

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**CONVERSIÓN DE UNA EMBARCACIÓN DE CERCO DE
23 METROS DE ESLORA EN UNA EMBARCACIÓN
DESTINADA AL SERVICIO AUXILIAR EN BAHÍA**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO NAVAL**

EDINSON JONEL QUISPE PECHO

PROMOCIÓN 2007-II

LIMA-PERÚ

2 012

CONTENIDO

PRÓLOGO 1

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 Objetivos	4
1.2 Justificación	4
1.3 Alcances	5
2. DESCRIPCIÓN GENERAL	6
2.1 Problemática del estudio	6
2.2 Las embarcaciones pesqueras anchoveteras con arte de pesca tipo cerco	8
2.2.1 Principales características de las embarcaciones pesqueras anchoveteras de acero con arte de pesca tipo cerco	9
2.2.1.1 Antigüedad de la flota pesquera anchovetera de acero	9
2.2.1.2 Capacidad de bodega de las embarcaciones pesqueras anchoveteras de acero	11
2.3 Las embarcaciones de servicio auxiliar en bahía	12
2.4 Reglas de construcción y clasificación	13
2.5 Fundamentos de estabilidad	14
2.5.1 Conceptos de Ingeniería Naval	14
2.5.1.1 Centro de Gravedad del Buque	14
2.5.1.2 Centro de Carena	14

2.5.1.3	Metacentro	15
2.5.1.4	Altura metacéntrica	15
2.5.2	Curvas Hidrostáticas	16
2.5.3	Estabilidad estática transversal	18
2.5.3.1	Estabilidad Transversal Inicial	18
2.5.3.2	Estabilidad para grandes ángulos	20
2.5.4	Las curvas de estabilidad	21
2.5.5	Curvas cruzadas de estabilidad	23
2.5.6	Estabilidad Dinámica	25
3.	ESTUDIO INICIAL DEL PROYECTO	26
3.1	La embarcación original	26
3.1.1	Descripción General	26
3.1.2	Características principales de la embarcación original	27
3.1.3	Distribución general de compartimentos	28
3.1.4	Estructura General	29
3.1.5	Estabilidad intacta de la embarcación Original	30
3.1.5.1	Prueba de estabilidad	31
3.2	La embarcación modificada	40
3.2.1	Requerimientos del Armador	40
3.2.2	Propuesta de modificación	41
4.	DESARROLLO DEL PROYECTO	45
4.1	Calculo estructural de la embarcación modificada	45

4.1.1	Definiciones	46
4.1.2	Separación entre refuerzos	47
4.1.3	Cálculo del espesor mínimo de planchas en casco y mamparos	48
4.1.3.1	Espesor de planchas del fondo	48
4.1.3.2	Espesor de planchas del costado	48
4.1.3.3	Espesor de planchas de cubierta	49
4.1.3.4	Espesor de planchas costado de castillo	49
4.1.3.5	Espesor de planchas de Mamparos	50
4.1.3.6	Comparación y validación de las planchas existentes	51
4.1.4	Cálculo del escantillonado del fondo del casco	52
4.1.4.1	Cálculo de Varengas	52
4.1.4.2	Cálculo de Vagras	54
4.1.4.3	Cálculo de Longitudinales de fondo	56
4.1.5	Cálculo del escantillonado del costado del casco	57
4.1.5.1	Cálculo de Bulárcamas	57
4.1.5.2	Cálculo de Longitudinales de costado	59
4.1.6	Cálculo del escantillonado de la cubierta del casco	60
4.1.6.1	Cálculo de Baos	60
4.1.6.2	Cálculo de Longitudinales de cubierta	62
4.1.6.3	Cálculo del Modulo de Sección de las esloras	64
4.1.6.4	Cálculo de puntales	65
4.1.7	Cálculo de Mamparos	67

4.1.7.1	Cálculo de las planchas de los mamparos	67
4.1.7.2	Cálculo de refuerzos de los mamparos	68
4.2	Sistemas de la embarcación modificada	69
4.2.1	Sistema de Propulsión	70
4.2.2	Sistema de Achique	71
4.2.2.1	Cálculo del diámetro de la tubería de achique	71
4.2.3	Sistema Contraincendios	72
4.2.4	Sistema de Gobierno	73
4.2.4.1	Cálculo del forro de la pala del timón	74
4.2.4.2	Cálculo de la fuerza de diseño del timón	74
4.2.4.3	Cálculo del momento torsor del timón	75
4.2.4.4	Cálculo del eje superior del timón	76
4.2.4.5	Cálculo del eje inferior del timón	77
4.2.5	Sistema de Agua Dulce	78
4.2.6	Sistema de Combustible	79
4.3	Estudio de estabilidad de la embarcación modificada	79
4.3.1	Criterios de estabilidad	80
4.3.1.1	Criterio de estabilidad estática	81
4.3.1.2	Criterios de estabilidad dinámica	81
4.3.1.3	Francobordo mínimo	82
4.3.2	Desarrollo del estudio de estabilidad	83
4.3.2.1	Cálculo del desplazamiento y centro de gravedad	83

