otra consideración que realizamos, es la de que estas cargas son uniformes. Los puntos de análisis son la traca de trancañil, y la traca inmediata hacia crujía, puesto que son de distintos tipo de acero.

Cabe notar, que los esfuerzos críticos al pandeo, no dependen de la carga compresiva, presente en la cubierta, sino de la geometría y condiciones de apoyo de las planchas.

Hemos analizado las planchas de cubierta, sometidas a compresión pura, cortante pura, y una combinación de

las dos anteriores; para esta última situación, hemos escogido, como cargas de compresión y cortante puras, aquellas que se dan en las condiciones de arrufo, tanto en nla de AES, como de PNA, en los 3/4L y 1/4L. Todos estos cálculos se recogen en el apéndice #____, .

ESTABILIDAD AL PANDEO DE LAS TRACAS DEL COSTADO.

Analizando la traca de cinta, en la seccihn media, podemos ver que estará sometida solamente a esfuerzos de compresibn; en los cuartos de eslora, estará sometida a la acción conjunta de esfuerzos cortantes y compresivos.

La idea, es la de comprnbar, que en los anteriores puntos, la estabilidad al pandeo, del planchaje, sometido a compresión pura, cortante pura y una combinacihn de las anteriores, es la adecuada, y que por lo menos esté por encima del límite propnrcional del material.

Analizando aún las tracas del costado, en especial a aquellas cerca del eje neutro, el criteri en este punto es el de tensr una buena estabilidad al pandeo, por cnrtante puro, ya que en esta zona, los esfuerzos compresivos son mínimos.

A la traca de pantoque, considerandole como costado, le damos el mismo criterio seguido con la traca de cinta.

ESTABILIDAD AL PANDEO DE LAS TRACAS DEL FONDO.

Como medida de seguridad, comprobaremos la estabilidad al pandeo, de las tracas del fondo, con cargas compresivas, cortantes y una combinación de las dos.

Pero, es necesario, el tener en cuenta, el efecto que tiene, sobre la mencionada estabilidad, las cargas hidrostáticas, que actúan sobre el planchaje.

Bleich (5), realiza un análisis cuidadoso, de este problema; nos referiremos solamente a sus conclusiones, y en especial a las fórmulas adecuadas de diseño.

Tomamos una plancha de largo a , ancho b , y espesor t ; la cual está sometida a una presión hidrostática p ; ésta por naturaleza es normal a la plancha; además sobre la plancha, actúa una carga compresiva uniforme σ_a , aplicada en dirección paralela al lado a .

Bleich, en su análisis, obtiene los siguientes valores críticos:

Deflexión máxima en el centro:

$$w = mw_1 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (90)$$

Esfuerzo crítico máximo de fibra en la dirección x (paralela a σ_A):

$$\sigma_x = \sigma_A + m\sigma_{xB} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (91)$$

Esfuerzo crítico máximo de fibra en la dirección y (perpendicular a σ_A):

$$\sigma_y = m \sigma_{yB} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (92)$$

En donde, w_1 , σ_{xB} , σ_{yB} , son la deflexión en el centro de la plancha, esfuerzo máximo en la dirección x, i esfuerzo máximo en la dirección y, respectivamente, de una plancha sometida solamente a presión hidrostática uniforme. Para hallar sus valores, es preciso utilizar las curvas de Schade. Curvas que se usan para planchas reforzadas, sometidas a cargas normales uniformes.

Para simplicidad de cálculos, se asume que la plancha no está reforzada, en otras palabras, se analiza tomando como límites de plancha, entre los refuerzos longitudinales y varengas.

Las curvas de Schade, son ampliamente conocidas, y se las encuentra en las referencias #4, y #9.

Al factor m, se lo conoce como factor de amplificación, y viene definido de la siguiente

manera:

$$m = \left\{ 1 / [1 - (\delta_a / \delta_w)] \right\} \dots \dots \dots (93)$$

$$\delta_w = [P_i^2 E (t/b)^2 k] / [12 (1 - \nu^2)] \dots \dots \dots (94)$$

En el que el factor de placa "k", depende de las condiciones de apoyo, y viene dado por los siguientes valores:

Caso 1: Todos los lados empotrados:

$$k = 4 (a^2/b^2) + 4 (b^2/a^2) + 8/3 \dots \dots \dots (95)$$

Caso 2: Todos los lados apoyados simplemente:

$$k = (a^2/b^2) + (b^2/a^2) + 2 \dots \dots \dots (96)$$

Caso 3: Lados cargados (b) empotrados, lados largos (a) apoyados simplemente:

$$k = (3/4) * (a^2/b^2) + 4 (b^2/a^2) + 1 \dots \dots \dots (97)$$

Caso 4: Lados b apoyadas simplemente, lados a empotrados:

$$k = (16/3) * (a^2/b^2) + (b^2/a^2) + (8/3) \dots \dots \dots (98)$$

Para nuestros cálculos, escogeremos el caso 3, ya que consideramos que en el fondo, las varengas tienen suficiente rigidez; como para considerar que la plancha está empotrada en ellas, asumimos que las planchas están apoyadas en los refuerzos longitudinales, por su menor módulo.

Bleich (5), nos indica las siguientes limitaciones en la aplicación de las fórmulas anteriores:

La máxima deflexión calculada, debe ser menor que $t/2$, donde t es el espesor de plancha.

El esfuerzo compresivo longitudinal σ_A , debe ser menor que el límite proporcional del material.

El esfuerzo compresivo longitudinal σ_A , debe ser menor que el esfuerzo crítico σ_c , al pandeo de la placa.

En el caso que w/t , sea mayor que 0.6 y menor a 0.8, el factor m de las fórmulas, debe ser reemplazado por $0.9m$.

Como la recomienda Bleich, realizaremos por separado, el cálculo de la estabilidad al pandeo de las planchas, y luego el cálculo incluyendo las cargas hidrostáticas.

En un buque, en las condiciones de quebranto, los esfuerzos que se producen, son de tensión en la cubierta, y compresión en el fondo, por lo que los valores de σ_A , que escogeremos para los cálculos, serán en estas condiciones de ola.

Puesto que conocemos los momentos flectores máximos, inercia en la maestra, distancia del fondo al eje

neutro, obtenemos los esfuerzos compresivos en el fondo, ya sea en la sección media, como en los cuartos de eslora.

Todos estos cálculos se presentan en el apéndice # C.

ESTABILIDAD AL FANDEO DE MAMPAROS.

Para los mamparas longitudinales, seguiremos el mismo criterio seguido con el costado. También consideraremos la influencia de las cargas hidrostáticas, igual razonamiento para los mamparos transversales. Ver apéndice # C.

ESTABILIDAD AL PANDEO DE VAGRAS, BULARCAMAS, VARENGAS, BARRIOS REFORZADOS Y ESLORAS REFORZADAS.

Estos refuerzos, están diseñados a soportar grandes cargas, por lo que sus módulos seccionales, por lo tanto, son grandes. Ellos trabajarán mayormente a la flexión. El diseño de estos elementos, les permitirán soportar las cargas con la seguridad prevista, pero es muy probable que se presente una inestabilidad, de tipo local.

La inestabilidad que se puede presentar, es a causa

que ciertas partes, de estos estructurales, tienen un espesor pequeño, par ahorro de peso, lo cual podria causar que todo el estructural falle, aún antes que como un todo alcance su máxima carga de trabajo; especial atención se presta a la estabilidad del alma de perfiles altos.

El alma de un perfil alto, puede estar sometido a cargas cortantes puras, flexión pura, una combinación de las dos anteriores, y por último a cargas normales que actúen sobre ella.

Eleich (5), Arkenbout (4), hacen un estudio fuerte de la estabilidad de almas de refuerzos, mientras que Salmon (23), usa en una forma práctica, los resultados de los anteriores autores.

Resumiendo las fórmulas, para los esfuerzos críticos al pandeo de refuerzos, tenemos:

Para cargas normales en el refuerzo, el factor de placa viene dado por:

$$k_1 = 4(h/a)^2 + 2 \dots \dots \dots (99)$$

En la que:

h= altura del alma del refuerzo (cm)

a= separación de refuerzos verticales del alma (cm).

Para cortante pura:

$$k_2 = (3)^{(1/2)} [5.34 + 4(h/a)^2] \dots \dots \dots (100)$$

Para flexión pura:

$$k_3 = 24 ; \text{ para } (a/h) > (2/3) ; \dots \dots \dots (101)$$

$$k_3 = 24 + 73 [(2/3) - (a/h)]^2 ; \text{ para } (a/h) < (2/3) \dots \dots \dots (102)$$

Para combinación de cortante y flexión:

$$k_4 = 24K (B^2 + 3)^{(1/2)} [1/(1+B^2K^2)] \text{ (a/h)} \geq 1 \dots \dots (103)$$

$$K = (2/9) + (h^2/6a^2) \dots \dots \dots (104)$$

$$k_4 = 24K(B^2+3)^{(1/2)} [1/(1+B^2K^2)] \text{ (1/2)} \leq (a/h) \leq 1 \dots \dots (105)$$

$$K = (1/6) + 2[h^2/9a^2] \dots \dots \dots (106)$$

$$B = [\sigma_1/T_{xy}] \dots \dots \dots (107)$$

σ_1 = esfuerzo a compresión, por flexión pura, de la fibra *mar*; alejada del eje neutra del alma del refuerzo.

T_{xy} = Esfuerzo de corte calculado en el refuerzo como viga.

Tomando: $D' = \pi^2 E / 12(1 - \nu^2)$:

Y los respectivos esfuerzos críticos al pandeo, para cada caso aparece en la forma conocida:

Carga normal:

$$(\sigma_c / \sqrt{T}) = D' (t/h)^2 k_1 \text{ (kg/cm}^2) \dots \dots \dots (108)$$

Cortante puro:

$$T_c = [\delta_c / (B^2 + 3)] \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots \dots \dots (109)$$

$$(\delta_c / \sqrt{T}) = D' (t/h)^2 k_2$$

Flexión pura:

$$(\delta_{1c} / \sqrt{T}) = D' (t/h)^2 k_3 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots \dots \dots (110)$$

Flexión combinada con cortante:

$$(\delta_c / \sqrt{T}) = D' (t/h)^2 k_4$$

$$T_c = [\delta_c / (B^2 + 3)^{1/2}] \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots \dots \dots (111)$$

$$\delta_{1c} = B T_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots \dots \dots (112)$$

El procedimiento seguido, us simple, se calculan los esfuerzos en la vija, sometida a flexión, tanto las compresivos/tensión, como los cortantes.

Se calcula por separada los esfuerzos críticos al pandeo, por cortante pura, flexión pura y cargas normales, ya que éstas solo dependen de la geometría y condiciones de apoyo de la plancha. Luego se analiza los esfuerzos críticos, a cortante y flexion combinadas, aquí intervienen los esfuerzos, de flexión y cortante, calculados como vija.

Nótese que en el apendice # D, se presentan estos cálculos, para los principales estructurales del

En la que:

l = largo total del panel (cm)

b = ancho total del panel (cm)

t = espesor del planchaje del panel (cm)

n = numero de refuerzos longitudinales.

I = inercia propia de cada refuerzo longitudinal

$$D = \left[\frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \right]$$

E = 2100000 (kg/cm²), módulo de Young! del acero.

ν = 0.3, coeficiente de Poisson.

Analizaremos la estabilidad de los siguientes paneles, que son importantes:

Panel del fondo, en tanques de carga, delimitado entre los dos mamparos longitudinales, y entre dos varengas consecutivas.

Panel en cubierta, delimitado entre los dos mamparos longitudinales, y entre dos baas consecutivos, zona de tanques de carga.

Puesto que todos los refuerzos longitudinales, no son iguales, por existir vagras, en el fondo, y esloras reforzadas, en la cubierta, introduciremos las siguientes cambios en la fórmula:

$$I(n+1) = n_1 I_1 + n_2 I_2$$

Siendo:

n_1 = # de refuerzos longitudinales pequeños

I_1 = Inercia propia de cada refuerzo longitudinal, respecto a su centroide, (cm^4)

n_2 = # de vagras o esloras, según sea el caso.

I_2 = Inercia propia de cada vagra o eslora, (cm^4).

Además:

$$a(n+1) = a_1 n_1 + a_2 n_2$$

Donde:

a_1 = área transversal de cada refuerzo longitudinal pequeño, (cm^2).

a_2 = área transversal de cada vagra o eslora, (cm^2).

La aplicación de esta fórmula, la presentamos en el apéndice # D.

3.5 CALCULO DE ESCANTILLONES DE ESTRUCTURALES DE PROA Y POPA, FUERA DE 0.4L.

En la sección 3.1, hemos dado los escantillones , de los principales estructurales y planchajes, localizados en proa y popa, fuera de los tanques de carga. Todos estos escantillones cumplen con los mínimos exigidos por la Casa Clasificadora ABS, por lo que no insistiremos en este tema, por considerar ya haberlo cubierto.

3. OPTIMIZACION DE LOS ESTANQUEONES DE CUBIERTA, FONDO, COSTADOS, MAMPAROS, ETC; EN BASE A RESULTADOS DE ESTABILIDAD A PANDEO, DE LAS DE CLASIFICACION Y REGULACIONES DE LA IMO.

Como primer paso, en esta sección, es la de hallar el módulo seccional, de los siguientes elementos, de los tanques de carga:

Varenga central y lateral, bao central y lateral, refuerzos horizontales y verticales de mamparos transversales.

Calcularemos nuevamente, el módulo seccional, de los refuerzos anteriores, puesto que corrimos los mamparos longitudinales, por razones de una mejor distribución de carga, lo que originó que las luces de los elementos transversales cambiasen, en los tanques centrales aumentaron, mientras que en los laterales disminuyeron.

Conservaremos los módulos originales de bulárcama y contrabulárcama, ya que estas dependen del puntal.

VARENGA CENTRAL.

La ABS (1), regla 22.27, pide:

$$Z=SM= 4.74chs1_b^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots \dots \dots (41)$$

En la que:

c= 1.15, cuando hay tres vagras.

h= 9.7 (m), puntal del buque.

s= 3(m), separación de transversales.

l_b= 6.08 (m), luz de la varenga, desde crujía, hasta la consola.

$$Z=SM= 4.74 * 1.15 * 9.7 * 3 * (6.08)^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$Z=SM= 5864 \text{ (cm}^3\text{)}.$$

Hagamos un ligero cálculo de resistencia, considerando el trama de varenga, entre dos vagras, la luz es de 3(m), consideranda empotramiento entre estos puntos, y con un cabezal de 9.70 (m), la carga que actuará en cada varenga es:

$$P= 0.1026 sH \text{ (kg/cm)} \dots \dots \dots (36)$$

En la que:

$$H= 9.70 \text{ (m)} \quad s= 300 \text{ (cm)} \quad P= 0.1026 * 9.70 * 300 \text{ (kg/cm)}$$

$$P= 298.57 \text{ (kg/cm)}$$

Si colocamos una escuadra de 68 cm en el mamparo; asumiendo empotramiento en la vagra de crujía, podemos utilizar coma momento flector, el promedio entre $PL^2/24$ y $PL^2/12 = PL^2/16$, la luz es de 675 (cm):

$$M= PL^2/16 \text{ (kg-cm)}$$

$$M = 298.57 \text{ (kg/cm)} * (675\text{cm})^2 / 16$$

$$M = 8502247 \text{ (kg-cm)}$$

Tomando como esfuerzo permisible $\delta_p = 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$, para elementos transversales, el módulo seccional es:

$$Z = M / \delta_p = 8502247 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$Z = 5988 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Ligeramente mayor que el requerido par la ABS.

VARENGA LATERAL:

La AES pide:

$$S = SM = 4.74shsl_b^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots \dots \dots (41)$$

En donde:

$c = 2.4$ para tanques laterales.

$h = 9.7$ (m) puntal del buque.

$s = 3$ (m), separación de transversales.

$l_b = 1.28$ (m), la mitad de la manga de un tanque lateral, se toma este valor, par sugerencia de ABS, ya que la luz real de la varenga es de 0.65 (m).

$$Z = SM = 4.74 * 2.4 * 9.7 * 3 * (1.28)^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$Z = SM = 542 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Calculemos ahora el módulo seccional, siguiendo el método anterior, en este caso, tomaremos la luz de la varenga coma el 70% del ancho del tanque, es decir $L = 0.7 * 2.55\text{(m)} = 1.705 \text{ (m)}$.

Puesto que la carga, que actúa sobre esta varenga es $P=298.57$ (kg/cm); asumiendo empotramiento de la varenga, en el costado y en el mamparo longitudinal, tenemos:

$$M = PL^2/12 = 298.57 \text{ (kg/cm)} * (170.5\text{cm})^2 / 12$$

$$M = 723292 \text{ (kg-cm)}$$

Y el módulo seccional es:

$$Z = M/\sigma_p = 723292 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$Z = 510 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Valor ligeramente menor que el requerido por ABS; tomaremos el valor de 600 (cm³).

BAD REFORZADO CENTRAL-

La ABS, pide:

$$Z = SM = 4.74chs l_b^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots \dots \dots (41)$$

En la que:

$$c = 2.5$$

$h = 2.4$ (m) distancia vertical, desde cubierta a un punto **situado** a 2.44 (m) sobre ella.

$l_b = 6.08$ (m), luz del bao, con respecto a crujía.

$s = 3$ (m) separación entre baos.

$$Z = SM = 4.74 * 2.51 * 2.41^3 * (6.08)^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$Z = SM = 3154 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Calculemos por separado el módulo requerido:

Asumiremos que actúa un cabezal hidrostático de 2.44(m), además de esto, para tomar en cuenta el peso de planchajes, longitudinales, peso propio, y equipos de cubierta, proponemos que tenga una carga equivalente a un cabezal hidrostático de 2(m).

s= 300(cm), espaciamiento entre baos.

Por lo que la carga en el bao es:

$$P = 0.1026sH \text{ (kg/cm)} = 0.1026 * 300 * (2.44 + 2) \text{ (kg/cm)}$$

$$P = 136.66 \text{ (kg/cm)}$$

Asumiendo empotramiento en el mamparo longitudinal y en la eslora central, tenemos:

$$M = PL^2/12 = 136.66 \text{ (kg/cm)} * (608 \text{ cm})^2/12$$

$$M = 4209995.43 \text{ (kg-cm)}.$$

Y el módulo seccional:

$$Z = M/\sigma_p = 4209995.43 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$Z = 2964 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Valor que está bien cerca al de la ABS, tomaremos como módulo seccional el valor de 3166 (cm³).

BAO LATERAL

La ABS pide:

$$Z = SM = 4.74chs1_b^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots \dots \dots (41)$$

En la que:

$c = 3.5$ (bao lateral).

$h = 2.44$ (m) cabezal hidrostático en cubierta.

$s = 3$ (m), espaciamiento entre baos.

$l_b = 1.28$ (m), escogido con similar razonamiento seguido en el cálculo de la varenga lateral.

$$SM=Z = 4.74 * 3.5 * 2.44 * 3 * (1.28)^2 = 199 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Calculemos por nuestro lado, el módulo seccional; la carga sobre el bao, es el mismo que el del bao central, solo cambia la luz, la cual la tomaremos como el 70% del ancho del tanque.

$$L = 0.7 * 2.55 \text{ (m)} = 1.705 \text{ (m)}$$

Asumiendo empotramiento en el mamparo longitudinal y en el costado, tenemos que el momento flector es:

$$M = PL^2/12 = 136.66 \text{ (kg/cm)} * (170.5 \text{ cm})^2/12 = 331069 \text{ (kg-cm)}$$

Y el módulo seccional:

$$Z = M/\sigma_p = 331069.45 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$Z = 233 \text{ (cm}^3\text{)}.$$

Valor mayor que el de la ABS, tomaremos como módulo seccional el valor de $Z = 200 \text{ (cm}^3\text{)}$.

REFUERZO HORIZONTAL SUPERIOR E INFERIOR, MAMPARO

TRANSVERSAL CENTRAL .

Nos ocurre un caso parecido, que en el cálculo del módulo de la varenga central, ya que la luz de estos refuerzos es muy grande, lo que lleva a escantillones elevados.

Proponemos, para disminuir la luz de estos refuerzos horizontales, instalar en el mamparo transversal central, dos refuerzos verticales adicionales; sus escantillones serán iguales a los del refuerzo vertical central.

Estos nuevos refuerzos verticales, estarán a 3(m) de la crujía, uno a cada banda.

Con estas condiciones, los refuerzos horizontales centrales, considerando que los nuevos refuerzos verticales, son lo suficientemente grandes, para considerarlos rígidos, tendrán suficiente rigidez en sus intersecciones, como para considerar empotramiento en sus intersecciones.

Apliquemos la regla 22.29.2 de ABS, para el cálculo del módulo seccional:

Refuerzo horizontal superior:

$$Z=SM= 7.9 \text{ chsl}^2 \text{ (cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(39)$$

En la que:

$c=1$, refuerzos horizontales en mamparos transversales.

$h= 6.14$ (m), distancia del refuerzo hasta un punto situado a 2.44 (m) sobre cubierta.

$s= 3$ (m) separación entre refuerzos horizontales.

$l= 3$ (m), distancia entre puntos de soporte.

$$Z=SM= 7.9 * l * h * s * (3)^2 \text{ (cm}^3\text{)} = 1320 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Refuerzo horizontal inferior:

$c=1$

$h= 9.14$ (m)

$s= 3$ (m)

$l= 3$ (m)

$$Z=SM= 7.9 * l * h * s * (3)^2 \text{ (cm}^3\text{)} = 1960 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Para realizar nuestros cálculos, seguiremos el siguiente razonamiento; sobre el refuerzo horizontal actúa una presión hidrostática, correspondiente al cabezal, medido desde ese punto hasta 2.44 (m) sobre cubierta. El ancho de carga, que soporta el refuerzo, lo tomamos como 1/3 del puntal del buque, criterio seguido por Ir G de Rooij (22).

De lo anterior, la carga uniforme, que actúa sobre el refuerzo horizontal superior es:

$$H= 6.14 \text{ (m)} \quad D= 9.7 \text{ (m)} \quad s=D/3$$

$$P_1= 0.1026 * s * H = 0.1026 * (970/3) * 6.14 \text{ (kg/cm)}$$

$$P_1= 203.7 \text{ (kg/cm)}$$

Y la carga, que actúa sobre el refuerzo inferior es:

$$P_2 = 0.1026sH = 0.1026 * (970/3) * 9.14 \text{ (kg/cm)}$$

$$P_2 = 303.22 \text{ (kg/cm)}$$

Asumiendo empotramiento, en las intersecciones con los perfiles verticales reforzados, y en los mamparos longitudinales, tomamos una luz de 3.75(m), los momentos flectores, para cada refuerzo, son:

$$M_1 = P_1 L^2 / 12 = 203.7 \text{ (kg/cm)} * (375\text{cm})^2 / 12$$

$$M_1 = 2387109.38 \text{ (kg-cm)}$$

$$M_2 = P_2 L^2 / 12 = 303.22 \text{ (kg/cm)} * (375\text{cm})^2 / 12$$

$$M_2 = 3553359.38 \text{ (kg-cm)}$$

Y los respectivos módulos seccionales:

$$Z_1 = M_1 / \sigma_p = 2387109.38 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$Z_1 = 1681 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$Z_2 = M_2 / \sigma_p = 3553359.38 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$Z_2 = 2502.37 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Valores mayores que las solicitados por ABS; adaptaremos las siguientes módulos seccionales:

Refuerzo horizontal superior, $Z = 1320 \text{ (cm}^3\text{)}$

Refuerzo horizontal inferior, $Z = 1960 \text{ (cm}^3\text{)}$

REFUERZOS HORIZONTALES DE MAMPARO TRANSVERSAL LATERAL .

Los cálculos para estos refuerzos, superior e inferior, en lo que respecta a la ABS, son los mismos que para los del mamparo central, solamente varía la luz; puesto que el ancho del tanque es pequeño, no hay necesidad de introducir perfiles verticales reforrados.

El ancho del tanque de carya es de 2.55 (m), tomaremos como luz de estos refuerzos horizontales, el valor de 2.04 (m), así que los módulos serán:

Refuerzo horizontal superior:

$$Z=SM= 7.9chs^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(39)$$

$$c=1$$

$$h= 6.14 \text{ (m)}$$

$$s= 3 \text{ (m)}$$

$$l= 2.04 \text{ (m)}$$

$$Z=SM= 7.9 \cdot 1 \cdot 6.14 \cdot 3 \cdot (2.04)^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$Z=SM= 606 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Refuerzo horizontal inferior; cambia solo h:

$$h= 9.14 \text{ (m)}$$

$$Z=SM= 7.9 \cdot 1 \cdot 9.14 \cdot 3 \cdot (2.04)^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$Z= SM= 902 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Para nuestros cálculos, tomaremos como luz el ancho del tanque de carga, las cargas son las mismas que para los refuerzos del mamparo central:

$$M_1= P_1L^2/12= 203.7 \text{ (kg/cm)} \cdot (255 \text{ cm})^2/12$$



$$M_1 = 1103799.38 \text{ (kg-cm)}$$

$$M_2 = P_2 L^2 / 12 = 303.22 \text{ (kg/cm)} * (255\text{cm})^2 / 12$$

$$M_2 = 1643073.38 \text{ (kg-cm)}$$

Y los módulos seccionales:

$$Z_1 = M_1 / \sigma_p = 1103799.38 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 777 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$Z_2 = M_2 / \sigma_p = 1643073.38 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 1157 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Valores mayores que los de ABS. Sugerimos adoptar los siguientes módulos, para los refuerzos horizontales de mamparo transversal lateral:

Refuerzo horizontal superior; $Z = 690 \text{ (cm}^3\text{)}$

Refuerzo horizontal inferior; $Z = 968 \text{ (cm}^3\text{)}$

PERFILES REFORZADOS VERTICALES EN MAMPARO TRANSVERSAL CENTRO.

La ABS pide:

$$Z = SM = 7.9chs^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (39)$$

En la que:

$c=1$, refuerzos verticales en mamparos transversales.

$h = 7.29 \text{ (m)}$, distancia desde la mitad del refuerzo, a un punto situado a 2.44(m) de cubierta.

$s = 3\text{(m)}$, separación de refuerzos.

$l = 3\text{(m)}$ longitud entre puntos de soporte.

$$Z = SM = 7.9 * 1 * 7.298 * 3 * (3)^2 \text{ (cm}^3\text{)} = 1555 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Para nuestros cálculos, tomaremos el tramo de refuerzo, entre el fondo y la intersección con el refuerzo horizontal inferior, por soportar las mayores condiciones de carga.

El ancho de carga, del tramo mencionado, lo tomaremos igual al espaciamiento entre ellos, 3(m).

La carga que actúa, es del tipo trapezoidal, y sus respectivas cargas unitarias son:

Extremo superior:

$$H_1 = 9.14 \text{ (m)} \quad S = 300 \text{ (cm)}$$

$$Q_1 = 0.1026SH_1 = 0.1026 \cdot 300 \cdot 9.14 \text{ (kg/cm)}$$

$$Q_1 = 281.33 \text{ (kg/cm)}$$

Extremo inferior (fondo):

$$H_2 = 12.14 \text{ (m)}$$

$$Q_2 = 0.1026SH_2 = 0.1026 \cdot 300 \cdot 12.14 \text{ (kg/cm)}$$

$$Q_2 = 373.67 \text{ (kg/cm)}$$

Esta carga trapezoidal la dividimos en:

Carga uniforme:

$$F_1 = 281.33 \text{ (kg/cm)}$$

Carga triangular:

$$F_2 = Q_2 - Q_1 = 92.34 \text{ (kg/cm)}$$

La luz del tramo es $L = 300 \text{ (cm)}$, los respectivos momentos flectores, para cada carga son:

Carga uniforme:

$$M_1 = P_1 L^2 / 12 = 281.33 \text{ (kg/cm)} * (300\text{cm})^2 / 12$$

$$M_1 = 2109975 \text{ (kg-cm)}$$

Carga triangular:

$$M_2 = (1/2) P_2 L^2 / 10 = (1/2) 92.34 \text{ (kg/cm)} * (300\text{cm})^2 / 10$$

$$M_2 = 415530 \text{ (kg-cm)}$$

El momento flector de la carga trapezoidal, es:

$$M = M_1 + M_2 = 2109975 + 415530 = 2525505 \text{ (kg-cm)}$$

Y el módulo seccional es:

$$Z = M / \sigma_p = 2525505 \text{ (kg-cm)} / 1420 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$Z = 1779 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Mayor que el requerida por ABS, proponemos, para estos tres refuerzos, el siguiente módulo seccional:

$$Z = 1600 \text{ (cm}^3\text{)}$$

ANCHO EFECTIVO DE PLANCHAJE.

Puesto que hemos corregido, los módulos seccionales, de aquellos estructurales, afectados por el corrimiento de los mamparos longitudinales, debemos dedicar atención a un tema, del cual ya hemos hablado brevemente, pero, que es necesario profundizar mas, par su influencia en los cálculos.

En un panel de planchaje + refuerzos, sometido a cualquier tipo de cargas, los esfuerzos causados por

éstas, son soportados por los refuerzos; pero, en realidad, una porción del planchaje, cercano al refuerzo, participa con su inercia en el módulo resistente del refuerzo. A esa porción de planchaje, se da el nombre de "ancho efectivo de planchaje", o simplemente "ancho efectivo", existiendo bastante literatura, que cubre este tema, de por sí importante e interesante.

Todos los módulos seccionales, hasta aquí calculados, incluyen el ancho efectivo.

Pero, debemos diferenciar entre dos casos de ancho efectiva. Existe un ancho efectiva, el cual es aplicable en paneles bajo flexión pura, por lo que es un problema de elasticidad; mientras que la anchura efectiva, aparece en paneles sometidas a pandeo por encima del límite elástico del material; en este estado, debido a condiciones de restricciones en los lados, se produce una redistribución de esfuerzos en el planchaje, a la proporción, en la que se redistribuyen los esfuerzos se la conoce con el nombre de anchura efectiva, y es un problema de estabilidad.

Puesto que la mayoría de los paneles de nuestro buque, están de una u otra forma, sometidas a cargas de flexión, es preciso determinar el ancho efectivo, para

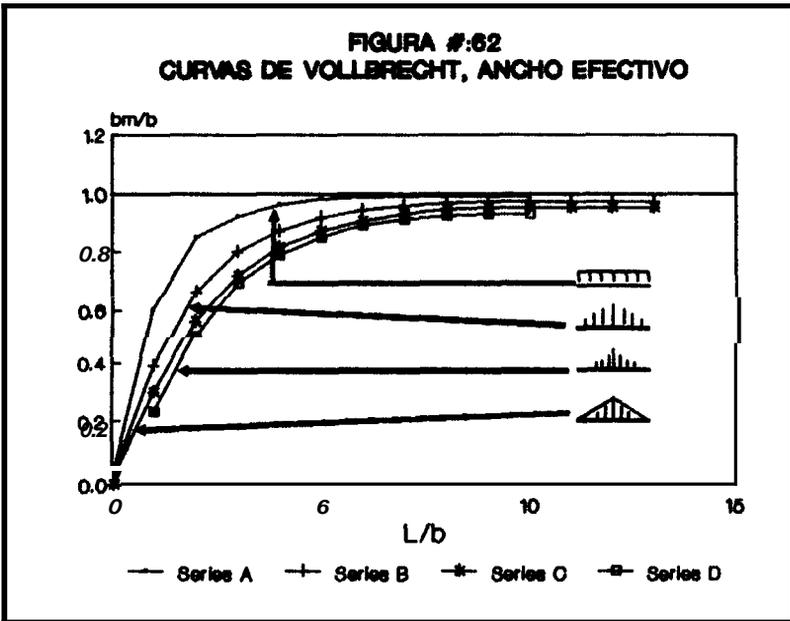
cada uno de los principales refuerzos, ya que de su valor dependerán los escantillones de tales refuerzos. Utilizando Arkenbout (4), sacamos la figura #62, diseñada por Vollbrecht, la cual plotea valores de (L/b) versus (b_m/b) , en la que L , es la longitud entre dos puntos consecutivos, en un panel, con momentos flectores nulos, b es el espaciamiento entre refuerzos, y b_m es el ancho efectivo de la plancha.

Analizando la figura, notamos que existen cuatro formas de distribución de momentos flectores; uniforme, parabólico, triangular y casi triangular, creemos que la mejor que se ajusta, a la mayoría de nuestros cálculos, es la distribución parabólica.

Puesto que en la mayoría de los casos, se conoce b , y escogiendo la curva de momentos parabólica, la clave de nuestros cálculos, será la de hallar la distancia entre los puntos de momento nulo.

Los elementos tales como vagras, longitudinales de fondo, costado y mamparos longitudinales, además de las esloras de cubierta, tienen las siguientes características:

La luz es de 3 (m), es decir la separación entre cuadernas, en tanques de carga.



Sobre ellas actúan cargas uniformes de flexión, la mayoría causadas por la presión hidrostática, se asume además empotramiento en las intersecciones con las cuadernas.

Para una viga de luz L , empotrada en los extremos, y sometida a una carga uniforme, el momento flector viene dado por la expresión de la referencia (9):

$$M_x = (Pl/2) \left[\left(\frac{1}{6} \right) - \left(\frac{x}{l} \right) + \left(\frac{x^2}{l^2} \right) \right] \dots \dots \dots (114)$$

Siendo:

l = luz de la viga.

P = ql , carga total en la viga

q = carga por unidad de longitud, uniforme.

x = distancia del punto en estudio, tomado desde cualquiera de los extremos como origen.

Los valores mas importantes de momenta son:

En los extremos: $M = Pl/12$

En el centro de la viga: $M = Pl/24$

Puesto que nuestro interés, es el de saber, en que puntos el momento flector se anula, realizando los cálculos adecuados, tenemos que:

$$x_1 = 0.211 \quad x_2 = 0.791$$

$L = 0.581$. Distancia entre puntos de momento nulo.

Haciendo $l = 3(m)$

$$x_1 = 0.63 (m) \quad x_2 = 2.37 (m)$$

$$L = 2.37 (m) - 0.63 (m) = 1.74 (m)$$

Recordando que la separación entre refuerzos es $b = 0.75 (m)$, la relacion $(L/b) = 1.74(m)/0.75 (m) = 2.32$.

Con **este** valor, hallamos en la figura #48, que el valor de b_m/b es 0.71, derjpejanda **b_m** , tenemos:

$$b_m = 0.71 * (0.75m)$$

$$b_m = 0.533 (m) = 53.3 (cm)$$

Valor que utilizaremos, al selecrianar los perfiles de los elementos longitudinales.

ANCHO EFECTIVO DE ELEMENTOS TRANSVERSALES.

Con igual raronamienta que el anterior, analiraremos cada uno de los siguientes elementos:

VARENGA DE TANQUE CENTRAL: Su espaciamiento es de 3 metros, distancia que tomaremos como luz, y empatramiento en todas sus intersecciones. La luz virtual (distancia entre puntos de momento nulo), es de 1.74 (m), por lo que la relación $L/b = 1.74(m)/3(m) = 0.58$, valor que nos lleva a un valor de $b_m/b = 0.28$, así el ancho efectiva es:

$$b_m = 0.28 (3 m) = 0.84 (m) = 84 (cm)$$

Existe además otra criterio, por cierto generalizado, en el cual se toma como ancho efectivo, igual a cuarenta veces el espesor del planchaje, ya que nuestro espesor de planchaje es de $t = 1.59 (cm)$, así:

$$b_m = 40 * 1.59 (cm) = 63.6 (cm)$$

Valor menor, por lo que nos quedamos con el obtenida de la curva de Vallbrecht de $b_m = 84 (cm)$.

BAO REFORZADO CENTRAL: Por tener similares condicianes de cálculo que la varenga central, adoptaremos el mismo ancho efectiva de $b_m = 84 (cm)$.

VARENGA Y BAO REFORZADO LATERAL: La luz de los refuerzos, es de 2.55 (m), con un espaciamento de 3 (m), la luz virtual de $L = 0.58 * 2.55 \text{ (m)} = 1.48 \text{ (m)}$, así que $L/b = 1.48 \text{ (m)} / 3 \text{ (m)} = 0.493$, yendo a las curvas de Vollbrecht, obtenemos $b_m/b = 0.25$; $b_m = 0.25 * 3 \text{ (m)} = 75 \text{ (cm)}$.

BULARCAMA Y CONTRABULAKCAMA: La luz de estos refuerzos es de 9.7 (m), la consideración es de empotramiento en el fondo y en la cubierta, espaciamento de 3 (m), asumimos además, que la curva de momentos flectores es de tipo parabólico.

La luz virtual es $L = 0.58 * 9.7 \text{ (m)} = 5.63 \text{ (m)}$, por lo que $L/b = 5.63 \text{ (m)} / 3 \text{ (m)} = 1.88$, de las curvas de Vollbrecht, obtenemos $b_m/b = 0.64$, así, $b_m = 0.64 * 3 \text{ (m)} = 1.92 \text{ (m)} = 192 \text{ (cm)}$.

REFUERZOS VERTICALES DE MAMPAROS TRANSVERSALES: Puesto que su espaciamento, es de 75 (cm), asumiendo empotramiento en sus intersecciones, podemos tomar como ancho efectivo $b_m = 53.3 \text{ (cm)}$.

REFUERZOS HORIZONTALES, MAMPARO TRANSVERSAL CENTRO: Por tener iguales condiciones que la varenga centro, adoptaremos su ancho efectivo, $b_m = 84 \text{ (cm)}$.

REFUERZOS HORIZONTALES, MAMPARO TRANSVERSAL LATERAL::
Adoptamos el ancho efectivo de la varenga lateral, $b_m = 75$ (cm).

De la anterior, nos damos cuenta de las ventajas, que nos proporciona el utilizar estructuras longitudinales, sobre las transversales; en las primeras, la participación del planchaje, asociado al refuerzo, es elevado, la que incide en ahorro de pesos.

EMPOTRAMIENTO DE REFUERZOS LONGITUDINALES.

La mayor parte de la estructura longitudinal, la hemos supuesto que está empotrada en los extremos; pero, en la práctica, como conseguimos que esta condición se cumpla; hemos analizado la curva de momentos flectores, de una viga, de luz L , sometida a una carga uniforme, y que tiene empotramiento en los extremos.

Los máximos momentos flectores, se dan precisamente en esos extremos, y vienen dados por la expresión:

$$M = PL^2/12 \text{ Siendo } P = QL$$

$Q =$ presión hidrostática.

Y el momento flector en el centro, $M = PL^2/24$.

Hovgaard (4), considera que un refuerzo, sometido a las condiciones anteriores, se lo puede considerar empotrado en los extremos, si se le añaden escuadras, en cada extremo, de forma tal que, uno de sus extremos coincida con el punto del refuerzo, en el que el momento flector valga $M = PL^2/24$, obviamente el otro extremo de la escuadra, estará en el extremo del refuerzo en el que el momento es $M = PL^2/12$.

Para la viga, de las condiciones anotadas, ya tenemos la ecuación de los momentos flectores, trabajando con ella, encontramos que los puntos, a más del centro, de la viga, en donde el momento flector vale $M = PL^2/24$ son:

$$x_1 = 0.09L \text{ y } x_2 = 0.91L$$

Lo que en otras palabras, la escuadra debe tener de lado el valor de $0.09L$, para efectos de un cálculo rápido, proponemos que el lado de la escuadra sea de $0.1L$, así:

$$L' = 0.1L \text{ (longitud de escuadra)}$$

Siendo L , la distancia entre varengas, o la luz del refuerzo longitudinal.

Nótese que, dentro de la luz no protegida por las escuadras, el máximo momento flector que soportará el refuerzo es de $M = PL^2/24$; mientras que, en el tramo reforzada por las escuadras, los momentos varían desde $PL^2/24$ hasta $PL^2/12$, los cuáles serán absorbidos por el conjunto refuerzo/escuadra.

ANALISIS DEL FONDO, COSTADOS, CUBIERTA, MAMPAROS Y SELECCION DE NUEVOS ESCANTILLONES, EN BASE A CALCULOS DE ESFUERZOS, REQUERIMIENTOS DE MODULO SECCIONAL, REGLAS DE ABS, Y DE ESTABILIDAD AL PANDEO.

Procederemos ahora a revisar los escantillones, estimadas preliminarmente, corregirlos de acuerdo a las reglas de clasificación, y necesidades estructurales.

Los máximos esfuerzos, en cubierta, en las condiciones de arrufo, tanto en la ola de ABS, como en la de PNA, fueron los siguientes:

ABS: 1460 (kg/cm²)

PNA: 1520 (kg/cm²)

Recordemos que la tensión admisible nominal, pedido por la ABS (1), regla 6.3.1, para flexión longitudinal es:

$$f_p = 1596 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Lo que quiere decir que estamos dentro de las especificaciones, de la Casa Clasificadora. Nos corresponde analizar **por** separado cada sección, tanto a los refuerzos como al planchaje.

ANALISIS DEL FONDO: Puesto que los espesores escogidos, cumplen con ABS, y el análisis de estabilidad al pandeo, nos dá valores aceptables, mantendrrmos los espesores originales, en todas las tracas, desde quilla hasta el pantoque.

Recordando que, los refuerzos longitudinales del fondo, escogidos al comienzo, fueron perfiles 9x4x3/4"; usando el nuevo valor de ancho efectivo, el módulo seccional del conjunto es de 631 (cm³).

Recordando que la regla de la ABS 22.29.1, nos dá la siguiente fórmula para estas refuerzos:

$$SM=Z= 7.9 \text{ chsl}^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots \dots \dots (39)$$

Donde:

c= 1.4 para refuerzos longitudinales del fondo.

$h=12.14$ (m), distancia del fondo a un punto situado a 2.44 (m) de cubierta.

$s= 0.75$ (m), espaciamiento entre longitudinales.

$l= 2.4$ (m), longitud entre puntos de soporte, entre pies de consola.

$$SM= 7.9 * 1.4 * 12.14 * 0.75 * 2.4^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$SM= 580 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Probando con un ángulo mas ligero, $9 \times 4 \times 1/2$ ", conseguimos un módulo de $458 \text{ (cm}^3\text{)}$, el cual no satisface nuestras necesidades. Nos quedamos con el perfil anterior de $9 \times 4 \times 3/4$ ", para longitudinales del fondo.

VAGRA CENTRAL Y LATERAL: revisando la regla 22.27.1 de ABS, el módulo seccional es:

$$Z=SM= 4.74 \text{ chsl}_b^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (41)$$

En la que:

$c=2$, para vagras.

$h= 9.7$ (m), puntal del buque.

$s= 3$ (m), ancho de área soportada.

$l_b= 3$ (m), luz del elemento, medido entre dos varengas.

$$Z=SM= 4.74 * 2 * 9.7 * 3 * 3^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$Z_{SM} = 2483 \text{ (cm}^3\text{)}$.

Tomaremos como módulo seccional $Z = 2500 \text{ (cm}^3\text{)}$.

La función primordial de estas vagras, a más de servir de apoyo a las varengas centrales, es la de soportar los esfuerzos, que se originan en el buque, al estar el buque en dique, ya que este se asentará en las tres vagras y en los mampararos longitudinales, en el sentido longitudinal, y en los mamparos transversales y varengas, en el sentido transversal.

Para el dimensionamiento de los estructurales reforzados, utilizaremos, en la mayoría de los casos, el espesor de 1.11 (cm), equivalente a un espesor comercial de $7/16$ ".

ANÁLISIS DEL COSTADO.

A más de los esfuerzos, de tensión/compresión, causados por los momentos flectores, se presentan los esfuerzos de corte, causados por las fuerzas cortantes, y sus máximos valores se dan en las cercanías de 1.05 cuartos de eslora.

La ABS (1), regla 6.3.3, establece que se debe dimensionar el espesor de los planchajes del fondo y/o

mamparos longitudinales, en una forma tal, que la tensión tangencial total nominal, por fuerza cortante, no debe ser mayor a 1065 (kg/cm²).

Revisando nuestros cálculos, notamos que el máximo esfuerzo, causado por las fuerzas cortantes, es de 860 (kg/cm²), en el eje neutro al costado.

Analicemos el esfuerzo al corte permisible, recomendada por la ABS.