4.3.2.2	Definición de las condiciones de operación	86
4.3.2.3	Estudio de estabilidad	87
4.3.2.4	Corrección en la estabilidad de la embarcación modificada	89
5	ANÁLISIS DE COSTOS	96
5.1	Relación de costos de la modificación	97
5.2	Análisis de Ingresos y Egresos del proyecto	99
5.2.1	Inversión inicial requerida	99
5.2.2	Ingresos por operaciones	100
5.2.3	Egresos por operación y otros gastos	100
5.2.4	Financiamiento	102
5.2.5	Balance de caja	103
5.3	Análisis costo – beneficio	103
5.4	Proyección económica del proyecto	104
	CONCLUSIONES	105
	RECOMENDACIONES	107
	BIBLIOGRAFÍA	108
	ANEXOS	

DEDICATORIA

A mi madre Teresa, por su incondicional apoyo y porque me saco adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ella, hoy puedo ver alcanzada mi meta. A mi padre y mis hermanas, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles y porque el orgullo que sienten por mí. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

PROLOGO

En el presente informe explicaremos la forma en que se desarrollo la conversión de una embarcación pesquera destinado a la pesca de anchoveta con artes de pesca del tipo de cerco, en un barco de servicio auxiliar en bahía, dedicado al transporte logístico de materiales y equipos en altamar.

Para ello, en el primer capítulo, presentaremos la introducción del presente informe, así como sus objetivos, la justificación y los alcances del proyecto desarrollado.

Más adelante, en el Capítulo dos, realizaremos un análisis de la problemática que motivo el desarrollo del presente proyecto y expondremos las características principales de las Embarcaciones pesqueras de cerco y de las Embarcaciones de servicio auxiliar en bahía. Así mismo realizaremos un breve repaso de la teoría de estabilidad intacta aplicable a las embarcaciones.

En el capítulo tercero, realizaremos una descripción de la embarcación pesquera original, detallando sus principales características y la condición en que se encontraba antes de la modificación. Así mismo definiremos la propuesta de modificación en base a los requerimientos establecidos por el armador.

En el cuarto capítulo, desarrollaremos la ingeniería del proceso de transformación para el cambio de servicio de la embarcación, partiendo por los cálculos estructurales basados en las “Reglas para la construcción y clasificación de embarcaciones con eslora menor a 90 metros” de la American Bureau of Shipping – 2011, siguiendo con el análisis de los sistemas propulsión, achique, contraincendios, gobierno, agua dulce y de combustible, y finalizando con el estudio preliminar de estabilidad intacta según las reglamentaciones nacionales e internacionales vigentes.

Finalmente en el capítulo quinto, realizaremos un análisis económico del proyecto, a fin de determinar su viabilidad.

CAPITULO I

INTRODUCCION

La reducción del tamaño de la flota de embarcaciones destinado a la pesca de la anchoveta de nuestro país, como consecuencia de la implementación de la “Ley de Límites Máximos de captura por Embarcación” emitida por el Ministerio de la Producción mediante el D.L. N° 1084 del 11 de Noviembre del año 2008, ha abierto una interrogante, acerca del destino o uso final que se les dará a las embarcaciones que sean retiradas de la actividad pesquera, de tal forma que estas no generen gastos innecesarios por su mantenimiento y conservación.

En ese sentido la empresa para la cual se desarrollo el presente proyecto decidió transformar una de sus embarcaciones excedentes, en una embarcación de servicio auxiliar en bahía, destinado a realizar actividades de apoyo a la flota pesquera activa, como el transporte de materiales, líquidos, pertrechos, etc.

Esta transformación no solo permitió que el armador pueda seguir dándole un uso productivo a su embarcación, sino también lo beneficio económica y operativamente, ya que anteriormente estas actividades eran realizadas por

embarcaciones de empresas particulares, las cuales, además de generar altos gastos, no siempre estaban disponibles para brindar estos servicios.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo del presente informe es desarrollar los parámetros necesarios para la transformación de una embarcación pesquera anchovetera con arte de pesca tipo cerco, en una embarcación de Servicio auxiliar en bahía, destinado a brindar servicios de transporte logístico de equipos y materiales, tanto a la flota pesquera del armador, como a las embarcaciones de otras empresas del sector naval.

Así mismo se pretende determinar la factibilidad técnica y económica del desarrollo de este proyecto.

1.2 JUSTIFICACION

Mediante el presente informe se pretende mostrar la viabilidad de transformar una embarcación pesquera anchovetera con arte de pesca tipo cerco, en una embarcación de servicio auxiliar en bahía, sin realizar grandes cambios en la forma del casco, estructura y sistemas de operación, y sin la necesidad de invertir altas sumas de dinero en dicha transformación.

Así mismo se pretende explicar lo factible que puede resultar la reutilización de las embarcaciones pesqueras en desuso, transformándolas en embarcaciones que realicen otras actividades distintas a la pesca.

1.3 ALCANCES

En el presente informe se detallarán todas las actividades realizadas antes, durante y después de la transformación, así mismo se explicarán todos los cálculos estructurales y de estabilidad que se desarrollaron para que la embarcación cumpla con las normas y estándares correspondientes.

Es importante resaltar que en la transformación realizada no se alteraron los sistemas de propulsión ni de gobierno de la embarcación, por lo que su análisis no será incluido en el desarrollo del presente informe.

Así mismo es importante destacar que no es objetivo de la transformación lograr que la embarcación mejore su velocidad de navegación, por lo que no fue necesario realizar un análisis de resistencia al avance del casco.

CAPITULO II

DESCRIPCION GENERAL

2.1 PROBLEMÁTICA DEL ESTUDIO

La Ley de Límites Máximos de Captura por Embarcación (LMCE), es un mecanismo de ordenamiento pesquero implementado en la pesca industrial anchovetera mediante el D.L. N° 1084, emitida por el Ministerio de la Producción el 11 de Noviembre del año 2008, y que consiste en distribuir una cuota de captura anual, entre todas las embarcaciones pesqueras destinadas a la pesca del recurso hidrobiológico del tipo anchoveta y sardina con licencia vigente en el Perú; mediante cálculos que involucran la capacidad de bodega y las capturas históricas de cada embarcación.

El objetivo principal de esta ley es reestructurar el sistema de capturas de pesca pesquero de tal forma que se pueda eliminar la carrera por la captura de anchoveta, reducir el esfuerzo de pesca, maximizar los beneficios económicos y garantizar la sostenibilidad del recurso.

Una de las consecuencias de la implementación de esta ley, es la reducción del tamaño de la flota pesquera, debido a que los armadores, en su afán por reducir costos operativos y mejorar su eficiencia productiva; transferirán en algunos casos, la cuota de alguna parte de su flota provenientes principalmente de sus embarcaciones menos

eficientes, a aquellas embarcaciones que presenten mejores características técnicas de eficiencia y operatividad y generan menos gastos operativos y mayor rentabilidad.

Si bien es probable que muchos armadores, en su afán de reducir gastos y responsabilidades, opten por desmantelar y fondear sus embarcaciones excedentes, existen otras alternativas que pueden ser muy provechosas, pero que deben ser analizadas y evaluadas antes de poder llevarlas a cabo.

Una de estas alternativas es la reutilización de las embarcaciones excedentes como embarcaciones de servicio auxiliar en bahía, la cual permitirá que aquellas embarcaciones que aún se encuentren en buen estado operacional, sean transformadas y empleadas en actividades destinadas al apoyo logístico y operacional a la pesca, como el transporte de materiales y equipos, el abastecimiento de pertrechos, entre otros.

La embarcación en estudio, es propiedad de una de las más importantes empresas pesqueras del país y que debido a su antigüedad, su baja capacidad extractiva y su carencia de equipos e instrumentos modernos, ha sido dado de baja de la actividad pesquera, transfiriendo su cuota de pesca a otra embarcación de mayor capacidad.

A fin de reutilizar esta embarcación como una Embarcación de Servicio auxiliar en bahía, el armador opto por transformarla y adaptarla a los requerimientos de esta nueva actividad, por lo que fue necesario realizar algunos trabajos de modificación estructural, analizar su estabilidad intacta, francobordo, seguridad, habitabilidad y dotarla de los equipos necesarios para estas nuevas tareas.