Salmón (23), acepta el criterio de Huberton Mises, en el que se expresa, que el esfuerzo cortante a Ja fluencia, viene dado por la expresión:

$$T_v = \left\{ F_v / (3)^{(1/2)} \right\} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (115)$$

En la que:

F_v = Esfuerzo, al cual ocurre la fluencia del material; puesto que, los mayores esfuerzos ocurren, en zonas de nuestro buque, contruidos con acero dulce, este valor es de F_v = 2400 (kg/cm²).

$$T_v = \left\{ 2400 / (3)^{(1/2)} \right\} \text{ (kg/cm}^2\text{)}; T_v = 1385.64 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Puesto que el máximo esfuerzo cortante de trabajo,

sugerido por ABS, es de $T = 1065 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$, el coeficiente de seguridad respectivo es:

$$n = T_v/T = 1385.64 \text{ (kg/cm}^2\text{)} / 1065 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 1.3$$

Claro que el coeficiente de seguridad, aumentará, si lo comparamos con los esfuerzos cortantes de trabajo, calculados.

Al estudiar la estabilidad al pandeo, del costado, lo hemos realizado en las siguientes alternativas:

Pandeo a compresión pura, pantoque y cinta, en la cercanía de la sección media.

Pandeo a cortante puro, en los cuartos de eslora, cerca del eje neutro.

Pandeo, bajo cargas combinadas de cortante y compresión, en los cuartos de eslora, tracas de cinta y pantaque.

Recordando nuevamente, que la idea básica, es la de que los esfuerzos críticos al pandeo, estén en los siguientes valores:

Para el esfuerzo crítico al pandeo, por compresión

uniforme, su valor debe ser igual o superior al límite elástico del material, es preferible **que ese** esfuerzo se acerque lo mas posible al límite de fluencia; para el acero dulce el límite de fluencia es de 2400 (kg/cm²), y para el acero de alta tensión de 3200 (kg/cm²).

Para el esfuerzo crítico al pandeo, por cortante puro, el valor debe estar en la vecindad de $T_v = 0.5778v_y$, el cual, para el acero dulce es igual a 1385 (kg/cm²), y para el de alta tensión de 1846 (kg/cm²).

Para los esfuerzos críticos al pandeo, por compresión y cortante combinados, deben ser superiores a los esfuerzos de trabajo. Aunque de los resultados, se puede notar, que si la estabilidad al **pandeo**, de un panel, a compresión pura y cortante pura son buenas, la estabilidad al pandeo, de las dos cargas, de por sí ya está garantizado.

ANALISIS DE MAMPAROS.

El análisis es válido para los mamparos transversales y longitudinales, puesto que el dimensionamiento es similar.

Para **el** caso de los mamparos longitudinales, las

tracas superiores e inferiores, estarán sometidos a los esfuerzos que actúan en la traca de cinta y de pantoque, respectivamente. Sus tracas cerca del eje neutro, sufrirán solo torsión. En fin, todos los argumentos presentados en el análisis del costado, son válidos para el mamparo longitudinal, con la consideración de que los esfuerzos cortantes, son menores comparados con el costado. Analizando los resultados de los cálculos, notamos que ellos están dentro de los requerimientos ya previstos.

ANÁLISIS DE LA CUBIERTA.

Recordemos que en la cubierta, tenemos 20 esloras y 3 esloras reforzadas, con módulos seccionales de 153 y 730 (cm^3), respectivamente. Es de anotar que, las dimensiones de las esloras reforzadas cambiaron, por haberse corregido el ancho efectivo.

Puesto que la cubierta es la fibra más alejada del buque, y está sometida a altos esfuerzos compresivos y/o de tensión, es vital el analizar su estabilidad al pandeo. Recordando, los esfuerzos que se producen en cubierta, en condición de arrufo:

Arrufo ABS: 1410 (kg/cm^2)

Arrufo PNA: 1530 (kg/cm^2)

Analizando la estabilidad al pandeo, a compresión pura de los planchajes de cubierta, tenemos:

$\sigma_{cr} = 1892$ (kg/cm²) tracas centrales, acero dulce.

$\sigma_{cr} = 2997$ (kg/cm²) trancañil, acero alta tensión.

$\sigma_{cr} = 1975$ (kg/cm²), incluyendo refuerzos.

El último valor, corresponde al método de Mukle (16), en el que se incluye en el cálculo, los refuerzos longitudinales, valor que es ligeramente mayor que el encontrado para las tracas centrales.

Notamos que los esfuerzos por flexión, están en el límite seguro, pero, la estabilidad al pandeo de las tracas centrales de cubierta, están muy cercanas al límite elástico del material, por lo que proponemos incrementar el espesor de ellas a $t = 1.43$ (cm). Además de esto, y recordando que los perfiles usados en cubierta son ángulos de $6 \times 4 \times 3/8"$, para las esloras, y de T $30 \times 15 \times 1.11$ (cm), para las esloras reforzadas, proponemos usar como esloras, ángulos de $8 \times 4 \times 1/2"$, para normalizar un tanto en la construcción, los perfiles a usarse.

El peso unitario de los elementos longitudinales, en la primera alternativa, fue de 11.51 (ton), mientras que en esta nueva selección, con las correcciones de ancho efectivo, es de 12.09 (ton/m) y el módulo

seccional de 45695 (cm²-m).

Obviamente, los esfuerzos en cubierta disminuyen, ya que aumentó el módulo seccional, lo que nos preocupa ahora son los pesos de la estructura.

De los cálculos, tenemos que los pesos de los anillos y mamparos transversales, ya corregidas son:

peso de anillo : 8.01 (ton)

Peso mamparo transversal: 27.7 (tan)

Sabemos que existen 21 anillos y 11 mamparos trasnversales, por lo que el peso total de los elementas transversales es:

Peso de anillos : 21* 8.01 (ton) = 168.2 (ton).

Peso mamparos: 11*27.7 (ken)= -304.7 (ton)

Peso elementos transversales: 472.9 (ton)

Dividiendo el valor anterior? para 88.5 (m), que es la longitud de tanques de carga (incluyendo cofferdams), nos dá el peso unitario de elementos transversales:

Peso elementos transversales= 472.9 (ton)/88.5 (m)

. = 5.34 (ton/m)

Y el peso unitario en tanques de carga es:

peso elementos longitudinales: 12.09 (ton/m)

peso elementos transversales: 5.34 (ton/m)

• Peso unitario en tanques de carga: 17.43 (ton/m)

Valor comparado con los 17.78 (ton/m), calculado en la primera etapa, representa una disminución de 2.0% en peso.

Notamos que la variación de pesos, par estructurales del buque, ha variado, en forma global, ligeramente, lo que no amerita una nueva ronda de cálculos, puesto que al ser la variación muy pequeña, los momentos y cartantes tambien lo serán.

Para efectos de comparación, presentaremos los pesos de los anillos, mamparos transversales y peso unitario de elementos longitudinales, de las don; tentativas realizadas:

CUADRO # 48: COMPARACION DE PESOS, ALTERNATIVAS 1 Y 2.

ELEMENTO	Tentativa #1	Tentativa #2
Anillo_____	8.1 (ton)	8.01 (ton)
Mamparo transversal_____	34.7 (ton)	27.70 (ton)
El. longitudinales_____	11.51 (ton/m)	12.09 (ton/m)

Del cuadro se desprende, que ha existido una redistribución de pesos, optimizandose los elementos transversales, y se ha corregido deficiencias de los elementos longitudinales.

Queremos ahora verificar, si los momentos flectores calculados, están dentro de los normales, para este tipo de buques.

Arkenbout (4), se refiere a un momento flector longitudinal standard, el cual viene dado por la expresión:

$$M = \text{despl} * L / 35 \dots \dots \dots (116)$$

En la que:

Desplazamiento= 14542 (ton)

L= 131.1 (m), eslora de calculo

$$M = 1.4542 \text{ ton} * 1.31.1 \text{ m} / 35$$

M= 54470 (ton-m).

Paris Genalis (12), nos presenta una tabla de los máximos momentos flectores, para tanqueros, escogemos de esa tabla, una de las siguientes características:

L= 442', B= 64', d= 28.33', D=34.83', Despl= 16970 (ton).

Nuestro buque tiene las siguientes características:

L= 430', B=61', d= 25.4', D= 31.8',Despl= 14542 (ton).

Claramente vemos que nuestro buque es menor, pero está muy cerca. La tabla nos entrega el siguiente momento flector máximo: M= 182000 (ton-pie)= 61036 (ton-m).

La tabla también nos dá el coeficiente C, el cual se puede usar en la fórmula:

$$M = \text{[despl} \times L] / C \dots \dots \dots (117)$$

Interpolando el valor de C, con respecto a la eslora, tenemos que:

$$C = 41.39$$

$$M = : 14542 \text{ ton} \times 430' : / 41.39$$

$$M = 151076 \text{ (ton-pie)} = 50666 \text{ (ton-m)}$$

Según la ABS, el máximo flector es M= 65191 (tan-m)

CUADRO # 49: COMPARACION DE MOMENTOS FLECTORES MAXIMOS.

AUTOR	MOMENTO MAXIMO
-------	----------------

ABS _____	65191 (ton-m)
-----------	---------------

Arkenbout _____	54470 (ton-m)
-----------------	---------------

Genalis(cuadro)_____	61036 (ton-m)
Genalis (formula)_____	50666 (ton-m)
Autor, arrufo PNA_____	62898 (ton-m)
Autor, arrufo ABS_____	58234 (ton-m)

Notamos que nuestros valores, están bien cercanos a los requeridos por los distintos autores, (están par debajo), lo cual nos indica que nuestros cálculos, están con el procedimiento correcto,

Utilizando el momento flector de la ABS, los esfuerzos en la cubierta serán:

$$\sigma = M/Z = 65191 \text{ (ton-m)}/47270 \text{ (cm}^2\text{-m)}$$

$$\sigma = 1.38 \text{ (ton/cm}^2\text{)}.$$

Valor excelente, ya que está par debajo del recomendada par ABS, (1.6 ton/cm²).

Se podría disminuir el módulo seccional, para ahorrar pesos, pera en que partes hacerla, es objeto de otro análisis.

De todo la expuesto, podemos disminuir los momentos flectores longitudinales, con un reacomodo de pesos, tanto de carga, estructurales, servicios, etc.

Nosotras nos hemos encargado de presentar a consideración, la disposición estructural del buque, de forma tal que se acerque la mas posible a sus escantillones definitivos.

Existen áreas, cuyo trabajo debe darse a Ingenieros especializados en ellas, tales coma pesos de maquinarias y servicios, acomodaciones, propulsion, etc, los cuales se complementen con el estructuralista en el diseño total del buque.

El autor de esta Tesis, cree conveniente, en este punto, dar por terminado el trabajo, por la expuesto en el párrafo anterior, en beneficio de la extensión de ella, además de haberse cubierto la; principales objetivos de la misma.

CAPITULO # 4

DISTRIBUCION GENERAL DEFINITIVA

4.1 ESCANTILLONES DEFINITIVOS DE CUBIERTA, FONDO, COSTADOS, MAMPAROS, CUADERNAS Y DEMAS ESTRUCTURALES. ESPECIFICACIONES DE PLANCHAS Y ESTRUCTURALES.

En los cálculos, del capítulo anterior, obtuvimos un módulo seccional, el cual es bastante aceptable, puesto que los esfuerzos, de tensión/compresión, así como los cortantes, están por debajo de los máximos permitidos **par** la Casa Clasificadora ABS.

Ajustaremos lo siguiente: El perfil **que** utilizamos, en el refuerzo de casco L13, es un ángulo de 8x4x5/16", lo vamos a reemplazar por un ángulo de 8x4x1/2", la razón es de normalizar la utilización de ángulos en la construcción. Recuérdese que, mientras menos variedad *de escantillones de refuerzos y planchajes existe, mas* barato resulta su adquisición, a la par que disminuyen

los riesgos de confusiones en su uso.

El nuevo módulo seccional, varía imperceptiblemente, y se lo presenta en el apéndice # E.

Este cuadro, nos presenta los escantillones definitivos del buque. Y los llamamos definitivas, en relación al desarrollo de la presente Tesis, puesto que ellos son el **objetiva** final de nuestro desarrollo.

Como ya se dijo anteriormente, el diseño de un buque, es el trabajo organizada de un grupo de especialistas, en las áreas de diseño, propulsión, estructuras, hidrodinámica, etc. Trabajo que luego de varias tentativas de optimización, nos lleva finalmente al diseño final del buque.

Queremos decir con esto, que las escantillones par nosotros presentados, deben ser revisados, varias veces, en base al trabajo de otras Areas de diseño. Creemos que los escantillanes;, aquí calculados, están lo suficientemente cercanos a los definitivas, como para tenerles la debida confianza. Obviamente, cada elemento estructural, deberá ser analizado mas minuciosamente, y calcularse los momentos y esfuerzos, en una forma mas exacta. De manera similar, la distribución de pesos, en la siguiente vuelta de la

espiral de diseño, será mas real, ya que se deberá incluir, no solamente los pesos correctos, sino la posición, de todas y cada uno de los equipos y maquinarias del buque.

ESPECIFICACIONES DE PLANCHAJES Y PERFILES.

Como un recuento general, podemos decir que usaremos las siguientes especificaciones de aceros:

CUADRO # 50: ESPECIFICACIONES DE ACERO PARA PLANCHAJES.

ELEMENTO	ACERO (grado)
Traca K, pantoque (fondo)	A
Cinta (costado)	A
Trancanil (cubierta)	A
Tracas fondo (intermedias)	B
Tracas cubierta (intermedias)	B
Tracas costado (intermedias)	B
Tracas, mamparos	A
perfiles	A
Planchas(confección refuerzos)	A

Los grados que se mencionan en el cuadro, son con respecto a la clasificación de la AHS.

Cuadro # 51

Especificaciones de estructurales

ELEMENTOS LONGITUDINALES

ELEMENTO ESTRUCTURAL	dimension
Refuerzo casco L1 a L3	ang 9x4x3/4"
Vagras	T60x25x1.11cm
Refuerzo casco L5..L12	ang 9x4x3/4"
Refuerzo casco L13..L18	ang 8x4x1/2"
Refuerzo casco L19..L23	ang 6x4x1/2"
Refuerzos cubierta LC1 a LC11	ang 8x4x1/2"
Ref naap longitud LL1..LL6	ang 8x4x5/8"
Ref rarp longitud LL7..LL12	ang 7x4x1/2"
Eslorar reforzadas	T30x15x1.11cm
Traca K de quilla	pl 240x1.91cm
Traca A fondo	pl 250x1.59cm
Traca B fondo	pl 250x1.59cm
Traca C fondo	pl 200x1.59cm
Traca D pantoque	pl 250x1.59cm
Traca E costado	pl 150x1.43cm
Traca F costado	pl 150x1.43cm
Traca 6 costado	pl 120x1.43cm
Traca 7 costado	pl 120x1.43cm
Traca J costado	pl 120x1.43cm
Traca L cinta	pl 150x1.59cm
Traca A sarparo longitud	pl 250x1.43cm
Traca B aarparo longitud	pl 150x1.27cm
Traca C rarparo longitud	pl 150x1.27cm
Traca D sarparo longitud	pl 150x1.27cm
Traca E rarparo longitud	pl 150x1.27cm
Traca F naaparo longitud	pl 120x1.43cm
Traca A cubierta x 1/2	pl 120x1.43cm
Tracas B+C+D+E cubierta	pl 640x1.43cm
Traca F cubierta	pl 230x1.59cm

Cuadro #52

Especificaciones de estructurales

Elerentos transversales

ELEMENTO	DIMENSION
Varenga central	T97x30x1.11cm
Varenga lateral	T28x14x1.11cr
bularcaralcon trabularcara	T90x42x1.11cr
bao central	T60x32x1.11cs
bao lateral	T25x13x1.11cs
Traca A, Harp. Transv,	pl 250x1.43cm
Traca B, ramp. Transv.	pl 150x1.27cm
Traca C, rasp. Transv	pl 150x1.27cm
Traca D, saap. Transv.	pl 150x1.27cm
Traca D, ramp. Transv.	pl 150x1.27cm
Traca E, rasp. Transv.	pl 150x1.27cm
Traca F, ramp. Transv	pl 120x1.27cm
Ref verticales	ang 8x4x1/2"
Perfiles verticales reforzados	T51x18x1.11cr
Ref horizontal centro superior	L40x20x1.11cm
Ref horizontal centro inferior	L48x24x1.11cm
Ref horizontal lateral superior	L31x11x1.11ca
Ref horizontal lateral inferior	L34x16x1.11cm

Digamos que, las tracas peligrosas, (quilla, trancanil, cinta y pantoque) y los estructurales son de acero grado A, el resto del grado B.

4.2 SISTEMAS Y EQUIPOS ADICIONALES, REQUERIDOS POR SOLAS Y MARPOL.

En la referencia #3, tenemos un resumen actualizado, de las incidencias, y los equipos a necesitarse. En relación a los buques tanqueros de tráfico nacional de cabotaje; tenemos de diez a doce buques tanqueros de productos, de mas de 150 TRB, y menos de 20000 TPM,, solo uno cumple a cabalidad los requerimientos de MARPOL, y otro que se acerca bastante a ellos.

Los cuadros #53, y #54, son autoexplicativos:

CUADRO # 53

REQUERIMIENTOS OPERACIONALES Y DE CONSTRUCCION
DE ACUERDO A CONVENIO MARPOL 73/78
TIPO DE BUQUE: TANQUEROS DE PETROLEO

Grupos por edad: I Buques contratados antes del 31 Diciembre 1975 o entregados antes del 31 Diciembre 1979.
II Buques más nuevos que I más viejos que III
III Buques contratados después del 1º Junio 1979 o entregados después del 1º de Junio 1982.

Abreviaciones: TRB Toneladas de registro bruto
TPM Toneladas de peso muerto (métricas)

Requerimientos para	Edad	Hasta 150 TRB			20,000 TPM			40,000 TPM			Sobre 70,000 TPM		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Limpieza de tanques con retención abordo				R R R			R R R			R H R			R R R
Tanques de residuos de tamaño mínimo				R R R			R R R			R R R			R R R
Descargas sobre la línea de agua				R R R			R R R			R R R			R R R
Toda el agua aceitosa descargada a tierra	R	R											
Lavado con crudo COW (D)							R	A	A	R			A R
Tanques lastre limpio (CBT)								A	A				A
Tanques lastre segregado (SBT)							a	A	A	R			A R R
Localización protegida de SBT							R		a				R
Limitación de tamaño de tanques de carga		B		B R			B	R		B R			B R
Monitor de polucion de agua de lastre				R R R			R R R			R R R			R R R
Monitor de polucion de agua de sentinas (C)							R R			R R			R R R
Detector de interfase				R R R									R R R
Seprador de agua de sentina				R R R									R R R
Drenaje de tuberías de carga										R R R			R R R
Libro de Registro de Hidrocarburos				R R R			R R R			R R R			R R R

Notas:

R) Requerimiento mandatorio

A) COW, CT y SBT son alternativas y se debe cumplir con una sola de éstas. CBT dejó de ser aplicable para tanqueros de crudos mayores de 70,000 DWT desde 1º Octubre 1983 y para mayormenores de 40,000 DWT será el 2 Octubre 1987.

B) Criterio aplicable: Contrato después de 1º Enero 1974 o entregados antes 1º Enero 1977

C) Aplicable para buques de más de 10,000 TRB.

D) Todo buque con COW requiere también sistema de gas inerte.

CUADRO # 54

REQUERIMIENTOS OPERACIONALES Y DE CONSTRUCCION
DE ACUERDO A CONVENIO MARPOL 73/78
APLICABLE A TODO TIPO DE BUQUE

Requerimiento para	Grupo y edad: I Buque contratado antes de 31 Diciembre 1975, o puesta de quilla antes de 30 Junio 1976 o entregado antes de 31 Diciembre 1979 ("Buque Existente") II Buque distinto a I ("Buque Nuevo")	Tamaño Edad	Hasta 400 TRB		400 4.000 TRB		4.000 10.000 TRB		10.000 TRB	
			I	II	I	II	I	II	I	II
Separación entre tanques de fuel oil y de lastre						R/A	R/A	R	R	
Separador agua sentinas 100 Pppm				R	R	R	R	R	R	
Separador agua sentinas 15 ppm								R	R	
Monitor de polución agua de sentinas								R	R	
Tanque de residuos o lodos (slops)				R	R	R	R	R	R	
Conexión internacional de descarga a tierra			R/B	R/B	R	R	R	R	R	R
Libro de Registro de Hidrocarburos			R/B	R/B	R	R	R	R	R	R
Certificado Internacional de Prevención de la Contaminación por Hidrocarburos (C)			R/B	R/B	R	R	R	R	R	R

Notas:

- R) Requerimiento mandatorio
- A) Aplicable también a tanqueros mayores que 500 TRB
- B) Aplicable también a tanqueros mayores que 150 TRB
- C) El Certificado IOPPC es obligatorio para todo buque.
Para buques en tráfico de cabotaje la Autoridad Marítima puede autorizar un Certificado Nacional diferente al Certificado Internacional, siempre que el buque no salga del país.

CONCLUSIONES.

- 1.- Es importante que el Ecuador se adhiera, y ponga en vigencia los convenios de MASRPOL, y de SOLAS. El primero ayudará a preservar, las riquezas marinas, contra los efectos de la contaminación. El segundo dará mayor seguridad a las tripulaciones, de los buques con bandera Ecuatoriana.
- 2.- El buque recomendado, para el transporte de derivados de petróleo, para cabotaje en aguas nacionales, se propone que esté en el rango de 2.5 a 3.0 millones de galones.
- 3.- El buque debe cumplir con las recomendaciones de MARPOL y SOLAS.
- 4.- El francobordo del buque viene determinado por las Reglas de la Conferencia Internacional sobre Líneas de Carga de 1966.
- 5.- La Casa Clasificadora, a la cual estará nuestro buque sujeto será la ABS.
- 6.- El buque tendrá (en el sentido longitudinal), 6 tanques de carga, un tanque para agua de lavado de tanques, y tres cofferdam.

- 7.- Se comprueba la longitud de los tanques de carga con la curva de esloras inundables.
- 8.- En cada tanque de carga, la resistencia transversal es cubierta por 3 anillos , instalados a distancias iguales.
- 9.- Instalaremos, en el sentido transversal, dos mamparos longitudinales, excéntricos a crujía; por lo que existirán tres tanques, a lo ancho de la manga del buque.
- 10.- Cuando un buque tiene dos mamparos longitudinales, necesariamente debe instalarse en crujía una vagra y una eslora reforzada, en el fondo y cubierta, respectivamente.
- 11.- Si la separación entre mamparos longitudinales es grande, se deberá instalar dos vagras y esloras reforzadas adicionales, una en cada banda.
- 12.- Los mamparos longitudinales, tendrán refuerzos del tipo horizontal, para que contribuyan en el módulo seccional del buque.
- 3.- Todo tanque de carga debe someterse a una prueba

hidrostática, en la que el cabezal de prueba es igual al puntal del tanque mas la altura del tubo de rebose, en nuestro caso esa altura adicional es de 2.44 (m).

- 14.- Los refuerzos de los mamparos transversales, serán del tipo vertical, para un mejor flujo de esfuerzos desde cubierta hasta el fondo.
- 15.- Para garantizar empotramiento en las intersecciones de los refuerzos longitudinales, se colocan escuadras de largo igual a $0.1L$, siendo L la luz de la viga.
- 16.- Todos los módulos seccionales, así como espesores de planchaje, cumplen con las reglas de la FIBS.
- 17.- Los módulos seccionales, calculados incluyen el ancho efectivo de plancha.
18. El ancho efectivo de plancha, es el aporte de inercia que hace la plancha, al conjunto refuerzo/plancha, cuando el panel se encuentra en flexión.
19. El ancho efectivo, depende de la relación de aspecto del panel y de la luz efectiva de la viga (distancia entre puntos de momento flector nulo).
- 20.- Los elementos longitudinales, tienen mejor

comportamiento, en referencia a ancho efectivo, que los elementos transversales.

21.- Para calcular el módulo seccional del buque, se incluyen todos aquellos elementos considerados continuos, por lo menos dentro de $0.4L$ de la sección media; se hacen descuentos, por agujeros en cubierta.

22.- Para el cálculo de esfuerzos, aplicamos la teoría buque-viga, con las correspondientes curvas de boyantez, pesos, cargas, cortantes y momentos flectores.

23.- Los casos extremos, de condición de buque en ola, se presentan en arrufo y quebranto.

24.- Para el caso de petroleros, los mayores esfuerzos se dan en la condición de arrufo.

25.- Los máximos esfuerzos, de tensión y compresión se dan en la cubierta, y luego en el fondo, por ser las fibras mas alejadas del buque.

26.- Los máximos esfuerzos por cortantes, se dan en las cercanías de los cuartos de eslora.

27.- Las zonas donde se presentan los mayores esfuerzos

son: para cargas compresivas o de tensión, la cubierta principal y el fondo (por ser las fibras mas alejadas del eje neutro), alcanzando sus máximos valores cerca de la sección media. Por lo que las tracas mas peligrosas son el trancañil (cubierta), cinta (costado), pantoque y quilla (fondo).

28.- Las zonas mas peligrosas, a esfuerzos por cortante son: tracas de trancañil, cinta y pantoque en menor grado; además de las tracas cerca del eje neutro, en los cuartos de eslora.

29.- En todas aquellas tracas sometidas a grandes esfuerzos de tensión/compresión y cortantes, se debe mejorar sus estabilidades al pandeo por aquellas cargas.

30.- En el fondo, las cargas hidrostáticas influyen en la estabilidad al pandeo por compresión y cortante.

31.- Las tracas de cinta, trancañil, pantoque y quilla, son de acero de alta tensión.

32.- Los perfiles de gran módulo seccional, deben confeccionarse al no existir en el mercado.

33.- Todo perfil, por ahorra de peso, es de sección lo mas económica posible.

- 34.- Todos los perfiles, reforzados, de gran altura de alma, deben controlarse su estabilidad a cargas normales, cargas compresivas, cortantes, a flexión y una combinación de flexión y cortante.
- 35.- Si un perfil tiene una buena estabilidad al pandeo, por compresión, por cortante, o flexión, separadamente, la estabilidad al pandeo por una combinación de ellos, también es buena.
- 36.- Los esfuerzos calculados, por flexión y cortante, están por debajo de los máximos permitidos por la casa Clasificadora ABS.
- 37.- Una optimización posterior, de los escantillones, dependerá del estudio más pormenorizado de los pesos de cada uno de los ítems del buque, lo cual implica el aporte de trabajo de otras áreas de la Ingeniería Naval.

RECOMENDACIONES.

- .- Se debe solicitar al armador, la mayor información posible, la cual será útil en el diseño; tal como capacidad de carga (o peso muerto); el tipo de producto; de ser petrolero de productos el número de

segregaciones a transportarse; restricciones de calado, si lo hubiere; velocidad; puertos de carga y descarga, rutas, etc.

- 2.- El buque recomendado, debe tener tres segregaciones, 10000 toneladas de peso muerto y una velocidad de 12.5 nudos.
- 3.- Al determinar las dimensiones del buque, para efectos de comprobación, se debe hacerlo por lo menos por dos o tres métodos, y así se puede escoger un promedio, si la variación de resultados no es mucha.
- 4.- Al seleccionar las dimensiones principales, usar el método sugerido por T Lamb, porque nos entrega los valores mas aproximados, en una primera tentativa.
- 5.- Escoger una casa Clasificadora, cuya área de influencia cubra nuestro País.
- 6.- Para buques petroleros, se recomienda el utilizar cuadernaje longitudinal.
- 7.- Usar el método de Arkenbout, para distribuir el número de tanques de carga. Comprobar este compartimentado con las curvas de eslora inundable de Shirokauer.

- 8.- Para el espaciamiento entre cuadernas, podemos usar el dado por la Casa Clasificadora. Podemos jugar con valores cercanos a este, para determinar cual nos conviene.
- 9.- La relación de aspecto , para el caso de tanqueros, varía entre 2 a 5, pero se recomienda usar 3 ó 4.
- 10.- Destinar un tanque para aguas de lavados de tanques.
- 11.- Destinar un número de cofferdams, igual al número de segregaciones; se considera como cofferdam el departamento de bombas.
- 12.- La posición original, para los mamparos longitudinales, puede ser a B/4 de crujía. Se puede mover despues a conveniencia.
- 13.- Reforzar los mamparos longitudinales con perfiles horizontales, para que estos contribuyan en el módulo seccional del buque.
- 14.- Los mamparos transversales, pueden tener refuerzos verticales u horizontales; recomendamos , por su mejor transmisión de esfuerzos.

- 15.- Se deben evitar las luces excesivas y los refuerzos, intercalados cuando sea necesario perfiles reforzados que sirvan como apoyo para disminuir las luces; con esto se disminuyen bastantes pesos.
- 16.- Para el cálculo preliminar de escantillones de los elementos longitudinales, recomendamos considerarlos como vigas empotradas en sus intersecciones con los elementos transversales.
- 17.- En el cálculo de escantillones, de los refuerzos longitudinales, recomendamos asumir que actúa sobre ellos una carga de distribución uniforme, equivalente a un cabezal hidrostático, medido desde un punto situado a $\frac{1}{4}$ (m) de la cubierta, hasta el punto donde está instalado el refuerzo.
- El ancho de carga, que actúa sobre un refuerzo, es igual a su espaciamiento. Para el caso de perfiles grandes, se puede tomar cuatro veces el valor anterior. Esto se aplica a refuerzos longitudinales y de mamparos.
- 19.- El ancho de carga, para los elementos del anillo, se toma igual a su espaciamiento.
- 20.- La distribución de carga, que actúa sobre bulárcamas,

contrabulárcamas y refuerzos verticales de mamparos transversales es de tipo trapezoidal.

21.- En el cálculo de escantillones, de refuerzos sometidos a cargas trapezoidales, estas se las puede descomponer en dos partes, una triangular y otra uniforme, y realizar el análisis por separado; al final se suman los resultados parciales.

22.- Colocar escuadras, en las intersecciones de refuerzos longitudinales con los transversales, de una longitud igual a $0.1L$, siendo L la luz del refuerzo; con esto se garantiza el empotramiento de la intersección.

23.- Al diseñar perfiles reforzados, a construirse, utilizar planchajes delgados, para ahorro de pesos, estudiar y evitar las deficiencias de estabilidad al pandeo por compresión, corte y flexión.

24.- Procurar que los esfuerzos críticos al pandeo, estén por encima del límite elástico del material, mientras mas cerca estén del punto de fluencia es mejor.

25.- Procurar que los esfuerzos de trabajo, por flexión, y cortante estén por debajo del máximo permitido por la Casa Clasificadora.

A F E N D I C E S

AFENDICE LA

C ALC 11-05

ATRIBUTOS DE CARENA

ESLORA INUNDABLE

PORCENTAJES DE SEMIMANGAS SEGUN DATA FORM
 CB=0.75 FORMA DE PROA:N2F75 FORMA DE POPA:N2A75
 B=SEMIMANGA EN LINEA DE DISEÑO= calado en linea de diseño

ESTAC	Od	0.1d	0.2d	0.3d	0.4d	0.5d	0.6d	0.7d	0.8d	0.9d	d	1.1d	1.2d	1.3d
0	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.21	0.37	0.47	0.54	0.60
112	0.03	0.07	0.10	0.12	0.15	0.20	0.26	0.33	0.42	0.53	0.63	0.70	0.76	0.80
1	0.03	0.21	0.27	0.32	0.38	0.44	0.51	0.58	0.65	0.73	0.79	0.84	0.88	0.91
2		0.56	0.65	0.72	0.77	0.82	0.87	0.91	0.94	0.96	0.98	0.99	1.00	1.00
3	-----	0.89	0.55	0.97	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	-----	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	-----	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6	-----	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
7	-----	0.93	0.58	0.59	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
8	0.03	0.67	0.76	0.81	0.84	0.86	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96
9	0.03	0.22	0.33	0.41	0.47	0.51	0.54	0.57	0.59	0.62	0.64	0.67	0.71	0.74
9.5	-----	-----	0.07	0.15	0.21	0.25	0.28	0.31	0.34	0.37	0.41	0.44	0.47	0.51
10	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.04	0.07	0.10	0.14

SEMIMANGAS DE LINEAS DE FORMA SEWN DATAFORH
 B/2 = 9.3 (M) EN LINEA AGUA DISEÑO
 d= 7.75 (M) EN LINEA DE AGUA DE DISEÑO

EST	LB	0.2d	0.4d	0.6d	0.8d	1.0d	1.2d
		1.55m	3.1m	4.65m	6.2m	7.75m	9.3m
0Ppr	--	--	--	--	--	0.330	0.930
112	--	0.650	1.910	2.600	3.160	3.770	4.370
1	0.025	3.070	4.370	5.020	5.500	5.950	6.560
2	0.025	7.020	7.810	8.180	8.460	8.650	8.840
3	--	9.070	9.250	9.300	9.300	9.300	9.300
4	--	9.300	9.300	9.300	9.300	9.300	9.300
5)0{	--	9.300	9.300	9.300	9.300	9.300	9.300
6	--	9.300	9.300	9.300	9.300	9.300	9.300
7	--	8.640	9.160	9.300	9.300	9.300	9.300
8	--	6.050	7.160	8.050	8.740	9.070	9.250
9	0.230	2.470	3.490	4.740	6.050	7.300	8.180

TABLA DE SEMIANGAS SEGUN PLANO DE FORMAS

Lpp = 131.1 (m) en LA5 de diseno
 B= 18.6 (m) en LA5 de diseno
 d= 7.75 (m) en LA5 de diseno
 Espaciamiento entre estaciones: 13.11 (m)

ESTAC	FONDD	LA1 d	LA2 d	LA3 d	LA4 d	LA5(d) d
0Pp	--	--	--	--	--	0.00
1/2	--	0.60	1.85	2.65	3.20	3.75
1	0.30	3.03	4.22	4.95	5.45	5.95
2	1.86	7.15	7.85	8.23	8.45	8.65
3	7.10	9.08	9.30	9.30	9.30	9.30
4	7.45	9.30	9.30	9.30	9.30	9.30
5)0{	5.45	9.30	9.30	9.30	9.30	9.30
6	7.45	9.30	9.30	9.30	9.30	9.30
7	6.10	8.63	9.20	9.05	9.30	9.30
8	1.20	5.93	7.20	8.10	8.70	9.02
9	0.70	2.70	3.70	4.80	6.25	7.50
9.5	0.20	0.85	1.50	2.40	4.00	5.80
10Pp	--	--	--	--	--	3.30

NOTA: todas los valores estan en metros;;

CALCULO DE ATRIBUTOS DE CARENA

LINEA DE AGUA #:1

CALADO (d) = 1.55 (M)

AREA PRINCIPAL, SIN APENDICES

ST.	Bf2 (m)	FI	F(Aw)	X	f(My)	X	f(Iy)	X^3	FI	f(Ix)
1	3.03	1.00	3.03	4.00	12.12	4.00	48.48	27.82	1.00	27.82
2	7.15	4.00	28.60	3.00	85.80	3.00	257.40	365.53	4.00	1462.10
3	9.08	2.00	18.16	2.00	36.32	2.00	72.64	748.61	2.00	1497.23
4	9.30	4.00	37.20	1.00	37.20	1.00	37.20	804.36	4.00	3217.43
5	9.30	2.00	18.60	0.00	0.00	0.00	0.00	804.36	2.00	1608.71
6	9.30	4.00	37.20	-1.00	-37.20	-1.00	37.20	804.36	4.00	3217.43
7	8.63	2.00	17.26	-2.05	-34.52	-2.00	69.04	642.74	2.00	1285.47
8	5.93	4.00	23.72	-3.00	-71.16	-3.00	213.48	208.53	4.05	834.11
9	2.70	1.00	2.70	-4.00	-10.80	-4.00	43.20	19.68	1.00	19.68
		f(Aw):		f(My):		f(Iy):		f(Ix):		
		186.47		17.76		778.64		13169.98		

(m):13.11
 $m = 2H \cdot f(Aw) / 3$ (m2) 1629.75
 $y = 2H^2 \cdot f(My) / 3$ (m3): 2034.97
 $y = 2H^3 \cdot f(Iy) / 3$ (m4): 1169643.54
 $It = 2H \cdot f(Ix) / 9$ (m4): 38368.55

APENDICE DE PROA

l (m):	Y	Y^3	FI	F(Ix)
3.90	0.00	0.00	1.00	0.00
	1.50	3.38	4.00	13.50
	1.03	27.82	1.00	27.82
				41.32
$= 2H \cdot f(Ix) / 9$ (m4)				35.81

APENDICE DE POPA

H (m):	Y	Y^3	FI	f(Ix)
4.95	2.70	19.68	1.00	19.68
	1.32	2.30	4.00	9.20
	0.00	0.00	1.00	0.00
				28.88
$It = 2H \cdot f(Ix) / 9$ (m4):				31.77

CALCULO DE ATRIBUTOS DE CARENA

LINEA DE AGUA #: 2

CALADO (d)= 3.10 (m)

AREA PRINCIPAL, SIN APENDICES

EST.	B/2 (m)	FI	F(Aw)	X	f(My)	X	f(Iy)	X^3	FI	f(Ix)
1	4.22	1.00	4.22	4.00	16.86	4.00	67.52	75.15	1.00	75.15
2	7.85	4.00	31.40	3.00	94.20	3.00	282.60	483.74	4.00	1934.95
3	9.30	2.00	18.60	2.00	37.20	2.00	74.40	804.36	2.00	1608.71
4	9.30	4.00	37.20	1.00	37.20	1.00	37.20	804.36	4.00	3217.43
5	9.30	2.00	18.60	0.00	0.00	0.00	0.00	804.36	2.00	1608.71
6	9.30	4.00	37.20	-1.00	-37.20	-1.00	37.20	804.36	4.00	3217.43
7	9.20	2.00	18.40	-2.00	-36.80	-2.00	73.60	778.69	2.00	1557.38
8	7.20	4.00	28.80	-3.00	-86.40	-3.00	259.20	373.25	4.00	1492.99
9	3.70	1.00	3.70	-4.00	-14.80	-4.00	59.20	50.65	1.00	50.65
			f(Aw): 198.12		f(My): 10.28		f(Iy): 890.92			f(Ix): 14763.40

H (m): 13.11

Aw = 2H * f(Aw) / 3 (m2) 1731.57

My = 2 * H^2 * f(My) / 3 (m3): 1177.90

Iy = 2 * H^3 * f(Iy) / 3 (m4): 1338306.31

It = 2 * H * f(Ix) / 9 (m4): 43010.71

APENDICE DE PROA

H (I): 5.15

Y (m)	Y^3	FI	F(Ix)
0.00	0.00	1.00	0.00
2.10	9.26	4.00	37.04
4.22	75.15	1.00	75.15

112.20

It = 2H * f(Ix) / 9 (m4) 128.40

APENDICE DE POPA

H (m): 5.08

Y (m)	Y^3	FI	f(Ix)
3.70	50.65	1.00	50.65
1.82	6.03	4.00	24.11
0.00	0.00	1.00	0.00

74.77

It = 2H * f(Ix) / 9 (m4): 84.32

CALCULO DE ATRIBUTOS DE CARENA

LINEA DE AGUA #: 3

CALADO (d)= 4.65 (m)

AREA PRINCIPAL, SIN APENDICES

EST.	012 (a)	FI	F(Aw)	X	f(My)	X	f(Iy)	X^3	FI	f(Ix)
1	4.95	1.00	4.95	4.00	19.80	4.00	79.20	121.29	1.00	121.29
2	8.23	4.00	32.92	3.00	98.76	3.00	296.28	557.44	4.00	2229.77
3	9.30	2.00	18.60	2.00	37.20	2.00	74.40	804.36	2.00	1608.71
4	9.30	4.00	37.20	1.00	37.20	1.00	37.20	804.36	4.00	3217.43
5	9.30	2.00	18.60	0.00	0.00	0.00	0.00	804.36	2.00	1608.71
6	9.30	4.00	37.20	-1.00	-37.20	-1.00	37.20	804.36	4.00	3217.43
7	9.20	2.00	18.40	-2.00	-36.80	-2.00	73.60	778.69	2.00	1557.38
8	8.10	4.00	32.40	-3.00	-97.20	-3.00	291.60	531.44	4.00	2125.76
9	4.80	1.00	4.80	-4.00	-19.20	-4.00	76.80	110.59	1.00	110.59
		f(Aw): 205.07		f(My): 2.56		f(Iy): 966.28		f(Ix): 15797.07		

H [a]: 13.11

Aw=2H*f(Aw)/3 (m2): 1792.31

My=2*H^2*f(My)/3 (m3): 293.33

Iy = 2*H^3*f(Iy)/3 (m4): 1451509.25

It= 2*H*f(Ix)/9 (m4): 46022.13

APENDICE DE PROA

H (m): 5.85

Y (m)	Y^3	FI	F(Ix)
0.00	0.00	1.00	0.00
2.50	15.63	4.00	62.50
4.95	121.29	1.00	121.29

		183.79	
It=2H*f(Ix)/9 (m4)		238.92	

APENDICE DE POPA

H (a): 5.35

Y (m)	Y^3	FI	f(Ix)
4.80	110.59	1.00	110.59
2.40	13.82	4.00	55.30
0.00	0.00	1.00	0.00

		165.89	
It=2H*f(Ix)/9 (m4):		197.22	

CALCULO DE ATRIBUTOS DE CARENA

LINEA DE AGUA #: 4

CALADO (d)= 6.20 (m)

AREA PRINCIPAL, SIN APENDICES

EST.	B/2 (m)	FI	F(Aw)	X	f(My)	X	f(Iy)	Y^3	FI	f(Ix)
0	0.00	0.50	0.00	5.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.50	0.00
1/2	3.20	2.00	6.40	4.50	28.80	4.50	129.60	32.77	2.00	65.54
1	5.45	1.50	8.18	4.00	32.70	4.00	130.80	161.88	1.50	242.82
2	8.45	4.00	33.80	3.00	101.40	3.00	304.20	603.35	4.00	2413.40
3	9.30	2.00	18.60	2.00	37.20	2.00	74.40	804.36	2.00	1608.71
4	9.30	4.00	37.20	1.00	37.20	1.00	37.20	804.36	4.00	3217.43
5	9.30	2.00	18.60	0.00	0.00	0.00	0.00	804.36	2.00	1608.71
6	9.30	4.00	37.20	-1.00	-37.20	-1.00	37.20	804.36	4.00	3217.43
7	9.30	2.00	18.60	-2.00	-37.20	-2.00	74.40	804.36	2.00	1608.71
8	8.70	4.00	34.80	-3.00	-104.40	-3.00	313.20	658.50	4.00	2634.01
9	6.25	1.50	9.38	-4.00	-37.50	-4.00	150.00	244.14	1.50	366.21
9-1/2	4.00	2.00	8.00	-4.50	-36.00	-4.50	162.00	64.00	2.00	128.00
10	0.00	0.50	0.00	-5.00	0.00	-5.00	0.00	0.00	0.50	0.00
			f(Aw):	230.75	f(My):	-15.00	f(Iy):	1413.00	f(Ix):17110.98	

H (m): 13.11

Aw=2H*f(Aw)/3 (m2): 2016.76

My=2*H^2*f(My)/3 (m3): -1718.72

Iy = 2*H^3*f(Iy)/3 (m4): 2122555.12

Ix = 2*H*f(Ix)/9 (m4): 49849.99

CALCULO DE ATRIBUTOS DE CARENA

LINEA DE AGUA $n=5$

CALADO (d)= 7.75 (m)