2.2 LAS EMBARCACIONES PESQUERAS ANCHOVETERAS CON ARTE DE PESCA TIPO CERCO

Las embarcaciones pesqueras anchoveteras con arte de pesca del tipo cerco en nuestro país, han sido construidas de acero naval y típicamente se trata de embarcaciones con esloras totales menores a los 50 metros, fabricados con una sola cubierta principal; con espejo y con adaptaciones de rampa de lanzamiento empleado para las maniobras de izada y botadura de las embarcaciones auxiliares del tipo panga, con aparejos y equipos de pesca del tipo cerco, y con espacios destinado a la habitabilidad ubicado en la zona de proa. La sala de maquinas generalmente se encuentra bajo cubierta principal ubicados a proa; con bodegas en las zonas centrales bajo la cubierta principal.

Las embarcaciones pesqueras anchoveteras con arte de pesca tipo cerco más antiguas cuentan con una capacidad extractiva entre las 100 y 350 toneladas métricas; y con sala de máquinas ubicada en la proa. Entre tanto, las embarcaciones pesqueras anchoveteras con arte de pesca tipo cerco más modernos son de mayor capacidad de bodega (alrededor de las 500 toneladas métricas), y su sala de maquinas esta posicionada en popa.

En la Fotografía N° 1 podemos observar una embarcación pesquera anchovetera con arte de pesca tipo cerco.



Fotografía N° 1: Corresponde a una embarcación pesquera del tipo de cerco, con capacidad de bodega 350 metros cúbicos y construido en el año 1992

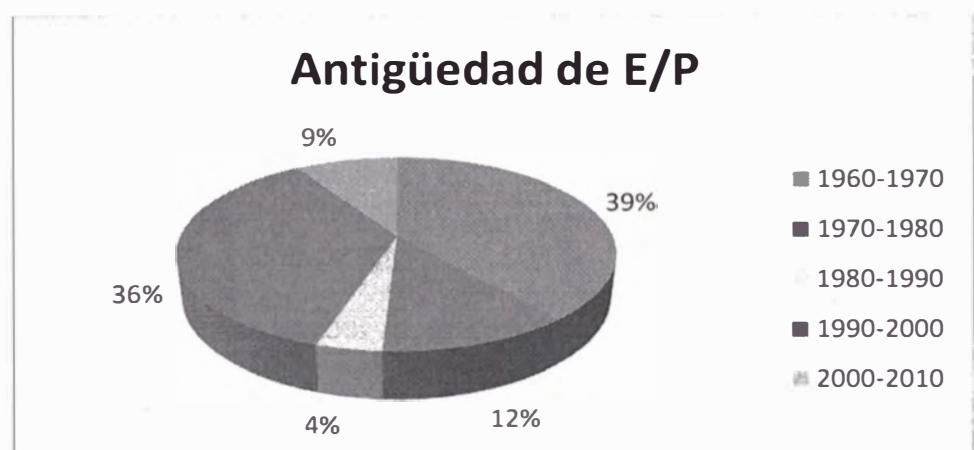
2.2.1 Principales características de las embarcaciones pesqueras anchoveteras de acero con arte de pesca tipo cerco

2.2.1.1 Antigüedad de la flota pesquera anchovetera de acero

La construcción masiva de embarcaciones pesqueras de acero en nuestro país, se dio entre las décadas del 60 y 70, con el auge de la pesca de anchoveta. Es ese entonces, nuestros astillero llegaron a producir más de 1200 embarcaciones de acero, las cuales, con el paso de los años, han sido retiradas de la actividad debido al exceso de capacidad existente y la escasez de recursos. No obstante en la actualidad, la mayor parte de la flota está conformada por estas embarcaciones, las cuales han sufrido una serie de modificaciones estructurales y tecnológicas que les ha permitido mantenerse operativas hasta nuestros días.

En la Tabla N° 2.1 podemos notar que de un total de 556 embarcaciones pesqueras con arte de pesca tipo cerco fabricadas en acero que existen en la actualidad, más de la mitad (283 Embarcaciones) superan los 30 años de haber sido construidas, lo cual refleja la antigüedad de nuestra flota pesquera. Respecto a las embarcaciones con menos de 20 años de antigüedad, podemos notar que estas solo constituyen el 45% de la flota pesquera anchovetera total, no obstante estas embarcaciones concentran más del 50% de la capacidad extractiva total de la flota.