AREA PRINCIPAL, SIN APENDICES

EST.	B/2 (m)	FI	F(Aw)	X	f(My)	X	f(Iy)	Y ³	FI	f(Ix)
0	0.00	0.50	0.00	5.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.50	0.00
112	3.75	2.00	7.50	4.50	33.75	4.50	151.88	52.73	2.00	105.47
1	5.95	1.50	8.93	4.00	35.70	4.00	142.80	210.64	1.50	315.97
2	8.65	4.00	34.60	3.00	103.80	3.00	311.40	647.21	4.00	2588.86
3	9.30	2.60	18.60	2.00	37.20	2.00	74.40	804.36	2.00	1608.71
4	9.30	4.00	37.26	1.00	37.20	1.00	37.20	804.36	4.00	3217.43
5	9.30	2.00	18.60	0.00	0.00	0.00	0.00	804.36	2.00	1608.71
6	9.30	4.00	37.20	-1.06	-37.20	-1.06	37.20	804.36	4.00	3217.43
7	9.30	2.00	18.60	-2.00	-37.20	-2.00	74.40	864.36	2.00	1608.71
8	9.62	4.00	36.08	-3.00	-108.24	-3.00	324.72	733.87	4.00	2935.48
9	7.50	1.50	11.25	-4.00	-45.00	-4.00	180.00	421.88	1.50	632.81
9-1/2	5.80	2.00	11.60	-4.50	-52.20	-4.50	234.96	195.11	2.00	390.22
10	3.30	0.50	1.65	-5.00	-8.25	-5.00	41.25	35.94	0.50	17.97
			f(Aw): 241.81	f(My): -40.44		f(Iy): 1610.15		f(Ix): 18247.78		

H (a): 13.11

$A_w = 2H * f(A_w) / 3$ (m²): 2113.38

$M_y = 2 * H^2 * f(M_y) / 3$ (m³): -4633.67

$I_y = 2 * H^3 * f(I_y) / 3$ (m⁴): 2418698.88

$I_t = 2 * H * f(I_x) / 9$ (m⁴): 53161.87

APENDICE DE POPA

H (m):	Y	Y ³	FI	f(Ix)
	(m)			
	3.30	35.94	1.00	35.94
	1.65	4.49	4.00	17.97
	0.00	0.00	1.00	0.00

				53.91
$I_t = 2H * f(I_x) / 9$ (m ⁴):				29.95

VOLUMEN Y DESPLAZAMIENTO

HASTA LA#: 1

LINEA AGUA	AREA (m ²)	FI	f(V)
FONDO	999.54	0.50	499.77
1	1680.11	0.50	840.06

$$f(V) = 1339.83$$

separac lineas agua(a) : 1.55 = h

Vol de desplazamiento V (m³):

$$V = f(V) \times h \times f(V) \times h \text{ (m}^3\text{)} \quad 2076.73$$

Desplazamiento (ton) D

$$D = 1.026 \times V \text{ (ton)} \quad 2130.72$$

VOLUMEN Y DESPLAZAMIENTO

HASTA LA#: 2

LINEA AGUA	AREA (m ²)	FI	f(V)
FONDO	999.54	1.00	999.54
1	1680.11	4.00	6720.44
2	1812.60	1.00	1812.60

$$f(V) = 9532.58$$

separac lineas agua(m) : 1.55 = h

Vol de desplazamiento V (m³):

$$V = (1/3) \times f(V) \times h \text{ (m}^3\text{)} \quad 4925.17$$

Desplazamiento (ton) D

$$D = 1.026 \times V \text{ (ton)} \quad 5053.22$$

VOLUMEN Y DESPLAZAMIENTO

HASTA LA#: 3

LINEA AGUA	AREA (m ²)	FI	f(V)
FONDO	999.54	1.00	999.54
1	1680.11	3.00	5040.33
2	1812.60	3.00	5437.80
3	1903.34	1.00	1903.34

$$f(V) = 13381.01$$

separac lineas agua(m) : 1.55 = h

Vol de desplazamiento V (m³):

$$V = (3/8) \times f(V) \times h \text{ (m}^3\text{)} \quad 7777.71$$

Desplazamiento (ton) D

$$D = 1.026 \times V \text{ (ton)} \quad 7979.93$$



BIBLIOTECA

VOLUMEN Y DESPLAZAMIENTO

HASTA LA#: 4

LINEA AGUA	AREA (m ²)	FI	f(V)
FONDO	999.54	1.00	999.54
1	1680.11	4.00	6720.44
2	1812.60	2.00	3625.20
3	1903.34	4.00	7613.36
4	2016.84	1.00	2016.84

$$f(V) = 20975.38$$

separac lineas agua(m) : 1.55 = h

Vol de desplazamiento V (m³):

$$V = (1/3) \times f(V) \times h \text{ (m}^3\text{)} \quad 10837.28$$

Desplazamiento (ton) D

$$D = 1.026 \times V \text{ (ton)} \quad 11119.05$$

VOLUMEN Y DESPLAZAMIENTO

HASTA LA#: 5

LINEA AGUA	AREA (m ²)	FI	f(V)
FONDO	999.54	0.50	499.77
1	1680.11	1.00	1680.11
2	1812.60	1.00	1812.60
3	1903.34	1.00	1903.34
4	2016.84	1.00	2016.84
5	2129.92	0.50	1064.96

$$f(V) = 8977.62$$

separac lineas agua(m) : 1.55 = h

Vol de desplazamiento V (m³):

$$V = f(V) \times h \text{ (m}^3\text{)} \quad 13915.31$$

Desplazamiento (ton) D

$$D = 1.026 \times V \text{ (ton)} \quad 14277.11$$

CALCULO DE ATRIBUTOS DE CARENA

LINEA DE AGUA #:1 RESUHEN
 CALADO (d) = 1.55 (M)

ELEHENTO	Aw (m2)	X (m)	ASX (m3)	A*X^2 (m4)	(Iy) (m4)	(It) (m4)
AREA PRINCIPAL	1629.75		2035.00		1169643.50	38368.70
AREA AP. PROA	23.63	55.04	1300.60	71584.80	71584.80	35.81
AREA AP. POPA	26.73	-55.74	-1490.00	83049.00	83049.00	31.77
TOTAL	1680.11		1845.60		1324277.30	38436.28
LCF=A*x/Aw			1.10			
Aw*(LCF)^2					-2027.39	
INERCIA LONG					1322249.91	

CALCULO DE ATRIBUTOS DE CARENA

LINEA DE AGUA #:2 RESUHEN
 CALADO (d) = 3.10 (M)

ELEHENTO	Aw (m2)	X (m)	A*X (m3)	A*X^2 (m4)	(Iy) (m4)	(It) (m4)
AREA PRINCIPAL	1731.57		1177.90		1338306.30	43011.00
AREA AP. PROA	43.47	55.87	2428.67	135689.80	135689.80	128.40
AREA AP. POPA	37.56	-55.82	-2096.60	117032.20	117032.20	84.32
TOTAL	1812.60		1509.97		1591028.30	43223.72
LCF=A*x/Aw			0.83			
Aw*(LCF)^2					-1257.87	
INERCIA LONG					1589770.43	

CALCULO DE ATRIBUTOS DE CARENA

LINEA DE AGUA #:3 RESUHEN
 CALADO (d) = 4.65 (M)

ELEHENTO	Aw (m2)	X (m)	A*X (m3)	A*X^2 (m4)	(Iy) (m4)	(It) (m4)
AREA PRINCIPAL	1794.06		247.50		1452711.00	46172.00
AREA AP. PROA	57.92	56.34	3263.20	183848.90	183848.90	238.95
AREA AP. POPA	51.36	-56.01	-2876.67	161122.30	161122.30	197.20
TOTAL	1903.34		634.03		1797682.20	46608.15
LCF=A*x/Aw			0.33			
Aw*(LCF)^2					-211.20	
INERCIA LONG					1797471.00	

CALCULO DE ATRIBUTOS DE CARENA

LINEA DE AGUA #4 RESUHEN
CALADO (d) = 6.20 (M)

ELEMENTO	AH (m ²)	X (m)	A*X (m ³)	A*X ² (m ⁴)	(Iy) (m ⁴)	(It) (m ⁴)
AREA PRINCIPAL	2016.84		-1718.72		2122795.47	49850.08
AREA AP. PROA	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
AREA AP. POPA	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	2016.84		-1718.72		2122795.47	49850.08
LCF=A*x/Aw			-0.85			
Aw*(LCF)^2					-1464.67	
INERCIA LONG					2121330.80	

CALCULO DE ATRIBUTOS DE CARENA

LINEA DE AGUA #5 RESUHEN
CALADO (d) = 7.75 (M)

ELEMENTO	AH (m ²)	X (m)	A*X (m ³)	A*X ² (m ⁴)	(Iy) (m ⁴)	(It) (m ⁴)
AREA PRINCIPAL	2113.42		-4631.40		2418827.00	53162.00
AREA AP. PROA	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
AREA AP. POPA	16.50	-67.22	-1106.13	74354.10	74354.10	29-97
TOTAL	2129.92		-5737.53		2493181.10	53191.97
LCF=A*x/Aw			-2.69			
Aw*(LCF)^2					-15455.63	
INERCIA LONG					2477725.47	

CALCULO DE COEFICIENTES: BLOCK, PLANO DE AGUA Y SUPERFICIE HOJADA

	LA1	LA2	LA3	LA4	LA5
An (m ²) Area plano de agua	1680.11	1812.60	1903.34	2016.84	2129.92
L (a) Eslora de plano de agua	122.58	125.33	127.28	129.85	131.10
B (m) Manga maxima de plano agua	18.60	18.60	18.60	18.60	18.60
d (m) calado plano agua	1.55	3.10	4.65	6.20	7.75
Aw/LB = Cw coeficiente de finura	0.74	0.78	0.80	0.84	0.87
V (m ³) vol despl.	2076.13	4925.17	7777.71	10837.30	13978.13
Cb = V/LBd coef block	0.59	0.68	0.71	0.72	0.74
S = 2.6*(despl*L) ^(.5) (m ²) sup mojada	1311.82	2042.73	2586.90	3084.29	3519.65

CALCULO DE KB

HASTA: LA1

LA	Aw (m2)	Z (m)	AwtZ (m3)	FI	f(Mxy) (m4)
fondo	999.54	0.00	0.00	0.50	0.00
1	1680.11	1.55	2604.17	0.50	1302.09

f(Mxy): 1302.09

Espac. entre LA=H: 1.55

Mxy=H*f(Mxy) (m4): 2018.23

Vol despl V (m3): 2076.73

KB=Mxy/V (a): 0.97

CALCULO DE KB

HASTA: LA2

LA	Aw (m2)	Z (m)	AwtZ (m3)	FI	f(Mxy) (m4)
fondo	999.54	0.00	0.00	1.00	0.00
1	1680.11	1.55	2604.17	4.00	10416.68
2	1812.60	3.10	5619.06	1.00	5619.06

f(Mxy): 16035.74

Espac. entre LA=H: 1.55

Mxy=H*f(Mxy)/3 (m4): 8285.13

Vol despl V (m3): 4925.17

KB=Mxy/V (a): 1.68

CALCULO DE KB

HASTA: LA3

LA	Aw (m2)	Z (m)	AwtZ (m3)	FI	f(Mxy) (m4)
fondo	999.54	0.00	0.00	1.00	0.00
1	1680.11	1.55	2604.17	3.00	7812.51
2	1812.60	3.10	5619.06	3.00	16857.18
3	1903.34	4.65	8850.53	1.00	8850.53

f(Mxy): 33520.22

Espac. entre LA=H: 1.55

Mxy=3*H*f(Mxy)/8 (m4): 19483.63

Vol despl V (m3): 7777.71

KB=Mxy/V (a): 2.51

CALCULO DE KB

HASTA: LA4

LA	Aw (m2)	Z (m)	AwtZ (m3)	FI	f(Mxy) (m4)
fondo	999.54	0.00	0.00	1.00	0.00
1	1680.11	1.55	2604.17	4.00	10416.68
2	1812.60	3.10	5619.06	2.00	11238.12
3	1903.34	4.65	8850.53	4.00	35402.12
4	2016.84	6.20	12504.41	1.00	12504.41

f(Mxy): 69561.33

Espac. entre LA=H: 1.55

Mxy=H*f(Mxy)/3 (m4): 35940.02

Vol despl V (m3): 10837.30

KB=Mxy/V (a): 3.32

CALCULO DE KB
HASTA: LA5

LA	Aw (m2)	Z (m)	Aw*Z (m3)	FI	f(Mxy) (m4)
fondo	999.54	0.00	0.00	0.50	0.00
1	1680.11	1.55	2604.17	1.00	2604.17
2	1812.60	3.10	5619.06	1.00	5619.06
3	1903.34	4.65	8850.53	1.00	8850.53
4	2016.84	6.20	12504.41	1.00	12504.41
5	2129.92	7.75	16506.88	0.50	8253.44

m y) : 37831.61

Espac. entre LA=H: 1.55

Mxy=H*f(Mxy) (m4): 58638.99

Vol despl V (m3): 13978.13

KB=Mxy/V (m): 4.20

CALCULO DE RADIOS HETACENTRICOS Y CENTROS DE CARENA
COEFICIENTE PRISHATICO VERTICAL, TPcm y MTcm

LA1 LA2 LA3 LA4 LA5

KB (m)	0.97	1.68	2.51	3.32	4.20
V (vol despl) (m3)	2076.73	4925.17	7777.71	10837.30	13978.13
Ii (inerxia longitudinal) (m4)	1322429.20	1589779.60	1797471.00	2121330.80	2477653.98
It (inerxia transversal) (m4)	38436.28	43223.72	46600.15	49850.08	53191.97
BMt=It/V (m)	18.51	8.78	5.99	4.60	3.81
BMI=Ii/V (m)	636.78	322.79	231.11	195.74	177.25
KMt= KB+BMt (m)	19.48	10.46	8.50	7.92	8.01
KMI=KB+BMI (a)	637.76	324.47	233.62	199.06	181.45
Aw (m2)	1680.11	1012.60	1903.34	2016.84	2129.92
d (m) calado	1.55	3.10	4.65	6.20	7.75
CPv = V/(Aw*d)	0.80	0.88	0.88	0.87	0.85
TPcm	17.22	18.58	19.51	20.67	21.83
MTcm	110.58	130.02	144.75	165.86	186.60

AREAS DE LAS ESTACIONES (M2)

LA1 LA2 LA3 LA4 LA5 CUB.

0	--	--	--	--	0.00	19.70
112	0.24	4.04	11.25	20.35	31.09	76.59
1	5.16	17.20	31.40	47.65	64.40	113.68
2	13.94	39.59	64.04	90.45	114.50	157.62
3	25.08	54.48	83.17	112.14	140.06	181.92
4	25.96	55.75	84.34	113.41	141.28	178.40
5	25.96	55.75	84.34	113.41	141.28	175.69
6	25.96	55.75	84.34	113.41	141.28	175.55
7	22.83	51.48	80.08	109.04	136.80	175.86
8	11.05	33.19	56.60	83.10	108.62	151.55
9	5.27	15.71	28.71	45.83	66.81	110.01
9-112	1.63	5.27	11.22	20.87	36.43	76.63
l0	--	--	--	--	3.96	34.19

Espaciamiento entre estaciones: 13.11 (m)

Espaciamiento entre LA: 1.55 (m)

Lpp: 131.10 (m)

B: 18.60 (m)

d: 7.75 (m)

D: 9.69 (m)

**CALCULO DE ATRIBUTOS DE CARENA
POR INTEGRACION DE ESTACIONES**

HASTA: LA1

Est	Area (m2)	FI	f(V)	X	f(M)
1/2	0.24	0.25	0.06	4.50	0.27
1	5.16	0.75	3.87	4.00	15.48
2	13.94	1.00	13.94	3.00	41.82
3	25.08	1.00	25.08	2.00	50.16
4	25.96	1.00	25.96	1.00	25.96
5	25.96	1.00	25.96	0.00	0.00
6	25.96	1.00	25.96	-1.00	-25.96
7	22.83	1.00	22.83	-2.00	-45.66
8	11.05	1.00	11.05	-3.00	-33.15
9	5.27	0.75	3.95	-4.00	-15.81
9-1/2	1.63	0.25	0.41	-4.50	-1.83

f(V): 159.07 f(M): 11.28

Espac. entre estaciones H(m): 13.11
 V1= H*f(V) (m3): 2085.41
 V2 (m3)= vol ap. proa 0.14
 V3 (m3)= vol ap. popa 2.69
 V=V1+V2+V3 (m3) 2088.24
 Despl= 1.026*V (ton) 2142.53
 LCB=f(M)/f(V) (m) 0.93

**CALCULO DE ATRIBUTOS DE CARENA
POR INTEGRACION DE ESTACIONES**

HASTA: LA3

Est	Area (m2)	FI	f(V)	X	f(M)
1/2	11.25	0.25	2.81	4.50	12.66
1	31.40	0.75	23.55	4.00	94.20
2	64.04	1.00	64.04	3.00	192.12
3	83.17	1.00	83.17	2.00	166.34
4	84.34	1.00	84.34	1.00	84.34
5	84.34	1.00	84.34	0.00	0.00
6	84.34	1.00	84.34	-1.00	-84.34
7	80.08	1.00	80.08	-2.00	-160.16
8	56.60	1.00	56.60	-3.00	-169.80
9	28.71	0.75	21.53	-4.00	-86.13
9-1/2	11.22	0.25	2.81	-4.50	-12.62

f(V): 587.61 f(M): 36.60

Espac. entre estaciones H(m): 13.11
 V1= H*f(V) (m3): 7703.57
 V2 (m3)= vol ap. proa 28.13
 V3 (m3)= vol ap. popa 23.56
 V=V1+V2+V3 (m3) 7755.26
 Despl= 1.026*V (ton) 7956.89
 LCB=f(M)/f(V) (m) 0.82

**CALCULO DE ATRIBUTOS DE CARENA
POR INTEGRACION DE ESTACIONES**

HASTA: LA2

Est	Area (m2)	FI	f(V)	X	f(M)
1/2	4.04	0.25	1.01	4.50	4.55
1	17.20	0.75	12.90	4.00	51.60
2	39.59	1.00	39.59	3.00	118.77
3	54.48	1.00	54.48	2.00	108.96
4	55.75	1.00	55.75	1.00	55.75
5	55.75	1.00	55.75	0.00	0.00
6	55.75	1.00	55.75	-1.00	-55.75
7	51.48	1.00	51.48	-2.00	-102.96
8	33.19	1.00	33.19	-3.00	-99.57
9	15.71	0.75	11.78	-4.00	-47.13
9-1/2	5.27	0.25	1.32	-4.50	-5.93

f(V): 373.00 f(M): 28.29

Espac. entre estaciones H(m): 13.11
 V1= H*f(V) (m3): 4890.03
 V2 (m3)= vol ap. proa 13.44
 V3 (m3)= vol ap. popa 7.27
 V=V1+V2+V3 (m3) 4910.74
 Despl= 1.026*V (ton) 5038.42
 LCB=f(M)/f(V) (m) 0.99

**CALCULO DE ATRIBUTOS DE CARENA
POR INTEGRACION DE ESTACIONES**

HASTA: LA4

Est	Area (m2)	FI	f(V)	X	f(M)
0	0.00	0.50	0.00	5.00	0.00
1/2	20.35	2.00	40.70	4.50	183.15
1	47.65	1.50	71.48	4.00	285.90
2	90.45	4.00	361.80	3.00	1085.40
3	112.14	2.00	224.28	2.00	448.56
4	113.41	4.00	453.64	1.00	453.64
5	113.41	2.00	226.82	0.00	0.00
6	113.41	4.00	453.64	-1.00	-453.64
7	109.04	2.00	218.08	-2.00	-436.16
8	83.10	4.00	332.40	-3.00	-997.20
9	45.83	1.50	68.75	-4.00	-274.90
9-1/2	20.87	2.00	41.74	-4.50	-187.83
10	0.00	0.50	0.00	-5.00	0.00

f(V): 2493.32 f(M): 106.84

Espac. entre estaciones H(m): 13.11
 V1=H*f(V)/3 (m3) 10895.81
 V2 (m3)= vol ap. proa 0.00
 V3 (m3)= vol ap. popa 0.00
 V=V1+V2+V3 (m3) 10895.81
 Despl= 1.026*V (ton) 11179.10
 LCB=f(M)/f(V) (m) 0.56

CALCULO DE ATRIBUTOS DE CARENA
 POR INTEGRACION DE ESTACIONES

HASTA: LA5

Est	Area (m ²)	FI	f(V)	X	f(M)
0	0.00	0.50	0.00	5.00	0.00
1/2	31.09	2.00	62.18	4.50	279.81
1	64.40	1.50	96.60	4.00	386.40
2	114.50	4.00	458.00	3.00	1374.00
3	140.06	2.00	280.12	2.00	560.24
4	141.28	4.00	565.12	1.00	565.12
5	141.28	2.00	282.56	0.00	0.00
6	141.28	4.00	565.12	-1.00	-565.12
7	136.80	2.00	273.60	-2.00	-547.20
8	108.62	4.00	434.48	-3.00	-1303.44
9	66.81	1.50	100.22	-4.00	-400.86
9-1/2	36.43	2.00	72.86	-4.50	-327.87
10	3.96	0.50	1.98	-5.00	-9.90

f(V): 3192.84 f(M): 11.18

Espac. entre estaciones H(m):	13.11
V1=H*f(V)/3 (m ³)	13952.69
V2 (m ³)= vol ap. proa	0.00
V3 (m ³)= vol ap. popa	0.00
V=V1+V2+V3 (m ³)	13952.69
Despl= 1.026*V (ton)	14315.46
LCB=f(M)/f(V) (m)	0.05

RESUMEN DE CALCULOS HIDROSTATICOS

	LA1	LA2	LA3	LA4	LA5
Calado d, (m)	1.55	3.10	4.65	6.20	7.75
Area Linea agua, Aw (m ²)	1680.11	1812.60	1903.34	2016.84	2129.94
TPcm, (tonn/cm)	17.22	18.58	19.51	20.67	21.83
MTcm, (tonn-m/cm)	110.58	130.02	144.75	165.86	186.60
Volumen carena, V (m ³)	2076.73	4925.17	7777.71	10837.30	13978.13
Desplazamiento, Desp. (ton)	2128.65	5048.30	7972.15	11108.20	14327.60
KB, (m)	0.97	1.68	2.51	3.32	4.20
BMT, (m)	18.51	8.78	5.99	4.60	3.81
KMT, (m)	19.48	10.46	8.50	7.92	8.01
BMI, (m)	636.78	322.79	231.11	195.74	177.25
KMI, (m)	637.75	324.47	233.62	199.06	181.45
LCB, (m)	0.93	1.00	0.82	0.73	0.05
LCF, (m)	1.10	0.83	0.33	-0.85	-2.70
Area cuad. maestra Am (m ²)	25.96	55.75	84.34	113.41	141.28
Cm=Am/Bd	0.90	0.97	0.98	0.98	0.98
Cb	0.59	0.68	0.71	0.72	0.74
CW	0.74	0.78	0.80	0.84	0.84
Cp=Cb/Cm	0.65	0.71	0.73	0.74	0.76
Sup rojada Taylor (m ²)	1328.11	2068.11	2619.04	3122.60	3630.74

CALCULOS PARA ESLORA INUNDABLE

CONDICION: LINEA DE MAXIMA CARGA

L (m)	Area est. (m ²)	FI	f(V)	X	f(M)
0.00	0.00	0.50	0.00	5.00	0.00
6.56	31.09	2.00	62.18	4.50	279.81
13.11	64.40	1.50	96.60	4.00	386.40
26.22	114.50	4.00	458.00	3.00	1374.00
34.33	140.06	2.00	280.12	2.00	560.24
52.44	141.28	4.00	565.12	1.00	565.12
65.55	141.28	2.00	282.56	0.00	0.00
78.66	141.28	4.00	565.12	-1.00	-565.12
91.77	136.80	2.00	273.60	-2.00	-547.20
104.88	108.62	4.00	434.48	-3.00	-1303.44
117.99	66.81	1.50	100.22	-4.00	-400.86
124.55	36.43	2.00	72.86	-4.50	-327.87
131.10	3.96	0.50	1.98	-5.00	-9.90

f(V): 3192.84 f(M): 11.18

Espaciamiento entre estaciones, H, (m): 13.11

V1=H*f(V)/3 (m³): 13952.69

V2= voluren apendice popa (m³): 9.90

V=V1+V2 (m³): 13962.59

LCB=f(M)*H/f(V) (m): 0.05

LCB' (m): -0.05

LCB=LCB+LCB' (m): 0.00

CALCULOS PARA ESLORA INUNDABLE

CONDICION: HUNDIHIENTO PARALELO (HP)

L (m)	Area est. (m ²)	FI	f(V)	X	f(M)
0.00	6.00	0.50	3.00	5.00	15.00
6.56	47.00	2.00	94.00	4.50	423.00
13.11	86.00	1.50	129.00	4.00	516.00
26.22	143.50	4.00	574.00	3.00	1722.00
39.33	176.50	2.00	353.00	2.00	706.00
52.44	177.00	4.00	708.00	1.00	708.00
65.55	175.00	2.00	350.00	0.00	0.00
78.66	176.50	4.00	706.00	-1.00	-706.00
91.77	172.50	2.00	345.00	-2.00	-690.00
104.88	145.00	4.00	580.00	-3.00	-1740.00
117.99	97.00	1.50	145.50	-4.00	-582.00
124.55	59.50	2.00	119.00	-4.50	-535.50
131.10	17.60	0.50	8.80	-5.00	-44.00

f(V): 4115.30 f(M): -207.50

Espaciamiento entre estaciones, H, (m): 13.11

V1=H*f(V)/3 (m³): 17983.86

V2= voluren apendice popa (m³): 65.00

V=V1+V2 (m³): 18048.86

LCB=f(M)*H/f(V) (m): -0.66

LCB' (m): -0.25

LCB=LCB+LCB' (m): -0.91

CALCULOS PARA ESLORA INUNDABLE

CONDICION: AVERIA A1

L (m)	Area est. (m2)	FI	f(V)	X	f(M)
0.00	0.20	0.50	0.10	5.00	0.50
6.56	36.50	2.00	73.00	4.50	328.50
13.11	73.50	1.50	110.25	4.00	441.00
26.22	130.00	4.00	520.00	3.00	1560.00
39.33	166.00	2.00	332.00	2.00	664.00
52.44	167.50	4.00	670.00	1.00	675.00
65.55	172.50	2.00	345.00	0.00	0.00
78.66	176.00	4.00	704.00	-1.00	-704.00
91.77	175.00	2.00	350.00	-2.00	-700.00
104.88	148.00	4.00	592.00	-3.00	-1776.00
117.99	106.50	1.50	159.75	-4.00	-639.00
124.55	71.50	2.00	143.00	-4.50	-643.50
131.10	27.50	0.50	13.75	-5.00	-68.75

f(V): 4012.85 f(M): -867.25

Espaciamiento entre estaciones, H, (m): 13.11
 $V1 = H * f(V) / 3$ (m3): 17536.15
 V2= volumen apendice popa (m3): 100.00
 $V = V1 + V2$ (m3): 17636.15
 $LCB = f(M) * H / f(V)$ (m): -2.83
 LCB' (m): -0.39
 $LCB = LCB + LCB'$ (m): -3.22

CALCULOS PARA ESLORA INUNDABLE

CONDICION: AVERIA A2

L (m)	Area est. (m2)	FI	f(V)	X	f(M)
0.00	0.00	0.50	0.00	5.00	0.00
6.56	27.00	2.00	54.00	4.50	243.00
13.11	60.05	1.50	90.08	4.00	360.30
26.22	115.00	4.00	460.00	3.00	1380.00
39.33	148.50	2.00	297.00	2.00	594.00
52.44	155.00	4.00	620.00	1.00	620.00
65.55	164.50	2.00	329.00	0.00	0.00
78.66	169.00	4.00	676.00	-1.00	-676.00
91.77	172.00	2.00	344.00	-2.00	-688.00
104.88	148.00	4.00	592.00	-3.00	-1776.00
117.99	108.50	1.50	162.75	-4.00	-651.00
124.55	74.00	2.00	148.00	-4.50	-666.00
131.10	30.00	0.50	15.00	-5.00	-75.00

f(V): 3787.83 f(M): -1334.70

Espaciamiento entre estaciones, H, (m): 13.11
 $V1 = H * f(V) / 3$ (m3): 16552.80
 V2= volumen apendice popa (m3): 109.50
 $V = V1 + V2$ (m3): 16662.30
 $LCB = f(M) * H / f(V)$ (m): -4.62
 LCB' (m): -0.45
 $LCB = LCB + LCB'$ (m): -5.07

CALCULOS PARA ESLORA INUNDABLE

CONDICION: AVERIA A3

L (m)	Area est. (m2)	FI	f(V)	X	f(M)
0.00	0.00	0.50	0.00	5.00	0.00
6.56	22.00	2.00	44.00	4.50	198.00
13.11	53.00	1.50	79.50	4.00	318.00
26.22	104.00	4.00	416.00	3.00	1248.00
39.33	137.00	2.00	274.00	2.00	548.00
52.44	148.00	4.00	592.00	1.00	592.00
65.55	157.00	2.00	314.00	0.00	0.00
78.66	165.00	4.00	660.00	-1.00	-660.00
91.77	168.00	2.00	336.00	-2.00	-672.00
104.88	150.00	4.00	600.00	-3.00	-1800.00
117.99	109.00	1.50	163.50	-4.00	-654.00
124.55	76.00	2.00	152.00	-4.50	-684.00
131.10	36.00	0.50	18.00	-5.00	-90.00

f(V): 3649.00 f(M): -1656.00

Espaciamiento entre estaciones, H, (m): 13.11
 $V1 = H * f(V) / 3$ (m3): 15946.13
 $V2 =$ volumen apendice popa (m3): 135.00
 $V = V1 + V2$ (m3): 16081.13
 $LCB = f(M) * H / f(V)$ (m): -5.95
 LCB' (m): -0.57
 $LCB = LCB + LCB'$ (m): -6.52

CALCULOS PARA ESLORA INUNDABLE

CONDICION: AVERIA F1

L (m)	Area est. (m2)	FI	f(V)	X	f(M)
0.00	8.00	0.50	4.00	5.00	20.00
6.56	56.00	2.00	112.00	4.50	504.00
13.11	98.00	1.50	147.00	4.00	588.00
26.22	156.00	4.00	624.00	3.00	1872.00
39.33	182.00	2.00	364.00	2.00	728.00
52.44	178.00	4.00	712.00	1.00	712.00
65.55	174.50	2.00	349.00	0.00	0.00
78.66	171.00	4.00	684.00	-1.00	-684.00
91.77	161.00	2.00	322.00	-2.00	-644.00
104.88	128.50	4.00	514.00	-3.00	-1542.00
117.99	79.00	1.50	118.50	-4.00	-474.00
124.55	43.50	2.00	87.00	-4.50	-391.50
131.10	7.00	0.50	3.50	-5.00	-17.50

f(V): 4041.00 f(M): 671.00

Espaciamiento entre estaciones, H, (m): 13.11
 $V1 = H * f(V) / 3$ (m3): 17659.17
 $V2 =$ volumen apendice popa (m3): 0.00
 $V = V1 + V2$ (m3): 17659.17
 $LCB = f(M) * H / f(V)$ (m): 2.18
 LCB' (m): 0.00
 $LCB = LCB + LCB'$ (m): 2.18

CALCULOS PARA ESLORA INUNDABLE

CONDICION: AVERIA F2

L (m)	Area est. (m2)	FI	f(V)	X	f(M)
0.00	10.30	0.50	5.15	5.00	25.75
6.56	61.00	2.00	122.00	4.50	549.00
13.11	101.50	1.50	152.25	4.00	609.00
26.22	156.00	4.00	624.00	3.00	1872.00
39.33	182.00	2.00	364.00	2.00	728.00
52.44	174.50	4.00	698.00	1.00	698.00
65.55	167.00	2.00	334.00	0.00	0.00
78.66	159.50	4.00	638.00	-1.00	-638.00
91.77	146.00	2.00	292.00	-2.00	-584.00
104.88	113.00	4.00	452.00	-3.00	-1356.00
117.99	63.00	1.50	94.50	-4.00	-378.00
124.55	31.00	2.00	62.00	-4.50	-279.00
131.10	1.00	0.50	0.50	-5.00	-2.50

f(V): 3838.40 f(HI): 1244.25

Espaciamiento entre estaciones, H, (m): 13.11
 $V1 = H * f(V) / 3$ (m3): 16773.81
 $V2 =$ volumen apendice popa (m3): 0.00
 $V = V1 + V2$ (m3): 16773.81
 $LCB = f(M) * H / f(V)$ (m): 4.25
 LCB' (m): 0.00
 $LCB = LCB + LCB'$ (m): 4.25

CALCULUS PARA ESLDRA INUNDABLE

CUNDITION: AVERIA F3

L (m)	Area est. (m2)	FI	f(V)	X	f(M)
0.00	12.00	0.50	6.00	5.00	30.00
6.56	64.50	2.00	129.00	4.50	580.50
13.11	105.00	1.50	157.50	4.00	630.00
26.22	157.50	4.00	630.00	3.00	1890.00
39.33	181.00	2.00	362.00	2.00	724.00
52.44	175.00	4.00	700.00	1.00	700.00
65.55	165.00	2.00	330.00	0.00	0.00
78.66	150.00	4.00	600.00	-1.00	-600.00
91.77	135.00	2.00	270.00	-2.00	-540.00
104.98	98.00	4.00	392.00	-3.00	-1176.00
117.99	50.00	1.50	75.00	-4.00	-300.00
124.55	22.00	2.00	44.00	-4.50	-198.00
131.10	0.00	0.50	0.00	-5.00	0.00

f(V): 3695.50 f(M): 1740.50

Espaciamiento entre estaciones, H, (m): 13.11
 $V1 = H * f(V) / 3$ (m3): 16149.34
 $V2 =$ volumen apendice popa (m3): 0.00
 $V = V1 + V2$ (m3): 16149.34
 $LCB = f(M) * H / f(V)$ (m): 6.17
 LCB' (ai) : 0.00
 $LCB = LCB + LCB'$ (m): 6.17

CALCULOS PARA ESLORA INUNDABLE

Volumen de despl en LAD=V (m³): 13962.61

LCB en LAD=x (m): 0.00

$xw=(V*(x+x1)/vw)+x1$ (m)

Condicion	V1 (m ³)	x1=LCB (m)	x+x1 (m)	vw=V1-V (m ³)	xw (m)
HP	18049.00	-0.91	-0.91	4086.39	-4.01
A1	17636.00	-3.22	-3.22	3673.39	-15.45
A2	16662.50	-5.07	-5.07	2699.89	-31.28
A3	16081.00	-6.52	-6.52	2118.39	-49.48
F1	17659.20	2.18	2.18	3696.59	10.42
F2	16774.00	4.25	4.25	2811.39	25.37
F3	16149.00	6.17	6.17	2186.39	45.59

NOTA: valores positivos a praa de la estacion #5

APENDICE B

CALCULOS

MODULOS SECCIONALES DE REFUERZOS

MODULO SECCIONAL DE CUADERNA MAESTRA

CALCULO DE HODULO SECCIONAL

USO: LONGITUDINALES DEL CASCO L1 A L12

PLANCHA: t(cm):	1.59	b(cm):	75.00	bi(pul):	4.00	bl(cm):	10.16
ANGULO: hi(pul):	9.00	hi(cm):	22.86	Ad	Ad ²	Io	Peso
Elemento	A (cm ²)	d (cm)	(cm ³)	(cm ⁴)	(cm ⁴)	(kg/m)	
Plancha asociada	119.25	0.80	94.80	75.37	25.12		
Angulo 9x4x3/4"	59.30	15.80	936.94	14803.65	3167.52	46.70	
	<u>178.55</u>		<u>1031.74</u>	<u>14879.02</u>	<u>3192.64</u>		
				+Ad ²	14879.02		
		H=Ad/d(cm)	5.78	Io+Ad ² :	18071.66		
				I=Io+Ad ² -AH ²	12109.78	(cm ⁴)	
				Y=t+hi-H=	18.67	(cm)	
				Z=I/Y:	648.57	(cm ³)	

CALCULO DE HODULO SECCIONAL

USO: LONGITUDINALES DEL CASCO L13 A L18

PLANCHA: t(cm)	1.43	b(cm):	75.00	bi(pul):	4.00	bl(cm):	10.16
ANGULO: hi(pul) :	8.00	hi(cm):	20.32	Ad	Ad ²	Io	Peso
Elemento	A (cm ²)	d (cm)	(cm ³)	(cm ⁴)	(cm ⁴)	(kg/m)	
Plancha asociada	107.25	0.72	76.68	54.83	18.28		
Angulo 8x4x1/2"	37.10	14.49	537.58	7789.52	1602.50	29.22	
	<u>144.35</u>		<u>614.26</u>	<u>7844.35</u>	<u>1620.78</u>		
				+Ad ²	7844.35		
		H=Ad/d(cm)	4.26	Io+Ad ² :	9465.12		
				I=Io+Ad ² -AH ²	6851.21	(cm ⁴)	
				Y=t+hi-H=	17.49	(cm)	
				Z=I/Y:	391.62	(cm ³)	

CALCULO DE HODULO SECCIONAL

USO: LONGITUDINALES DEL FONDO L19 A L23

PLANCHA: t(cm):	1.43	b(cm):	75.00	bi(pul):	4.00	bl(cm):	10.16
ANGULO: hi(pul):	6.00	hi(cm):	15.24	Ad	Ad ²	Io	Peso
Elemento	A (cm ²)	d (cm)	(cm ³)	(cm ⁴)	(cm ⁴)	(kg/m)	
Plancha asociada	107.25	0.72	76.68	54.83	18.28		
Angulo 6x4x1/2"	30.65	11.62	356.15	4138.50	724.24	24.15	
	<u>137.90</u>		<u>432.84</u>	<u>4193.33</u>	<u>742.52</u>		
				+Ad ²	4193.33		
		H=Ad/d(cm)	3.14	Io+Ad ² :	4935.84		
				I=Io+Ad ² -AH ²	3577.27	(cm ⁴)	
				Y=t+hi-H=	13.53	(cm)	
				Z=I/Y:	264.37	(cm ³)	

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: LONGITUDINALES DE CUBIERTA PRINCIPAL

PLANCHA: t(cm):	1.27	b(cm):	75.00				
ANGULO hi(pul):	6.00	hi(cm):	15.24	bi(pul):	4.00	bi(cm):	10.16
Elemento		A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada		95.25	0.64	60.48	38.41	12.80	
Angulo 6x4x3/8"		23.29	11.58	269.70	3123.11	561.91	18.34
		<u>118.54</u>		<u>330.18</u>	<u>3161.51</u>	<u>574.71</u>	
					+Ad ²	3161.51	
			H=Ad/d(cm)	2.79	Io+Ad ² :	3736.22	
					I=Io+Ad ² -AH ²	2816.53	(cm ⁴)
					Y=t+hi-H=	13.72	(cm)
					Z=I/Y:	205.22	(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: REFUERZOS LL1 A LL6 MAMP LONG

PLANCHA: t(cm):	1.27	b(cm):	75.00				
ANGULO hi(pul):	8.00	hi(cm):	20.32	bi(pul):	4.00	bi(cm):	10.16
Elemento		A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada		95.25	0.64	60.48	38.41	12.80	
Angulo 8x4x5/8"		45.87	14.10	646.77	9119.41	1952.13	36.08
		<u>141.12</u>		<u>707.25</u>	<u>9157.82</u>	<u>1964.93</u>	
					+Ad ²	9157.82	
			H=Ad/d(cm)	5.01	Io+Ad ² :	11122.75	
					I=Io+Ad ² -AH ²	7578.23	(cm ⁴)
					Y=t+hi-H=	16.58	(cm)
					Z=I/Y:	457.12	(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: REFUERZOS LL7 A LL12 HAHP LONG

PLANCHA: t(cm):	1.27	b(cm):	75.00				
ANGULO hi(pul):	7.00	hi(cm):	17.78	bi(pul):	4.00	bi(cm):	10.16
Elemento		A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada		95.25	0.64	60.48	38.41	12.80	
Angulo 7x4x1/2"		33.87	12.90	436.92	5636.31	1111.34	26.69
		<u>129.12</u>		<u>497.41</u>	<u>5674.71</u>	<u>1124.14</u>	
					+Ad ²	5674.71	
			H=Ad/d(cm)	3.85	Io+Ad ² :	6798.86	
					I=Io+Ad ² -AH ²	4882.70	(cm ⁴)
					Y=t+hi-H=	15.20	(cm)
					Z=I/Y:	321.28	(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: CUADERNAS EN PROA

PLANCHA: t(cm):	1.59	b(cm):	60.00					
ANGULO: hi(pul):	7.00	hi(cm):	17.78	bi(pul):	4.00	bi(cm):	10.16	
Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)		
Plancha asociada	95.40	0.80	75.84	60.30	20.10			
Angulo 7x4x7/16"	29.81	13.30	396.47	5273.09	986.47	23.56		
	<u>125.21</u>		<u>472.32</u>	<u>5333.39</u>	<u>1006.57</u>			
				+Ad ²	5333.39			
		H=Ad/d(cm)	3.77	Io+Ad ² :	6339.95			
				I=Io+Ad ² -AH ²	4558.29	(cm ⁴)		
				Y=t+hi-H=	15.60	(cm)		
				Z=I/Y:	292.24	(cm ³)		

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: CUADERNAS EN POPA

PLANCHA: t(cm):	1.59	b(cm):	60.00					
ANGULO: hi(pul):	6.00	hi(cm):	15.24	bi(pul):	4.00	bi(cm):	10.16	
Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)		
Plancha asociada	95.40	0.80	75.84	60.30	20.10			
Angulo 6x4x3/8"	23.30	11.90	277.27	3299.51	561.90	18.34		
	<u>118.70</u>		<u>353.11</u>	<u>3359.81</u>	<u>582.00</u>			
				+Ad ²	3359.81			
		H=Ad/d(cm)	2.97	Io+Ad ² :	3941.81			
				I=Io+Ad ² -AH ²	2891.35	(cm ⁴)		
				Y=t+hi-H=	13.86	(cm)		
				Z=I/Y:	208.68	(cm ³)		

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: BAOS EN PROA

PLANCHA: t(cm):	0.80	b(cm):	60.00					
ANGULO: hi(pul):	7.00	hi(cm):	17.78	bi(pul):	4.00	bi(cm):	10.16	
Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)		
Plancha asociada	48.00	0.40	19.20	7.68	2.56			
Angulo 7x4x1/2"	33.87	12.34	417.96	5157.57	1111.34	26.69		
	<u>81.87</u>		<u>437.16</u>	<u>5165.25</u>	<u>1113.90</u>			
				+Ad ²	5165.25			
		H=Ad/d(cm)	5.34	Io+Ad ² :	6279.15			
				I=Io+Ad ² -AH ²	3944.90	(cm ⁴)		
				Y=t+hi-H=	13.24	(cm)		
				Z=I/Y:	297.95	(cm ³)		

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: BAOS EN DEPARTAMENTO DE MAQUINAS

PLANCHA:	t(cm):	0.64	b(cm):	60.00				
ANGULO:	h1(pul):	6.00	h1(cm):	15.24	b1(pul):	3.50	b1(cm):	8.89
ALA:	t2(cm):	1.27	b2(cm):	15.00				

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
----------	-------------------------	-----------	--------------------------	---------------------------------------	--------------------------	----------------

Plancha asociada	38.40	0.32	12.29	3.93	1.31	
Angulo 6x3-1/2x1/2"	22.06	10.70	236.04	2525.65	536.94	22.81

60.46	248.33	2529.58	538.25	2529.58		
-------	--------	---------	--------	---------	--	--

H=Ad/d(cm)	4.11	Io+Ad2:	3067.83	
		I=Io+Ad2-AH2	2047.86	(cm ⁴)
		Y=t+h1-H=	11.77	(cm)
		Z=I/Y:	173.95	(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: BAO DE CUBIERTA, TANQUE CENTRAL

PLANCHA:	t(cm):	1.27	b(cm):	300.00
ALHA:	t1(cm):	1.27	h1(cm):	35.00
ALA:	t2(cm):	1.27	b2(cm):	15.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
----------	-------------------------	-----------	--------------------------	---------------------------------------	--------------------------	----------------

Plancha asociada	381.00	0.64	241.94	153.63	51.21	
Alma	44.45	10.77	834.33	15660.31	4531.60	34.92
Ala	19.05	36.91	703.04	25945.70	2.56	14.96

444.50	1779.30	41759.64	4591.37	41759.64		
--------	---------	----------	---------	----------	--	--

H=Ad/d(cm)	4.00	Io+Ad2:	46351.01	
		I=Io+Ad2-AH2	39228.59	(cm ⁴)
		Y=t+h1+t2-H=	33.54	(cm)
		Z=I/Y:	1169.71	(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: BAO DE CUBIERTA, TANQUE LATERAL

PLANCHA:	t(cm):	1.27	b(cm):	300.00
ALMA:	t1(cm):	1.27	h1(cm):	35.00
ALA:	t2(cm):	1.27	b2(cm):	20.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
----------	-------------------------	-----------	--------------------------	---------------------------------------	--------------------------	----------------

Plancha asociada	381.00	0.64	241.94	153.63	51.21	
Alma	44.45	18.77	834.33	15660.31	4537.60	34.92
Ala	25.40	36.91	937.39	34594.27	3.41	19.95

450.85	2013.65	50408.20	4592.23	50408.20		
--------	---------	----------	---------	----------	--	--

H=Ad/d(cm)	4.47	Io+Ad2:	55000.43	
		I=Io+Ad2-AH2	46006.80	(cm ⁴)
		Y=t+h1+t2-H=	33.07	(cm)
		Z=I/Y:	1391.04	(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: ESLORA REFORZADA CENTRAL, CUBIERTA

PLANCHA:	t(cm):	1.27	b(cm):	300.00				
ALHA:	t1(cm):	1.27	h1(cm):	27.00				
ALA:	t2(cm):	1.27	b2(cm):	14.00				
Elemento		A (cm2)	d (cm)	Ad (cm3)	Ad^2 (cm4)	Io (cm4)		Peso (kg/m)
Plancha asociada		381.00	0.64	241.94	153.63	51.21		
Ala		34.29	14.77	506.46	7480.46	2083.12		26.94
Ala		17.78	28.91	513.93	14855.17	2.39		13.97
		<u>433.07</u>		<u>1262.33</u>	<u>22489.26</u>	<u>2136.72</u>		<u>40.91</u>
					+Ad2	22489.26		
			H=Ad/d(cm)	2.91	Io+Ad2:	24625.98		
					I=Io+Ad2-AH2	20946.50		(cm4)
					Y=t+h1+t2-H=	26.63		(cm)
					Z=I/Y:	786.72		(cm3)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: REFUERZO LONGITUDINAL DE QUILLA

PLANCHA:	t(cm):	1.59	b(cm):	300.00				
ALHA:	t1(cm):	1.59	h1(cm):	46.00				
ALA:	t2(cm):	1.59	b2(cm):	20.00				
Elemento		A (cm2)	d (cm)	Ad (cm3)	Ad^2 (cm4)	Io (cm4)		Peso (kg/m)
Plancha asociada		477.00	0.80	379.22	301.48	100.49		
Ala		73.14	24.59	1798.51	44225.42	12897.02		57.36
Ala		31.80	48.39	1538.64	74447.24	6.70		24.94
		<u>581.94</u>		<u>3716.37</u>	<u>118974.14</u>	<u>13004.21</u>		<u>82.30</u>
					+Ad2	118974.14		
			H=Ad/d(cm)	6.39	Io+Ad2:	131978.35		
					I=Io+Ad2-AH2	108244.96		(cm4)
					Y=t+h1+t2-H=	42.79		(cm)
					Z=I/Y:	2529.45		(cm3)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: VARENGA EN TANQUE CENTRAL

PLANCHA:	t(cm):	1.59	b(cm):	300.00				
ALHA:	t1(cm):	1.27	h1(cm):	50.00				
ALA:	t2(cm):	1.27	b2(cm):	35.00				
Elemento		A (cm2)	d (cm)	Ad (cm3)	Ad^2 (cm4)	Io (cm4)		Peso (kg/m)
Plancha asociada		477.00	0.80	379.22	301.48	100.49		
Ala		63.50	26.59	1688.47	44896.28	13229.17		26.94
Ala		44.45	52.23	2321.40	121235.18	5.97		13.97
		<u>584.95</u>		<u>4389.08</u>	<u>166432.94</u>	<u>13335.63</u>		<u>40.91</u>
					+Ad2	166432.94		
			H=Ad/d(cm)	7.50	Io+Ad2:	179168.57		
					I=Io+Ad2-AH2	146835.79		(cm4)
					Y=t+h1+t2-H=	45.36		(cm)
					Z=I/Y:	3237.36		(cm3)

CALCULO DE HODULO SECCIONAL

USO: VARENGA EN TANQUE LATERAL

PLANCHA: t(cm):	1.59	b(cm):	300.00			
ALMA: t1(cm):	1.27	h1(cm):	60.00			
ALA: t2(cm):	1.27	b2(cm):	40.00			
Elemento	A (cm2)	d (cm)	Ad (cm3)	Ad^2 (cm4)	Io (cm4)	Feso (kg/m)
Plancha asociada	477.00	0.80	379.22	301.48	100.49	
Alma	76.20	31.59	2407.16	76042.12	22860.00	59.86
Ala	50.80	62.23	3161.03	196695.09	6.83	39.90
	<u>604.00</u>		<u>5947.40</u>	<u>273038.69</u>	<u>22967.32</u>	<u>99.76</u>
				+Ad2	273038.69	
		H=Ad/d(cm)	9.85	Io+Ad2:	296006.01	
				I=Io+Ad2-AH2	237443.75	(cm4)
				Y=t+h1+t2-H=	53.01	(cm)
				Z=I/Y:	4478.95	(cm3)

CALCULO DE HODULO SECCIONAL

USO: REF. VERTICAL CENTRAL, MAMPARO TRANSVERSAL CENTRO

PLANCHA: t(cm):	1.27	b(cm):	300.00			
ALHA: t1(cm):	1.27	h1(cm):	45.00			
ALA: t2(cm):	1.27	b2(cm):	20.00			
Elemento	A (cm2)	d (cm)	Ad (cm3)	Ad^2 (cm4)	Io (cm4)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	381.00	0.64	241.94	153.63	51.21	
Alma	57.15	23.77	1358.46	32290.49	9644.06	44.89
Ala	25.40	46.91	1191.39	55882.01	3.41	19.95
	<u>463.55</u>		<u>2791.78</u>	<u>88326.12</u>	<u>9698.69</u>	<u>64.84</u>
				+Ad2	88326.12	
		H=Ad/d(cm)	6.02	Io+Ad2:	98024.81	
				I=Io+Ad2-AH2	81211.04	(cm4)
				Y=t+h1+t2-H=	41.52	(cm)
				Z=I/Y:	1956.07	(cm3)

CALCULO DE HODULO SECCIONAL

USO: REF VERTICAL CENTRO, MAMPARO COLISION

PLANCHA: t(cm):	1.27	b(cm):	240.00			
ALHA: t1(cm):	0.95	h1(cm):	39.00			
ALA: t2(cm):	0.95	b2(cm):	12.00			
Elemento	A (cm2)	d (cm)	Ad (cm3)	Ad^2 (cm4)	Io (cm4)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	304.80	0.64	193.55	122.90	40.97	
Alma	37.05	20.77	769.53	15983.11	4696.09	29.17
Ala	11.40	40.75	464.49	18925.77	0.86	8.98
	<u>353.25</u>		<u>1427.57</u>	<u>35031.78</u>	<u>4737.91</u>	<u>38.15</u>
				+Ad2	35031.78	
		H=Ad/d(cm)	4.04	Io+Ad2:	39769.69	
				I=Io+Ad2-AH2	34000.53	(cm4)
				Y=t+h1+t2-H=	37.18	(cm)
				Z = I/Y =	914.52	(cm3)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: REF. HOR. SUPERIOR, MAMP TRANSV CENTRO

PLANCHA: t(cm): 1.27 b(cm): 300.00
 ALMA: t1(cm): 1.27 h1(cm): 45.00
 ALA: t2(cm): 1.27 b2(cm): 18.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	I _o (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	301.00	0.64	241.94	153.63	51.21	
Alma	57.15	23.77	1358.46	32290.49	9644.06	44.89
Ala	22.86	46.91	1072.25	50293.81	3.07	17.96
	<u>461.01</u>		<u>2672.64</u>	<u>82737.92</u>	<u>9698.34</u>	<u>62.85</u>
				+Ad ²	82737.92	
		H=Ad/d(cm)	5.80	I _o +Ad ² :	92436.27	
				I=I _o +Ad ² -AH ²	76942.03	(cm ⁴)
				Y=t+h1+t2-H=	41.74	(cm)
				Z=I/Y:	1843.25	(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: REF. HOR. SUPERIOR, MAMP. TRANSVERSAL LATERAL

PLANCHA: t(cm): 1.27 b(cm): 300.00
 ALMA: t1(cm): 1.27 h1(cm): 55.00
 ALA: t2(cm): 1.27 b2(cm): 26.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	I _o (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	381.00	0.64	241.94	153.63	51.21	
Alma	69.85	28.77	2009.58	57815.75	17608.02	54.87
Ala	33.02	56.91	1879.00	106924.67	4.44	25.94
	<u>483.87</u>		<u>4130.52</u>	<u>164894.05</u>	<u>17663.67</u>	<u>80.81</u>
				+Ad ²	164894.05	
		H=Ad/d(cm)	8.54	I _o +Ad ² :	182557.71	
				I=I _o +Ad ² -AH ²	147297.80	(cm ⁴)
				Y=t+h1+t2-H=	49.00	(cm)
				Z=I/Y:	3005.86	(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: REF. HOR. INFERIOR, MAMP. TRANSV CENTRO

PLANCHA: t(cm): 1.27 b(cm): 300.00
 ALMA: t1(cm): 1.27 h1(cm): 50.00
 ALA: t2(cm): 1.27 b2(cm): 26.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	I _o (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	381.00	0.64	241.94	153.63	51.21	
Alma	63.50	26.27	1668.15	43822.17	13229.17	49.88
Ala	33.02	51.91	1713.90	88960.14	4.44	25.94
	<u>477.52</u>		<u>3623.98</u>	<u>132935.94</u>	<u>13284.81</u>	<u>75.82</u>
				+Ad ²	132935.94	
		H=Ad/d(cm)	7.59	I _o +Ad ² :	146220.75	
				I=I _o +Ad ² -AH ²	118717.71	(cm ⁴)
				Y=t+h1+t2-H=	44.95	(cm)
				Z=I/Y:	2641.06	(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: REF. HOR. INFERIOR, MAMP. TRANSVERSAL LATERAL

PLANCHA: t(cm): 1.27 b(cm): 300.00
 ALMA: t1(cm): 1.27 h1(cm): 70.00
 ALA: t2(cm): 1.27 b2(cm): 30.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	381.00	0.64	241.94	153.63	51.21	
Alma	88.90	36.27	3224.40	116949.10	36300.83	69.83
Ala	38.10	71.91	2739.58	196989.54	5.12	29.93
	<u>508.00</u>		<u>6205.92</u>	<u>314092.26</u>	<u>36357.16</u>	<u>99.76</u>
				+Ad ²	<u>314092.26</u>	

$$H = Ad/d \text{ (cm)} = 12.22$$

$$I_o + Ad^2 = 350449.43$$

$$I = I_o + Ad^2 - AH^2 = 274635.60 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$Y = t + h_1 + t_2 - H = 60.32 \text{ (cm)}$$

$$Z = I/Y = 4552.70 \text{ (cm}^3\text{)}$$

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: BULARCAHA Y CONTRABULARCAHA, TANQUES DE CARGA

PLANCHA: t(cm): 1.53 b(cm): 300.00
 ALMA: t1(cm): 1.27 h1(cm): 95.00
 ALA: t2(cm): 1.27 b2(cm): 45.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	459.00	0.77	351.14	268.62	89.54	
Alma	120.65	49.03	5915.47	290035.47	90738.85	94.77
Ala	57.15	97.17	5552.98	539555.28	7.60	44.89
	<u>636.80</u>		<u>11819.58</u>	<u>829859.37</u>	<u>90836.08</u>	<u>139.66</u>
				+Ad ²	<u>829859.37</u>	

$$H = Ad/d \text{ (cm)} = 18.56$$

$$I_o + Ad^2 = 920695.44$$

$$I = I_o + Ad^2 - AH^2 = 701313.26 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$Y = t + h_1 + t_2 - H = 79.24 \text{ (cm)}$$

$$Z = I/Y = 8850.60 \text{ (cm}^3\text{)}$$

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: BULARCAHA DEL DEPTO DE MAQUINAS

PLANCHA: t(cm): 1.59 b(cm): 60.00
 ALMA: t1(cm): 1.27 h1(cm): 22.00
 ALA: t2(cm): 1.27 b2(cm): 12.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	95.40	0.80	75.84	60.30	20.10	
Alma	27.94	12.59	351.76	4428.72	1126.91	21.95
Ala	15.24	24.23	369.19	8943.60	2.05	11.97
	<u>138.58</u>		<u>796.80</u>	<u>13432.62</u>	<u>1149.06</u>	<u>33.92</u>
				+Ad ²	<u>13432.62</u>	

$$H = Ad/d \text{ (cm)} = 5.75$$

$$I_o + Ad^2 = 14581.68$$

$$I = I_o + Ad^2 - AH^2 = 10000.32 \text{ (cm}^4\text{)}$$

$$Y = t + h_1 + t_2 - H = 19.11 \text{ (cm)}$$

$$Z = I/Y = 523.30 \text{ (cm}^3\text{)}$$

CALCULO DE HODULO SECCIONAL

USO: EAO REFORZADO, DEPARTAHENTO MAQUINAS

PLANCHA:	t(cm):	0.64	b(cm):	60.00					
ALHA:	t1(cm):	1.11	h1(cm):	24.00					
ALA:	t2(cm):	1.11	b2(cm):	12.00					
Elemento			A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)		Peso (kg/m)
Plancha asociada			38.40	0.32	12.29	3.93	1.31		
Alma			26.64	12.64	336.73	4256.26	1278.72		20.95
Ala			13.32	25.20	335.60	8455.38	1.37		10.48
			<u>78.36</u>		<u>684.62</u>	<u>12715.57</u>	<u>1281.40</u>		<u>31.43</u>
						+Ad2	12715.57		
				H=Ad/d(cm)	8.74	Io+Ad2:	13996.97		
						I=Io+Ad2-AH2	8015.63	(cm ⁴)	
						Y=t+h1+t2-H=	17.01	(cm)	
						Z=I/Y:	471.14	(cm ³)	

CALCULO DE HODULO SECCIONAL

USO: ESLORA REFORZADA, DEPARTAHENTO MAQUINAS

PLANCHA:	t(cm):	0.80	b(cm):	240.00					
ALHA:	t1(cm):	1.11	h1(cm):	70.00					
ALA:	t2(cm):	1.11	b2(cm):	20.00					
Elemento			A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)		Peso (kg/m)
Plancha asociada			192.00	0.40	76.80	30.72	10.24		
Alma			77.70	35.80	2781.66	99583.43	31727.50		61.11
Ala			22.20	71.36	15134.08	113032.10	2.28		17.46
			<u>291.90</u>		<u>4442.54</u>	<u>212646.25</u>	<u>31740.02</u>		<u>78.57</u>
						+Ad2	212646.25		
				H=Ad/d(cm)	15.22	Io+Ad2:	244386.27		
						I=Io+Ad2-AH2	176773.49	(cm ⁴)	
						Y=t+h1+t2-H=	56.69	(cm)	
						Z=I/Y:	3118.21	(cm ³)	

CALCULO DE HODULO SECCIONAL

USO: PRIHER PALMEJAR DE PROA

PLANCHA:	t(cm):	1.59	b(cm):	220.00					
ALHA:	t1(cm):	1.11	h1(cm):	70.00					
ALA:	t2(cm):	1.11	b2(cm):	20.00					
Elemento			A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)		Peso (kg/m)
Plancha asociada			349.80	0.80	278.09	221.08	73.69		
Alma			77.70	36.59	2843.04	104026.94	31727.50		61.11
Ala			22.20	72.15	1601.62	115548.80	2.28		17.46
			<u>449.70</u>		<u>4722.75</u>	<u>219796.83</u>	<u>31803.47</u>		<u>78.57</u>
						+Ad2	219796.03		
				H=Ad/d(cm)	10.50	Io+Ad2:	251600.30		
						I=Io+Ad2-AH2	202001.91	(cm ⁴)	
						Y=t+h1+t2-H=	62.20	(cm)	
						Z=I/Y:	3247.72	(cm ³)	

CALCULO RE HODULO SECCIONAL

USO: SEGUNDO PALMEJAR DE PROA

PLANCHA:	t(cm):	1.59	b(cm):	220.00
ALMA:	t1(cm):	1.11	h1(cm):	60.00
ALA:	t2(cm):	1.11	b2(cm):	20.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	349.80	0.80	278.09	221.08	73.69	
Alna	66.60	31.59	2103.89	66462.01	19980.00	52.38
Ala	22.20	62.15	1379.62	85736.42	2.28	17.46
	<u>438.60</u>		<u>3761.60</u>	<u>152419.52</u>	<u>20055.97</u>	<u>69.84</u>
				+Ad ²	152419.52	
		H=Ad/d(cm)	8.58	Io+Ad ² :	172475.49	
				I=Io+Ad ² -AH ²	140214.51	(cm ⁴)
				Y=t+h1+t2-H=	54.12	(cm)
				Z=I/Y:	2590.63	(cm ³)

CALCULO DE HODULO SECCIONAL

USO: VAGRA CENTRAL EM PROA

PLANCHA:	t(cm):	1.59	b(cm):	240.00
ALMA:	t1(cm):	0.95	h1(cm):	50.00
ALA:	t2(cm):	0.95	b2(cm):	20.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	381.60	0.80	303.37	241.18	80.39	
Alna	47.50	26.59	1263.03	33583.03	9895.83	37.90
Ala	19.00	52.07	989.24	51504.52	1.43	14.96
	<u>448.10</u>		<u>2555.63</u>	<u>85329.54</u>	<u>9977.66</u>	<u>52.36</u>
				+Ad ²	85329.54	
		H=Ad/d(cm)	5.70	Io+Ad ² :	95307.19	
				I=Io+Ad ² -AH ²	80731.75	(cm ⁴)
				Y=t+h1+t2-H=	46.84	(cm)
				Z=I/Y:	1723.68	(cm ³)

CALCULO DE HODULO SECCIONAL

USO: VARENGAS EN PROA

PLANCHA:	t(cm):	1.59	b(cm):	60.00
ALMA:	t1(cm):	0.95	h1(cm):	40.00
ALA:	t2(cm):	0.95	b2(cm):	14.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	95.40	0.80	75.84	60.30	20.10	
Alma	38.00	21.59	020.42	17712.87	5066.67	29.93
Ala	13.30	42.07	559.46	23533.87	1.00	10.48
	<u>146.70</u>		<u>1455.73</u>	<u>41307.04</u>	<u>5087.77</u>	<u>40.41</u>
				+Ad ²	41307.04	
		H=Ad/d(cm)	9.92	Io+Ad ² :	46394.80	
				I=Io+Ad ² -AH ²	31949.39	(cm ⁴)
				Y=t+h1+t2-H=	32.62	(cm)
				Z=I/Y:	979.54	(cm ³)

CALCULO DE ELEHENTUS TRANSVERSALES
ELEMENTO :CUADERNA TRANSVERSAL (BULARCAMA)

ELEHENTO	DINENSION (m)	PESO UNIT (kg/m)	PESO TOT. (kg)
Varenga central	7.5	84.8	636
Varenga lateral (x2)	5.55	199.52	1107.336
Bularcama (x2)	9.7	279.32	2709.404
Contrabularcama (x2)	9.7	279.32	2709.404
Bao central	7.5	49.8	373.5
Bao lateral (x2)	5.55	109.74	609.057
Peso total (kg):			8144.701

CALCULO DE PESOS EN PROA
PLANCHAJES Y ESTRUCTURALES DE CASTILLO

ELEHENTO	DINENSION	PESO UNITARIO	PESO TOT (KG)
Planchaje castillo proa pl 9.53mm	219.00 m2	74.80 kg/m2	16381.20
aarparo frontal a popa pl 9.53mm	42.24 m2	74.90 kg/m2	3163.78
arparo colision pl 9.53mm	42.24 m2	74.90 kg/m2	3163.78
forro de costado pl 11.11mm	130.00 m2	87.30 kg/m2	11349.00
cuadernas 22x2x3m	132.00 m	23.56 kg/m	3109.92
baos castillo 11x6m	66.00 m	26.69 kg/m	1761.54
baos castillo 11x8m	88.00 m	26.69 kg/m	2348.72
eslora central reforzada	19.70 m	78.57 kg/m	1547.83
rasparos transversales 4x6.35mm	84.00 m2	49.90 kg/m2	4191.60
narparos longitud 2x6.35mm	63.00 m2	49.90 kg/m2	3143.70
peso de castillo proa (kg):			50161.06

CALCULO DE ELEHENTOS TRANSVERSALES
ELEMENTO:MAMPARO DE COLISION

ELEHENTO	DINENSION	PESO UNIT	PESO TOT. (kg)
Traca A,plancha 1.27cm	6.16 m2	99.76 kg/m2	614.52
Traca B plancha 0.953cm	13.25 m2	74.80 kg/m2	991.10
Traca C plancha 0.953cm	17.80 m2	74.80 kg/m2	1331.44
Traca D plancha 0.80cm	13.10 m2	62.40 kg/m2	817.44
traca E plancha 0.80cm	15.80 m2	62.40 kg/m2	985.92
Refuerzo vertical A1(x2)	20.40 m	23.56 kg/m	480.62
Refuerzo vertical A2(x2)	19.20 m	23.56 kg/m	452.35
Refuerzo vertical A3(x2)	17.60 m	23.56 kg/m	414.66
Refuerzo vertical A4(x2)	15.40 m	23.56 kg/m	362.82
Refuerzo vertical A5(x2)	11.40 m	23.56 kg/m	268.58
Refuerzo vertical A6(x2)	8.80 m	23.56 kg/m	207.33
Refuerzo vertical A7(x2)	5.60 m	23.56 kg/m	131.94
Refuerzo vertical A8(x2)	2.60 m	23.56 kg/m	61.26
Refuerzo vertical A9(x2)	1.20 m	23.56 kg/m	28.27
Ref crujia 39x12x0.95cm	10.40 m	38.15 kg/m	396.76
Peso total del mamparo (kg):			7545.01

CALCULO DE ELEMENTOS TRANSVERSALES

ELEMENTO: MAMPARO TRANSVERSAL

POR SIMETRIA SE TOMA SOLO LA MITAD DE LA SECCION

ELEMENTO	DIMENSION (m)	PESO UNIT (kg/m)	PESO TOT. (kg)
Traca A	9.3	280.6	2609.58
Traca B	9.3	149.6	1391.28
Traca C	9.3	149.6	1391.28
Traca D	9.3	149.6	1391.28
Traca E	9.3	149.6	1391.28
Traca F	9.3	119.7	1113.21
Refuerzos verticales (x22)	9.7	642.84	6235.548
Refuerzo vertlcentral(1/2)	9.7	32.42	314.474
Refuerzo suplcentral	3.75	62.86	235.725
Refuerzo inf/central	3.75	75.82	284.325
Refuerzo sup/lateral	5.5	80.81	444.455
Refuerzo inf/lateral	5.5	99.76	548.68
w(kg):			17351.11

CALCULO DE PESOS EN POPA
PLANCHAJES Y ESTRUCTURALES DE CASCO

ELEMENTO	DIMENSION	PESO UNITARIO	PESO TOT (KG)
Fondo P115.9 mm	234.80 m2	124.70 kg/m2	29279.56
Fondo P114.3mm	260.00 m2	112.23 kg/m2	29179.80
Casca P115.9mm	175.60 m2	124.70 kglr	21897.32
Cuadernas 32x2x11m	704.00 m	18.34 kglr	12911.36
Bularcaras 7x2x11m	154.00 m	33.92 kglr	5223.68
cuadernas 2x 17x7m	238.00 m	18.34 kg/m	4364.92
primer palmejar(x2) maq	38.00 m	78.57 kglr	2985.66
segundo palmejar(x2) maq	38.00 m	69.84 kg/m	2653.92
palmejares bomb 4x2x4.8m	38.40 m2	78.57 kg/m2	3017.09
plancha primer entrep p16.35mm	101.00 m2	49.90 kg/m2	5039.90
plancha seg entrep p16.35mm	130.00 m2	49.90 kg/m2	6487.00
plancha cub princ p19.53mm	236.45 m2	74.80 kg/m2	17686.46
plancha cub servo p19.53mm	75.00 m2	74.80 kg/m2	5610.00
doble fondo p112.7mm	136.00 m2	99.76 kg/m2	13567.36
vagra 1.5m p111.11mm	23.00 m	130.93 kglr	3011.39
vareng/bomb/p111.11mmx8x 11m	88.00 m	130.93 kg/m	11521.84
vareng/maq/p111.11mmx30x8m	240.00 m	130.93 kg/m	31423.20
baos prim cub 24x2x7m	336.00 m	22.81 kg/m	7664.16
bao ref prim cub 6x2x7m	84.00 m	31.43 kg/m	2640.12
baos seg cub 24x2x8m	384.00 m	22.81 kglr	8759.04
bao ref seg cub 6x2x8m	96.00 m	31.43 kg/m	3017.28
bao cub 24x2x8.5m	408.00 m	22.81 kg/m	9306.48
bao ref cub 6x2x8.5m	102.00 m	31.43 kglr	3205.86
Esloras ref 3x4.5m	13.50 m	40.90 kg/m	552.15
maaparo saqlborbas	0.62 %	27474.00 kg	17033.88
aaaparo peak popa	0.45 %	27474.00 kg	12363.30

PESO CASCO+ESTRUCTURAS(Kg):

270402.73

CALCULO DE PESOS EN PROA
 PLANCHAJES Y ESTRUCTURALES DE CASCO

ELEHENTO	DIHENSION	PESO UNITARIO	PESO TOT (Kg)
Fondo P115.9 mm	66.20 m2	124.70 kg/m2	8255.14
Fondo P114.3mm	52.70 m2	112.23 kg/m2	5914.52
Vagra central	10.30 m	52.36 kglr	539.31
Varengas fondo(x16)	48.00 m	40.41 kgla	1939.68
cuadernas proa (x11)	292.60 m	23.56 kglr	6893.66
cuadernas proa(x11)	195.00 m	23.56 kglr	4594.20
primer palmejar(x2)	14.80 m	78.57 kg/m	1162.84
segundo palmejar(x2)	17.60 m	69.04 kg/m	1229.18
prirera cubierta 8mm	72.13 m2	62.35 kg/m2	4497.31
segunda cubierta 8mm	90.00 m2	62.35 kg/m2	5611.50
tercera cubierta 8mm	140.00 m2	62.35 kg/m2	8729.00
cubierta principal 11.11mm	240.85 m2	87.30 kg/m2	21026.21
baos prirera cub 11x2x3m	66.00 m	26.69 kglr	1761.54
baos prim cub 11x2x1.5	33.00 m	26.69 kgla	880.77
baos seg cub 11x2x4m	88.00 m	26.69 kgla	2348.72
baos seg cub 11x2x2m	44.00 m	26.69 kgla	1174.36
baos terc cub 11x2x5m	110.00 m	26.69 kg/m	2935.90
baos terc cub 11x2x2.5m	55.00 m	26.69 kg/m	1467.95
baos cub princ 11x2x6m	132.00 m	26.69 kgla	3523.08
baos cub princ 11x2x3m	66.00 m	26.69 kglr	1761.54
eslora ref central	45.90 m	78.57 kgla	3606.36
mamparo frontal cadenas	22.50 m2	124.70 kg/m2	2805.75
aarparo long cadenas	31.50 m2	124.70 kg/m2	3928.05
refuerzos mamparo cadenas	58.00 m	23.56 kglr	1366.48
aaaparo colision	1.00	7545.00 kg	7545.00

PESO CASCO+ESTRUCTURAS(Kg) = 105498.04

CALCULO DE PESOS EN POPA
 PLANCHAJES Y ESTRUCTURALES DE SUPERESTRUCTURA

ELEMENTO	DIMENSION	PESO UNITARIO	PESO TOT (Kg)
Primera cub entrepuente pl6.35mm	300.00 a2	49.90 kg/m2	14970.00 kg
segunda cub entrepuente pl 6.35mm	300.00 m2	49.90 kg/m2	14970.00 kg
techo puente de mando pl 6.35mm	108.00 m2	49.90 kg/m2	5389.20 kg
mamp/frontal primer entrep pl11.11mm	44.16 a2	87.90 kg/m2	3881.66 kg
mamp/frontal segdo entrep pl9.53mm	38.40 m2	74.82 kg/m2	2873.09 kg
mamp/frontal puente pl 8mm	30.40 m2	62.35 kg/m2	2394.24 kg
rarp/post primer entrep pl11.11mm	27.00 m2	87.90 kg/m2	2373.39 kg
mamp/post seg entrep pl 9.53 mm	27.00 m2	74.02 kg/m2	2020.14 kg
mamp/post puente pl 8mm	38.40 m2	62.35 kg/m2	2394.24 kg
costado prirer entrep pl 11.11mm	110.00 m2	87.90 kg/m2	9669.00 kg
costado seg entrep pl 9.53mm	87.00 m2	74.82 kg/m2	6509.34 kg
costado puente pl 8mm	19.20 m2	62.35 kg/m2	1197.12 kg
mamp guardacalor PL 11.11mm	72.00 m2	87.90 kg/m2	6328.80 kg
mamp guardacalor segundo,pl 9.53mm	72.00 a2	74.82 kg/m2	5387.04 kg

peso de planchajes: 80357.17 kg

peso estructurales=35%planchajes: 28125.01 kg

peso superestructura: 108482.18 kg

CALCULO DE PESOS UNITARIOS TOTALES LONEITUDINALES

ELEMENTO: CASCO OBRA VIVA Y MUERTA

ELEHENTO	PESO UNIT (kg/m)
Traca K casco (x1/2)	89.79
Traca A casco	311.75
Traca B c a m	311.75
Traca C casco	249.4
Traca D casco	311.75
Traca E casco	168.35
Traca F casco	168.35
Traca G casco	134.68
Traca H casco	134.68
Traca J casco	134.68
Traca L casco	187.05
Refuerzos L1 a L12 (x12)	560.4
Refuerzos L13 a L18 (x6)	175.32
Refuerzos L19 a L23 (x5)	120.75
Refuerzo de quilla (x1/2)	41.15
<hr/>	
w(kg/m):	3099.85
Peso total=2xw(kg/m):	6199.7

CALCULO DE PESOS UNITARIOS TOTALES LONGITUDINALES

ELEHENTO: CUBIERTA PRINCIPAL

ELEHENTO	PESO UNIT (kg/m)
Traca A cub principal(x1/2)	59.66
Traca B cub principal	149.64
Traca C cub principal	149.64
Traca D cub principal	149.64
Traca E cub principal	249.4
Traca F cub principal	286.8
Refuerzos de cubierta (x11)	201.74
Refuerzo central de cub (x1/2)	20.45
<hr/>	
w(kg/m):	1207.17
peso total=2xw(kg/m):	2534.34

CALCULO DE PESOS UNITARIOS TOTALES LONGITUDINALES

ELEMENTO: MAMPAROS LONGITUDINALES

ELEHENTO	PESO UNIT (kg/m)
Traca A mamparo longitudinal	280.6
Traca B mamparo longitudinal	149.6
Traca C mamparo longitudinal	149.6
Traca C mamparo longitudinal	149.6
Traca E raffiparo longitudinal	149.6
Traca F mamparo longitudinal	134.7
Refuerzos LL1 a LL6 (x6)	216.48
Refuerzos iL7 a LL12 (x6)	160.14
<hr/>	
w(kg/m):	1390.32
peso total=2xw(kg/m):	2780.64

CALCULO DE HODULO SECCIONAL

USO: REFUERZOS VERTICALES EN MAMPAROS TRANSVERSALES

PLANCHA: t(cm):	1.27	b(cm):	75.00				
ANGULO: hi(pul):	8.00	hi(cm):	20.32	bi(pul):	4.00	bi(cm):	10.16
Elemento		A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada		95.25	0.64	60.48	38.41	12.80	
Angulo 8x4x1/2"		37.10	14.33	531.64	7618.44	1602.50	29.22
		<u>132.35</u>		<u>592.13</u>	<u>7656.85</u>	<u>1615.30</u>	
					+Ad ²	7656.85	
			H=Ad/d(cm)	4.47	Io+Ad ² :	9272.15	
					I=Io+Ad ² -AH ²	6623.01	(cm ⁴)
					Y=t+hi-H=	17.12	(cm)
					Z=I/Y:	386.95	(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: REFUERZOS WERTICALES EN MAMPARO COLISION

PLANCHA: t(cm):	1.27	b(cm):	60.00				
ANGULO: hi(pul):	7.00	hi(cm):	17.78	bi(pul):	4.00	bi(cm):	10.16
Elemento		A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada		76.20	0.64	48.39	30.73	10.24	
Angulo 7x4x7/16"		29.81	12.98	386.93	5022.40	986.50	23.56
		<u>106.01</u>		<u>435.32</u>	<u>5053.13</u>	<u>996.74</u>	
					+Ad ²	5053.13	
			H=Ad/d(cm)	4.11	Io+Ad ² :	6049.87	
					I=Io+Ad ² -AH ²	4262.26	(cm ⁴)
					Y=t+hi-H=	14.94	(cm)
					Z=I/Y:	285.22	(cm ³)

CALCULO DEL MODULO SECCIONAL DE LA CUADERNA MAESTRA DEL BUQUE

TENTATIVA: PRIHERA

ESTRUCTURAL	dimension	area (cm ²)	lo (cm ⁴)	d (#)	Axd (cm ² xm)	Axd ² (cm ² xm ²)
L1 a L9	ang 9x4x3/4"	533.70	28507.68	0.14	75.84	10.78
L10	ang 9x4x3/4"	59.30	3167.52	0.60	35.58	21.35
L11	ang 9x4x3/4"	59.30	3167.52	0.90	53.37	48.03
L12	ang 9x4x3/4"	59.30	3167.52	1.30	77.09	100.22
L13	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	2.00	74.20	148.40
L14	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	2.75	102.03	280.57
L15	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	3.50	129.85	454.48
L16	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	4.25	157.68	670.12
L17	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	5.00	185.50	927.50
L18	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	5.75	213.33	1226.62
L19	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	6.50	199.23	1294.96
L20	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	7.25	222.21	1611.04
L21	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	8.00	245.20	1961.60
L22	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	8.60	263.59	2266.87
L23	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	9.20	281.98	2594.22
LC1 a LC11	ang 6x4x3/8"	256.19	6181.01	9.60	2459.42	23610.47
LL1	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	0.75	34.40	25.80
LL2	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	1.50	68.81	103.21
LL3	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	2.25	103.21	232.22
LL4	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	3.00	137.61	412.83
LL5	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	3.75	172.01	645.05
LL6	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	4.50	206.42	928.87
LL7	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	5.25	177.82	933.54
LL8	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	6.00	203.22	1219.32
LL9	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	6.75	228.62	1543.20
LL10	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	7.50	254.03	1905.19
LL12	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	8.25	279.43	2305.28
LL12	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	9.00	304.83	2743.47
Eslora cent.	T 27x14x1.27cm	28.54	sitad 2212.45	9.52	271.65	2586.14
Vagra quilla	T 46x20x1.59cm	52.47	ritad 12726.41	0.31	16.27	5.04
Traca K	pl 120x1.91cm	114.60	sitad 34.84	0.01	1.09	0.01
Traca A	pl 250x1.59cm	397.50	83.74	0.01	3.18	0.03
Traca B	pl 250x1.59cm	397.50	83.74	0.01	3.18	0.03
Traca C	pl 200x1.59cm	318.00	66.99	0.01	2.54	0.02
Traca D	pl 250x1.59cm	397.50	258830.90	0.82	325.95	267.28
Traca E	pl 150x1.43cm	214.50	402187.50	2.35	504.08	1184.58
Traca F	pl 150x1.43cm	214.50	402187.50	3.85	825.83	3179.43
Traca 6 casc	pl 120x1.43cm	171.60	205920.00	5.20	892.32	4640.06
Traca H	pl 120x1.43cm	171.60	205920.00	6.40	1098.24	7028.74
Traca J	pl 120x1.43cm	171.60	205920.00	7.60	1304.16	9911.62
Traca L	pl 150x1.59cm	238.50	447187.50	8.95	2134.58	19104.45
Trac R'aamp	pl 250x1.43cm	357.50	1861979.17	1.25	446.88	558.59
Trac B'mamp	pl 150x1.27cm	190.50	357187.50	3.25	619.13	2012.10
Trac C'rap	pl 150x1.27cm	190.50	357187.50	4.75	904.88	4298.16
Trac D'mamp	pl 150x1.27cm	190.50	357187.50	6.25	1190.63	7441.41
Trac E'mamp	pl 150x1.27cm	190.50	357187.50	7.75	1476.38	11441.91
Trac F'mamp	pl 120x1.43cm	171.60	205920.00	9.10	1501.56	14210.20

Traca A" cub	pl 120x1.27cm	76.20	mitad	10.24	9.70	739.14	7169.66
B",C",D" cub	pl 412.5x1.27cm	523.88		70.41	9.70	5081.64	49291.87
Traca E" cub	pl 250x1.27cm	317.50		42.67	9.70	3079.75	29873.58
Traca F" cub	pl 155x1.59cm	246.45		51.92	9.70	2390.56	23188.48

A:	7165.62	I _o :	5715994.25	A _d :	31820.07	Ad ² :	247618.59
		I _o :	571.60				

Posicion del eje neutro, $H = [A*d (cm^2-m)/A(cm^2)]:$ $H(m):$ 4.44

Inercia total de la cuaderna maestra = $2[Ad^2+I_o-A*dH^2] (cm^2xm^2)=I =$ $I [cm^2-m^2]:$ 213776.09

Distancia del eje neutro a cubierta, $y (m):$ $y=D-H$ 5.26

Modulo seccional, $Z= I/y (cm^2-m):$ 40646.95

CALCULO DEL MODULO SECCIONAL DE LA CUADERNA HAESTRR DEL BUQUE

TENTATIVA: PRIHERA (CORREGIDA)

ESTRUCTURRL	dimension	area (cm ²)	I _o (cm ⁴)	d (m)	Axd (cm ² xm)	Axd ² (cm ² xm ²)
L1 a L3	ang 9x4x3/4"	177.90	9502.56	0.14	25.28	3.59
Vagra L4	T46x20x1.59cm	104.94	25452.82	0.31	32.53	10.08
L5 a L9	ang 9x4x3/4"	296.50	15837.60	0.14	41.51	5.81
L10	ang 9x4x3/4"	59.30	3167.52	0.60	35.58	21.35
L11	ang 9x4x3/4"	59.30	3167.52	0.90	53.37	48.03
L12	ang 9x4x3/4"	59.30	3167.52	1.30	77.09	100.22
L13	ang 8x4x7/16"	32.65	1419.40	2.00	65.30	130.60
L14	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	2.75	102.03	280.57
L15	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	3.50	129.85	454.48
L16	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	4.25	157.68	670.12
L17	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	5.00	185.50	927.50
L18	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	5.75	213.33	1226.62
L19	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	6.50	199.23	1294.96
L20	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	7.25	222.21	1611.04
L21	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	8.00	245.20	1961.60
L22	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	8.60	263.59	2266.87
L23	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	9.20	281.98	2594.22
LC1 a LC11	ang 6x4x3/8"	232.90	5619.12	9.60	2235.84	21464.06
LL1	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	0.75	34.40	25.80
LL2	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	1.50	68.81	103.22
LL3	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	2.25	103.21	232.22
LL4	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	3.00	137.61	412.83
LL5	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	3.75	172.01	645.05
LL6	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	4.50	206.42	928.87
LL7	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	5.25	177.82	933.54
LL8	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	6.00	203.22	1219.32
LL9	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	6.75	228.62	1543.20
LL10	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	7.50	254.03	1905.19
LL11	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	8.25	279.43	2305.28
LL12	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	9.00	304.83	2743.47
Eslora LC4	T27x14x1.27cm	57.08	4424.90	9.52	543.40	5173.18
Eslora cent.	T 27x14x1.27cm	28.54	2212.45	9.52	271.65	2586.14
Vagra quilla	T46x20x1.59cm	52.47	12726.41	0.31	16.27	5.04
Traca K	pl 120x1.91cm	114.60	34.84	0.01	1.09	0.01
Traca R	pl 250x1.59cm	397.50	83.74	0.01	3.18	0.03
Traca B	pl 250x1.59cm	397.50	83.74	0.01	3.18	0.03
Traca C	pl 200x1.59cm	318.00	66.99	0.01	2.54	0.02
Traca D	pl 250x1.59cm	397.50	258830.90	0.82	325.95	267.28
Traca E	pl 150x1.43cm	214.50	402187.50	2.35	504.08	1184.58
Traca F	pl 150x1.43cm	214.50	402187.50	3.85	825.83	3179.43
Traca 6	pl 120x1.43cm	171.60	205920.00	5.20	892.32	4640.06
Traca H	pl 120x1.43cm	171.60	205920.00	6.40	1098.24	7028.74
Traca J	pl 120x1.43cm	171.60	205920.00	7.60	1304.16	9921.62
Traca L	pl 150x1.59cm	238.50	447187.50	8.95	2134.58	19104.45
Trac A' ramp	pl 250x1.43cm	357.50	1861979.17	1.25	446.88	558.59
Trac B' ramp	pl 150x1.27cm	190.50	357187.50	3.25	619.13	2012.16

Trac C' mamp	pl 150x1.27cm	190.50	351187.50	4.75	904.88	4298.16
Trac D' namp	pl 150x1.27cm	190.50	357187.50	6.25	1190.63	7441.41
Trac E' mamp	pl 150x1.27cm	190.50	357187.50	7.75	1476.38	11441.91
Trac F' mamp	pl 120x1.43cm	171.60	205920.00	9.10	1561.56	14110.20
Traca A cub	pl 120x1.27cm	76.20 mitad	10.24	9.70	739.14	1169.66
B",C",D" cub	pl 412.5x1.27cm	523.88	70.41	9.70	5081.64	49291.87
Traca E" cub	pl 250x1.27cm	317.50	42.67	9.70	3079.175	19873.58
Traca F" cub	pl 155x1.59cm	246.45	51.92	9.70	2390.56	23188.48

A: 7240.60 lo: 5741959.46 Rtd:32154.47 Ad^2:250636.28
Ia: 574.20

Posicion del eje neutro, $H = [A*d (cm^2 * m) / A(cm^2)]$: H(m): 4.44
Inercia total de la cuaderna maestra = $2[Ad^2 + lo - A * H^2] (cm^2 * m^2) = I = I [cm^2 - m^2]$: 216833.97
Distancia del eje neutro a cubierta. y (m): $y = D - H$ 5.26
Modulo seccional, $Z = I / y (cm^2 - m)$: $Z = I / (m^2 - m)$ 41229.93

APENDICE C

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN PLANCHAJES

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN CUBIERTA PRINCIPAL

CONDICION: ABS QUEBRANTO

POSICION: 1/4L DESDE PROA

Cubierta Cubierta Cubierta
Traca E Traca E/F costado

Espesor del planchaje t (cm)	1.27	1.59	1.51
Distancia a crujia s (m) o ancho de traca	7.60	7.60	2.30
distancia a eje neutro y (a)	5.18	5.18	5.18
Momento de inercia I (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97
Fuerza cortante V (ton)	2038.28	2038.28	2038.28
Momento de area Q (cm-m ²)= yttts	50.00	50.00	18.94
Esfuerzo cortante (V*Q)/I*t (ton/cm ²)	0.37	0.30	0.41

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN CUBIERTA PRINCIPAL

CONDICION: ABS QUEBRANTO

POSICION: 3/4L DESDE PROA

Cubierta Cubierta Cubierta
Traca E Traca E/F costado

Espesor del planchaje t (cm)	1.27	1.59	1.59
Distancia a crujia s (m) o ancho de traca	7.60	7.60	2.30
distancia a eje neutro y (a)	5.18	5.18	5.18
Momento de inercia I (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97
Fuerza cortante V (ton)	2274.00	2274.00	2274.00
Momento de area Q (cm-m ²)= yttts	50.00	50.00	18.94
Esfuerzo cortante (V*Q)/I*t (ton/cm ²)	0.41	0.33	0.45