Tabla N° 2.1: Antigüedad de las E/P de cerco



Fecha de construcción	Cantidad de E/P	Porcentaje	Capacidad (ton)	Porcentaje
1960-1970	216	39%	45840	28%
1970-1980	67	12%	19528	12%
1980-1990	23	4%	6493	4%
1990-2000	200	36%	74381	45%
2000-2010	50	9%	17391	11%
TOTAL	556		163633	

Fuente: Elaboración propia, en base al Anexo 1 del Reglamento del Decreto Legislativo N° 1084 Ley de Límites Máximos de Captura por embarcación 2008 – PRODUCE

Con la implementación de la Ley de cuotas de pesca, se espera que las embarcaciones más antiguas sean retiradas gradualmente de la actividad pesquera, siendo reemplazados por embarcaciones más eficientes y voluminosas.

2.2.1.2 Capacidad de bodega de las embarcaciones pesqueras de acero

Según la base de datos del Ministerio de la Producción, publicada en Anexo 1 del Reglamento del Decreto Legislativo N° 1084 Ley de Límites Máximos de Captura por embarcación 2008 – (Ver Tabla 2.2), la mayor parte de la flota pesquera anchovetera industrial de acero, activa y autorizada para la extracción de anchoveta está conformada por embarcaciones con capacidad de bodega menor a 300 m³ (283 Embarcaciones).

Por otro lado las embarcaciones cuya capacidad de bodega varía entre 300 y 400 metros cúbicos, conforman otro grupo importante con un total de 152 embarcaciones. Finalmente el grupo más reducido es el conformado por las embarcaciones con capacidad de bodega mayor a 400 m³ (121 Embarcaciones).

Tabla N° 2.2: Clasificación de las Embarcaciones según su capacidad de bodega

Rango Capacidad (m3)	Nº Barcos	Capacidad (m3)	% Capacidad
<200	132	20216	12%
[200 - 300>	151	37082	22%
[300 - 400>	152	54760	32%
[400 - 500>	77	33574	20%
[500 >	44	25247	15%
TOTAL	556	170879	307

Fuente: Elaboración propia, en base al Anexo 1 del Reglamento del Decreto Legislativo N° 1084 Ley de Límites Máximos de Captura por embarcación 2008 – PRODUCE

Con la implementación de la ley de Cuotas de Pesca, es predecible que las embarcaciones que tengan una baja capacidad de bodega (menor a 300 m³) sean retiradas paulatinamente de la actividad pesquera, ya que no resultan muy rentables bajo un formato de cuotas fijas, y sean reemplazadas por barcos de mayor tonelaje que cubran la cuota de dos o más embarcaciones juntas.

2.3 LAS EMBARCACIONES DE SERVICIO AUXILIAR EN BAHIA

Las embarcaciones de servicio auxiliar en bahía, tipo Supply Vessel, son aquellas diseñadas y acondicionadas para realizar actividades de apoyo a los sectores industriales que se desenvuelven en el mar, como la pesca, el transporte marítimo, la exploración y extracción petrolera, entre otros.

Entre las principales tareas que realiza la Embarcación de servicio auxiliar en Bahía tenemos: el transporte y suministro de materiales, equipos y pertrechos entre las embarcaciones y los muelles o puertos, así como el apoyo en las maniobras de ingreso de embarcaciones y artefactos navales al muelle.

Para la correcta ejecución de estas actividades, las embarcaciones deben contar con grandes espacios de maniobras en la cubierta, equipos y estructuras de izaje, áreas de almacenamiento de productos secos, tanques para el transporte de líquidos y lugares acondicionados para el traslado de personas, en caso se diese esta situación. Respecto a los requerimientos técnicos y funcionales, no es esencial que estos barcos trabajen a altas velocidades ó que su capacidad de carga sea grande, ya que las actividades que

realizan se desarrollan en zonas próximas a los puertos y muelles, y los materiales que transportan no son muy pesados.

Por otro lado, es primordial que este tipo de embarcaciones cumplan con las normas de estabilidad y francobordo exigidos por la autoridad marítima a fin de garantizar la seguridad de los tripulantes durante la realización de las actividades y maniobras.

2.4 REGLAS DE CONSTRUCCION Y CLASIFICACION

La transformación de la embarcación en estudio, se realizó siguiendo las “Reglas para la Construcción y Clasificación de embarcaciones con eslora menor a 90 metros” de la American Bureau of Shipping – 2011, con lo cual se garantiza la resistencia estructural de la embarcación.

Por otro lado, en lo referido al análisis de la estabilidad intacta, Línea de Máxima carga, francobordo y prueba de inclinación, se aplicaron las normas nacionales aplicables a estos temas establecidos por la Dirección General de Capitanías y Guardacostas del Perú (DICAPI), tales como:

El Decreto Supremo N° 0223-96/DCG “Norma para asignación de Línea de Máxima carga a Naves Marítimas”

La Resolución Directoral N° 0562-2003/DCG “Código de Seguridad de equipos para Naves y Artefactos Navales Marítimos y,

La Resolución Directoral N° 0474-98/DCG “Preparación y ejecución de Pruebas de Estabilidad a Naves Nacionales que realizan Actividades Acuáticas”.

2.5 FUNDAMENTOS DE ESTABILIDAD DE EMBARCACIONES

2.5.1 Conceptos de Ingeniería Naval

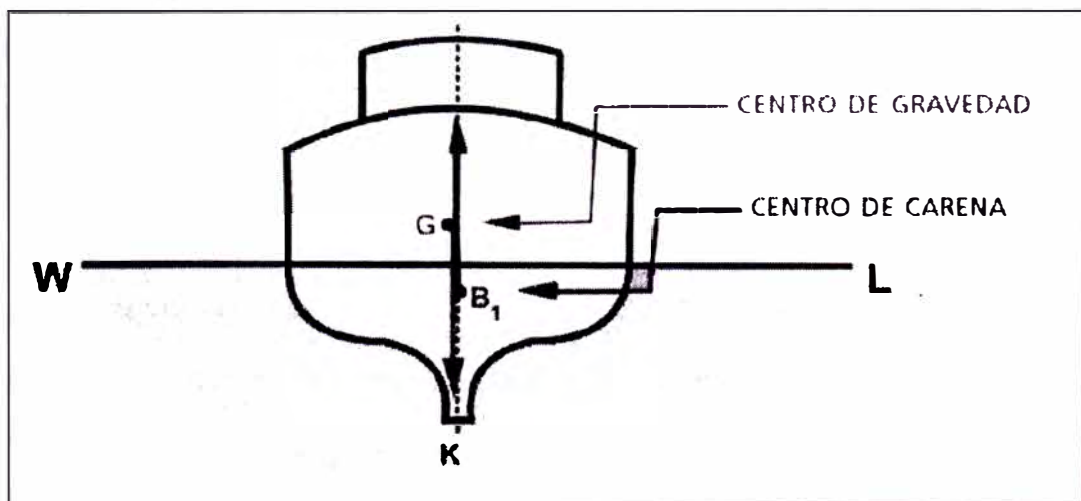
2.5.1.1 Centro de Gravedad del Buque

Es el punto donde se encuentra concentrado todo el peso de la embarcación o punto de ubicación del centro de gravedad (G). Este punto no cambia de posición si no se produce una traslación, carga o descarga de los pesos del buque. (Ver figura 1)

2.5.1.2 Centro de Carena

Es el punto donde se ubica el centro de Boyantes o Centro geométrico del volumen de agua desplazado por la embarcación, también conocido como Centro de Empuje (B). Dado el movimiento de la embarcación en las olas, la posición del centro de carena es variable y depende de la forma y volumen de casco sumergido en determinado instante.

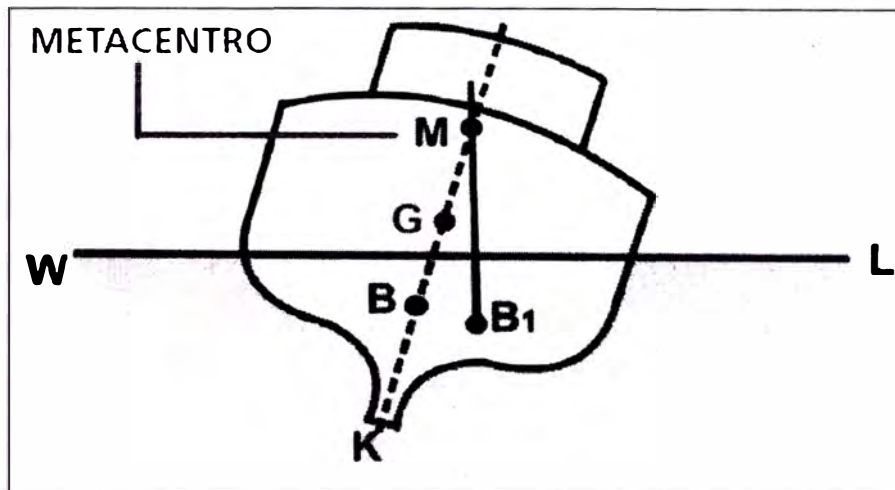
Figura 1: Centro de Gravedad (G) y centro de carena (B)