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN CUBIERTA PRINCIPAL

CONDICION: ABS ARRUFO

POSICION: 1/4L DESDE PROA

Cubierta Cubierta Cubierta
Traca E Traca E/F costado

Espesor del planchaje t (cm)	1.27	1.59	1.59
Distancia a crujia s (m) o ancho de traca	7.60	7.60	2.30
distancia a eje neutro y (a)	5.18	5.18	5.18
Momento de inercia I (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97
Fuerza cortante V (ton)	2748.08	2748.08	2748.08
Momento de area Q (cm-m ²)= yttts	50.00	50.00	18.94
Esfuerzo cortante (V*Q)/I*t (ton/cm ²)	0.50	0.40	0.55

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN CUBIERTA PRINCIPAL

CONDICION: ABS ARRUFO

POSICION: 3/4L DESDE PROA

Cubierta Cubierta Cubierta
Traca E Traca E/F costado

Espesor del planchaje t (cm)	1.27	1.59	1.59
Distancia a crujia s (m) o ancho de traca	7.60	7.60	2.30
distancia a eje neutro y (a)	5.18	5.18	5.18
Momento de inercia I (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97
Fuerza cortante V (ton)	3233.02	3233.02	3233.02
Momento de area Q (cm-m ²)= yttts	50.00	50.00	18.94
Esfuerzo cortante (V*Q)/I*t (ton/cm ²)	0.59	0.47	0.65

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN CUBIERTA PRINCIPAL

CONDICION: PNA ARRUFO

POSICION: 1/4L DESDE PROA

Cubierta Cubierta Cubierta
Traca E Traca E/F costado

Espesor del planchaje t (cm)	1.27	1.59	1.59
Distancia a crujia s (m) o ancho de traca	7.60	7.60	2.30
distancia a eje neutro y (m)	5.18	5.18	5.18
Momento de inercia I (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97
Fuerza cortante V (ton)	2905.86	2905.86	2905.86
Momento de area Q (cm-m ²)= yttts	50.00	50.00	18.94
Esfuerzo cortante (V*Q)/I*t (ton/cm ²)	0.53	0.42	0.58

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN CUBIERTA PRINCIPAL

CONDICION: PNA ARRUFO

POSICION: 3/4L DESDE PROA

Cubierta Cubierta Cubierta
Traca E traca E/F costado

Espesor del planchaje t (cm)	1.27	1.59	1.59
Distancia a crujia s (a) o ancho de traca	7.60	7.60	2.30
distancia a eje neutro y (m)	5.18	5.18	5.18
Moento de inercia I (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97
Fuerza cortante V (ton)	3372.00	3372.00	3372.00
Momento de area Q (cm-m ²)= yttts	50.00	50.00	18.94
Esfuerzo cortante (V*Q)/I*t (ton/cm ²)	0.61	0.49	0.67

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN CUBIERTA PRINCIPAL

CONDICION: PNA QUEBRANTO

POSICION: 1/4L DESDE PROA

Cubierta Cubierta Cubierta
Traca E Traca E/F costado

Espesor del planchaje t (cm)	1.27	1.59	1.59
Distancia a crujia s (a) o ancho de traca	7.60	7.60	2.30
distancia a eje neutro y (m)	5.18	5.18	5.18
Momento de inercia I (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	226833.97
Fuerza cortante V (ton)	2021.68	2021.68	2021.68
Momento de area Q (cm-m ²)= yttts	50.00	50.00	18.94
Esfuerzo cortante (V*Q)/I*t (ton/cm ²)	0.37	0.29	0.40

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN CUBIERTA PRINCIPAL

CONDICION: PNA QUEBRANTO

POSICION: 3/4L DESDE PROA

Cubierta Cubierta Cubierta
Traca E Traca E/F costado

Espesor del planchaje t (cm)	1.27	1.59	1.59
Distancia a crujia s (m) o ancho de traca	7.60	7.60	2.30
distancia a eje neutro y (m)	5.18	5.18	5.18
Momento de inercia I (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.91
Fuerza cortante V (ton)	2291.30	2291.30	2291.30
Momento de area Q (cm-m ²)= yttts	50.00	50.00	18.94
Esfuerzo cortante (V*Q)/I*t (ton/cm ²)	0.42	0.33	0.46

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL FDNDD

CONDICION: PNA QUEBRANTO

POSICION: 1/4L DESDE PRDA

Fondo Fondo Fondo
Traca K Traca K/A Traca C

	Fondo	Fondo	Fondo
	Traca K	Traca K/A	Traca C
Espesor del planchaje t (cm)	1.91	1.59	1.59
Distancia a crujia s (a) o ancho de traca	0.60	0.60	8.70
distancia a eje neutro y (m)	4.52	4.52	4.52
Horento de inercia I (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97
Fuerza cortante V (ton)	2021.68	2021.68	2021.68
Momento de area Q (cm ² -m ²)= yttts	5.18	5.18	62.53
Esfuerzo cortante (V*Q)/Itt (ton/cm ²)	0.03	0.03	0.40

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL FONDO

CONDICION: PNA QUEBRANTO

POSICION: 3/4L MSDE PROA

Fondo Fondo Fondo
Traca K Traca K/A Traca C

	Fondo	Fondo	Fondo
	Traca K	Traca K/A	Traca C
Espesor del planchaje t (cm)	1.91	1.59	1.59
Distancia a crujia s (m) o ancho de traca	0.60	0.60	8.70
distancia a eje neutro y (m)	4.52	4.52	4.52
Horento de inercia I (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97
Fuerza cortante V (ton)	2291.30	2291.30	2291.30
Honento de area Q (cm ² -m ²)= yttts	5.18	5.18	62.53
Esfuerzo cortante (V*Q)/Itt (ton/cm ²)	0.03	0.03	0.45

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL FONDO

CONDICION: PNA ARRIFO

POSICION: 1/4L DESDE PROA

Fondo Fondo Fondo
Traca K Traca K/A Traca C

	Fondo	Fondo	Fondo
	Traca K	Traca K/A	Traca C
Espesor del planchaje t (cm)	1.91	1.59	1.59
Distancia a crujia s (m) o ancho de traca	0.60	0.60	8.70
distancia a eje neutro y (m)	4.52	4.52	4.52
Horento de inercia I (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97
Fuerza cortante V (ton)	2905.86	2905.86	2905.86
Horento de area Q (cm ² -m ²)= yttts	5.18	5.18	62.53
Esfuerzo cortante (V*Q)/Itt (ton/cm ²)	0.04	0.04	0.57

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL FONDO

CONDICION: PNA ARRIFO

POSICION: 3/4L DESDE PROA

Fondo Fondo Fondo
Traca K Traca K/A Traca C

	Fondo	Fondo	Fondo
	Traca K	Traca K/A	Traca C
Espesor del planchaje t (cm)	1.91	1.59	1.59
Distancia a crujia s (m) o ancho de traca	0.60	0.60	8.70
distancia a eje neutro y (a)	4.52	4.52	4.52
Momento de inercia I (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97
Fuerza cortante V (ton)	3372.02	3372.02	3372.02
Homento de area Q (cm ² -m ²)= yttts	5.18	5.18	62.53
Esfuerzo cortante (V*Q)/Itt (ton/cm ²)	0.04	0.05	0.66

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL FONDO

CONDICION: ABS ARRUF0

POSICION: 1/4L DESDE PROA

Fondo Fondo Fondo
Traca K Traca K/A Traca C

Espesor del planthaje t (cm)	1.91	1.59	1.59
Distancia a crujia s (m) o ancho de traca	0.60	0.60	8.70
distancia a eje neutro y (m)	4.52	4.52	4.52
Momento de inercia I (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97
Fuerza cortante V (ton)	2766.08	2766.08	2766.08
Momento de area Q (cm-m ²)= yttts	5.18	5.18	62.53
Esfuerzo cortante (VtQ)/Itt (ton/cm ²)	0.03	0.04	0.54

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL FONDO

CONDICION: ABS ARRUF0

POSICION: 3/4L DESDE PROA

Fondo Fondo Fondo
Traca K Traca K/A Traca C

Espesor del planchaje t (cm)	1.92	1.59	1.59
Distancia a crujia s (m) o ancho de traca	0.60	0.60	8.70
distancia a eje neutro y (m)	4.52	4.52	4.52
Momento de inercia I (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97
Fuerza cortante V (ton)	3233.02	3233.02	3233.02
Momento de area Q (cm-m ²)= yttts	5.18	5.18	62.53
Esfuerzo cortante (VtQ)/Itt (ton/cm ²)	0.04	0.05	0.63

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL FONDO

CONDICION: ABS QUEBRANTO

POSICION: 1/4L DESDE PROA

Fondo Fondo Fondo
Traca K Traca K/A Traca C

Espesor del planchaje t (cm)	1.91	1.59	1.59
Distancia a crujia s (m) o ancho de traca	0.60	0.60	8.70
distancia a eje neutro y (m)	4.52	4.52	4.52
Momento de inercia I (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97
Fuerza cortante V (ton)	2038.28	2038.28	2038.28
Momento de area Q (cm-m ²)= yttts	5.18	5.18	62.53
Esfuerzo cortante (VtQ)/Itt (ton/cm ²)	0.03	0.03	0.40

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL FONDO

CONDICION: ABS QUEBRANTO

POSICION: 3/4L DESDE PROA

Fondo Fondo Fondo
Traca K Traca K/A Traca C

Espesor del planchaje t (cm)	1.91	1.59	1.59
Distancia a crujia s (m) o ancho de traca	0.60	0.60	8.70
distancia a eje neutro y (m)	4.52	4.52	4.52
Momento de inercia I (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97
Fuerza cortante V (ton)	2274.00	2274.00	2274.00
Momento de area Q (cm-m ²)= yttts	5.18	5.18	62.53
Esfuerzo cortante (VtQ)/Itt (ton/cm ²)	0.03	0.03	0.45

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL FORRO DEL CASCO

CONDICION: ABS QUEBRANTO

POSICION: 1/4L DESDE PROA

Traca L/cub Traca L/J Traca J/L eje neutro

espesor t (cm)	1.59	1.59	1.43	1.43
y= distancia a eje neutro (m)	5.18	3.68	3.68	0.00
Y= distancia a eje neutro a cubierta (m)	5.18	5.18	5.18	5.18
I= inercia seccional (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97	223447.60
Q=1/2(Y ² -y ²)t (m ² -cm)	0.00	10.57	10.57	20.25
V= fuerza cortante (ton)	2038.28	2038.28	2038.28	2038.28
Esfuerzo=(Q*V)/(I*t) (ton/cm ²)	0.00	0.06	0.07	0.13
Esfuerzo en cubierta (ton/cm ²)	0.41	0.41	0.41	0.41
Esfuerzo total (ton/cm ²)	0.41	0.47	0.48	0.54

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL FORRO DEL CASCO

CONDICION: ABS QUEBRANTO

POSICION: 3/4L DESDE PROA

Traca L/cub Traca L/J Traca J/L eje neutra

espesor t (cm)	1.59	1.59	1.43	1.43
y= distancia a eje neutro (m)	5.18	3.68	3.68	0.00
Y= distancia a eje neutro a cubierta (m)	5.18	5.18	5.18	5.18
I= inercia seccional (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97	223447.60
Q=1/2(Y ² -y ²)t (m ² -cm)	0.00	10.57	10.57	20.25
V= fuerza cortante (ton)	2274.00	2274.00	2274.00	2274.00
Esfuerzo=(Q*V)/(I*t) (ton/cm ²)	0.00	0.07	0.08	0.14
Esfuerzo en cubierta (ton/cm ²)	0.45	0.45	0.45	0.45
Esfuerzo total (ton/cm ²)	0.45	0.52	0.53	0.59

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL FORRO DEL CASCO

CONDICION: PNA QUEBRANTO

POSICION: 1/4L DESDE PROA

Traca L/cub Traca L/J Traca J/L eje neutro

espesor t (cm)	1.59	1.59	1.43	1.43
y= distancia a eje neutro (m)	5.18	3.68	3.68	0.00
Y= distancia a eje neutro a cubierta (m)	5.18	5.18	5.18	5.18
I= inercia seccional (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97	216833.97
Q=1/2(Y ² -y ²)t (m ² -cm)	0.00	10.57	10.57	20.25
V= fuerza cortante (ton)	2021.68	2021.68	2021.68	2021.68
Esfuerzo=(Q*V)/(I*t) (ton/cm ²)	0.00	0.06	0.07	0.13
Esfuerzo en cubierta (ton/cm ²)	0.40	0.40	0.40	0.40
Esfuerzo total (ton/cm ²)	0.40	0.46	0.47	0.53

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL FORRO DEL CASCO

CONDICION: PNA QUEBRANTO

POSICION: 3/4L DESDE PROA

Traca L/cub Traca L/J Traca J/L eje neutro

espesor t (cm)	1.59	1.59	1.43	1.43
y= distancia a eje neutro (a)	5.18	3.68	3.68	0.00
Y= distancia a eje neutro a cubierta (m)	5.18	5.18	5.18	5.18
I= inercia seccional (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97	216833.97
Q=1/2(Y ² -y ²)t (m ² -cm)	0.00	10.57	10.57	20.25
V= fuerza cortante (ton)	2291.30	2291.30	2291.30	2291.30
Esfuerzo=(Q*V)/(I*t) (ton/cm ²)	0.00	0.07	0.08	0.15
Esfuerzo en cubierta (ton/cm ²)	0.46	0.46	0.46	0.46
Esfuerzo total (ton/cm ²)	0.46	0.53	0.54	0.61

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL ~~FORRO DEL~~ CASCO

CONDICION: ABS ARRUF0

POSICION: 1/4L DESDE PROA

	Traca L/cub	Traca L/J	Traca J/L	eje neutro
espesor t (cm)	1.59	1.59	1.43	1.43
y= distancia a eje neutro (m)	5.18	3.68	3.68	0.00
Y= distancia a eje neutro a cubierta (m)	5.18	5.18	5.18	5.18
I= inercia seccional (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97	223447.60
Q=1/2(Y ² -y ²)*t (m ² -cm)	0.00	10.57	10.57	20.25
V= fuerza cortante (ton)	2766.08	2766.08	2766.08	2766.08
Esfuerzo=(Q*V)/(I*t) (ton/cm ²)	0.00	0.08	0.09	0.18
Esfuerzo en cubierta (ton/cm ²)	0.55	0.55	0.55	0.55
Esfuerzo total (ton/cm ²)	0.55	0.63	0.64	0.73

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL FORRO DEL CASCO

CONDICION: ABS ARRUF0

POSICION: 3/4L DESDE PROA

	Traca L/cub	Traca L/J	Traca J/L	eje neutro
espesor t (cm)	1.59	1.59	1.43	1.43
y= distancia a eje neutro (m)	5.18	3.68	3.68	0.00
Y= distancia a eje neutro a cubierta (m)	5.18	5.18	5.18	5.18
I= inercia seccional (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97	223447.60
Q=1/2(Y ² -y ²)*t (m ² -cm)	0.00	10.57	10.57	20.25
V= fuerza cortante (ton)	3233.02	3233.02	3233.02	3233.02
Esfuerzo=(Q*V)/(I*t) (ton/cm ²)	0.00	0.10	0.11	0.20
Esfuerzo en cubierta (ton/cm ²)	0.65	0.65	0.65	0.65
Esfuerzo total (ton/cm ²)	0.65	0.75	0.76	0.85

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL FORRO DEL CASCO

CONDICION: PNA ARRUF0

POSICION: 1/4L DESDE PROA

	Traca L/cub	Traca L/J	Traca J/L	eje neutro
espesor t (cm)	1.59	1.59	1.43	1.43
y= distancia a eje neutro (m)	5.18	3.68	3.68	0.00
Y= distancia a eje neutro a cubierta (m)	5.18	5.18	5.18	5.18
I= inercia seccional (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97	216833.97
Q=1/2(Y ² -y ²)*t (m ² -cm)	0.00	10.57	10.57	20.25
V= fuerza cortante (ton)	2905.86	2905.86	2905.86	2905.86
Esfuerzo=(Q*V)/(I*t) (ton/cm ²)	0.00	0.09	0.10	0.19
Esfuerzo en cubierta (ton/cm ²)	0.58	0.58	0.58	0.58
Esfuerzo total (ton/cm ²)	0.58	0.67	0.68	0.77

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL FORRO DEL CASCO

CONDICION: PNA ARRUF0

POSICION: 3/4L DESDE PROA

	Traca L/cub	Traca L/J	Traca J/L	eje neutro
espesor t (cm)	1.59	1.59	1.43	1.43
y= distancia a eje neutro (m)	5.18	3.68	3.68	0.00
Y= distancia a eje neutro a cubierta (m)	5.18	5.18	5.18	5.18
I= inercia seccional (cm ² -m ²)	216833.91	216833.97	216833.97	216833.97
Q=1/2(Y ² -y ²)*t (m ² -cm)	0.00	10.57	10.57	20.25
V= fuerza cortante (ton)	3372.02	3372.02	3372.02	3372.02
Esfuerzo=(Q*V)/(I*t) (ton/cm ²)	0.00	0.10	0.11	0.22
Esfuerzo en cubierta (ton/cm ²)	0.67	0.67	0.67	0.67
Esfuerzo total (ton/cm ²)	0.67	0.77	0.78	0.89

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN HA-PAROS LONGITUDINALES

CONDICION PNA ARRUIFO

POSICION: 1/4L DESDE PROA

	Traca F/cub	Traca F/E	Traca E/F	eje neutro
espesor t (cm)	1.43	1.43	1.27	1.43
y= distancia a eje neutro (m)	5.18	3.98	3.98	0.00
Y= distancia a eje neutro a cubierta (a)	5.18	5.18	5.18	5.18
I= inercia seccional (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97	216833.97
Q=1/2(Y ² -y ²)t (m ² -cm)	0.00	7.86	7.86	19.19
V= fuerza cortante (ton)	2905.86	2905.86	2905.86	2905.86
Esfuerzo=(Q*V)/(I*t) (ton/cm ²)	0.00	0.07	0.08	0.18
Esfuerzo en cubierta (ton/cm ²)	0.45	0.45	0.45	0.45
Esfuerzo total (ton/cm ²)	0.45	0.52	0.53	0.63

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN HA-PAROS LONGITUDINALES

CONDICION: PNA ARRUIFO

POSICION: 3/4L DESDE PROA

	Traca F/cub	Traca F/E	Traca E/F	eje neutro
espesor t (cm)	1.43	1.43	1.27	1.43
y= distancia a eje neutro (m)	5.18	3.98	3.98	0.00
Y= distancia a eje neutro a cubierta (m)	5.18	5.18	5.18	5.18
I= inercia seccional (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97	216833.97
Q=1/2(Y ² -y ²)t (m ² -cm)	0.00	7.86	7.86	19.19
V= fuerza cortante (ton)	3372.02	3372.02	3372.02	3372.02
Esfuerzo=(Q*V)/(I*t) (ton/cm ²)	0.00	0.09	0.10	0.21
Esfuerzo en cubierta (ton/cm ²)	0.53	0.53	0.53	0.53
Esfuerzo total (ton/cm ²)	0.53	0.62	0.63	0.74

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN HA-PAROS LONGITUDINALES

CONDICION: ABS ARRUIFO

POSICION: 1/4L DESDE PROA

	Traca F/cub	Traca F/E	Traca E/F	eje neutro
espesor t (cm)	1.43	1.43	1.27	1.43
y= distancia a eje neutro (m)	5.18	3.98	3.98	0.00
Y= distancia a eje neutro a cubierta (m)	5.18	5.18	5.18	5.18
I= inercia seccional (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97	216833.97
Q=1/2(Y ² -y ²)t (m ² -cm)	0.00	7.86	7.86	19.19
V= fuerza cortante (ton)	2748.08	2748.08	2748.08	2748.08
Esfuerzo=(Q*V)/(I*t) (ton/cm ²)	0.00	0.07	0.08	0.17
Esfuerzo en cubierta (ton/cm ²)	0.43	0.43	0.43	0.43
Esfuerzo total (ton/cm ²)	0.43	0.50	0.51	0.60

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN HA-PAROS LONGITUDINALES

CONDICION: ABS ARRUIFO

POSICION: 3/4L DESDE PROA

	Traca F/cub	Traca F/E	Traca E/F	eje neutro
espesor t (cm)	1.43	1.43	1.27	1.43
y= distancia a eje neutro (m)	5.18	3.98	3.98	0.00
Y= distancia a eje neutro a cubierta (m)	5.18	5.18	5.18	5.18
I= inercia seccional (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97	216833.97
Q=1/2(Y ² -y ²)t (m ² -cm)	0.00	7.86	7.86	19.19
V= fuerza cortante (ton)	3233.02	3233.02	3233.02	3233.02
Esfuerzo=(Q*V)/(I*t) (ton/cm ²)	0.00	0.08	0.09	0.20
Esfuerzo en cubierta (ton/cm ²)	0.51	0.51	0.51	0.51
Esfuerzo total (ton/cm ²)	0.51	0.59	0.60	0.71

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN HAPAROS LONGITUDINALES

CONDICION: PNA QUEBRANTO

POSICION: 1/4L DESDE PROA

	Traca F/cub	Traca F/E	Traca E/F	eje neutro
espesor t (cm)	1.43	1.43	1.27	1.43
y= distancia a eje neutro (m)	5.18	3.98	3.98	0.00
Y= distancia a eje neutro a cubierta (m)	5.18	5.18	5.18	5.18
I= inercia seccional (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97	216833.97
Q=1/2(Y ² -y ²)tt (m ² -cm)	0.00	7.86	7.86	19.19
V= fuerza cortante (ton)	2013.08	2013.08	2013.08	2013.08
Esfuerzo=(Q*V)/(I*t) (ton/cm ²)	0.00	0.05	0.06	0.12
Esfuerzo en cubierta (ton/cm ²)	0.32	0.32	0.32	0.32
Esfuerzo total (ton/cm ²)	0.32	0.37	0.38	0.44

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN HAPAROS LONGITUDINALES

CONDICION: PNA WEBRANTO

POSICION: 3/4L DESDE PROA

	Traca F/cub	Traca F/E	Traca E/F	eje neutro
espesor t (cm)	1.43	1.43	1.27	1.43
y= distancia a eje neutro (m)	5.18	3.98	3.98	0.00
Y= distancia a eje neutro a cubierta (m)	5.18	5.18	5.18	5.18
I= inercia seccional (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97	216833.97
Q=1/2(Y ² -y ²)*t (m ² -cm)	0.00	7.86	7.86	19.19
V= fuerza cortante (ton)	2291.30	2291.30	2291.30	2291.30
Esfuerzo=(Q*V)/(I*t) (ton/cm ²)	0.00	0.06	0.07	0.14
Esfuerzo en cubierta (ton/cm ²)	0.36	0.36	0.36	0.36
Esfuerzo total (ton/cm ²)	0.36	0.42	0.43	0.50

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN MAMPAROS LONGITUDINALES

CONDICION: ABS RUEBRANTO

POSICION: 1/4L DESDE PROA

	Traca F/cub	Traca F/E	Traca E/F	eje neutro
espesor t (cm)	1.43	1.43	1.27	1.43
y= distancia a eje neutro (m)	5.18	3.98	3.98	0.00
Y= distancia a eje neutro a cubierta (a)	5.18	5.18	5.18	5.18
I= inercia seccional (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97	216833.97
Q=1/2(Y ² -y ²)*t (m ² -cm)	0.00	7.86	7.86	19.19
V= fuerza cortante (ton)	2038.28	2038.28	2038.28	2038.28
Esfuerzo=(Q*V)/(I*t) (ton/cm ²)	0.00	0.05	0.06	0.13
Esfuerzo en cubierta (ton/cm ²)	0.32	0.32	0.32	0.32
Esfuerzo total (ton/cm ²)	0.32	0.37	0.38	0.45

CALCULO DE ESFUERZOS CORTANTES EN HAPAROS LONGITUDINALES

CONDICION: ABS DUEBRANTO

POSICION: 3/4L DESDE PROA

	Traca F/cub	Traca F/E	Traca E/F	eje neutro
espesor t (cm)	1.43	1.43	1.27	1.43
y= distancia a eje neutro (m)	5.18	3.98	3.98	0.00
Y= distancia a eje neutro a cubierta (m)	5.18	5.18	5.18	5.18
I= inercia seccional (cm ² -m ²)	216833.97	216833.97	216833.97	216833.97
Q=1/2(Y ² -y ²)tt (m ² -cm)	0.00	7.86	7.86	19.19
V= fuerza cortante (ton)	2274.00	2274.00	2274.00	2274.00
Esfuerzo=(Q*V)/(I*t) (ton/cm ²)	0.00	0.06	0.06	0.14
Esfuerzo en cubierta (ton/cm ²)	0.36	0.36	0.36	0.36
Esfuerzo total (ton/cm ²)	0.36	0.42	0.42	0.50

RESUMEN DE ESFUERZOS CORTANTES
PRIHERA TENTATIVA

ELEHENTO	Arrufo (ABS) (ton/cm ²)	Arrufo (PNA) (ton/cm ²)	Quebranto (ABS) (ton/cm ²)
Cubierta (1/4L) trancañil	0.55	0.58	0.41
Cubierta (3/4L) trancañil	0.65	0.67	0.45
Fondo (1/4L) pantoque	0.54	0.57	0.40
Fondo (3/4L) pantoque	0.63	0.66	0.45
Casco (1/4L) eje neutro	0.73	0.77	0.54
Casco (3/4L) eje neutro	0.85	0.89	0.59
mamp. long (1/4L) eje neutro	0.60	0.63	0.45
mamp. long (3/4L) eje neutro	0.71	0.74	0.50

APENDICE D

CALCULOS DE:

MODULOS SECCIONALES DE REFUERZOS, CORREGIDOS.

ESFUERZOS EN PERFILES REFORZADOS.

ESTABILIDAD AL PANDEO DE PLANCHAS Y REFUERZOS.

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: LONGITUDINALES DEL CASCO L1 A L12

PLANCHA: t(cm):	1.59	b(cm):	53.30				
ANGULO: hi(pul):	9.00	hi(cm):	22.86	bi(pul):	4.00	bi(cm):	10.16
		A	d	Ad	Ad ²	Io	Peso
Elemento		(cm ²)	(cm)	(cm ³)	(cm ⁴)	(cm ⁴)	(kg/m)
Plancha asociada		84.75	0.80	67.37	53.56	17.35	
Angulo 9x4x3/4"		59.30	15.80	936.94	14803.65	3167.52	46.70
		<u>144.05</u>		<u>1004.31</u>	<u>14857.21</u>	<u>3185.37</u>	
					+Ad ²	14857.21	
			H=Ad/d(cm)	6.97	I _o +Ad ² :	18042.59	
					I=I _o +Ad ² -AH ²	11040.39	(cm ⁴)
					Y=t+hi-H=	17.48	(cm)
					Z=I/Y:	631.68	(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: LONGITUDINALES DEL CASCO L13 A L18

PLANCHA: t(cm):	1.43	b(cm):	53.30				
ANGULO: hi(pul):	8.00	hi(cm):	20.32	bi(pul):	4.00	bi(cm):	10.16
		A	d	Ad	Ad ²	Io	Peso
Elemento		(cm ²)	(cm)	(cm ³)	(cm ⁴)	(cm ⁴)	(kg/m)
Plancha asociada		76.22	0.72	54.50	38.97	12.99	
Angulo 8x4x1/2"		37.10	14.49	537.58	7789.52	1602.50	29.22
		<u>113.32</u>		<u>592.08</u>	<u>7828.48</u>	<u>1615.49</u>	
					+Ad ²	7828.48	
			H=Ad/d	5.22	I _o +Ad ² :	9443.97	
					I=I _o +Ad ² -AH ²	6350.46	(cm ⁴)
					Y=t+hi-H=	16.53	(cm)
					Z=I/Y:	384.29	(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: LONGITUDINALES DEL FONDO L19 A L23

PLANCHA: t(cm):	1.43	b(cm):	53.30				
ANGULO: hi(pul):	6.00	hi(cm):	15.24	bi(pul):	4.00	bi(cm):	10.16
		A	d	Ad	Ad ²	Io	Peso
Elemento		(cm ²)	(cm)	(cm ³)	(cm ⁴)	(cm ⁴)	(kg/m)
Plancha asociada		76.22	0.72	54.50	38.97	12.99	
Angulo 6x4x1/2"		30.65	11.62	356.15	4138.50	724.24	24.15
		<u>106.87</u>		<u>410.65</u>	<u>4177.46</u>	<u>737.23</u>	
					+Ad ²	4177.46	
			H=Ad/d	3.84	I _o +Ad ² :	4914.69	
					I=I _o +Ad ² -AH ²	3336.75	(cm ⁴)
					Y=t+hi-H=	12.83	(cm)
					Z=I/Y:	260.13	(cm ³)

CALCULO DE HODULO SECCIONAL

USO: LONGITUDINALES DE CUBIERTA PRINCIPAL

PLANCHA: t(cm): 1.59 b(cm): 53.30
 ANGULO: h1(pul): 6.00 h1(cm): 15.24 b1(pul): 4.00 b1(cm): 10.16

Elemento A d Ad Ad^2 Io Peso
 (cm2) (cm) (cm3) (cm4) (cm4) (kg/m)

Plancha asociada 84.75 0.80 67.37 53.56 17.85
 Angulo 6x4x3/8" 23.29 11.58 269.70 3123.11 561.91 18.34

108.04 337.07 3176.67 579.76
 +Ad2 3176.67

H=Ad/d(cm) 3.12 Io+Ad2: 3756.43
 I=Io+Ad2-AH2 2704.78 (cm4)
 Y=t+h1-H= 13.71 (cm)
 Z=I/Y: 197.28 (cm3)

CALCULO DE HODULO SECCIONAL

USO: REFUERZOS LL1 A LL6 HAHP LONG

PLANCHA: t(cm): 1.27 b(cm): 53.30
 ANGULO: h1(pul): 8.00 h1(cm): 20.32 b1(pul): 4.00 b1(cm): 10.16

Elemento A d Ad Ad^2 Io Peso
 (cm2) (cm) (cm3) (cm4) (cm4) (kg/m)

Plancha asociada 67.69 0.64 42.98 27.29 9.10
 Angulo 8x4x5/8" 45.87 14.10 646.77 9119.41 1952.13 36.03

113.56 689.75 9146.71 1961.23
 +Ad2 9146.71

H=Ad/d(cm) 6.07 Io+Ad2: 11107.94
 I=Io+Ad2-AH2 6918.51 (cm4)
 Y=t+h1-H= 15.52 (cm)
 Z=I/Y: 445.89 (cm3)

CALCULO DE HODULO SECCIONAL

USO: REFUERZOS LL7 A LL12 HAHP LONG

PLANCHA: t(cm): 1.27 b(cm): 53.30
 ANGULO: h1(pul): 7.00 h1(cm): 17.78 b1(pul): 4.00 b1(cm): 10.16

Elemento A d Ad Ad^2 Io Peso
 (cm2) (cm) (cm3) (cm4) (cm4) (kg/m)

Plancha asociada 67.69 0.64 42.98 27.29 9.10
 Angulo 7x4x1/2" 33.87 12.90 436.92 5636.31 1111.34 26.69

101.56 479.91 5663.60 1120.44
 +Ad2 5663.60

H=Ad/d(cm) 4.73 Io+Ad2: 6784.04
 I=Io+Ad2-AH2 4516.33 (cm4)
 Y=t+h1-H= 14.32 (cm)
 Z=I/Y: 315.28 (cm3)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: BAD DE CUBIERTA, TANQUE CENTRAL

PLANCHA: t(cm): 1.59 b(cm): 84.00
 ALHA: t1(cm): 1.11 h1(cm): 60.00
 ALA: t2(cm): 1.11 b2(cm): 32.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	133.56	0.80	106.18	84.41	28.14	
Alma	66.60	31.59	2103.89	66462.01	19980.00	52.38
Ala	35.52	62.15	2207.39	137178.28	3.65	27.94
	<u>235.68</u>		<u>4417.46</u>	<u>203724.70</u>	<u>20011.78</u>	<u>80.32</u>
				+Ad ²	203724.70	
			H=Ad/d (cm): 18.74	Io+Ad ² : 223736.49		
				I=Io+Ad ² -AH ² : 140937.80		(cm ⁴)
				Y=t+h1+t2-H= 43.96		(cm)
				Z=I/Y: 3206.30		(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: BAO DE CUBIERTA, TANQUE LATERAL

PLANCHA: t(cm): 1.59 b(cm): 75.00
 ALHA: t1(cm): 1.11 h1(cm): 25.00
 ALA: t2(cm): 1.11 b2(cm): 13.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	119.25	0.80	94.80	75.37	25.12	
Alma	27.75	14.09	391.00	5509.15	1445.31	21.83
Ala	14.43	27.15	391.70	10632.76	1.48	11.35
	<u>161.43</u>		<u>877.50</u>	<u>16217.28</u>	<u>1471.92</u>	<u>33.18</u>
				+Ad ²	16217.28	
			h=Ad/d (cm): 5.44	Io+Ad ² : 17689.20		
				I=Io+Ad ² -AH ² : 12919.25		(cm ⁴)
				Y=t+h1+t2-H= 22.26		(cm)
				Z=I/Y: 580.27		(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: VAGRA LATERAL DEL FONDO

PLANCHA: t(cm): 1.59 b(cm): 53.30
 ALHA: t1(cm): 1.11 h1(cm): 60.00
 ALA: t2(cm): 1.11 b2(cm): 25.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	84.75	0.80	67.37	53.56	17.85	
Alma	66.60	31.59	2103.89	66462.01	19980.00	52.38
Ala	27.75	62.15	1724.52	107170.53	2.85	21.83
	<u>179.10</u>		<u>3895.79</u>	<u>173686.10</u>	<u>20000.70</u>	<u>74.21</u>
				+Ad ²	173686.10	
			h=Ad/d (cm): 21.75	Io+Ad ² : 193686.81		
				I=Io+Ad ² -AH ² : 108943.94		(cm ⁴)
				Y=t+h1+t2-H= 40.95		(cm)
				Z=I/Y: 2660.57		(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: REFUERZO LONGITUDINAL DE QUILLA

PLANCHA: t(cm): 1.91 b(cm): 53.30
 ALMA: t1(cm): 1.11 h1(cm): 60.00
 ALA: t2(cm): 1.11 b2(cm): 25.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	I _o (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	101.80	0.96	97.22	92.85	30.95	
Alma	66.60	31.91	2125.21	67815.32	19960.00	52.38
Ala	27.75	62.47	1733.40	108277.07	2.85	21.83
	<u>196.15</u>		<u>3955.83</u>	<u>176185.24</u> +Ad ²	<u>20013.80</u> 176185.24	<u>74.21</u>
H=A/d (cm):			20.17	I _o +Ad ² :	196199.03	
				I=I _o +Ad ² -Ah ²	116421.49	(cm ⁴)
				Y=t+h ₁ +t ₂ -H=	42.85	(cm)
				Z=I/Y:	2716.77	(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: VARENGA EN TANQUE CENTRAL

PLANCHA: t(cm): 1.59 b(cm): 84.00
 ALMA: t1(cm): 1.11 h1(cm): 97.00
 ALA: t2(cm): 1.11 b2(cm): 30.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	I _o (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	133.56	0.80	106.18	84.41	28.14	
Alma	107.67	50.09	5393.19	270144.90	84422.25	84.68
Ala	33.30	99.15	3301.53	327330.04	3.42	26.19
	<u>274.53</u>		<u>8800.90</u>	<u>597559.36</u> +Ad ²	<u>84453.81</u> 597557.36	<u>110.87</u>
H=A/d (ti):			32.06	I _o +Ad ² :	682413.17	
				I=I _o +Ad ² -Ah ²	399873.43	(cm ⁴)
				Y=t+h ₁ +t ₂ -H=	67.64	(cm)
				Z=I/Y:	5911.62	(cm ³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: VARENGA EN TANQUE LATERAL

PLANCHA: t(cm): 1.59 b(cm): 75.00
 ALMA: t1(cm): 1.11 h1(cm): 28.00
 ALA: t2(cm): 1.11 b2(cm): 14.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	I _o (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	119.25	0.80	94.80	75.37	25.12	
Alma	31.08	15.59	484.54	7553.93	2030.56	24.44
Ala	15.54	30.15	468.45	14121.52	1.60	12.22
	<u>165.87</u>		<u>1047.79</u>	<u>21750.83</u> +Ad ²	<u>2057.28</u> 21750.83	<u>36.66</u>
H=Ad/d (cm):			6.32	I _o +Ad ² :	23808.11	
				I=I _o +Ad ² -Ah ²	17189.23	(cm ⁴)
				Y=t+h ₁ +t ₂ -H=	24.38	(cm)

Z = 704.97

CÁLCULO DE NODULO SECCIONAL
USO: REFUERZOS VERTICALES EN MAMPAROS TRANSVERSALES

43!

PLANCHA: t(cm): 1.27 b(cm): 53.30
 ANGULO: h1(pul): 8.00 h1(cm): 20.32 b1(pul): 4.00 b1(cm): 10.16

Elemento A d Ad Ad² I_o Peso
 (cm²) (cm) (cm³) (cm⁴) (cm⁴) (kg/m)

Plancha asociada 67.69 0.64 42.98 27.29 9.10
 Angulo 8x4x1/2" 37.10 14.33 531.64 7618.44 1602.50 29.22

104.79
574.63
7645.74
1611.60
+Ad2 7645.74

H=Ad/d(cm) 5.48 I_o+Ad²: 9257.34
 I=I_o+Ad²-AH² 6106.34 (cm⁴)
 Y=t+h1-H= 16.11 (cm)
 Z=I/Y: 379.12 (cm³)

CÁLCULO DE NODULO SECCIONAL

USO: REFUERZOS VERTICALES EN MAMPARO COLISION

PLANCHA: t(cm): 1.27 b(cm): 34.80
 ANGULO: h1(pul): 7.00 h1(cm): 17.78 b1(pul): 4.00 b1(cm): 10.16

Elemento A d Ad Ad² I_o Peso
 (cm²) (cm) (cm³) (cm⁴) (cm⁴) (kg/m)

Plancha asociada 44.20 0.64 28.06 17.82 5.94
 Angulo 7x4x7/16" 29.81 12.98 386.93 5022.40 986.50 23.56

74.01
415.00
5040.22
992.44
+Ad2 5040.22

H=Ad/d(cm) 5.61 I_o+Ad²: 6032.66
 I=I_o+Ad²-AH² 3705.51 (cm⁴)
 Y=t+h1-H= 13.44 (cm)
 Z=I/Y: 275.66 (cm³)

CÁLCULO DE NODULO SECCIONAL

USO: REF. HOR. SUPERIOR, HARP TRANSV CENTRO

PLANCHA: t(cm): 1.27 b(cm): 84.00
 ALHA: t1(cm): 1.11 h1(cm): 40.00
 ALA: t2(cm): 1.11 b2(cm): 20.00

Elemento A d Ad Ad² I_o Peso
 (cm²) (cm) (cm³) (cm⁴) (cm⁴) (kg/m)

Plancha asociada 106.68 0.64 67.74 43.02 14.34
 Alma 44.40 21.27 944.39 20087.13 5920.00 34.92
 Ala 22.20 41.83 928.52 38835.14 2.28 17.46

173.28
1940.64
58965.29
5936.62
+Ad2 58965.29

H=Ad/d (cm): 11.20 I_o+Ad²: 64901.91
 I=I_o+Ad²-AH² 43167.71 (cm⁴)
 Y=t+h1+t2-H= 31.18 (cm)
 Z=I/Y: 1384.44 (cm³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: BULARCAMA Y CONTRABULARCAMA, TANQUES DE CARGA

PLANCHA: t(cm): 1.53 b(cm): 192.00
 ALHA: t1(cm): 1.11 h1(cm): 90.00
 ALA: t2(cm): 1.59 b2(cm): 42.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	293.76	0.77	224.73	171.92	57.31	
Alma	99.90	46.53	4648.35	216287.59	67432.50	78.57
Ala	66.78	92.33	6165.46	569226.42	14.07	52.37
	<u>460.44</u>		<u>11038.54</u>	<u>785685.92</u>	<u>67503.87</u>	<u>130.94</u>
				+Ad ²	785685.92	

H=Ad/d (cm): 23.97 Io+Ad²: 853189.79
 I=Io+Ad²-AH² 588553.15 (cm⁴)
 Y=t+h1+t2-H= 69.15 (cm)
 Z=I/Y: 8511.73 (cm³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: ESLORAS REFORZADAS DE CUBIERTI

PLANCHA: t(cm): 1.59 b(cm): 53.30
 ALHA: t1(cm): 1.11 h1(cm): 30.00
 ALA: t2(cm): 1.11 b2(cm): 15.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	84.75	0.80	67.37	53.56	17.85	
Alma	33.30	16.59	552.45	9165.10	2497.50	26.19
Ala	16.65	32.15	535.21	17204.46	1.71	13.10
	<u>134.70</u>		<u>1155.04</u>	<u>26423.12</u>	<u>2517.06</u>	<u>39.29</u>
				+Ad ²	26423.12	

H=Ad/d (cm): 8.58 Io+Ad²: 28940.18
 I=Io+Ad²-AH² 19035.69 (cm⁴)
 Y=t+h1+t2-H= 24.12 (cm)
 Z=I/Y: 789.05 (cm³)

CALCULO DE MODULO SECCIONAL

USO: REFUERZOS VERTICALES, MAMPARO TRANSVERSAL CENTRO

PLANCHA: t(cm): 1.27 b(cm): 53.30
 ALHA: t1(cm): 1.11 h1(cm): 44.00
 ALA: t2(cm): 1.11 b2(cm): 22.00

Elemento	A (cm ²)	d (cm)	Ad (cm ³)	Ad ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)	Peso (kg/m)
Plancha asociada	67.69	0.64	42.98	27.29	9.10	
Alma	48.84	23.27	1136.51	26446.51	7079.52	44.89
Ala	24.42	45.83	1119.05	51280.31	2.51	19.95
	<u>140.95</u>		<u>2298.54</u>	<u>77754.11</u>	<u>7891.13</u>	<u>64.84</u>
				+Ad ²	77754.11	

H=Ad/d (cm): 16.31 Io+Ad²: 85645.24
 I=Io+Ad²-AH² 48162.19 (cm⁴)
 Y=t+h1+t2-H= 30.07 (cm)
 Z=I/Y: 1601.53 (cm³)

CALCULO DE ELEMENTOS TRANSVERSALES
ELEMENTO:CUADERNA TRANSVERSAL (BULARCAMA)
SEGUNDA TENTATIVA

ELEHENTO	DIHENSION (m)	PESO UNIT (kg/m)	PESO TOT. (kg)
Varenga central (x1/2)	6.75	110.87	748.3725
Varenga lateral	2.55	34.93	89.0715
Bularcara	9.7	130.94	1270.118
Contrabularcara	9.7	130.94	1270.118
Bao central (x1/2)	6.75	80.32	542.16
Bao lateral	2.55	33.18	84.609
			4004.449
			8008.898

w(kg):

Peso= W=2*w(kg):

CALCULO DE ESFUERZOS EN REFUERZOS

ELEMENTO: VAGRA

CARGA: UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA

VIGA: EMPOTRADA EN LOS EXTREMOS

cabezal de agua asumido, H, (m)	12.14
Espaciamiento entre refuerzos, s, (cm)	300.00
Espaciamiento entre cuadernas, L, cm	300.00
Carga uniforme, $w=0.1026 \frac{H}{s}$ (kg/cm)	373.67
Momento en los extremos $M=w \frac{L^2}{12}$ (kg-cm)	2802519.00
Momento en $L/10 = M2 = w \frac{L^2}{24}$ (kg/cm ²)	1401259.50
Cortante en 0 i L: $w \frac{L}{2}$ (kg)	56050.38
Cortante en $L/10$ i 0.9L: $2 \frac{wL}{5}, V2$, (kg)	44840.30
Momento de inercia I, (cm ⁴), incl ancho efectivo	108943.94
Y, distancia del ala al eje neutro, (cm)	40.95
Esf en $L/10$ i 0.9L = $M2 \frac{Y}{I}$ (kg/cm ²)	526.71
Ancho del ala, A, (cm)	25.00
Espesor del ala, t1, (cm)	1.11
Espesor del alma, t2, (cm)	1.11
Altura del alma, B, (cm)	60.00
Q1 (ala) = $A \cdot t1 \cdot (Y - t1/2)$ (cm ³)	1120.96
$T = V2 \cdot Q1 / (I \cdot t2)$ (kg/cm ²), cortante alma/ala	415.66
Q2 (alma eje neutro) = $Q1 + (Y - t1)^2 \cdot t2 \cdot 0.5$ (cm ³)	2001.87
$T2 = V2 \cdot Q2 / (I \cdot t2)$ (kg/cm ²), cortante en eje neutro	742.30