2.5.1.3 Metacentro

El metacentro (M) es el punto de intersección de las líneas verticales trazadas desde el centro de Carena (B), para pequeños ángulos de escora, con el eje central que pasa por el centro de gravedad (G) de la embarcación. (Ver fig. 2)

Figura 2: Metacentro (M)



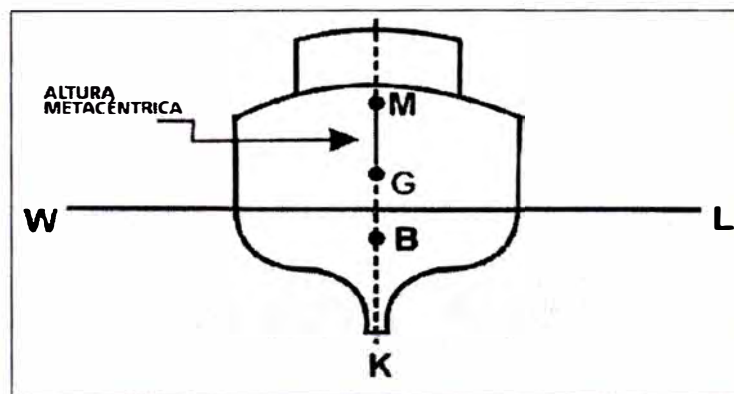
2.5.1.4 Altura metacéntrica

La distancia entre el centro de gravedad (G) y el metacentro (M) se conoce como la altura metacéntrica (GM) y se utiliza para calcular la estabilidad de una nave en la etapa de diseño. (Ver figura N° 3)

Un buque estable en posición de adrizado tiene una altura metacéntrica (GM) positiva, es decir, el metacentro se encuentra por encima del centro de gravedad. Por lo general, esta magnitud se denomina altura GM positiva o estabilidad inicial positiva.

Si el centro de gravedad (G) de un buque se encuentra por encima del metacentro (M), se dice que éste tiene una altura GM negativa o una estabilidad inicial negativa. Una embarcación en este estado muestra un equilibrio indiferente, es decir, flota a un ángulo con respecto de la posición de equilibrio hacia un costado u otro, y está en peligro de zozobrar. Cuando la posición del centro de gravedad (G) de un buque coincide con el metacentro (M), se dice que este se encuentra en equilibrio neutro (GM_0) y, si la embarcación se inclinara a un ángulo pequeño de escora, tenderá a mantenerse en esta posición.

Figura 3: Altura metacéntrica (GM)