CALCULO DE ESFUERZOS EN REFUERZOS

ELEMENTO: VARENGA EN TANQUE CENTRAL

CARGA: UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA

VIGA: EMPOTRADA EN LOS EXTREMOS

cabezal de agua asumido, H, (m)	12.14
Espaciamiento entre refuerzos, s, (cm)	300.00
Espaciamiento entre vagras, L, (cm)	300.00
Carga uniforme, $w=0.1026 \frac{H}{s}$ (kg/cm)	373.67
Momento en los extremos $M=w \frac{L^2}{12}$ (kg-cm)	2802519.00
Momento en $L/10 = M2 = w \frac{L^2}{24}$ (kg/cm ²)	1401259.50
Cortante en 0 i L: $w \frac{L}{2}$ (kg)	56050.38
Cortante en $L/10$ i 0.9L: $2 \frac{wL}{5}, V2$, (kg)	44840.30
Momento de inercia I, (cm ⁴), incl ancho efectivo	84057.00
Y, distancia del ala al eje neutro, (cm)	38.37
Esf en $L/10$ i 0.9L = $M2 \frac{Y}{I}$ (kg/cm ²)	639.64
Ancho del ala, A, (cm)	25.00
Espesor del ala, t1, (cm)	1.11
Espesor del alma, t2, (cm)	1.11
Altura del alma, B, (cm)	50.00
Q1 (ala) = $A \cdot t1 \cdot (Y - t1/2)$ (cm ³)	1049.37
$T = V2 \cdot Q1 / (I \cdot t2)$ (kg/cm ²), cortante alma/ala	504.31
Q2 (alma eje neutro) = $Q1 + (Y - t1)^2 \cdot t2 \cdot 0.5$ (cm ³)	1819.88
$T2 = V2 \cdot Q2 / (I \cdot t2)$ (kg/cm ²), cortante en eje neutro	874.61

CALCULO DE ESFUERZOS EN REFUERZOS
 ELEMENTO: VARENGA EN TANQUE LATERAL
 CARGA: UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA
 VIGA: EMPOTRADA EN LOS EXTREMOS

cabezal de agua asumido, H, (m)	12.14
Espaciamiento entre refuerzos, s, (cm)	300.00
Luz de la varenga, L, (cm), 70% ancho de tanque	179.00
Carga uniforme, $w=0.1026 \cdot H \cdot s$ (kg/cm)	373.67
Momento en los extremos $M=w \cdot L^2/12$ (kg-cm)	997727.90
Momento en $L/10=M2=w \cdot L^2/24$ (kg/cm ²)	498863.95
Cortante en 0 i $L:w \cdot L/2$ (kg)	33443.39
Cortante en $L/10$ i $0.9L: 2 \cdot w \cdot L/5, V2,$ (kg)	26754.71
Momento de inercia $I, (cm^4),$ incl ancho efectivo	17189.00
Y, distancia del ala al eje neutro, (cm)	24.83
Esf en $L/10$ i $0.9L= M2 \cdot Y/I$ (kg/cm ²)	720.62
Ancho del ala, A, (cm)	14.00
Espesor del ala, $t1,$ (cm)	1.11
Espesor del alaa, $t2,$ (cm)	1.11
Altura del alaa, B, (cm)	28.00
$Q1 (ala)=A \cdot t1 \cdot (Y-t1/2)$ (cm ³)	377.23
$T=V2 \cdot Q1/(I \cdot t2)$ (kg/cm ²), cortante alma/ala	528.98
$Q2 (alaa eje neutro)=Q1+(Y-t1)^2 \cdot t2 \cdot 0.5$ (cm ³)	689.50
$T2=V2 \cdot Q2/(I \cdot t2)$ (kg/cm ²), cortante en eje neutro	966.85

CALCULO DE ESFUERZOS EN REFUERZOS
 ELEMENTO: REF. HORIZ. SUPERIOR, HAHPARO CENTRO
 CARGA: UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA
 VIGA: EMPOTRADA EN LOS EXTREMOS

cabezal de agua asumido, H, (m)	5.23
Espaciamiento entre refuerzos, s, (cm)	300.00
Luz del refuerzo, L, (cm)	375.00
Carga uniforme, $w=0.1026 \cdot H \cdot s$ (kg/cm)	160.98
Momento en los extremos $M=w \cdot L^2/12$ (kg-ca)	1886477.34
Momento en $L/10=M2=w \cdot L^2/24$ (kg/cm ²)	943238.67
Cortante en 0 i $L:w \cdot L/2$ (kg)	30183.64
Cortante en $L/10$ i $0.9L: 2 \cdot w \cdot L/5, V2,$ (kg)	24146.91
Momento de inercia $I, (cm^4),$ incl ancho efectivo	43167.71
Y, distancia del ala al eje neutro, (cm)	31.18
Esf en $L/10$ i $0.9L= M2 \cdot Y/I$ (kg/cm ²)	681.30
Ancho del ala, A, (cm)	20.00
Espesor del alma, $t1,$ (cm)	1.11
Espesor del alaa, $t2,$ (cm)	1.11
Altura del alma, B, (cm)	40.00
$Q1 (ala)=A \cdot t1 \cdot (Y-t1/2)$ (cm ³)	679.88
$T=V2 \cdot Q1/(I \cdot t2)$ (kg/cm ²), cortante alma/ala	342.62
$Q2 (alma eje neutro)=Q1+(Y-t1)^2 \cdot t2 \cdot 0.5$ (cm ³)	1181.71
$T2=V2 \cdot Q2/(I \cdot t2)$ (kg/cm ²), cortante en eje neutro	595.51

CALCULO DE ESFUERZOS EN REFUERZOS - 436
 ELEMENTO: REF. HORIZ. INFERIOR, WAHPARO CENTRO
 CARGA: UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA
 VIGA: EHPOTRADA EN LOS EXTREMOS

cabezal de agua asumido, H, (m)	8.23
Espaciamiento entre refuerzos, s, (cm)	300.00
Luz del refuerzo, L, (cm)	375.00
Carga uniforme, $w=0.1026 \cdot H \cdot s$ (kg/cm)	253.32
Momento en los extremos $M=w \cdot L^2/12$ (kg-cm)	2968586.72
Momento en $L/10 = M/2 = w \cdot L^2/24$ (kg/cm ²)	1484293.36
Cortante en 0 i $L: w \cdot L/2$ (kg)	47497.39
Cortante en $L/10$ i $0.9L: 2 \cdot w \cdot L/5, V_2$, (kg)	37997.91
Momento de inercia $I, (cm^4)$, incl ancho efectivo	70170.93
Y, distancia del ala al eje neutro, (cm)	35.69
Esf en $L/10$ i $0.9L = M/2 \cdot Y/I$ (kg/cm ²)	754.93
Ancho del ala, A, (cm)	24.00
Espesor del ala, t_1 , (cm)	1.11
Espesor del alma, t_2 , (cm)	1.11
Altura del alma, B, (cm)	48.00
Q_1 (ala) = $A \cdot t_1 \cdot (Y - t_1/2)$ (cm ³)	936.00
$T = V_2 \cdot Q_1 / (I \cdot t_2)$ (kg/cm ²), cortante alma/ala	456.62
Q_2 (alma eje neutro) = $Q_1 + (Y - t_1)^2 \cdot t_2 \cdot 0.5$ (cm ³)	1599.65
$T_2 = V_2 \cdot Q_2 / (I \cdot t_2)$ (kg/cm ²), cortante en eje neutro	780.38

CALCULO DE ESFUERZOS EN REFUERZOS
 ELEMENTO: REF. HORIZ. SUPERIOR, HANPARO LATERAL
 CARGA: UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA
 VIGA: EHPOTRADA EN LOS EXTREMOS

Cabezal de agua asumido, H, (m), (1/3 puntal)	5.23
Espaciamiento entre refuerzos, s, (cm)	300.00
Luz del refuerzo, L, (cm)	255.00
Carga uniforme, $w=0.1026 \cdot H \cdot s$ (kg/cm)	160.98
Momento en los extremos $M=w \cdot L^2/12$ (kg-cm)	872307.12
Momento en $L/10 = M/2 = w \cdot L^2/24$ (kg/cm ²)	436153.56
Cortante en 0 i $L: w \cdot L/2$ (kg)	20524.87
Cortante en $L/10$ i $0.9L: 2 \cdot w \cdot L/5, V_2$, (kg)	16419.90
Momento de inercia $I, (cm^4)$, incl ancho efectivo	16125.32
Y, distancia del ala al eje neutro, (cm)	23.34
Esf en $L/10$ i $0.9L = M/2 \cdot Y/I$ (kg/cm ²)	631.29
Ancho del ala, A, (cm)	14.00
Espesor del ala, t_1 , (cm)	1.11
Espesor del alma, t_2 , (cm)	1.11
Altura del alma, B, (cm)	28.00
Q_1 (ala) = $A \cdot t_1 \cdot (Y - t_1/2)$ (cm ³)	354.08
$T = V_2 \cdot Q_1 / (I \cdot t_2)$ (kg/cm ²), cortante alma/ala	324.82
Q_2 (alma eje neutro) = $Q_1 + (Y - t_1)^2 \cdot t_2 \cdot 0.5$ (cm ³)	628.34
$T_2 = V_2 \cdot Q_2 / (I \cdot t_2)$ (kg/cm ²), cortante en eje neutro	576.42

CALCULO DE ESFUERZOS EN REFUERZOS
ELEMENTO: REF. HORIZ. INFERIOR, MAMPARO LATERAL
CARGA: UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA
VIGA: EHPOTRADA EN LOS EXTREHOS

Cabezal de agua asumido, H, (m), (1/3 puntal)	8.23
Espaciamiento entre refuerzos, s, (cm)	300.00
Luz del refuerzo, L, (cm)	255.00
Carga uniforme, $w=0.1026 \cdot H \cdot s$ (kg/cm)	253.32
Momento en los extremos $M=w \cdot L^2/12$ (kg-cm)	1312614.50
Momento en $L/10=M2=w \cdot L^2/24$ (kg/cm ²)	686331.25
Cortante en 0 i $L:w \cdot L/2$ (kg)	32298.22
Cortante en $L/10$ i $0.9L: 2 \cdot w \cdot L/5, V2$, (kg)	25838.58
Momento de inercia I, (cm ⁴), incl ancho efectivo	26332.00
Y, distancia del ala al eje neutro, (cm)	27.18
Esf en $L/10$ i $0.9L= M2 \cdot Y/I$ (kg/cm ²)	708.44
Ancho del ala, A, (cm)	16.00
Espesor del ala, t1, (cm)	1.11
Espesor del alma, t2, (cm)	1.11
Altura del alma, B, (cm)	34.00
Q1 (ala) = $A \cdot t1 \cdot (Y-t1/2)$ (cm ³)	472.86
$T=V2 \cdot Q1/(I \cdot t2)$ (kg/cm ²), cortante alma/ala	418.02
Q2 (alma eje neutro) = $Q1+(Y-t1)^2 \cdot t2 \cdot 0.5$ (cm ³)	850.06
$T2=V2 \cdot Q2/(I \cdot t2)$ (kg/cm ²), cortante en eje neutro	751.47

CALCULO DE ESFUERZOS EN REFUERZOS
ELEMENTO: BULARCAMA Y CONTRABULARCAMA
CARGA: UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA
VIGA: EHPOTRADA EN LOS EXTREHOS

cabezal de agua asumido, H, (m)	10.64
Espaciamiento entre refuerzos, s, (cm)	300.00
Luz del refuerzo, L, (cm)	300.00
Carga uniforme, $w=0.1026 \cdot H \cdot s$ (kg/cm)	321.50
Momento en los extremos $M=w \cdot L^2/12$ (kg-cm)	2456244.00
Momento en $L/10=M2=w \cdot L^2/24$ (kg/cm ²)	1228122.00
Cortante en 0 i $L:w \cdot L/2$ (kg)	49124.88
Cortante en $L/10$ i $0.9L: 2 \cdot w \cdot L/5, V2$, (kg)	39299.90
Momento de inercia I, (cm ⁴), incl ancho efectivo	588553.00
Y, distancia del ala al eje neutro, (cm)	69.15
Esf en $L/10$ i $0.9L= M2 \cdot Y/I$ (kg/cm ²)	144.29
Ancho del ala, A, (cm)	42.00
Espesor del ala, t1, (cm)	1.59
Espesor del alma, t2, (cm)	1.11
Altura del alma, B, (cm)	60.00
Q1 (ala) = $A \cdot t1 \cdot (Y-t1/2)$ (cm ³)	4564.15
$T=V2 \cdot Q1/(I \cdot t2)$ (kg/cm ²), cortante alma/ala	214.60
Q2 (alma eje neutro) = $Q1+(Y-t1)^2 \cdot t2 \cdot 0.5$ (cm ³)	7097.96
$T2=V2 \cdot Q2/(I \cdot t2)$ (kg/cm ²), cortante en eje neutro	426.99

CALCULO DE ESFUERZOS EN REFUERZOS
 ELEMENTO: REFUERZOS VERTICALES, MAMPARO CENTRO
 CARGA: UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA
 VIGA: ENPOTRADA EN LOS EXTREMOS

cabezal de agua asumido, H, (m)	10.64
Espaciamiento entre refuerzos, s, (cm)	300.00
Luz del refuerzo, L, (cm)	300.00
Carga uniforme, $w=0.1026 \cdot H \cdot s$ (kg/cm)	327.50
Momento en los extreos $M=w \cdot L^2/12$ (kg-cm)	2456244.00
Momento en $L/10 = M2 = w \cdot L^2/24$ (kg/cm ²)	1228122.00
Cortante en 0 i $L: w \cdot L/2$ (kg)	49124.88
Cortante en $L/10 \approx 0.9L: 2 \cdot w \cdot L/5, V2$, (kg)	39299.90
Momento de inercia I, (cm ⁴), incl ancho efectivo	48162.20
Y, distancia del ala al eje neutro, (cm)	30.07
Esf en $L/10$ i $0.9L = M2 \cdot Y/I$ (kg/cm ²)	766.78
Ancho del ala, A, (cm)	22.00
Espesor del ala, $t1$, (cm)	1.11
Espesor del alma, $t2$, (cm)	1.11
Altura del alma, B, (cm)	44.00
$Q1$ (ala) = $A \cdot t1 \cdot (Y - t1/2)$ (cm ³)	720.16
$T = V2 \cdot Q1 / (I \cdot t2)$ (kg/cm ²), cortante alma/ala	529.85
$Q2$ (alma eje neutro) = $Q1 + (Y - t1)^2 \cdot t2 \cdot 0.5$ (cm ³)	1186.22
$T2 = V2 \cdot Q2 / (I \cdot t2)$ (kg/cm ²), cortante en eje neutro	872.03

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO:TRACAS CENTRALES CUBIERTA

MATERIAL:ACERO DULCE

CARGA: COHPRESION UNIFORME

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.27
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 E / (12(1-\nu^2))$	1896076.
k=coeficiente de placa	4
$\sigma_{ap} = M k (t/b)^2$ (kg/cm ²)	2174.707
carga lirite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga lirite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	1917,505
$Et/E=(\sigma_e-\sigma_s)\sigma_s/((\sigma_e-\sigma_p)\sigma_p)$	0.777467
$\sigma_{ma}=\sigma_{ma\text{ aparente}}(Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	1917,529

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO:TRANCANIL DE CUBIERTA

MATERIAL:ACERO ALTA TENSION

CARGA: COMPRESION UNIFORME

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	60
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 E / (12(1-\nu^2))$	1896076.
k=coeficiente de placa	4
$\sigma_{ap} = M k (t/b)^2$ (kg/cm ²)	5326.080
carga lirite elasticidad (kg/cm ²)	3200
carga lirite proporcionalidad (kg/cm ²)	2400
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2997.14
$Et/E=(\sigma_e-\sigma_s)\sigma_s/((\sigma_e-\sigma_p)\sigma_p)$	0.316466
$\sigma_{ma}=\sigma_{ma\text{ aparente}}(Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2997.152

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACAS CENTRALES CUBIERTA

MATERIAL: ACERO DULCE

CARGA: CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.27
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 * E / (12 * (1 - \nu^2))$	1896076.
$K=(3)^{1/2} * (5.34 + 4 * (b/a)^2)$	9.682164
$\sigma_{ap} = M * k * (t/b)^2$ (kg/cm ²)	5263.968
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2301.18
$E_t/E = (\sigma_e - \sigma_s) * \sigma_s / ((\sigma_e - \sigma_p) * \sigma_p)$	0.191094
$\sigma = \sigma_{aparente} * (E_t/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2301.110
Esfuerzo critico al corte = $\sigma / (3)^{1/2}$ (kg/cm ²)	1328.546

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRANCANIL DE CUBIERTA

MATERIAL: ACERO ALTA TENSION

CARGA: CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	60
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 * E / (12 * (1 - \nu^2))$	1896076.
$K=(3)^{.5} * (5.34 + 4 * (b/a)^2)$	9.526279
$\sigma_{ap} = M * k * (t/b)^2$ (kg/cm ²)	12684.43
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	3200
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	2400
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	3162.264
$E_t/E = (\sigma_e - \sigma_s) * \sigma_s / ((\sigma_e - \sigma_p) * \sigma_p)$	0.062151
$\sigma = \sigma_{aparente} * (E_t/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	3162.258
esfuerzo critico al corte = $\sigma / (3)^{1/2}$	1825.730

J.M.

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACAS CENTRALES CUBIERTA ARRUF0 ABS
 MATERIAL: ACERO DULCE 1/4 L
 CARGA: COHPRESION UNIFORME + CORTANTE

E rodulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
Esfuerzo compresivo en cubierta (kg/cm ²)	383
Esfuerzo cortante en cubierta (kg/cm ²)	480
beta=esf comp/esf cortante (B)	0.797916
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.27
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a) ² (K)	1.395833
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi) ² *E/(12*(1-nu ²))	1896076.
k=2*k ² *B*(B ² +3) ^{^(1/2)} (-1+(1+(4/(B ² *K ²))) ^{^(1/2)})	6.257750
sigma ap=M*k*(t/b) ² (kg/cm ²)	3402.194
carga lirite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asumir un sigma renor al aparente (kg/cm ²)	2176.26
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)*sigp)	0.409173
sigma=sigma aparente*(Et/E) ^{^(1/2)} (kg/cm ²)	2176.270
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B ² +3) ^{^(1/2)} (kg/cm ²)	1141.197
Esfuerzo critico a compresion=esf corte SB (kg/cm ²)	910.5806

CALCULO DE ESTIBILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRANCANIL DE CUBIERTA CONDICION ABS ARRUF0
 MATERIAL: ACERO ALTA TENSION POSICION: 1/4 L
 CARGA: COHPRESION UNIFORME + CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
Esfuerzo compresivo en cubierta (kg/cm ²)	383
Esfuerzo cortante en cubierta (kg/cm ²)	530
beta=esf comp/esf cortante (B)	0.722641
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	60
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a) ² (K)	1.373333
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi) ² *E/(12*(1-nu ²))	1896076.
k=2*k ² *B*(B ² +3) ^{^(1/2)} (-1+(1+(4/(B ² *K ²))) ^{^(1/2)})	6,393340
sigma ap=M*k*(t/b) ² (kg/cm ²)	8512.860
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	3200
carga lirite proporcionalidad (kg/cm ²)	2400
asuir un sigma renor al aparente (kg/cm ²)	3117.407
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)*sigp)	0.134102
sigma=sigma aparente*(Et/E) ^{^(1/2)} (kg/cm ²)	3117.405
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B ² +3) ^{^(1/2)} (kg/cm ²)	1661.061
Esfuerzo critico a compresion=esf corte *B (kg/cm ²)	1200.351

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRANCANIL DE CUBIERTA CONDICION ABS ARRUF0
 MATERIAL: ACERO ALTA TENSION POSICION: 3/4 L
 CARGA: COMPRESION UNIFORME + CORTANTE

E rodulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
Esfuerzo compresivo en cubierta (kg/cm ²)	251
Esfuerzo cortante en cubierta (kg/cm ²)	630
beta=esf comp/esf cortante (B)	0.398412
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	60
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a) ² (K)	1.373333
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi) ² *E/(12*(1-nu ²))	1896076.
k=2*K ² *B*(B ² +3) ^(1/2) *(-1+(1+(4/(B ² *K ²)))) ^(1/2)	7.450907
sigma ap=M*k*(t/b) ² (kg/cm ²)	9921.138
carga lirite elasticidad (kg/cm ²)	3200
carga lirite proporcionalidad (kg/cm ²)	2400
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	3138.773
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)tsigp)	0.100091
sigma=sigma aparente*(Et/E) ^(1/2) (kg/cm ²)	3138.775
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B ² +3) ^(1/2) (kg/cm ²)	1766,053
Esfuerzo critico a compresion=esf corte *B (kg/cm ²)	703.6180

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRANCANIL DE CUBIERTA CONDICION PNA ARRUF0
 MATERIAL: ACERO ALTA TENSION POSICION: 3/4 L
 CARGA: COMPRESION UNIFORME + CORTANTE

E rodulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
Esfuerzo compresivo en cubierta (kg/cm ²)	749
Esfuerzo cortante en cubierta (kg/cm ²)	650
beta=esf comp/esf cortante (B)	1.152307
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	60
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a) ² (K)	1.373333
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi) ² *E/(12*(1-nu ²))	1896076.
k=2*K ² *B*(B ² +3) ^(1/2) *(-1+(1+(4/(B ² *K ²)))) ^(1/2)	5.530312
sigma ap=M*k*(t/b) ² (kg/cm ²)	1363.721
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	3200
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	2400
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	3090.568
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)tsigp)	0.176149
sigma=sigma aparente*(Et/E) ^(1/2) (kg/cm ²)	3090.566
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B ² +3) ^(1/2) (kg/cm ²)	1485.606
Esfuerzo critico a compresion=esf corte *B (kg/cm ²)	1711.875

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRANCANIL DE CUBIERTA CONDICION PNA ARRUFU
 MATERIAL: ACERO ALTA TENSION POSICION: 1/4L
 CARGA: COMPRESIUN UNIFORME + CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
Esfuerzo coapresivo en cubierta (kg/cm ²)	426
Esfuerzo cortante en cubierta (kg/cm ²)	560
beta=esf comp/esf cortante (B)	0.760714
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	60
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a) ² (K)	1.373333
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi) ² E/(12*(1-nu ²))	1896076.
k=2*K ² *B*(B ² +3) ^{1/2} (-1+(1+(41(B ² *K ²))) ^{1/2}))	6.295999
sigma ap=M*k*(t/b) ² (kg/cm ²)	8383.248
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	3200
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	2400
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	3114.901
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)*sigp)	0.138059
sigma=sigma aparente*(Et/E) ^{1/2} (kg/cm ²)	3114.914
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B ² +3) ^{1/2} (kg/cm ²)	1646.585
Esfuerzo critico a compresion=esf corte *B (kg/cm ²)	1252.581

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEHENTO: TRACAS CENTRALES CUBIERTA ARRUFU ABS
 MATERIAL: ACERO DULCE 3/4 L
 CARGA: COMPRESION UNIFORME + CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
Esfuerzo compresivo en cubierta (kg/cm ²)	251
Esfuerzo cortante en cubierta (kg/cm ²)	570
beta=esf comp/esf cortante (B)	0.440350
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.27
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a) ² (K)	1.395833
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi) ² E/(12*(1-nu ²))	1896076,
k=2*K ² *B*(B ² +3) ^{1/2} (-1+(1+(4/(B ² *K ²))) ^{1/2}))	7.372255
sigma ap=M*k*(t/b) ² (kg/cm ²)	4008.124
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asurir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2234.483
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)*sigp)	0.310794
sigma=sigma aparente*(Et/E) ^{1/21} (kg/cm ²)	2234.485
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B ² +3) ^{1/2} (kg/cm ²)	1250.305
Esfuerzo critico a compresion=esf corte *B (kg/cm ²)	550,5733

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEKNTU: TRACAS CENTRALES CUBIERTA ARRUFU PNA

MATERIAL:ACERO DULCE 3/4 L

CARGA: CUHPRESION UNIFURHE + CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm2)	2100000
Esfuerzo rorpresivo en rubierta (kg/cm2)	749
Esfuerzo cortante en cubierta (kg/cm2)	590
beta=esf comp/esf cortante (B)	1.269491
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.27
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a)^2 (K)	1.395833
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi)^2*E/(12*(1-nu^2))	1896076.
k=2*K^2*B*(B^2+3)^(1/2)*(-1+(1+(4/(B^2*K^2))))^(1/2)	5.395959
sigma ap=M*k*(t/b)^2 (kg/cm2)	2933.658
carga liaite elasticidad (kg/cm2)	2400
carga lirite proporcionalidad (kg/cm2)	1700
asumir un sigma tenor al aparente (kg/cm2)	2108.461
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)*sigp)	0.516553
sigma=sigma aparentet(Et/E)^(1/2) (kg/cm2)	2108.468
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B^2+3)^(1/2) (kg/cm2)	981.8404
Esfuerzo critico a compresion=esf corte *B (kg/cm2)	1246.438

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELERENTO: TRACAS CENTRALES CUBIERTA ARRUFU PNA

MATERIAL:ACERO DULCE 1/4 L

CARGA: COHPRESIUN UNIFURHE + CURTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm2)	2100000
Esfuerzo compresivo en cubierta (kg/cm2)	426
Esfuerzo cortante en cubierta (kg/cm2)	510
beta=esf comp/esf cortante (B)	0.835294
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.27
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a)^2 (K)	1.395833
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi)^2*E/(12*(1-nu^2))	1896076.
k=2*K^2*B*(B^2+3)^(1/2)*(-1+(1+(4/(B^2*K^2))))^(1/2)	6.168652
sigma ap=M*k*(t/b)^2 (kg/cm2)	3353.753
carga lirite elasticidad (kg/cm2)	2400
carga lirite proporcionalidad (kg/cm2)	1700
asumir un signa tenor al aparente (kg/cm2)	2170.375
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)*sigp)	0.418800
sigma=sigma aparentet(Et/E)^(1/2) (kg/cm2)	2170.374
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B^2+3)^(1/2) (kg/cm2)	1128.672
Esfuerzo critico a compresion=esf corte *B (kg/cm2)	942.7732

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO:TRACA DE CINTA CONDICIUN ABS ARRUFUO
 MATERIAL:ACERO ALTA TENSION POSICION: 1/4 L
 CARGA: COHPRESION UNIFORME t CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm2)	2100000
Esfuerzo compresivo en cubierta (kg/cm2)	383
Esfuerzo cortante en cubierta (kg/cm2)	530
beta=esf comp/esf cortante (B)	0,722641
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	60
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/31+(b/a)^2 (K)	1.373333
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi)^2*E/(12*(1-nu^2)	1896076.
k=2*K^2*B*(B^2+3)^(1/2)*(-1+(1+(4/(B^2*K^2)))^(1/2))	6.393340
sigma ap=M*k*(t/b)^2 (kg/cm2)	8512.860
carga limite elasticidad (kg/cm2)	3200
carga limite proporcionalidad (kg/cm2)	2400
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm2)	3117.407
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)tsigp)	0.134102
sigmaa=sigma aparente*(Et/E)^(1/2) (kg/cm2)	3117.405
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B^2+3)^(1/2) (kg/cm2)	1661.061
Esfuerzo critico a compresion=esf corte *B (kg/cm2)	1200.351

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO:TRACA DE CINTA CONDICION ABS ARRUFUO
 MATERIAL:ACERO ALTA TENSION POSICION: 3/4 L
 CARGA: COHPRESION UNIFORME + CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm2)	2100000
Esfuerzo compresivo en cubierta (kg/cm2)	251
Esfuerzo cortante en cubierta (kg/cm2)	630
beta=esf comp/esf cortante (B)	0,398412
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	60
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a)^2 (K)	1.373333
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi)^2*E/(12*(1-nu^2)	1896076.
k=2*K^2*B*(B^2+3)^(1/2)*(-1+(1+(4/(B^2*K^2)))^(1/2))	7.450967
sigma ap=M*k*(t/b)^2 (kg/cm2)	9921.138
carga lirite elasticidad (kg/cm2)	3200
carga lirite proporcionalidad (kg/cm2)	2400
asurir un sigma menor al aparente (kg/cm2)	3138.773
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)tsigp)	0.100091
sigmaa=sigma aparente*(Et/E)^(1/2) (kg/cm2)	3136.775
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B^2+3)^(1/2) (kg/cm2)	1766.053
Esfuerzo critico a compresion=esf corte *B (kg/cm2)	703.6180

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACA DE CINTA CONDICION PNA ARRUF0
 MATERIAL: ACERO ALTA TENSION POSICION: 3/4 L
 CARGA: COHPRESION UNIFORME + CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm2)	2100000
Esfuerzo compresivo en cubierta (kg/cm2)	749
Esfuerzo cortante en cubierta (kg/cm2)	650
beta=esf comp/esf cortante (B)	1.152307
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	60
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/31+(b/a)^2 (K)	1.313333
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi)^2*E/(12*(1-nu^2)	1896076.
k=2*K^2*B*(B^2+3)^(1/2)*(-1+(1+(4/(B^2*K^2))))^(1/2)	5.530312
sigma ap=M*k*(t/b)^2 (kg/cm2)	1363.121
carga lirite elasticidad (kg/cm2)	3200
carga limite proporcionalidad (kg/cm2)	2400
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm2)	3090.568
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)*sigp)	0.176149
sigma=sigma aparente*(Et/E)^(1/2) (kg/cm2)	3090.566
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B^2+3)^(1/2) (kg/cm2)	1485.606
Esfuerzo critico a compresion=esf corte SB (kg/cm2)	1711.875

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACA DE CINTA CONDICION PNA ARRUF0
 MATERIAL: ACERO ALTA TENSION POSICION: 1/4L
 CARGA: COHPRESION UNIFORME + CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm2)	2100000
Esfuerzo compresivo en cubierta (kg/cm2)	426
Esfuerzo cortante en cubierta (kg/cm2)	560
beta=esf comp/esf cortante (B)	0.760714
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	60
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a)^2 (K)	1.373333
nu= coeficiente de poisson	0.3
W=(pi)^2*E/(12*(1-nu^2)	1896076.
k=2*K^2*B*(B^2+3)^(1/2)*(-1+(1+(4/(B^2*K^2))))^(1/2)	6.295999
sigma ap=M*k*(t/b)^2 (kg/cm2)	8383,248
carga limite elasticidad (kg/cm2)	3200
carga limite proporcionalidad (kg/cm2)	2400
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm2)	3114.901
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)*sigp)	0.138059
sigma=sigma aparente*(Et/E)^(1/2) (kg/cm2)	3114.914
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B^2+3)^(1/2) (kg/cm2)	1646.585
Esfuerzo critico a compresion=esf corte *B (kg/cm2)	1252.581

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACAS DE EJE NEUTRO

MATERIAL: ACERO DULCE

CARGA: CURTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.43
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 E / (12(1-\nu^2))$	1896076.
$K=(3)^{1/2} (5.34 + 4(b/a)^2)$	9.682164
$\sigma_{ap} = M k (t/b)^2$ (kg/cm ²)	6673.872
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga lirite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2337.548
$E_t/E = (\sigma_e - \sigma_a) \sigma_a / ((\sigma_e - \sigma_p) \sigma_p)$	0.122676
$\sigma_a = \sigma_{aparente} (E_t/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2337.533
Esfuerzo critico al corte = $\sigma_a / (3)^{1/2}$ (kg/cm ²)	1349.575

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACA DE CINTA

MATERIAL: ACERO ALTA TENSIUN

CARGA: COMPRESION UNIFURHE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	60
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 E / (12(1-\nu^2))$	1896076.
k=coeficiente de placa	4
$\sigma_{ap} = M k (t/b)^2$ (kg/cm ²)	5326.080
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	3200
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	2400
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2997.14
$E_t/E = (\sigma_e - \sigma_a) \sigma_a / ((\sigma_e - \sigma_p) \sigma_p)$	0.316666
$\sigma_a = \sigma_{aparente} (E_t/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2991.152

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACA DE CINTA

MATERIAL: ACERO ALTA TENSIUN

CARGA: CURTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	60
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 E / (12(1-\nu^2))$	1896076.
$K=(3)^{.5} (5.34 + 4(b/a)^2)$	9.526279
$\sigma_{ap} = M k (t/b)^2$ (kg/cm ²)	12684.43
carga lirite elasticidad (kg/cm ²)	3200
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	2400
asumir un sigaa menor al aparente (kg/cm ²)	3162.264
$E_t/E = (\sigma_e - \sigma_a) \sigma_a / ((\sigma_e - \sigma_p) \sigma_p)$	0.062151
$\sigma_a = \sigma_{aparente} (E_t/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	3162.258
esfuerzo critico al corte = $\sigma_a / (3)^{1/2}$	1825.730

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACAS EJE NEUTRO MAMPARO LONGITUDINAL

MATERIAL: ACERO DULCE

CARGA: CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.27
b=espaciamento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 * E / (12 * (1 - \nu^2))$	1896076.
$K=(3)^{1/2} * (5.34 + 4 * (b/a)^2)$	9.682164
$\sigma_{ap} = M * K * (t/b)^2$ (kg/cm ²)	5263.968
carga lirite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga liaite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asurir un sigra menor al aparente (kg/cm ²)	2301.174
$Et/E = (\sigma_e - \sigma_s) * \sigma_s / ((\sigma_e - \sigma_p) * \sigma_p)$	0.191105
$\sigma_{ma} = \sigma_{aparente} * (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2301.177
Esfuerzo critico al corte = $\sigma_{ma} / (3)^{1/2}$ (kg/cm ²)	1328.585

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEHENTO: TRACA SUP MAMP LONG ARRUF0 ABS

MATERIAL: ACERO DULCE 1/4 L

CARGA: COHPRESION UNIFORME + CORTANTE

E rodula de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
Esfuerzo corpresivo en cubierta (kg/cm ²)	383
Esfuerzo cortante en cubierta (kg/cm ²)	430
beta=esf comp/esf cortante (B)	0.890697
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.27
b=espaciamento entre longitudinaies (cm)	75
a=espaciamento entre cuadernas (cm)	300
$k = (4/3) + (b/a)^2$ (K)	1.395833
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 * E / (12 * (1 - \nu^2))$	1896076.
$k = 2 * K^2 * B * (B^2 + 3)^{1/2} * (-1 + (1 + (4 / (B^2 * K^2)))^{1/2})$	6.044348
$\sigma_{ap} = M * K * (t/b)^2$ (kg/cm ²)	3286,172
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asurir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2161.78
$Et/E = (\sigma_e - \sigma_s) * \sigma_s / ((\sigma_e - \sigma_p) * \sigma_p)$	0.432755
$\sigma_{ma} = \sigma_{aparente} * (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2161.781
Esfuerzo critico al corte = $\sigma_{ma} / (B^2 + 3)^{1/2}$ (kg/cm ²)	1109.943
Esfuerzo critico a compresion = esf corte SB (kg/cm ²)	988.6236

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEHENTO: TRACA SUP HAHF LONG ARRUF0 ABS
 MATERIAL:ACERO DULCE 3/4 L
 CARGA: COHPRESION UNIFORHE + CORTRNTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
Esfuerzo cospresivo en cubierta (kg/cm ²)	251
Esfuerzo cortante en cubierta (kg/cm ²)	510
beta=esf comp/esf cortante (B)	0.492156
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.27
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a) ² (K)	1.395833
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi) ² *E/(12*(1-nu ²))	1896076.
k=2*K ² *B*(B ² +3) ^(1/2) (-1+(1+(4/(B ² *K ²)))) ^(1/21)	7.176768
sigma ap=M*k*(t/b) ² (kg/cm ²)	3901.843
carga liaite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga lieite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2226.006
Et/E=(sigma-sigas)*sigas/((sigma-sigp)*sigp)	0.325472
sigma=sigma aparente*(Et/E) ^(1/21) (kg/cm ²)	2226.007
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B ² +3) ^(1/21) (kg/cm ²)	1236.247
Esfuerzo critico a compresion=esf corte *B (kg/cm ²)	608.4278

CALCULO DE ESTABILIDRD AL PANDEO

ELEHENTO: TRACA SUP HAHF LONG ARRUF0 PNA
 MATERIAL:ACERO DULCE 3/4 L
 CARGA: COHPRESION UNIFORHE + CORTANTE

E rodulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
Esfuerzo compresivo en cubierta (kg/cm ²)	749
Esfuerzo cortante en cubierta (kg/cm ²)	530
beta=esf comp/esf cortante (B)	1.413207
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.27
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a) ² (K)	1.395833
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi) ² *E/(12*(1-nu ²))	1896076.
k=2*K ² *B*(B ² +3) ^(1/2) (-1+(1+(4/(B ² *K ²)))) ^(1/2)	5.220361
sigma ap=M*k*(t/b) ² (kg/cm ²)	2838.189
carga lirite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asumir un sigma renor al aparente (kg/cm ²)	2091.087
Et/E=(sigma-sigas)*sigas/((sigma-sigp)*sigp)	0.542826
sigma=sigma aparente*(Et/E) ^(1/2) (kg/cm ²)	2091.087
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B ² +3) ^(1/2) (kg/cm ²)	935.4286
Esfuerzo critico a compresion=esf carte SB (kg/cm ²)	1321.954

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACA SUP MAMP LONG ARRUFQ PNA
 MATERIAL: ACERO DULCE 1/4 L
 CARGA: COMPRESION UNIFORME + CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
Esfuerzo compresivo en cubierta (kg/cm ²)	426
Esfuerzo cortante en cubierta (kg/cm ²)	450
beta=esf comp/esf cortante (B)	0.946666
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.27
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a) ² (K)	1.395833
nu= coeficiente de Poisson	0.3
M=(pi) ² *E/(12*(1-nu ²))	1896076.
k=2*K ² *B*(B ² +3) ^(1/2) (-1+(1+(4/(B ² *K ²))) ^(1/2))	5.927573
sigaa ap=M*k*(t/b) ² (kg/cm ²)	3222.684
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2153.276
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)*sigp)	0.446441
sigma=sigma aparente*(Et/E) ^(1/2) (kg/cm ²)	2153.276
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B ² +3) ^(1/2) (kg/cm ²)	1090.888
Esfuerzo critico a compresion=esf corte *B (kg/cm ²)	1032.706

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACAS CENTRALES DEL FONDO
 MATERIAL: ACERO DULCE
 CARGA: COMPRESION UNIFORME

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de Poisson	0.3
M=(pi) ² *E/(12*(1-nu ²))	1896076.
k=coeficiente de placa	4
sigma ap=M*k*(t/b) ² (kg/cm ²)	3408.691
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2177.035
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)*sigp)	0.407901
sigma=sigma aparente*(Et/E) ^(1/2) (kg/cm ²)	2177.034

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACA DE PANTOQUE
 MATERIAL: ACERO ALTA TENSION
 CARGA: COMPRESION UNIFORME

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de Poisson	0.3
M=(pi) ² *E/(12*(1-nu ²))	1896076.
k=coeficiente de placa	4
sigaa ap=M*k*(t/b) ² (kg/cm ²)	3408.691
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	3200
carga liwite proporcionalidad (kg/cm ²)	2400
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2746.205
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)*sigp)	0.649069
sigma=sigma aparente*(Et/E) ^(1/2) (kg/cm ²)	2746.206

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACA DE QUILLA

MATERIAL: ACERO ALTA TENSION

CARGA: COMPRESION UNIFORME

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.91
b=espaciamento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 E / (12(1-\nu^2))$	1896076.
k=coeficiente de placa	4
$\sigma_{ap} = M k (t/b)^2$ (kg/cm ²)	4918.811
carqa limite elasticidad (kg/cm ²)	3200
carqa limite proporcionalidad (kg/cm ²)	2400
asunir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2964.73
$E_t/E = (\sigma_e - \sigma_s) \sigma_s / ((\sigma_e - \sigma_p) \sigma_p)$	0.363287
$\sigma_{ma} = \sigma_{aparente} (E_t/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2964.731

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACAS CENTRALES DEL FONDO

MATERIAL: ACERO DULCE

CARGA: CORTANTE

E sodulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 E / (12(1-\nu^2))$	1896076.
$K=(3)^{1/2} (5.34 + 4(b/a)^2)$	9.682164
$\sigma_{ap} = M k (t/b)^2$ (kg/cm ²)	8250.876
carqa limite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carqa limite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asuar un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2358.768
$E_t/E = (\sigma_e - \sigma_s) \sigma_s / ((\sigma_e - \sigma_p) \sigma_p)$	0.081727
$\sigma_{ma} = \sigma_{aparente} (E_t/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2358.766
Esfuerzo critico al corte = $\sigma_{ma} / (3)^{1/2}$ (kg/cm ²)	1361.834

CALCULO DE ESTICIBILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACA DE PANTOQUE

MATERIAL: ACERO ALTA TENSION

CARGA: CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 E / (12(1-\nu^2))$	1896076.
$K=(3)^{.5} (5.34 + 4(b/a)^2)$	9.682164
$\sigma_{ap} = M k (t/b)^2$ (kg/cm ²)	8250.876
carqa limite elasticidad (kg/cm ²)	3200
carqa liaite proporcionalidad (kg/cm ²)	2400
asunir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	3112.224
$E_t/E = (\sigma_e - \sigma_s) \sigma_s / ((\sigma_e - \sigma_p) \sigma_p)$	0.142279
$\sigma_{ma} = \sigma_{aparente} (E_t/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	3112.226
esfuerzo critico al corte = $\sigma_{ma} / (3)^{1/2}$	1796.844

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACAS FONDO ARRIFO ABS
 MATERIAL: ACERO DULCE 1/4 L
 CARGA: COMPRESION UNIFORME + CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
Esfuerzo compresivo en fondo (kg/cm ²)	335
Esfuerzo cortante en fondo (kg/cm ²)	530
beta=esf comp/esf cortante (B)	0.632075
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a) ² (K)	1.395833
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi) ² *E/(12*(1-nu ²))	1896076.
k=2*K ² *B*(B ² +3) ^{^(1/2)} (-1+(1+(4*(B ² *K ²))) ^{^(1/2)})	6.710342
sigma ap=M*k*(t/b) ² (kg/cm ²)	5718.371
carga lirite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga lirite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2315.727
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)*sigp)	0,163994
sigma=sigma aparente*(Et/E) ^{^(1/2)} (kg/cm ²)	2315.723
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B ² +3) ^{^(1/2)} (kg/cm ²)	1255.966
Esfuerzo critico a compresion=esf corte *B (kg/cm ²)	793.8655

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACAS DEL FONDO ARRIFO ABS
 MATERIAL: ACERO DULCE 3/4 L
 CARGA: COMPRESION UNIFORME + CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
Esfuerzo compresivo en el fondo (kg/cm ²)	219
Esfuerzo cortante en fondo (kg/cm ²)	620
beta=esf comp/esf cortante (B)	0.353225
Pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a) ² (K)	1.395833
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi) ² *E/(12*(1-nu ²))	1896076.
k=2*K ² *B*(B ² +3) ^{^(1/2)} (-1+(1+(4/(B ² *K ²))) ^{^(1/2)})	7,732057
sigma ap=M*k*(t/b) ² (kg/cm ²)	6589.048
carga lirite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga lirite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2335.972
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)*sigp)	0,125687
sigma=sigma aparente*(Et/E) ^{^(1/2)} (kg/cm ²)	2335.974
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B ² +3) ^{^(1/2)} (kg/cm ²)	1321.475
Esfuerzo critico a compresion=esf corte *B (kg/cm ²)	466.7792

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACAS DEL FONDO ARRUF0 PNA
 MATERIAL: ACERO DULCE 3/4 L
 CARGA: COMPRESION UNIFORME + CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100060
esfuerzo compresivo en fondo (kg/cm ²)	654
Esfuerzo cortante en fondo (kg/cm ²)	640
beta=esf comp/esf cortante (B)	1.021875
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a)^2 (K)	1.395833
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi)^2*E/(12*(1-nu^2))	1896076.
k=2*K^2*B*(B^2+3)^(1/2)*(-1+(1+(4/(B^2*K^2))))^(1/2))	5.783435
sigma ap=M*k*(t/b)^2 (kg/cm ²)	4928.486
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2287.912
Et/E=(sigma-sigas)*sigas/((sigma-sigp)*sigp)	0.215502
sigma=sigma aparente*(Et/E)^(1/2) (kg/cm ²)	2287.911
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B^2+3)^(1/2) (kg/cm ²)	1137.683
Esfuerzo critico a compresion=esf corte *B (kg/cm ²)	1162.570

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACAS DEL FONDO ARRUF0 PNA
 MATERIAL: ACERO DULCE 1/4 L
 CARGA: COMPRESION UNIFORME + CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
Esfuerzo compresivo en fondo (kg/cm ²)	372
Esfuerzo cortante en fondo (kg/cm ²)	550
beta=esf comp/esf cortante (B)	0.676363
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
kapa=(4/3)+(b/a)^2 (K)	1.395833
nu= coeficiente de poisson	0.3
M=(pi)^2*E/(12*(1-nu^2))	1896076.
k=2*K^2*B*(B^2+3)^(1/2)*(-1+(1+(4/(B^2*K^2))))^(1/2))	6,579668
sigma ap=M*k*(t/b)^2 (kg/cm ²)	5607.014
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2312.469
Et/E=(sigma-sigas)*sigas/((sigma-sigp)*sigp)	0.170093
sigma=sigma aparente*(Et/E)^(1/2) (kg/cm ²)	2312.469
Esfuerzo critico al corte=sigma/(B^2+3)^(1/2) (kg/cm ²)	1243.646
Esfuerzo critico a compresion=esf corte *B (kg/cm ²)	841.1570

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO DE PLANCHAJES
 SOMETIDAS A CARGAS NORHALES A SU PLANO Y COHPRESIVAS UNIFORMES
 ELEMENTO:TRACAS DEL FONDO CONDICION: ARRUF0 RES
 FUENTE: MARTIN DOMINGUEZ

largo de la plancha(cm)=a	300
Ancho de la plancha (cm)=b	75
Espesor de plancha (cm)=t	1.59
pi	3.14
Hodulo de elasticidad E (kg/cm2)	2100000
Relacion de Poisson=u	0.3
Cabezal de agua asurido (m)=H	12.14
Presion hidrostatica (kg/cm2)=p=0.1026H	1.245564
$G=pi^2E/(12(1-u^2))$ (kg/cm2)	1896076.
Relacion de aspecto alfa=a/b	4
$k=4(alfa)^2+(4/alfa^2)+8/3$ (formula 4.9.5.h) 4 lados erpotrados	66.91666
$Sigma1=6(t/b)^2k$ (kg/cm2)	57024.56
$SigmaA$ =(kg/cm2) esfuerzo de corpresion sobre la plancha	1710
$m=1/(1-(SigmaA/Sigma1))$ =factor de arplificacion	1.030914
k1 (figura 4.7-h caso 4) empotrado en los 4 lados	0.0627
k2 (figura 4.7-h caso 4)	0.0916
k3 (figura 4.7-c caso 4)	0.0026
$w=10.91k3pb^4/(Et^3)$ (cm) deflexion maxima en el centro	0.132433
$sigmax=5.46k1p(b/t)^2$ (kg/cm2) esfuerzo en dir x(cargas normales)	940.0677
$sigmay=5.46k2p(b/t)^2$ (kg/cm2) esfuerzo en dir y(cargas normales)	1373.368
w/t	0.083291
$sigmaX(critico)=SigmaA+m*sigmax$ (kg/cm2)	2679.129
$sigmaY(critico)=m*sigmay$ (kg/cm2)	1415.824

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO DE PLANCHAJES
 SOMETIDAS A CARGAS NORHALES A SU PLANO Y COHPRESIVAS UNIFORMES
 ELEMENTO:TRACA DE RUILLA CONDICION: ARRUF0 ABS
 FUENTE: HARTIN DOMINGUEZ

Largo de la plancha(cm)=a	300
Ancho de la plancha (cm)=b	75
Espesor de plancha (cm)=t	1.91
pi	3.14
Hodulo de elasticidad E (kg/cm2)	2100000
Relacion de Poisson=u	0.3
Cabezal de agua asurido (m)=H	12.14
Presion hidrostatica (kg/cm2)=p=0.1026H	1.245564
$G=pi^2E/(12(1-u^2))$ (kg/cm2)	1896076.
Relacion de aspecto alfa=a/b	4
$k=4(alfa)^2+(4/alfa^2)+8/3$ (formula 4.9.5.h) 4 lados eapotrados	b6.91666
$Sigma1=6(t/b)^2k$ (kg/cm2)	82287.61
$SigmaA$ =(kg/cm2) esfuerzo de corpresion sobre la plancha	1710
$m=1/(1-(SigmaA/Sigma1))$ =factor de amplificacion	1.021221
k1 (figura 4.7-h caso 4) empatrado en los 4 lados	0.0627
k2 (figura 4.7-h caso 4)	0.0916
k3 (figura 4.7-c caso 4)	0.0026
$w=10.91k3pb^4/(Et^3)$ (cm) deflexion maxima en el centro	0.076399
$sigmax=5.46k1p(b/t)^2$ (kg/cm2) esfuerro en dir x(cargas normales)	651.4583
$sigmay=5.46k2p(b/t)^2$ (kg/cm2) esfuerzo en dir y(cargas normales)	951.7317
w/t	0.039999
$sigmaX(critico)=SigmaA+m*sigmax$ (kg/cm2)	2375.283
$sigmaY(critico)=m*sigmay$ (kg/cm2)	971.9292

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO DE PLANCHAJES
 SOHETIDAS A CARGAS NORHALES A SU PLANO Y COHPRESIVAS UNIFORMES
 ELEMENTO:TRACA DE QUILLA CONDICION: ARRUF0 PNA
 FUENTE: HARTIN DOMINGUEZ

Largo de la plancha (cm)=a	300
Ancho de la plancha (cm)=b	75
Espesor de plancha (cm)=t	1.91
pi	3.14
Hodulo de elasticidad E (kg/cm2)	2100000
Relacion de Poisson=u	0.3
Cabezal de agua asurido (m)=H	12.14
Presion hidrostatica (kg/cm2)=p=0,1026tH	1.245564
$\delta = \pi^2 E / (12(1-u^2))$ (kg/cm2)	1896076.
Relacion de aspecto alfa=a/b	4
$k = 4t(\alpha)^2 + (4/\alpha^2) + 8/3$ (formula 4.9.5.h) 4 lados erpotrados	66.91666
$\text{Sigma1} = 6t(t/b)^2 k$ (kg/cm2)	82287.61
$\text{SigmaA} = (\text{kg/cm}^2)$ esfuerzo de corpresion sobre la plancha	1810
$m = 1 / (1 - (\text{sigmaA} / \text{Sigma1})) = \text{factor de arplificacion}$	1.022490
k1 (figura 4.7-h caso 4) erpotrado en los 4 lados	0.0627
k2 (figura 4.7-h caso 4)	0.0916
k3 (figura 1.7-c caso 4)	0.0026
$w = 10.91 k_3 p H^4 / (E t^3)$ (cm) deflexion maxima en el centro	0.076399
$\text{sigmax} = 5.46 k_1 p (b/t)^2$ (kg/cm2) esfuerzo en dir x(cargas normales)	651.4583
$\text{sigmay} = 5.46 k_2 p (b/t)^2$ (kg/cm2) esfuerzo en dir y(cargas normales)	951.7317
w/t	0.039999
$\text{sigmaX(critico)} = \text{sigmaA} + m \text{sigmax}$ (kg/cm2)	2476.110
$\text{sigmaY(critico)} = m \text{sigmay}$ (kg/cm2)	973.1369

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO DE PLANCHAJES
 SOHETIDAS A CARGAS NORHALES A SU PLANO Y COHPRESIVAS UNIFORMES
 ELEMENTO:TRACAS DEL FONDO CONDICION: ARRUF0 PNA
 FUENTE: HARTIN DOHINGUEZ

Largo de la plancha (cm)=a	300
Ancho de la plancha (cm)=b	75
Espesor de plancha (cm)=t	1.59
pi	3.14
Hodulo de elasticidad E (kg/cm2)	2100000
Relacion de Poisson=u	0.3
Cabezal de agua asurido (m)=H	12.14
Presion hidrostatica (kg/cm2)=p=0.1026tH	1.245564
$\delta = \pi^2 E / (12(1-u^2))$ (kg/cm2)	1896076,
Relacion de aspecto alfa=a/b	4
$k = 4t(\alpha)^2 + (4/\alpha^2) + 8/3$ (formula 4.9.5.h) 4 lados erpotrados	66.91666
$\text{Sigma1} = 6t(t/b)^2 k$ (kg/cm2)	57024.56
$\text{SigmaA} = (\text{kg/cm}^2)$ esfuerzo de corpresion sobre la plancha	1810
$m = 1 / (1 - (\text{sigmaA} / \text{Sigma1})) = \text{factor de amplificacion}$	1.032781
k1 (figura 4.7-h caso 4) erpotrado en los 4 lados	0.0627
k2 (figura 4.7-h caso 4)	0.0916
k3 (figura 4.7-c caso 4)	0.0026
$w = 10.91 k_3 p H^4 / (E t^3)$ (cm) deflexion maxima en el centro	0.132433
$\text{sigmax} = 5.46 k_1 p (b/t)^2$ (kg/cm2) esfuerzo en dir x(cargas normales)	940.0677
$\text{sigmay} = 5.46 k_2 p (b/t)^2$ (kg/cm2) esfuerzo en dir y(cargas normales)	1373.368
w/t	0.083241
$\text{sigmaX(critico)} = \text{sigmaA} + m \text{sigmax}$ (kg/cm2)	2780.884
$\text{sigmaY(critico)} = m \text{sigmay}$ (kg/cm2)	1418.389

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO DE PLANCHAJES
 SOMETIDAS A CARGAS NORHALES A SU PLANO Y COMPRESIVAS UNIFORMES
 ELEMENTO:TRACAS DEL FONDO CONDICION:QUEBRANTO PNA
 FUENTE: MARTIN DOMINGUEZ

Largo de la plancha(cm)=a	300
Ancho de la plancha (cm)=b	75
Espesor de plancha (cm)=t	1.59
π	3.14
Modulo de elasticidad E (kg/cm2)	2100000
Relacion de Poisson=u	0.3
Cabezal de agua asumido (m)=H	12.14
Presion hidrostatica (kg/cm2)= $p=0.1026 \cdot H$	1.245564
$G=\pi^2 \cdot E / (12 \cdot (1-u^2))$ (kg/cm2)	1896076.
Relacion de aspecto alfa=a/b	4
$k=4 \cdot (\alpha^2 + (4/\alpha^2) + 8/3)$ (formula 4.9.5.h) 4 lados empotrados	66.91666
$\text{Sigma1}=6 \cdot (t/b)^2 \cdot k$ (kg/cm2)	57024.56
SigmaA =(kg/cm2) esfuerzo de compresion sobre la plancha	1190
$m=1/(1-(\text{sigmaA}/\text{Sigma1}))$ =factor de amplificacion	1.021312
$k1$ (figura 4.7-h caso 4) empotrado en los 4 lados	0.0627
$k2$ (figura 4.7-h caso 4)	0.0916
$k3$ (figura 4.7-c caso 4)	0.0026
$w=10.91 \cdot k3 \cdot p \cdot b^4 / (E \cdot t^3)$ (cm) deflexion maxima en el centro	0.132433
$\text{sigmax}=5.46 \cdot k1 \cdot p \cdot (b/t)^2$ (kg/cm2) esfuerzo en dir x(cargas normales)	940.0677
$\text{sigmay}=5.46 \cdot k2 \cdot p \cdot (b/t)^2$ (kg/cm2) esfuerzo en dir y(cargas normales)	1373.368
w/t	0.083291
sigmaX (critico) = $\text{sigmaA} + m \cdot \text{sigmax}$ (kg/cm2)	2150.103
sigmaY (critico) = $m \cdot \text{sigmay}$ (kg/cm2)	1402.638

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO DE PLANCHAJES
 SOMETIDAS A CARGAS NORMALES A SU PLANO Y COMPRESIVAS UNIFORMES
 ELEMENTO:TRACAS DEL FONDO CONDICION:QUEBRANTO ABS
 FUENTE: MARTIN DOMINGUEZ

Largo de la plancha(cm)=a	300
Ancho de la plancha (cm)=b	75
Espesor de piancha (cm)=t	1.59
π	3.14
Modulo de elasticidad E (kg/cm2)	2100000
Relacion de Poisson=u	0.3
Cabezal de agua asumido (m)=H	12.14
Presion hidrostatica (kg/cm2)= $p=0.1026 \cdot H$	1.245564
$G=\pi^2 \cdot E / (12 \cdot (1-u^2))$ (kg/cm2)	1896076.
Relacion de aspecto alfa=a/b	4
$k=4 \cdot (\alpha^2 + (4/\alpha^2) + 8/3)$ (formula 4.9.5. h) 4 iados empotrados	66.91666
$\text{Sigma1}=6 \cdot (t/b)^2 \cdot k$ (kg/cm2)	57024.56
SigmaA =(kg/cm2) esfuerzo de compresion sobre la piancha	1220
$m=1/(1-(\text{sigmaA}/\text{Sigma1}))$ =factor de amplifiac on	1.021862
$k1$ (figura 4.7-h caso 4) empotrado en los 4 ados	0.0627
$k2$ (figura 4.7-h caso 4)	0.0916
$k3$ [figura 4.7-c caso 4)	0.0026
$w=10.91 \cdot k3 \cdot p \cdot b^4 / (E \cdot t^3)$ (cm) deflexion maxima en el centro	0.132433
$\text{sigmax}=5.46 \cdot k1 \cdot p \cdot (b/t)^2$ (kg/cm2) esfuerzo en dir x(cargas normales)	940.0677
$\text{sigmay}=5.46 \cdot k2 \cdot p \cdot (b/t)^2$ (kg/cm2) esfuerzo en dir y(cargas normales)	1373.368
w/t	0.083291
sigmaX (critico)= $\text{sigmaA} + m \cdot \text{sigmax}$ (kg/cm2)	2180.619
sigmaY (critico)= $m \cdot \text{sigmay}$ (kg/cm2)	1403.393

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO DE PLANCHGJES
 SOHETIDCIS A CARGAS NORHALES A SU PLANO Y COMPRESIVAS UNIFORMES
 ELEMENTO:TRACA E COST, CONDICION:QUEBRANTO ABS
 FUENTE: MARTIN DOMINGUEZ

Largo de la plancha(cm)=a	300
Ancho de la plancha (cm)=b	75
Espesor de plancha (cm)=t	1.43
pi	3.14
Modulo de elasticidad E (kg/cm2)	2100099
Relacion de Poisson=u	0.3
Cabezal de agua asumido (m)=H	10.43
Presion hidrostatica (kg/cm2)=p=0.1026*H	1.570118
G=pi^2*E/(12*(1-u^2)) (kg/cm2)	1896076.
Relacion de aspecto alfa=a/b	4
k=4*(alfa)^2+(4/alfa^2)+8/3 (formula 4.9.5.h) 4 lados erpotrados	66.91666
Sigma1=6*(t/b)^2*k (kg/cm2)	46125.36
SigmaA=(kg/cm2) esfuerzo de compresion sobre la plancha	770
m=1/(1-(sigmaA/Sigma1))=factor de amplificacion	1.016977
k1 (figura 4.7-h caso 4) eapotrado en los 4 lados	0.0627
k2 (figura 4.7-h caso 4)	0.0916
k3 (figura 4.7-c caso 4)	0.0026
w=10.91*k3*p*b^4/(E*t^3) (cm) deflexion maxima en el centro	0.156403
sigmax=5.46*k1*p*(b/t)^2 (kg/cm2) esfuerzo en dir x(cargas normales)	998.4973
sigmay=5.46*k2*p*(b/t)^2 (kg/cm2) esfuerzo en dir y(cargas normales)	1458.729
w/t	0.109373
sigmaX (critico)= sigmaA + m*sigmax (kg/cm2)	1785.448
sigmaY (critico)= mtsigmay (kg/cm2)	1483.494

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO DE PLANCHAJES
 SOMETIDAS A CARGAS NORHALES A SU PLANO Y COHPRESIVAS UNIFORMES
 ELEMENTO:TRACA E COST. CONDICION:QUEBRANTO PNA
 FUENTE: MARTIN DOMINGUEZ

Largo de la plancha(cm)=a	300
Ancho de la plancha (cm)=b	75
Espesor de plancha (cm)=t	1.43
pi	3.14
Modulo de elasticidad E (kg/cm2)	2100000
Relacion de Poisson=u	0.3
Cabezal de agua asuaido (m)=H	10.43
Presion hidrostatica (kg/cm2)=p=0.1026*H	1.070118
G=pi^2*E/(12*(1-u^2)) (kg/cm2)	1896076.
Relacion de aspecto alfa=a/b	4
k=4*(alfa)^2+(4/alfa^2)+8/3 (formula 4.9.5.h) 4 lados empotrados	66.91666
Sigma1=6*(t/b)^2*k (kg/cm2)	46125.36
SigmaA=(kg/cm2) esfuerzo de coepresion sobre la plancha	742
m=1/(1-(sigmaA/Sigma1))=factor de awplificacion	1.016349
k1 (figura 4.7-h caso 4) empotrado en los 4 lados	0.0627
k2 (figura 4.7-h caso 4)	0.0916
k3 (figura 4.7-c caso 4)	0.0026
w=10.91*k3*p*b^4/(E*t^3) (cm) deflexion maxima en el centro	0.156403
sigmax=5.46*k1*p*(b/t)^2 (kg/cm2) esfuerzo en dir x(cargas normales)	998.4973
sigmay=5.46*k2*p*(b/t)^2 (kg/cm2) esfuerzo en dir y(cargas normales)	1458.729
w/t	0.109373
sigmaX (critico)= sigmaA + m*sigmax (kg/cm2)	1756.822
sigmaY (critico)= mtsigmay (kg/cm2)	1482.579

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO DE PANELES REFORZADOS

ELEMENTO: PANEL DE FONDO

REF. LONG: Ang 9x4x3/8"

VAGRA: T60*1.11*25*1.11cm

Espaciamiento entre mamparos longitudinales B (cm)	1350
Espaciamiento entre bularcamas S(cm)	300
Modulo de elasticidad E (kg/cm2)	2100000
Espesor del planchaje t(cm)	1.59
Numero de refuerzos longitudinales n1:	14
area transversal de cada ref. longitud a1 (cm2)	59.3
Inercia de cada ref long respecto su centroide I1(cm4)	3167.52
Numer de vagras, n2	3
Area transversal de cada vagra, a2 (cm2)	94.35
Inercia de cada vagra respecto su centroide, I2(cm4)	38271
pi^2	9.8596
Nu= coeficiente de Poisson	0.3
D=Et^3/(12*(1-Nu^2)) (kg-cm)	773015.1
A=((1/S^2)+(1/b^2))^2	1.4E-10
I=n1*I1+n2*I2 (cm4)	159158.2
C=EI(n+1)/S^2	3713693.
A=n1*a1+n2*a2 (cm2)	1113.25
D=B*t+a*(n+1)	3259.75
Esf critico ap=pi^2((D*B*S^2*A)+C)/A (kg/cm2)	11271.23
Carga limite elasticidad (kg/cm2)	2300
Carga limite proporcional (kg/cm2)	1700
Asumir un sigma menor al aparente (kg/cm2)	2281.680
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)*sigp)	0.040979
sigma= sigap*(Et/E)^(1/2) (kg/cm2)	2281.685

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO DE PANELES REFORZADOS

ELEMENTO: PANEL DE CUBIERTR

REF. LONG: Ang 6x4x3/8"

ESLORA REFORZADA: T30*1.11*15*1.11cm

Espaciamiento entre maeparos longitudinales B (cm)	1350
Espaciamento entre bularcamas S(cm)	300
Modulo de elasticidad E (kg/cm2)	2100000
Espesor del planchaje t(cm)	1.27
Numero de refuerzos longitudinales n1:	14
area transversal de cada ref. longitud a1 (cm2)	23.3
Inercia de cada ref long respecto su centroide I1(cm4)	561.9
Numero de esloras refortadas n2	3
Area transversal de cada eslora a2 (cm2)	49.95
Ynercia de cada eslora respecto su centroide I2 (cm4)	5185
pi^2	9.8596
Nu= coeficiente de Poisson	0.3
D=Et^3/(12*(1-Nu^2)) (kg-cm)	393919.8
A=((1/S^2)+(1/b^2))^2	1.4E-10
I=n1*I1+n2*I2 (cm4)	23421.6
C=EI(n+1)/S^2	546504
A=n1*a1+n2*a2 (cm2)	476.05
D=B*t+a*(n+1)	2190.55
Esf critico ap=pi^2((D*B*S^2*A)+C)/A (kg/cm2)	2489.085
Carga lirite elasticidad (kg/cm2)	2300
Carga limite proporcional (kg/cm2)	1700
Asumir un sigma menor al aparente (kg/cm2)	1974.869
Et/E=(sige-sigas)*sigas/((sige-sigp)*sigp)	0.629501
sigma=sigma ap*(Et/E)^(1/2) (kg/cm2)	1974.867

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO DE PANELES REFORZADOS

SEGUNDA TENTATIVA

FUENTE: STRENGTH OF SHIPS, MUKLE, FORMULA 213

ELEMENTO: PANEL DE CUBIERTA

REF. LONG: Ang 8x4x5/8"

ESLORA REFORZADA: T30*1.11*15*1.11cm

Espaciamiento entre mamparos longitudinales B (cm)	1350
Espaciamiento entre bujarcas S (cm)	300
Modulo de elasticidad E (kg/cm ²)	2100000
Espesor del planchaje t (cm)	1.59
Numero de refuerzos longitudinales n1:	14
area transversal de cada ref. longitudinal a1 (cm ²)	45.87
Inercia de cada ref long respecto su centroide I1 (cm ⁴)	1952.13
Numero de esloras reforzadas n2	3
Area transversal de cada eslora a2 (cm ²)	49.95
Inercia de cada eslora respecto su centroide I2 (cm ⁴)	5185
pi ²	9.8596
Nu= coeficiente de Poisson	0.3
$D = Et^3 / (12(1 - \text{Nu}^2))$ (kg-cm)	773015.1
$A = ((1/S^2) + (1/b^2))^{1/2}$	1.4E-10
$I = n1 \cdot I1 + n2 \cdot I2$ (cm ⁴)	42884.82
$C = EI(n+1)/S^2$	1000645.
$A = n1 \cdot a1 + n2 \cdot a2$ (cm ²)	792.03
$D = B \cdot t + a \cdot (n+1)$	2938.53
Esf critico $ap = \pi^2((D \cdot B \cdot S^2 \cdot A) + C) / A$ (kg/cm ²)	3400.292
Carga limite elasticidad (kg/cm ²)	2400
Carga limite proporcional (kg/cm ²)	1700
Asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2174.035
$Et/E = (\text{sige} - \text{sigas}) \cdot \text{sigas} / ((\text{sige} - \text{sigp}) \cdot \text{sigp})$	0.409542
$\text{sigma} = \text{sigma apt} (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2176.034

ESTABILIDAD AL PANDEO DE ESTRUCTURALES REFDRZADOS
 REFUERZO TIPO: T
 FUNCION: VAGRA CENTRAL Y LATERAL
 MATERIAL:ACERO DULCE

kncho del ala, c, (cm)	25
Espesor del ala, ta, (cm)	1.11
Altura del alma, h, (cm)	60
Espesor del alma, t, (cm)	1.11
Separacioo de ref. verticales del alma, a, (cm)	100
ta/t	1
$G = \pi^2 E / (12 (1 - \nu^2))$ (kg/cm ²)	1896076
Carga limite elasticidad σ_{ae} (kg/cm ²)	2400
Carga limite proporcionalidad σ_{gp} (kg/cm ²)	1700
$k_1 = 4 (h/a)^2 + 2$	3.44
$\sigma_1 = k_1 G (t/b)^2$ (kg/cm ²), estab. cargas normales al alma	2232.326
$k_2 = (3)^{1/2} (5.34 + 4 (h^2/a^2))$	11.74330
$\sigma_2 ap = k_2 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	7620.606
Asumir un σ_2 (kg/cm ²)	2351.808
$Et/E = (\sigma_1 - \sigma_2) \sigma_2 / (\sigma_{gp} (\sigma_1 - \sigma_{gp}))$	0.095241
$\sigma_2 = \sigma_2 ap (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2351.807
Esf. critico al corte del alma = $\sigma_2 / (3)^{1/2}$ (kg/cm ²)	1357.816
k_3 (flexion pura del alwa)	24
$\sigma_3 ap = k_3 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	15574.36
Asumir un σ_3 (kg/cm ²)	2388.283
$Et/E = (\sigma_1 - \sigma_3) \sigma_3 / ((\sigma_1 - \sigma_{gp}) \sigma_{gp})$	0.023515
$\sigma_3 = \sigma_3 ap (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²) flexion pura del alma	2388.285
$\sigma_1 =$ Esf compr. calculado en fibra alejada como viga (kg/cm ²)	526.71
$T_{xy} =$ Esf cort calculado como viga en flexion (kg/cm ²)	742.3
$B = \sigma_1 / T_{xy}$	0.709564
$\alpha = a/h$	1.666666
$K = (2/9) + (1/6) (1/\alpha^2)$ (alfa mayor o igual a 1)	0.282222
$k_4 = 24 K (B^2 + 3)^{1/2} (1/21 (1/(1 + B^2 K^2)))^{1/2}$	81.52002
$\sigma_4 ap = k_4 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	52900.95
Asumir un σ_4 (kg/cm ²)	2398.979
$Et/E = (\sigma_1 - \sigma_4) \sigma_4 / ((\sigma_1 - \sigma_{gp}) \sigma_{gp})$	0.002056
$\sigma_4 = \sigma_4 ap (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2398.975
$T_c = \sigma_4 / (B^2 + 3)^{1/2}$ esf a cortante critico (kg/cm ²)	1281.668
$\sigma_{1c} = B T_c$ (kg/cm ²) Esf comp critico en fibra alejada	909.4271

ESTABILIDAD AL PANDEO DE ESTRUCTURALES REFORZADOS
 REFUERZO TIPO: T
 FUNCION: VARENGA EN TANQUE CENTRAL
 MATERIAL:ACERO DULCE

Ancho del ala, c, (cm)	30
Espesor del ala, ta, (cm)	1.11
Altura del alma, h, (cm)	97
Espesor del alma, t, (cm)	1.11
Separacion de ref. verticales del alma, a, (cm)	75
ta/t	1
$G = \pi^2 E / (12 (1 - \nu^2))$ (kg/cm ²)	1896076
Carga lirite elasticidad sigrae (kg/cm ²)	2400
Carga lirite proporcionalidad sigp (kg/cm ²)	1700
$k_1 = 4 (h/a)^2 + 2$	8.690844
$\text{sig}_1 = k_1 G (t/b)^2$ (kg/cm ²), estab. cargas normales al alma	2157.844
$k_2 = (3)^{1/2} (5.34 + 4 (h^2/a^2))$	20.83803
$\text{sig}_2 = k_2 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	5173.863
Asumir un sig2 (kg/cm ²)	2297.849
$Et/E = (\text{sig}_e - \text{sig}_2) \text{sig}_2 / (\text{sig}_e (\text{sig}_e - \text{sig}_2))$	0.197248
$\text{sig}_2 = \text{sig}_2 \text{apt} (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2297.850
Esf. critico al corte del alma = $\text{sig}_2 / (3)^{1/2}$ (kg/cm ²)	1326.664
k3 (flexion pura del alma)	24
$\text{sig}_3 = k_3 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	5958.946
Asumir un sig3 (kg/cm ²)	2322.177
$Et/E = (\text{sig}_e - \text{sig}_3) \text{sig}_3 / ((\text{sig}_e - \text{sig}_3) \text{sig}_3)$	0.151863
$\text{sig}_3 = \text{sig}_3 \text{ap} (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²) flexion pura del alma	2322.177
Sig1=Esf corpr. calculado en fibra alejada como viga (kg/cm ²)	b39.64
Txy=Esf cort calculado como viga en flexion (kg/cm ²)	674.61
B=Sig1/Txy	0.731343
alfa=a/h	0.773195
$K = (1/6) + (2/9) (1/\text{alfa}^2)$ (alfa mayor a 0.5 y menor a 1)	0.538380
$k_4 = 24 K (B^2 + 3)^{1/2} (1 / (1 + B^2 K^2))^{1/2}$	150.2271
$\text{sig}_4 = k_4 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	37299.82
Asumir un sig4 (kg/cm ²)	2397,948
$Et/E = (\text{sig}_e - \text{sig}_4) \text{sig}_4 / ((\text{sig}_e - \text{sig}_4) \text{sig}_4)$	0.004132
$\text{sig}_4 = \text{sig}_4 \text{ap} (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2391.945
$T_c = \text{sig}_4 / (B^2 + 3)^{1/2}$ esf a cortante critico (kg/cm ²)	1275.419
Siglc=B*Tc (kg/cm ²) Esf comp critico en fibra alejada	932.7690

ESTABILIDAD AL PANDEO DE ESTRUCTURALES REFORZADOS
 REFUERZO TIPO: T
 FUNCION: VARENGA EN TANQUE LATERAL
 MATERIAL:ACERO DULCE

Ancho del ala, c, (cm)	14
Espesor del ala, ta, (cm)	1.11
Altura del alma, h, (cm)	28
Espesor del alma, t, (cm)	1.11
Separacion de ref. verticales del alma, a, (cm)	75
ta/t	1
$G = \pi^2 E / (12(1 - \nu^2))$ (kg/cm ²)	1896076
Carga lirite elasticidad σ_{ae} (kg/cm ²)	2400
Carga lirite proporcionalidad σ_{gp} (kg/cm ²)	1700
$k_1 = 4(h/a)^2 + 2$	2.557511
$\sigma_1 = k_1 G (t/b)^2$ (kg/cm ²), estab. cargas normales al alma	7620.845
$k_2 = (3)^{1/2} (5.34 + 4(h^2/a^2))$	10.21478
$\sigma_2 ap = k_2 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	30437.92
Asumir un σ_2 (kg/cm ²)	2396.921
$Et/E = (\sigma_1 - \sigma_2) \sigma_2 / (\sigma_1 (\sigma_1 - \sigma_2))$	0.006201
$\sigma_2 = \sigma_2 ap (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2396.931
Esf. critico al carte del alma = $\sigma_2 / (3)^{1/2}$ (kg/cm ²)	1383.869
k_3 (flexion pura del alma)	24
$\sigma_3 ap = k_3 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	71514.95
Asumir un σ_3 (kg/cm ²)	2399.441
$Et/E = (\sigma_1 - \sigma_3) \sigma_3 / ((\sigma_1 - \sigma_3) \sigma_1)$	0.001125
$\sigma_3 = \sigma_3 ap (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²) flexion pura del alma	2399.464
$\sigma_1 =$ Esf corpr. calculado en fibra alejada como viga (kg/cm ²)	645.64
$T_{xy} =$ Esf cort calculado como viga en flexion (kg/cm ²)	1000
$B = \sigma_1 / T_{xy}$	0.64564
$\alpha = a/h$	2.678571
$K = (2/9) + (1/6) (1/\alpha^2)$ (alfa mayor a igual a 1)	0.245451
$k_4 = 24K (B^2 + 3)^{1/2} (1/(1 + B^2 K^2))^{1/2}$	67.92718
$\sigma_4 ap = k_4 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	202408.7
Asumir un σ_4 (kg/cm ²)	2399.930
$Et/E = (\sigma_1 - \sigma_4) \sigma_4 / ((\sigma_1 - \sigma_4) \sigma_1)$	0.000140
$\sigma_4 = \sigma_4 ap (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2399.935
$T_c = \sigma_4 / (B^2 + 3)^{1/2}$ esf a cortante critico (kg/cm ²)	1298.334
$\sigma_{1c} = B T_c$ (kg/cm ²) Esf comp critico en fibra alejada	838.2564

ESTABILIDAD AL PANDEO DE ESTRUCTURALES REFORZADOS

REFUERZO TIPO: T

FUNCION: BULARCAMA Y CONTRABULARCAHA

MATERIAL:ACERO DULCE

Ancho del ala, c, (cm)	42
Espesor del ala, ta, (cm)	1.59
Altura del alma, h, (cm)	90
Espesor del alma, t, (cm)	1.11
Separacion de ref, verticales del alma, a, (cm)	75
ta/t	1.432432
$G = \pi^2 E / (12(1 - \nu^2))$ (kg/cm ²)	1896076
Carga limite elasticidad sigmae (kg/cm ²)	2400
Carga limite proporcionalidad sigp (kg/cm ²)	1700
$k_1 = 4(h/a)^2 + 2$	7.76
$\text{sig}_1 = k_1 G (t/b)^2$ (kg/cm ²), estab. cargas normales al alra	2238.094
$k_2 = (3)^{1/2} (4 + 5.34(h^2/a^2))$	20.24698
$\text{sig}_2 \text{ ap} = k_2 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	5839.517
Asumir un sig2 (kg/cm ²)	2319.07
$E_t/E = (\text{sig}_e - \text{sig}_2) \text{sig}_2 / (\text{sig}_p (\text{sig}_e - \text{sig}_p))$	0.157716
$\text{sig}_2 = \text{sig}_2 \text{ ap} (E_t/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2319.077
Esf. critico al corte del alma= $\text{sig}_2 / (3)^{1/2}$ (kg/cm ²)	1338.919
k3 (flexion pura del alma)	24
$\text{sig}_3 \text{ ap} = k_3 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	6921.941
Asumir un sig3 (kg/cm ²)	2341.837
$E_t/E = (\text{sig}_e - \text{sig}_3) \text{sig}_3 / ((\text{sig}_e - \text{sig}_p) \text{sig}_p)$	0.114460
$\text{sig}_3 = \text{sig}_3 \text{ ap} (E_t/E)^{1/2}$ (kg/cm ²) flexion pura del alma	2341.834
Sig1=Esf compr. calculado en fibra alejada como viga (kg/cm ²)	645.64
Txy=Esf cort calculado como viga en flexion (kg/cm ²)	600
$B = \text{Sig}_1 / T_{xy}$	1.076066
alfa=a/h	0.833333
$K = (1/6) + (2/9) (1/\text{alfa}^2)$ (alfa menor a 1 y mayor a 1/21)	0.486666
$k_4 = 24K (B^2 + 3)^{1/2} (1 / (1 + B^2 K^2))^{1/21}$	178.8826
$\text{sig}_4 \text{ ap} = k_4 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	51592.30
Asumir un sig4 (kg/cm ²)	2390.927
$E_t/E = (\text{sig}_e - \text{sig}_4) \text{sig}_4 / (\text{sig}_e - \text{sig}_p) \text{sig}_p$	0.002162
$\text{sig}_4 = \text{sig}_4 \text{ apt} (E_t/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2398.924
$T_c = \text{sig}_4 / (B^2 + 3)^{1/2}$ esf a cortante critico (kg/cm ²)	1176.463
$\text{Sig}_1 c = B T_c$ (kg/cm ²) Esf coap critico en fibra alejada	1265.953

ESTABILIDAD AL PANDEO DE ESTRUCTURALES REFORZADDS
 REFUERZO TIPO: T
 FUNCION: BAQ EN TANQUE CENTRAL
 MATERIAL:ACERO DULCE

Ancho del ala, c, (cm)	32
Espesor del ala, ta, (cm)	1.11
Altura del alma, h, (cm)	60
Espesor del alma, t, (cm)	1.11
Separacion de ref. verticales del alma, a, (cm)	100
ta/t	1
$G = \pi^2 E / (12(1 - \nu^2))$ (kg/cm ²)	1896076
Carga limite elasticidad sigmae (kg/cm ²)	2400
Carga lieite proporcionalidad sigp (kg/cm ²)	1700
$k1 = 4(t/a)^2 + 2$	3.44
sig1 = k1 * G * (t/b)^2 (kg/cm ²), estab. cargas normales al alma	2232.326
$k2 = (3)^{1/2} * (5.34 + 4(h^2)(1/a^2))$	11.74330
sig2 ap = k2 * G * (t/h)^2 (kg/cm ²)	7620.606
Asumir un sig2 (kg/cm ²)	2351.808
$Et/E = (sig2 - sig1) * sig2 / (sigp * (sig2 - sigp))$	0.095241
sig2 = sig2 ap * (Et/E)^{1/2} (kg/cm ²)	2351.a07
Esf. critico al torte del alma = sig2 / (3)^{1/2} (kg/cm ²)	1357.816
k3 (flexion pura del alma)	24
sig3 ap = k3 * G * (t/h)^2 (kg/cm ²)	15574.36
Asumir un sig3 (kg/cm ²)	2388.283
$Et/E = (sig3 - sig1) * sig3 / ((sig2 - sigp) * sigp)$	0.023515
sig3 = sig3 ap * (Et/E)^{1/2} (kg/cm ²) flexion pura del alma	2388.285
Sig1 = Esf compr. calculado en fibra alejada como viga (kg/cm ²)	526.6
Txy = Esf cort calculado como viga en flexion (kg/cm ²)	400
B = Sig1 / Txy	1.3165
alfa = a/h	1.666666
$K = (2/9) + (1/6) * (1/alfa^2)$ (alfa mayor o igual a 1)	0.282222
$k4 = 24K * (B^2 + 3)^{1/2} / (1 + B^2 * K^2)^{1/2}$	142.2417
sig4 ap = k4 * G * (t/h)^2 (kg/cm ²)	92305.23
Asumir un sig4 (kg/cm ²)	2399.664
$Et/E = (sig4 - sig1) * sig4 / ((sig2 - sigp) * sigp)$	0.000675
sig4 = sig4 ap * (Et/E)^{1/2} (kg/cm ²)	2399.667
Tc = sig4 / (B^2 + 3)^{1/2} esf a cortante critico (kg/cm ²)	1102.998
Siglc = B * Tc (kg/cm ²) Esf comp critito en fibra alejada	1452.097

ESTABILIDAD AL PANDEO DE ESTRUCTURALES REFORZADOS
 REFUERZO TIPO: T
 FUNCION: BAO EN TANGUE LATERAL
 MATERIAL:ACERO DULCE

Ancho del ala, c, (cm)	13
Espesor del ala, ta, (cm)	1.11
Altura del alma, h, (cm)	25
Espesor del alma, t, (cm)	1.11
Separacion de ref. verticales del alma, a, (cm)	100
ta/t	1
$G = \pi^2 E / (12(1 - \nu^2))$ (kg/cm ²)	1896076
Carga limite elasticidad sigmae (kg/cm ²)	2400
Carga limite proporcionalidad sigp (kg/cm ²)	1700
$k_1 = 4(h/a)^2 + 2$	2.25
$\text{sig}_1 = k_1 G (t/b)^2$ (kg/cm ²), estab. cargas normales al alma	8410.158
$k_2 = (3)^{1/2} (1/21(5.34 + 4(h^2)(1/a^2)))$	9.6821 64
$\text{sig}_2 \text{ ap} = k_2 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	36190.46
Asumir un sig2 (kg/cm ²)	2397.821
$Et/E = (\text{sig}_e - \text{sig}_2) \text{sig}_2 / (\text{sig}_p (\text{sig}_e - \text{sig}_p))$	0.004389
$\text{sig}_2 = \text{sig}_2 \text{ ap} (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2397.837
Esf. critico al carte del alma = $\text{sig}_2 / (3)^{1/2}$ (kg/cm ²)	1384.392
k3 (flexion pura del alma)	24
$\text{sig}_3 \text{ ap} = k_3 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	39708.36
Asumir un sig3 (kg/cm ²)	2399,645
$Et/E = (\text{sig}_e - \text{sig}_3) \text{sig}_3 / ((\text{sig}_e - \text{sig}_p) \text{sig}_p)$	0.000715
$\text{sig}_3 = \text{sig}_3 \text{ ap} (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²) flexion pura del alma	2399.691
Sig1=Esf compr. calculado en fibra alejada como viga (kg/cm ²)	526.6
Txy=Esf cort calculado como viga en flexion (kg/cm ²)	400
$B = \text{Sig}_1 / T_{xy}$	1.3165
alfa=a/h	4
$K = (2/9) + (1/6)(1/\text{alfa}^2)$ (alfa mayor o igual a 1)	0.232638
$k_4 = 24K(B^2 + 3)^{1/2} (1/(1 + B^2 K^2))^{1/2}$	119.5994
$\text{sig}_4 \text{ ap} = k_4 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	447044.4
Asumir un sig4 (kg/cm ²)	2399.935
$Et/E = (\text{sig}_e - \text{sig}_4) \text{sig}_4 / (\text{sig}_e - \text{sig}_p) \text{sig}_p$	0.000023
$\text{sig}_4 = \text{sig}_4 \text{ ap} (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2399.983
$T_c = \text{sig}_4 / (B^2 + 3)^{1/2}$ esf a cortante critico (kg/cm ²)	1103.143
$\text{Sig}_{lc} = B T_c$ (kg/cm ²) Esf comp critico en fibra alejada	1452.289

ESTABILIDAD At PANDEO DE ESTRUCTURALES REFURZADGS
 REFUERZO TIPO: T
 FUNCION: ESLORAS REFORZADAS EN CUBIERTA
 MATERIAL:ACERO DULCE

Ancho del ala, c, (cm)	15
Espesor del ala, ta, (cm)	1.11
Altura del alma, h, (cm)	30
Espesor del alma, t, (cm)	1.11
Separacion de ref. verticales del alma, a, (cm)	100
ta/t	1
$G = \pi^2 E / (12 (1 - \nu^2))$ (kg/cm ²)	1896076
Carga limite elasticidad σ_{ae} (kg/cm ²)	2400
Carga limite proporcionalidad σ_{gp} (kg/cm ²)	1700
$k_1 = 4 (h/a)^2 + 2$	2.36
$\sigma_1 = k_1 G (t/b)^2$ (kg/cm ²), estab. cargas normales al alma	6125.918
$k_2 = (3)^{1/2} (5.34 + 4 (h^2/a^2))$ -	9.872689
$\sigma_2 ap = k_2 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	25626.81
Asumir un σ_2 (kg/cm ²)	2395.659
$Et/E = (\sigma_2 - \sigma_1) \sigma_2 / (\sigma_1 (\sigma_2 - \sigma_1))$	0.008738
$\sigma_2 = \sigma_2 ap (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2395.623
Esf. critico al corte del alma = $\sigma_2 / (3)^{1/2}$ (kg/cm ²)	1383.113
k_3 (flexion pura del alma)	24
$\sigma_3 ap = k_3 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	62297.47
Asumir un σ_3 (kg/cm ²)	2399.264
$Et/E = (\sigma_3 - \sigma_2) \sigma_3 / ((\sigma_2 - \sigma_1) \sigma_3)$	5.001483
$\sigma_3 = \sigma_3 ap (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²) flexion pura del alma	2399.228
$\sigma_1 =$ Esf corpr. calculado en fibra alejada como viga (kg/cm ²)	526.6
$T_{xy} =$ Esf cort calculado como viga en flexion (kg/cm ²)	400
$B = \sigma_1 / T_{xy}$	1.3165
$\alpha = a/h$	31333333
$K = (2/9) + (1/6) (1/\alpha^2)$ (alfa mayor o igual a 1)	0.237222
$k_4 = 24 K (B^2 + 3)^{1/2} (1/(1 + B^2 K^2))^{1/2}$	121.7481
$\sigma_4 ap = k_4 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	316025.1
Asumir un σ_4 (kg/cm ²)	2399.971
$Et/E = (\sigma_4 - \sigma_3) \sigma_4 / ((\sigma_2 - \sigma_1) \sigma_4)$	0.000057
$\sigma_4 = \sigma_4 ap (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2399.979
$T_c = \sigma_4 / (B^2 + 3)^{1/2}$ esf a cortante critico (kg/cm ²)	1103.142
$\sigma_{1c} = B T_c$ (kg/cm ²) Esf comp critico en fibra alejada	1452.286

ESTABILIDAD AL PANDEO DE ESTRUCTURALES REFORZADGS
 REFUERZO TIPO: T
 FUNCION: REFUERZOS VERTICALES, MAMPARO TRANSVERSAL CENTRG
 MATERIAL:ACERO DULCE

Ancho del ala, c, (cm)	17.8
Espesor del ala, ta, (cm)	1.11
Altura del alma, h, (cm)	50.8
Espesor del alma, t, (cm)	1.11
Separacion de ref. verticales del alma, a, (cm)	100
ta/t	1
$G = \pi^2 * E / (12 * (1 - \nu^2))$ (kg/cm ²)	1896076
Carga limite elasticidad sig _{ae} (kg/cm ²)	2400
Carga lirite proporcionalidad sig _p (kg/cm ²)	1700
$k_1 = 4 * (h/a)^2 + 2$	3.032256
sig ₁ = $k_1 * G * (t/b)^2$ (kg/cm ²), estab. cargas normales al alma	2744.986
$k_2 = (3)^{(1/2)} * (5.34 + 4 * (h^2) * (1/a^2))$	11.03707
sig _{2 ap} = $k_2 * G * (t/h)^2$ (kg/cm ²)	9991.440
Asumir un sig ₂ (kg/cm ²)	2371.728
$Et/E = (sig_e - sig_2) * sig_2 / (sig_p * (sig_e - sig_p))$	0.056347
sig ₂ = sig _{2 ap} * $(Et/E)^{(1/2)}$ (kg/cm ²)	2371.722
Esf. critico al corte del alma = sig ₂ / $(3)^{(1/2)}$ (kg/cm ²)	1369.314
k ₃ (flexion pura del alma)	24
sig _{3 ap} = $k_3 * G * (t/h)^2$ (kg/cm ²)	21726.28
Asuair un sig ₃ (kg/cm ²)	235'3.964
$Et/E = (sig_e - sig_3) * sig_3 / ((sig_e - sig_p) * sig_p)$	0.012141
sig ₃ = sig _{3 ap} * $(Et/E)^{(1/2)}$ (kg/cm ²) flexion pura del alma	2393.959
Sig ₁ = Esf compr. calculado en fibra alejada como viga (kg/cm ²)	526.6
T _{xy} = Esf cort czlculado como viga en flexion (kg/cm ²)	400
B = Sig ₁ / T _{xy}	1.3165
alfa = a/h	1.968503
$K = (2/9) + (1/6) * (1/alfa^2)$ (alfa mayor o igual a 1)	0.265232
$k_4 = 24 * K * (B^2 + 3)^{(1/2)} * (1/(1 + B^2 * K^2))^{(1/2)}$	134.6359
sig _{4 ap} = $k_4 * G * (t/h)^2$ (kg/cm ²)	121880.8
Asuair un sig ₄ (kg/cm ²)	2399.807
$Et/E = (sig_e - sig_4) * sig_4 / (sig_e - sig_p) * sig_p$	0.000387
sig ₄ = sig _{4 ap} * $(Et/E)^{(1/2)}$ (kg/cm ²)	2399.845
T _c = sig ₄ / $(B^2 + 3)^{(1/2)}$ esf a cortante critico (kg/cm ²)	1103.060
Sig _{1c} = B * T _c (kg/cm ²) Esf coap critico en fibra alejada	1452.205

ESTABILIDAD AL PANDEO DE ESTRUCTURALES REFORZADOS
 REFUERZO TIPO: L
 FUNCION: REFUERZO HORIZONTAL SUPERIOR, MAMPARO TRANSV. CENTRO
 MATERIAL:ACERO DULCE

Ancho del ala, c, (cm)	20
Espesor del ala, ta, (cm)	1.11
Altura del alea, h, (cm)	40
Espesor del alma, t, (cm)	1.11
Separacion de ref. verticales del alma, a, (cm)	100
ta/t	i
$G = \pi^2 E / (12(1 - \nu^2))$ (kg/cm ²)	1896076
Carga limite elasticidad sigmae (kg/cm ²)	2400
Carga limite proporcionalidad sigp (kg/cm ²)	1700
$k_1 = 4(h/a)^2 + 2$	2.64
$\text{sig}_1 = k_1 G (t/b)^2$ (kg/cm ²), estab. cargas normales al alma	3854.656
$k_2 = (3)^{1/2} (5.34 + 4(h^2/a^2))$	10.35766
$\text{sig}_2 \text{ ap} = k_2 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	15123.19
Asumir un sig ₂ (kg/cm ²)	2387.577
$Et/E = (\text{sig}_e - \text{sig}_2) \text{sig}_2 / (\text{sig}_p (\text{sig}_e - \text{sig}_p))$	0.024924
$\text{sig}_2 = \text{sig}_2 \text{ ap} (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2387.573
Esf. critico al corte del alma = $\text{sig}_2 / (3)^{1/2}$ (kg/cm ²)	1378.466
k ₃ (flexion pura del alma)	24
$\text{sig}_3 \text{ ap} = k_3 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	35042.32
Asumir un sig ₃ (kg/cm ²)	2397.676
$Et/E = (\text{sig}_e - \text{sig}_3) \text{sig}_3 / ((\text{sig}_e - \text{sig}_p) \text{sig}_p)$	0.004681
$\text{sig}_3 = \text{sig}_3 \text{ ap} (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²) flexion pura del alma	2397.677
Sig ₁ = Esf compr. calculado en fibra alejada como viga (kg/cm ²)	526.6
Txy = Esf cort calculado como viga en flexion (kg/cm ²)	400
$B = \text{Sig}_1 / T_{xy}$	1.3165
alfa = a/h	2.5
$K = (2/9) + (1/6) (1/\text{alfa}^2)$ (alfa mayor o igual a 11)	0.248888
$k_4 = 24K (B^2 + 3)^{1/2} (1/(1 + B^2 K^2))^{1/21}$	127.1675
$\text{sig}_4 \text{ ap} = k_4 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	185617.0
Asumir un sig ₄ (kg/cm ²)	2399.917
$Et/E = (\text{sig}_e - \text{sig}_4) \text{sig}_4 / ((\text{sig}_e - \text{sig}_p) \text{sig}_p)$	0.000167
$\text{sig}_4 = \text{sig}_4 \text{ ap} (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2399.910
$T_c = \text{sig}_4 / (B^2 + 3)^{1/21}$ esf a cortante critico (kg/cm ²)	1103.110
$\text{Sig}_1 c = B T_c$ (kg/cm ²) Esf comp critico en fibra alejada	1452.244

ESTABILIDAD AL PANDEO DE ESTRUCTURALES REFORZADOS
 REFUERZO TIPO: L
 FUNCION: REFUERZO HORIZONTAL SUPERIOR, MAMPARO TRANSV. LATERAL
 MATERIAL:ACERO DULCE

Anchc del ala, c, (cm)	11.43
Espesor del ala, ta, (cm)	1.11
Altura del alra, h, (cm)	39.48
Espesor del alra, t, (cm)	1.11
Separation de ref, verticales del aiaa, a, (cm)	150
ta/t	1
$G = \pi^2 E / (12I(1 - \nu^2))$ (kg/cm ²)	1896076
Carga limite elasticidad sigrae (kg/cm ²)	2400
Carga limite proporcionalidad sigp (kg/cm ²)	1700
$k_1 = 4 * (h/a)^2 + 2$	2.165160
$\text{sig}_1 = k_1 * G * (t/b)^2$ (kg/cm ²), estab. cargas normales al aiaa	5444.549
$k_2 = (3)^{(1/2)} * (5.34 + 4 * (h^2) * (1/a^2))$	9.535218
$\text{sig}_2 \text{ ap} = k_2 * G * (t/h)^2$ (kg/cm ²)	23977.41
Asumir un sig ² (kg/cm ²)	2395.042
$Et/E = (\text{sige} - \text{sig}_2) * \text{sig}_2 / (\text{sigp} * (\text{sige} - \text{sigp}))$	0.009977
$\text{sig}_2 = \text{sig}_2 \text{ ap} * (Et/E)^{(1/2)}$ (kg/cm ²)	2395.062
Esf. critico al corte del alma = $\text{sig}_2 / (3)^{(1/2)}$ (kg/cm ²)	1382.790
k ₃ (flexion pura del alma)	24
$\text{sig}_3 \text{ ap} = k_3 * G * (t/h)^2$ (kg/cm ²)	50350.79
Asumir un sig ³ (kg/cm ²)	2399.216
$Et/E = (\text{sige} - \text{sig}_3) * \text{sig}_3 / ((\text{sige} - \text{sigp}) * \text{sigp})$	0.001580
$\text{sig}_3 = \text{sig}_3 \text{ ap} * (Et/E)^{(1/2)}$ (kg/cm ²) flexion pura del alma	2399.214
Sig ₁ = Esf compr. calculado en fibra alejada como viga (kg/cm ²)	526.6
Txy = Esf cort calculado como viga en flexion (kg/cm ²)	400
$B = \text{Sig}_1 / Txy$	1.3165
alfa = a/h	4.921259
$K = (2/9) + (1/6) * (1/alfa^2)$ (alfa mayor o igual a 1)	0.229103
$k_4 = 24K * (B^2 + 3)^{(1/2)} * (1 / (1 + B^2 * K^2))^{(1/2)}$	117.4347
$\text{sig}_4 \text{ ap} = k_4 * G * (t/h)^2$ (kg/cm ²)	296560.5
Asumir un sig ⁴ (kg/cm ²)	2399.967
$Et/E = (\text{sige} - \text{sig}_4) * \text{sig}_4 / ((\text{sige} - \text{sigp}) * \text{sigp})$	0.000065
$\text{sig}_4 = \text{sig}_4 \text{ apt} * (Et/E)^{(1/2)}$ (kg/cm ²)	2399.922
$Tc = \text{sig}_4 / (B^2 + 3)^{(1/2)}$ esf a cortante critico (kg/cm ²)	1103.115
$\text{Sig}_1c = B * Tc$ (kg/cm ²) Esf comp critico en fibra alejada	1452.251

ESTABILIDAD AL PANDEO DE ESTRUCTURALES REFORZADOS

REFUERZO TIPO: L

FUNCION: REFUERZO HORIZONTAL INFERIOR, MAMP. TRANSV. CENTRO

MATERIAL: ACERO DULCE

Ancho del ala, c, (cm)	24
Espesor del ala, ta, (cm)	1.11
Altura del alma, h, (cm)	48
Espesor del alma, t, (cm)	1.11
Separacion de ref. verticales del alma, a, (cm)	100
ta/t	1
$G = \pi^2 E / (12 (1 - \nu^2))$ (kg/cm ²)	1896076
Carga limite elasticidad σ_{ae} (kg/cm ²)	2400
Carga limite proporcionalidad σ_{gp} (kg/cm ²)	1700
$k_1 = 4 (h/a)^2 + 2$	2.9216
$\sigma_1 = k_1 G (t/b)^2$ (kg/cm ²), estab. cargas norrales al alma	2962.374
$k_2 = (3)^{1/2} (5.34 + 4 (h^2/a^2))$	10.84540
$\sigma_2 = k_2 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	10996.77
Asumir un σ_2 (kg/cm ²)	2376.613
$E t / E = (\sigma_1 - \sigma_2) \sigma_2 / (\sigma_1 (\sigma_1 - \sigma_2))$	0.046707
$\sigma_2 = \sigma_2 \text{ apt} (E t / E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2376.611
Esf. critico al corte del alma = $\sigma_2 / (3)^{1/2}$ (kg/cm ²)	1372.137
k_3 (flexion pura del alma)	24
$\sigma_3 = k_3 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	24334.95
Asumir un σ_3 (kg/cm ²)	2395.186
$E t / E = (\sigma_1 - \sigma_3) \sigma_3 / ((\sigma_1 - \sigma_3) t \sigma_3)$	0.009687
$\sigma_3 = \sigma_3 \text{ apt} (E t / E)^{1/2}$ (kg/cm ²) flexion pura del alma	2395.185
$\sigma_1 = \text{Esf compr. calculado en fibra alejada como viga}$ (kg/cm ²)	526.6
$T_{xy} = \text{Esf cort calculado como viga en flexion}$ (kg/cm ²)	404
$B = \sigma_1 / T_{xy}$	1.3165
$\alpha = a/h$	2.083333
$K = (2/9) + (1/6) (1/\alpha^2)$ (alfa mayor o igual a 1)	0.260622
$k_4 = 24 K (B^2 + 3)^{1/2} (1/(1 + B^2 K^2))^{1/2}$	132.5439
$\sigma_4 = k_4 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	134393.8
Asumir un σ_4 (kg/cm ²)	2399.841
$E t / E = (\sigma_1 - \sigma_4) \sigma_4 / (\sigma_1 - \sigma_4) \sigma_4$	0.000318
$\sigma_4 = \sigma_4 \text{ apt} (E t / E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2399.847
$T_c = \sigma_4 / (B^2 + 3)^{1/2}$ esf a cortante critico (kg/cm ²)	1103.081
$\sigma_{ic} = B T_c$ (kg/cm ²) Esf comp critico en fibra alejada	1452.206

ESTABILIDAD AL PUNDEO DE ESTRUCTURALES REFORZADOS

REFUERZO TIPO: L

FUNCIÓN: REFUERZO HORIZONTAL INFERIOR, MAMP. TRANSV. LATERAL

MATERIAL: ACERO DULCE

Ancho del ala, c, (cm)	16
Espesor del ala, ta, (cm)	1.11
Altura del alma, h, (cm)	33
Espesor del alma, t, (cm)	1.11
Separación de ref. verticales del alma, a, (cm)	100
ta/t	1
$G = \pi^2 E / (12 (1 - \nu^2))$ (kg/cm ²)	1896076
Carga límite elasticidad σ_{ae} (kg/cm ²)	2400
Carga límite proporcionalidad σ_{gp} (kg/cm ²)	1700
$k_1 = 4 (h/a)^2 + 2$	2.4624
$\sigma_1 = k_1 G (t/b)^2$ (kg/cm ²), estab. cargas normales al alma	4976.253
$k_2 = (3)^{1/2} (1/21 (5.34 + 4 (h^2/a^2)))$	10.05005
$\sigma_2 = k_2 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	20310.10
Asumir un σ_2 (kg/cm ²)	2393.096
$E t / E = (\sigma_1 - \sigma_2) \sigma_2 / (\sigma_{gp} (\sigma_1 - \sigma_{gp}))$	0.013883
$\sigma_2 = \sigma_2 \text{ ap} (E t / E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2393.093
Esf. crítico al corte del alma = $\sigma_2 / (3)^{1/2}$ (kg/cm ²)	1381.653
k_3 (flexión pura del alma)	24
$\sigma_3 \text{ ap} = k_3 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	48501.49
Asumir un σ_3 (kg/cm ²)	ma 786
$E t / E = (\sigma_1 - \sigma_3) \sigma_3 / ((\sigma_1 - \sigma_{gp}) \sigma_{gp})$	0.0152446
$\sigma_3 = \sigma_3 \text{ ap} (E t / E)^{1/2}$ (kg/cm ²) flexión pura del alma	5393.789
$\sigma_1 =$ Esf compr. calculado en fibra alejada como viga (kg/cm ²)	526.6
$T_{xy} =$ Esf cort calculado como viga en flexión (kg/cm ²)	400
$B = \sigma_1 / T_{xy}$	1.3165
$\alpha = a/h$	2.941176
$K = (2/9) + (1/6) (1/\alpha^2)$ (alfa mayor o igual a 1)	0.241488
$k_4 = 24 K (B^2 + 3)^{1/2} (1/(1 + B^2 K^2))^{1/2}$	123.7385
$\sigma_4 \text{ ap} = k_4 G (t/h)^2$ (kg/cm ²)	250062.6
Asumir un σ_4 (kg/cm ²)	2399.954
$E t / E = (\sigma_1 - \sigma_4) \sigma_4 / ((\sigma_1 - \sigma_{gp}) \sigma_{gp})$	0.000092
$\sigma_4 = \sigma_4 \text{ apt} (E t / E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2399.953
$T_c = \sigma_4 / (B^2 + 3)^{1/2}$ esf a cortante crítico (kg/cm ²)	1103.129
$\sigma_{1c} = B T_c$ (kg/cm ²) Esf cosp crítico en fibra alejada	1452.270

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACAS SUPERIORES, MAMPARO LONGITUDINAL

MATERIAL: ACERO DULCE

CARGA: COMPRESION UNIFORME

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.43
b=espaciamento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 * E / (12 * (1 - \nu^2))$	1896076,
k=coeficiente de placa	4
$\sigma_{ap} = M * k * (t/b)^2$ (kg/cm ²)	2757.182
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2075.161
$Et/E = (\sigma_e - \sigma_a) * \sigma_a / ((\sigma_e - \sigma_a) * \sigma_p)$	0.566464
$\sigma_a = \sigma_a \text{ aparente} * (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2075.161

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACAS INFERIDRES, MAMPARO LONGITUDINAL

MATERIAL: ACERO DULCE

CARGA: COMPRESION UNIFORME

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.43
b=espaciamento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 * E / (12 * (1 - \nu^2))$	1896076,
k=coeficiente de placa	4
$\sigma_{ap} = M * k * (t/b)^2$ (kg/cm ²)	2757.182
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2075.161
$Et/E = (\sigma_e - \sigma_a) * \sigma_a / ((\sigma_e - \sigma_a) * \sigma_p)$	0.566464
$\sigma_a = \sigma_a \text{ aparente} * (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2075.161

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACA DE QUILLA
 MATERIAL: ACERO ALTA TENSION
 CARGA: CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.91
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 E / (12(1-\nu^2))$	1896076.
$K=(3)^{.5} * (5.34 + 4 * (b/a)^2)$	9.682164
$\sigma_{ap} = M * K * (t/b)^2$ (kg/cm ²)	11906.18
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	3200
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	2400
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	3157.237
$Et/E = (\sigma_e - \sigma_s) * \sigma_s / ((\sigma_e - \sigma_p) * \sigma_p)$	0.070318
$\sigma_a = \sigma_{ap} * (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	3157.236
esfuerzo critico al corte = $\sigma_a / (3)^{1/2}$	1822.831

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACA SUPERIOR MAMPARO LONGITUDINAL
 MATERIAL: ACERO DULCE
 CARGA: CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.43
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 E / (12(1-\nu^2))$	1896076.
$K=(3)^{1/2} * (5.34 + 4 * (b/a)^2)$	9.682164
$\sigma_{ap} = M * K * (t/b)^2$ (kg/cm ²)	6673.872
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2337.541
$Et/E = (\sigma_e - \sigma_s) * \sigma_s / ((\sigma_e - \sigma_p) * \sigma_p)$	0.122677
$\sigma_a = \sigma_{ap} * (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2337.542
Esfuerzo critico al corte = $\sigma_a / (3)^{1/2}$ (kg/cm ²)	1349.581

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACA INFERIOR MAMPARO LONGITUDINAL
 MATERIAL: ACERO DULCE
 CARGA: CORTANTE

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.43
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 E / (12(1-\nu^2))$	1896076.
$K=(3)^{.5} * (5.34 + 4 * (b/a)^2)$	9.682164
$\sigma_{ap} = M * K * (t/b)^2$ (kg/cm ²)	6673.872
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	2400
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	1700
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2337.547
$Et/E = (\sigma_e - \sigma_s) * \sigma_s / ((\sigma_e - \sigma_p) * \sigma_p)$	0.122677
$\sigma_a = \sigma_{ap} * (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2337.542
esfuerzo critico al corte = $\sigma_a / (3)^{1/2}$	1349.581

RESUMEN DE ESFUERZOS CRITICOS AL PANDEO
 PRIMERA TENTATIVA

compres. cortante

RESUMEN DE ESFUERZOS CRITICOS AL PANDEO
PRIMERA TENTATIVA

ELEMENTO	compres. (kg/cm2)	cortante (kg/cm2)
Tracas intermedias de cubierta	1918.00	1328.00
Traca de trancañil	2997.00	1825.00
Traca de cinta	2997.00	1825.00
Traca de pantoque	2746.03	1796.00
Traca eje neutro, costado	2337.00	1349.00
Tracas del fondo	2177.00	1361.00
Traca de quilla	2964.00	1823.00
traca superior mamparo	2075.00	1349.00
traca inferior mamparo	2075.00	1349.00
traca eje neutro, mamparo	2301.00	1328.00
Panel de fondo (MUKLE)	2281.00	-----
Panel de cubierta (MUKLE)	1974.00	-----

RESUMEN DE ESFUERZOS CRITICOS AL PANDEO
CONDICION: ARRUF0 ABS, (1/4L)
CARGAS COMPRESIVAS Y CORTANTES EN FORMA SIHULTANEA

ELEMENTO	CARGA		ESFUERZO	ESFUERZO
	compres. (kg/cm2)	cortante (kg/cm2)	critico compres. (kg/cm2)	critico cortante (kg/cm2)
fracas intermedias de cubierta	383.00	480.00	910.00	1141.00
Traca de trancañil	383.00	530.00	1200.00	1661.00
Traca de cinta	383.00	530.00	1200.00	1661.00
Tracas del fondo	335.00	530.00	794.00	1256.00
traca superior mamparo	383.00	430.00	988.00	1199.00

RESUMEN DE ESFUERZOS CRITICOS AL PANDEO
CONDICION:ARRUF0 ABS, (3/4L)
CARGAS COMPRESIVAS Y CORTANTES EN FORMA SIHULTANEA

ELEMENTO	CARGA		ESFUERZO	ESFUERZO
	compres. (kg/cm2)	cortante (kg/cm2)	critico compres. (kg/cm2)	critico cortante (kg/cm2)
Tracas intermedias de cubierta	251.00	570.00	550.00	1250.00
Traca de trancañil	251.00	630.00	703.00	1766.00
Traca de cinta	251.00	630.00	701.00	1766.00
Tracas del fondo	219.00	620.00	466.00	1321.00
traca superior mamparo	251.00	510.00	608.00	1231.00

RESUMEN DE ESFUERZOS CRITICOS A? PANDEO
 CONDICION: ARRUFO PNA,(1/4L)
 CARGAS COMPRESIVAS Y CORTANTES EN FORMA SIHULTANEA

ELEMENTO	CARGA	CARGA	ESFUERZO	ESFUERZO
	compres. (kg/cm ²)	cortante (kg/cm ²)	CRITICO compres. (kg/cm ²)	CRITICO cortante (kg/cm ²)
Tracas interaerias de cubierta	426.00	510.00	942.00	1128.00
Traca de trancañil	426.00	560.00	1252.00	1640.00
Traca de cinta	426.00	560.00	1252.00	1546.00
Tracas del fondo	372.00	550.00	841.00	1243.00
traca superior mamparo	426.00	450.60	1032.00	1090.00

RESUMEN DE ESFUERZOS CRITICOS AL PANDEO
 CONDICION:ARRUFO PNA, (3/4L)
 CARGAS COMPRESIVAS Y CORTANTES EN FORMA SIMULTANEA

ELEMENTO	CARGA	CARGA	ESFUERZO	ESFUERZO
	compres. (kg/cm ²)	cortante (kg/cm ²)	CRITICO compres. (kg/cm ²)	CRITICO cortante (kg/cm ²)
Tracas interaerias de cubierta	749.00	590.00	1246.00	981.00
Traca de trancañil	749.00	650.00	1711.00	1485.00
Traca de cinta	749.00	650.00	1711.00	1485.00
Tracas del fondo	654.00	640.00	1162.90	1137.00
traca superior mamparo	749.00	530.00	1321.00	935.00

APENDICE E

CALCULOS DE:

ESTABILIDAD AL PANDEO EN CUERPO (CORREGIDA)

PESOS DE ELEMENTOS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES

MODULO SECCIONAL DE LA CUADERNA MAESTRA (CORREGIDA)

MODULO SECCIONAL DE LA CUADERNA MAESTRA (FINAL)

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRACAS CENTRALES CUBIERTA

MATERIAL: ACERO DULCE

CARGA: COMPRESION UNIFORME

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t (cm)	1.59
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	75
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 * E / (12 * (1 - \nu^2))$	1896076.
k=coeficiente de placa	4
$\sigma_{ap} = M * k * t / b^2$ (kg/cm ²)	3408.691
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	2300
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	1800
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2134.653
$Et/E = (\sigma_e - \sigma_{as}) * \sigma_{as} / ((\sigma_e - \sigma_{ap}) * \sigma_{ap})$	0.392176
$\sigma_{as} = \sigma_{aparente} * (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2134.657

CALCULO DE ESTABILIDAD AL PANDEO

ELEMENTO: TRANCANIL DE CUBIERTA

MATERIAL: ACERO ALTA TENSION

CARGA: COMPRESION UNIFORME

E modulo de elasticidad acero (kg/cm ²)	2100000
pi	3.14
espesor de planchaje t fcm)	1.54
b=espaciamiento entre longitudinales (cm)	60
a=espaciamiento entre cuadernas (cm)	300
nu= coeficiente de poisson	0.3
$M=(\pi)^2 * E / (12 * (1 - \nu^2))$	1896076.
k=coeficiente de placa	4
$\sigma_{ap} = M * k * t / b^2$ (kg/cm ²)	5326.680
carga limite elasticidad (kg/cm ²)	3200
carga limite proporcionalidad (kg/cm ²)	2400
asumir un sigma menor al aparente (kg/cm ²)	2997.14
$Et/E = (\sigma_e - \sigma_{as}) * \sigma_{as} / ((\sigma_e - \sigma_{ap}) * \sigma_{ap})$	0.316666
$\sigma_{as} = \sigma_{aparente} * (Et/E)^{1/2}$ (kg/cm ²)	2947.152

CALCULO DE PESO DE RAHPARO TRANSVERSAL

ZONA: TANQUES DE CARGA

SEGUNDA TENTATIVA

ELEMENTO	DIMENSION (m)	PESO UNIT (kg/m)	PESO TOT. (kg)
----------	------------------	---------------------	-------------------

Traca A	18.6	280.6	5219.16
Traca B	18.6	149.6	2782.56
Traca C	18.6	149.6	2782.56
Traca D	18.6	149.6	2782.56
Traca E	18.6	149.6	2782.56
Traca F	18.6	119.7	2226.42
Refuerzos verticales (x19)	9.7	555.18	5385.246
Refuerzos verticales x3	9.7	179.7	1743.09
Refuerzo sup/central	13.5	52.38	707.13
Refuerzo inf/central	13.5	62.86	848.61
Refuerzo sup/lateral x2	5.1	36.58	186.558
Refuerzo inf/lateral x2	5.1	43.65	222.615

Peso total (kg): 27669.06

Peso total (ton): 27.66906

CALCULO DE ELEMENTOS TRANSVERSALES

ELEHENTO: CUADERNA TRANSVERSAL (BULARCAMA)

SEGUNDA TENTATIVA

ELEHENTU	DIMENSION (m)	PESO UNIT (kg/m)	PESO TOT. (kg)
----------	------------------	---------------------	-------------------

Varenga central(x1/2)	6.75	110.87	748.3725
Varenga lateral	2.55	34.93	89.0715
Bularcama	9.7	130.94	1270.118
Contrabularcama	9.7	130.94	1270.118
Bao central(x1/2)	6.75	80.32	542.16
Bao lateral	2.55	33.18	84.609

w(kg): 4004.449

Peso= W=2*w(kg): 8008.898

CALCULO DE PESOS DE ELEMENTOS LONGITUDINALES
 SEGUNDA TENTATIVA (ESCANTILLONES OPTIMIZADOS)
 POR SIMETRIA SE CONSIDERA SOLO LA MITAD DE LA MAESTRA
 ELEMENTOS ESTRUCTURALES EFECTIVOS PARA LA RESISTENCIA LONGITUDINAL.

ELEMENTO ESTRUCTURAL	dimension	peso (kg/m)
Refuerzo casco L1 a L3	ang 9x4x3/4"	140.00
Vagra lateral L4	T60x25x1.11cm	74.21
Refuerzo casco L5..L12	ang 9x4x3/4"	373.32
Refuerzo casco L13	ang 8x4x7/16"	26.54
Refuerzo casco L14..L18	ang 8x4x1/2"	146.11
Refuerzo casco L19..L23	ang 6x4x1/2"	120.76
Refuerzos cubierta LC1 a LC11	ang 8x4x5/8"	360.80
Ref mamp longitud LL1..LL6	ang 8x4x5/8"	216.48
Ref mamp longitud LL7..LL12	ang 7x4x1/2"	100.12
Erlora lateral de cubierta LC4	T30x15x1.11cm	39.30
Eslora central cubierta x1/2	T30x15x1.11cm	19.65
Refuerzo quilla x 1/2	T60x25x1.11cm	37.11
Traca K de quilla x 1/2	pl 120x1.91cm	89.78
Traca A fondo	pl 250x1.59cm	311.75
Traca B fondo	pl 250x1.59cm	311.75
Traca C fondo	pl 200x1.59cm	249.10
Traca D pantoque	pl 250x1.59cm	311.75
Traca E costado	pl 150x1.43cm	168.35
Traca F costado	pl 150x1.43cm	168.35
Traca G costado	pl 120x1.43cm	134.68
Traca H costado	pl 120x1.43cm	134.68
Traca J costado	pl 120x1.43cm	134.68
Traca L cinta	pl 150x1.59cm	187.10
Traca A mamparo longitud	pl 250x1.43cm	280.58
Traca B mamparo longitud	pl 150x1.27cm	149.64
Traca C mamparo longitud	pl 150x1.27cm	149.64
Traca D mamparo longitud	pl 150x1.27cm	149.64
Traca E mamparo longitud	pl 150x1.27cm	190.50
Traca F mamparo longitud	pl 120x1.43cm	134.68
Traca A cubierta x 1/2	pl 120x1.43cm	07.34
Ttacas B+C+D+E cubierta	pl 640x1.43cm	718.27
Traca F cubierta	pl 230x1.59cm	286.81

	w (kg/m):	6543.87
	Peso total=2 *w(kg/m):	12087.73
	Peso total (ton/m):	12.09

CALCULO DEL MODULO SECCIONAL DE LA CUADERNA MAESTRA DEL BUQUE
TENTATIVA: SEGUNDA (ELEMENTOS OPTIMIZADOS)

ESTRUCTURAL	dimension	area (cm ²)	I _o (cm ⁴)	d (m)	Axd (cm ² xm)	Axd ² (cm ² xm ²)
L1 a L3	ang 9x4x3/4"	177.90	9502.56	0.14	25.28	3.59
Vagra L4	T60x25x1.11cm	94.35	38271.00	0.31	29.25	9.07
L5 a L9	ang 9x4x3/4"	296.50	15837.60	0.14	41.51	5.81
L10	ang 9x4x3/4"	59.30	3167.52	0.60	35.58	21.35
L11	ang 9x4x3/4"	59.30	3167.52	0.90	53.37	48.03
L12	ang 9x4x3/4"	59.30	3167.52	1.30	77.09	100.22
L13	ang 8x4x7/16"	32.65	1419.40	2.00	65.30	130.60
L14	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	2.75	102.03	280.57
L15	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	3.50	129.85	454.4~1
L15	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	4.25	157.68	670.12
L17	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	5.00	185.50	927.50
L18	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	5.75	213.33	1226.62
L19	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	6.50	199.23	1294.96
L20	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	7.25	222.21	1611.04
L21	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	8.00	245.20	1461.60
L22	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	8.60	263.59	2266.87
L23	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	9.20	281.98	2594.22
LC1 a LC11	ang 8x4x1/2"	408.10	17627.50	9.60	3917.75	37610.50
LL1	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	0.75	34.40	25.80
LL2	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	1.50	68.81	103.21
LL3	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	2.25	103.21	232.22
LL4	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	3.00	137.61	412.83
LL5	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	3.75	172.01	645.05
LL6	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	4.50	206.42	928.87
LL7	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	5.25	177.82	933.54
LL8	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	6.00	203.22	1219.32
LL9	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	6.75	228.62	1543.20
LL10	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	7.50	254.03	1905.19
LL11	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	8.25	279.43	2305.28
LL12	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	9.00	304.83	2743.47
Eslora LC4	T30x15x1.11cm	49.95	5185.00	9.50	474.53	4507.99
Eslora Cent.	T30x15x1.11cm	28.54	mitad 2592.50	9.50	271.08	2575.28
Vagra quilla	T60x25x1.11cm	47.18	mitad 19135.50	0.39	18.40	7.18
Traca K	pl 120x1.91cm	114.60	mitad 34.84	0.01	1.09	0.01
Traca A	pl 250x1.59cm	397.50	83.74	0.01	3.18	0.03
Traca B	pl 250x1.59cm	397.50	83.74	0.01	3.18	0.03
Traca C	pl 200x1.59cm	318.00	66.99	0.01	2.54	0.02
Traca D	pl 250x1.59cm	397.50	258830.90	0.82	325.95	267.28
Tracz E	pl 150x1.43cm	214.50	402187.50	2.35	504.08	1184.58
Traca F	pl 150x1.43cm	214.50	402187.50	3.85	825.83	3179.43
Traca G	pl 120x1.43cm	171.60	205920.00	5.20	892.32	4640.06
Traca H	pl 120x1.43cm	171.60	205920.00	6.40	1098.24	7028.74
Traca J	pl 120x1.43cm	171.60	205920.00	7.60	1304.16	9911.62
Traca L	pl 150x1.59cm	238.50	447187.50	8.95	2134.58	19104.45
Trac A' ramp	pl 250x1.43cm	357.50	1861979.17	1.25	446.88	558.59
Trac B' mamp	pl 150x1.27cm	190.50	357187.50	3.25	619.13	2012.16
Trac C' mamp	pl 150x1.27cm	190.50	357187.50	4.75	904.88	4298.16
Trac D' mamp	pl 150x1.27cm	190.50	357187.50	6.25	1190.63	7441.41
Trac E' mamp	pl 150x1.27cm	190.50	357187.50	7.75	1476.38	11441.91
Trac F' mamp	pl 120x1.43cm	171.60	205920.00	9.10	1561.56	14210.20

Traca A" cub	pl 120x1.43cm	85.80 mitad	14.62	3.70	832.26	8072.92
B",C",D" cub	pl 412.5x1.43cm	533.88	100.52	9.70	5721.84	55501.81
Traca E" cub	pl 250x1.43cm	357.50	60.92	9.70	3461.75	33637.16
Traca F" cub	pl 155x1.59cm	246.45	51.92	9.70	2390.56	23188.48
		-----	-----	-----	-----	-----
A:	7588.38	I ₀ :	5774388.00	A*d:	34887.11	Ad ² :276984.58
		I ₀ :	577.44			

Posicion del eje neutro, $H = [A*d \text{ (cm}^2\text{m)} / A \text{ (cm}^2\text{)}]$: $H \text{ (m)}$: 4.65
 Inercia total de la cuaderna maestra = $2[Ad^2 + I_0 - A*H^2] \text{ (cm}^2\text{-m}^2\text{)} = I =$ $I \text{ [cm}^2\text{-m}^2\text{]}:$ 230923.48
 Distancia del eje neutro a cubierta. $y \text{ (m)}$: $y = D - H =$ 5.05
 Modulo seccional, $Z = I / y \text{ (cm}^2\text{-m)}$ 45695.06

CALCULO DEL MODULO SECCIONAL DE LA CUADERNA MAESTRA DEL BUQUE

TERTATIVA: TERCERA		(ESCANTILLONES FINALES)				
ESTRUCTURAL	dimension	area (cia2)	Io (cm4)	d (m)	Axd (cm2xm)	Axd^2 (cm2xm2)
L1 a L3	ang 9x4x3/4"	177.90	9502.56	0.14	25.28	3.59
Vagra L4	T60x25x1.11cm	94.35	38271.00	0.31	25.25	9.07
L5 a L9	ang 9x4x3/4"	296.50	15837.60	0.14	41.51	5.81
L10	ang 9x4x3/4"	59.30	3157.52	0.60	35.56	21.35
L11	ant; 9x4x3/4"	59.30	3167.52	0.90	53.37	48.03
L12	ang 9x4x3/4"	59.30	3167.52	1.30	77.09	100.22
	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	2.00	74.20	148.40
L14	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	2.75	102.03	280.57
L15	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	3.50	129.85	454.48
L16	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	4.25	157.68	670.12
L17	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	5.00	185.56	927.50
L18	ang 8x4x1/2"	37.10	1602.50	5.75	213.33	1225.62
L19	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	6.50	179.23	1294.96
L20	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	7.25	222.21	1611.04
L21	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	8.00	245.20	1961.60
122	ang 6x4x1/2"	30.65	724.24	8.60	263.55	2266.87
L23	an5 6x4x1/2"	30.65	724.24	9.20	281.98	2594.22
LC1 a LC11	ang 8x4x1/2"	408.10	17627.50	9.60	3917.76	37610.50
LL1	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	0.75	34.40	25.80
LL2	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	1.50	68.81	103.21
LL3	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	2.25	103.21	232.22
LL4	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	3.00	137.61	412.83
LL5	an5 8x4x5/8"	45.87	1952.13	3.75	172.01	645.05
LL6	ang 8x4x5/8"	45.87	1952.13	4.50	206.42	928.87
LL7	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	5.25	177.82	933.54
LL8	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	6.00	203.22	1219.32
L1 ⁹	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	6.75	228.62	1543.20
LL10	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	7.50	254.03	1905.19
LL11	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	8.25	279.43	2305.28
LL12	ang 7x4x1/2"	33.87	1111.34	9.00	304.83	2743.47
Esiora LC4	T30x15x1.11cm	49.95	5185.00	9.50	474.53	4507.99
Esiora Cent,	T30x15x1.11cm	28.54 mitad	2592.50	9.50	271.08	2575.28
Vagra quilla	T60x25x1.11cm	47.18 mitad	19135.50	0.39	18.40	7.18
Traca K	pl 120x1.91cm	114.60 mitad	34.84	0.01	1.09	0.01
Traca A	pl 250x1.59cm	397.50	83.74	0.01	3.18	0.03
Traca B	pi 250x1.59cm	397.50	83.74	0.01	3.18	0.03
Traca C	pl 200x1.59cm	318.00	66.99	0.01	2.54	0.02
Traca D	pl 250x1.59cm	397.50	258830.90	0.82	325.95	267.28
Traca E	pi 150x1.43cm	214.50	402187.50	2.35	504.08	1184.58
Traca F	pl 150x1.43cm	214.50	402187.50	3.85	825.83	3179.43
Traca G	pl 120x1.43cm	171.60	205920.00	5.20	892.32	4640.06
Traca H	pl 120x1.43cm	171.60	205920.00	6.40	1098.24	7028.74
Traca J	pl 120x1.43cm	171.60	205920.00	7.60	1304.16	9911.62
Traca L	pl 150x1.59cm	238.50	447187.50	8.95	2134.58	19104.45
Trac A' manp	pl 250x1.43cm	357.50	1861979.17	1.25	446.88	558.59
Trac B' manp	pl 150x1.27cm	190.50	357187.50	3.25	619.13	2012.15
Trac C' manp	pi 150x1.27cm	190.50	357187.50	4.75	904.88	4298.16

Trac D' mamp	pl 150x1.27cm	190.50	357157.50	6.25	1190.63	7441.41	
Trac E' mamp	pl 150x1.27cm	190.50	357187.50	7.75	1476.38	11441.91	
Trac F' mamp	pl 120x1.43cm	171.60	205920.00	9.10	1561.56	14210.20	
Traca A" cub	pl 120x1.43cm	85.80 mitad	14.62	9.70	832.26	8072.92	
B",C",D" cub	pl 412.5x1.43cm	589.58	100.52	9.70	5721.84	55501.81	
Traca E" cub	pl 250x1.43cm	357.50	60.92	9.70	3467.75	33637.18	
Traca F" cub	pl 155x1.59cm	446.45	51.92	9.70	2340.56	23168.48	
		-----	-----		-----	-----	
A:		7512.83	I _o :	5774571.10	A _d :	34896.01 Ad ² :	277002.38
			lo:	577.46			

Posicion del eje neutro, $H = [A*d (cm^2 * m) / A(cm^2)]:$ $H(m):$ 4.54
 Inercia total de la cuaderna maestra = $2[A*d^2 + I_o - A * H^2] (cm^2 - m^2) = I =$ $I (cm^2 - m^2):$ 639985.81
 Distancia del eje neutro a cubierta. $y(m):$ $y = D - H =$ 5.06
 Modulo seccional, $Z = I / y (cm^2 - m)$ 45693.22

BIBLIOGRAFIA

- 1 AMERICAN BUREAU OF SHIPPING; Construcción y Clasificación de buques de acero 1978, American Bureau of Shipping., New York, USA, 1978.
- 2 ARCANGELO, A. Guía para estructuras de buques, Cornell Maritime Press Inc., Maryland USA, 1979.
- 3 ARCOS, M. Efecto general de la aceptación por la República del Ecuador Convenio MARPOL 73/78, revista Puertos, Guayaquil Abril 5 de 1987, pp 26-29.
- 4 ARKENBOUT, SCH. The design of merchant ships, Technical publishing., Harleem, Holanda, 1960.
- 5 BLEICH, F. Buckling strength of metal structures, Mac Graw Hill Book Co., New York USA, 1952.
- 6 BONILLA, C. Teoría del buque, A.G Galicia., Vigo, España, 1972, pp 73.

- 7 CABRAL, J. Arquitectura Naval, estabilidade cálculos avaria e bordo libre. Centro do Libro Brasileiro., Sao Paulo, Brasil, 1979.
- 8 COMSTOCK, JH. Principles of Naval Architecture, SNAME., Newport USA, 1967.
- 9 DOMINGUEZ, R. Cálculo de estructuras de buques, ETSIN (Escuela técnica superior de ingenieros Navales)., Madrid, España, 1969.
- 10 DIGMER. Código de Policía Marítima. Digmer., Guayaquil, Ecuador 1981.
- 11 GARCIA LOPEZ, G. Estructura del buque, tecnología y cálculo, editorial Jimenez Mena; Madrid, España, 1972.
- 12 GENALIS, P. Ship structures; Secretaria de Marina de México, 1976.
- 13 GULD, H. Form data, some sytematically varied ship's forms and their hydrostatic data, Danish Technical Press., Copenhagen 1962.
- 14 IMCO. Manual on oil Pollution, practical information on means of dealing with oil spillages.

Intergovernmental consultative organization (IMCO).,
London 1972.

15 LAMB,T. A ship design procedure, Technology marine.,
Octubre 1969,pp 362-405.

16 MUKLE,W. Strength of ship's structures, Edward Arnold
Publishers.,London, England, 1967.

17 OMI. Conferencia Internacional sobre contaminación del
mar 1973, OMI.,Londres 1973.

18 OMI. Conferencia Internacional sobre seguridad de los
buque tanque y prevención de la contaminación 1978,
OMI.,Londres 1978.

19 OMI.Enmiendas al Convenio Internacional para la
seguridad de la vida humana en el mar 1974. OMI.,
Londres.,1981.

20 OMI. Conferencia Internacional sobre seguridad de la
vida humana en el mar 1974, OMI.,Londres, 1974.

21 OMI. Convenio Internacional sobre líneas de carga
1966,OMI., Londres, 1966.

22 ROOIJ,IR. Practical shipbuilding, technical

publishing., Haarlem, Holanda, 1961.

- 23 SALMON, CH. Steel structures, design and behavior,
International texbook Co., Scranton Pennsylvania, USA,
1971, pp 533-545.
- 24 SINGER, F. Resistencia de materiales, editorial Harla.,
México DF, 1971.
- 25 UNIVERSO EL. Nuevo terminal garantiza el suministro de
gasolina, primera sección pagina 4, Lunes 22 de Julio
de 1985.