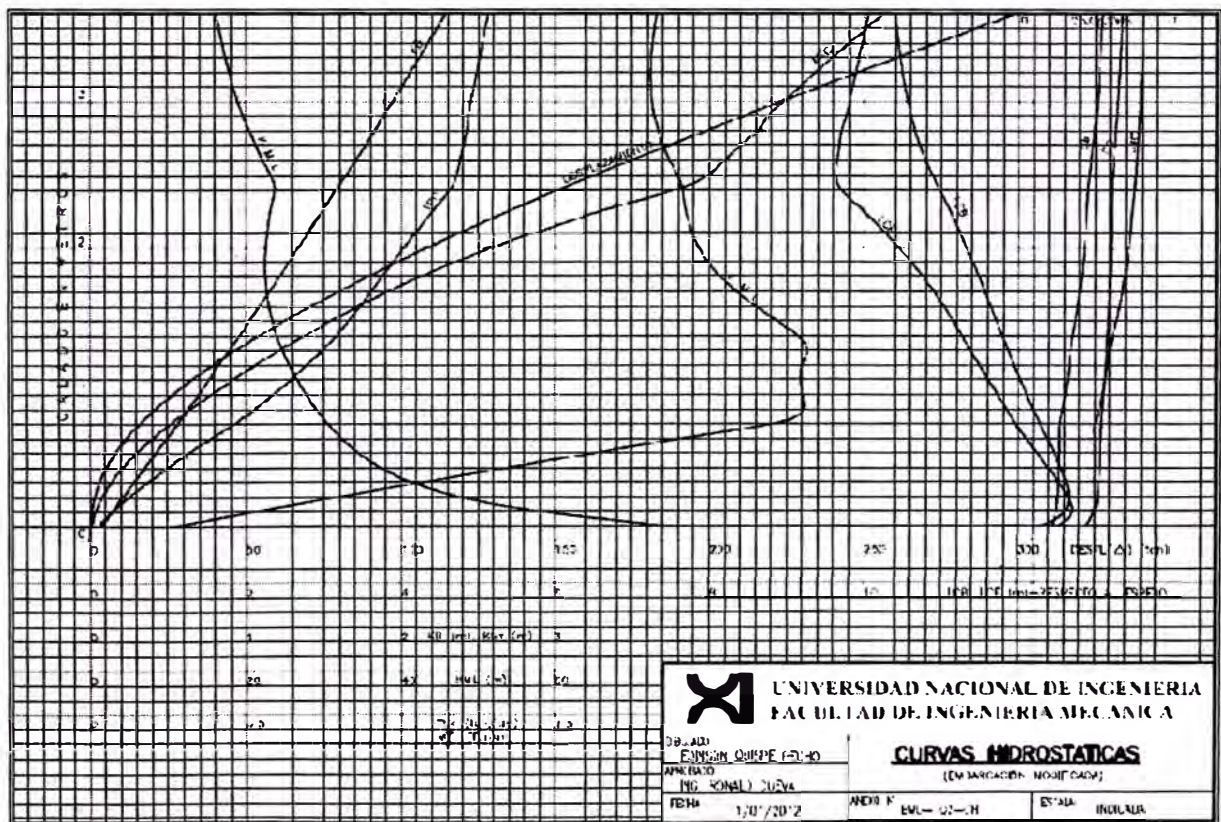
2.5.2 Curvas Hidrostáticas

Las curvas hidrostáticas muestran de forma gráfica el comportamiento de una embarcación sujeta a fuerzas de desestabilización estáticas, a diferentes calados. Su cálculo a partir de las curvas de Bonjean o Líneas de forma, constituyen un primer paso en el diseño de un navío y es uno de los procedimientos iniciales indispensables de la Ingeniería Naval.

El cálculo de las curvas hidrostáticas se obtiene asumiendo que la embarcación esta en condición de adrizamiento y que los efectos de un corte longitudinal son pequeños. El rango de las líneas de flotación deberá cubrir y exceder el calado operacional de la embarcación.

La utilidad de las curvas hidrostáticas consiste en la facilidad con la que el capitán o cualquier otra persona interesada en conocer el comportamiento de la embarcación, puede utilizarlas para calcular sus parámetros operacionales tales como el desplazamiento, la altura del metacentro horizontal, calados finales, asiento, entre otros. En la figura N° 4 podemos ver un grafico de curvas hidrostáticas de una embarcación.

Figura 4: Curvas Hidrostáticas



2.5.3 Estabilidad estática transversal

Es la tendencia que tiene el buque en recobrar su posición de equilibrio cuando ha sido apartado de ella por acción de fuerzas exteriores como puedan ser la mar o el viento.

La estabilidad transversal se ha dividido en inicial y para grandes escoras, según sea el ángulo de escora inferior o superior a 10° - 15° . y ello es debido a que durante los 10° - 15° primeros de escora las verticales trazadas desde las sucesivas posiciones del centro de carena se cortan aproximadamente en un mismo punto llamado Metacentro, pero al ser mayores los ángulos de escora, el corte entre las verticales de las distintas posiciones se hace en puntos diferentes.

2.5.3.1 Estabilidad Transversal Inicial

Corresponde al estudio de la estabilidad del buque para ángulos de escora iguales o menores al rango de 10° - 15° . Durante los primeros 10° - 15° de escora, las verticales trazadas desde las sucesivas posiciones del centro de carena (B) se cortan aproximadamente en el Metacentro (M). De allí a que para inclinaciones menores de 10° puede asumirse KM constante.

Como sabemos, el desplazamiento del buque tiene como punto de aplicación el centro de gravedad y el empuje pasa por el centro de carena. Mientras el buque está en equilibrio, el desplazamiento es igual al empuje, y el centro de gravedad y el centro de carena están en la misma vertical.

Cuando por efecto de un balance el barco se escora un pequeño ángulo θ la carena cambia y, como consecuencia, el centro de carena se desplaza pasando de la posición B que tenía con el barco adrizado a la nueva posición B'. El centro de gravedad G, como es obvio, se mantiene en el mismo lugar puesto que no variará hasta que no añadamos, quitemos o traslademos de sitio pesos.

La consecuencia inmediata es que el empuje y el desplazamiento (que son siempre verticales en cualquier momento), aunque siguen siendo iguales, ya no están dirigidos según la recta que une sus puntos de aplicación B' y G, respectivamente.

Se ha generado un par de fuerzas que tenderá a hacer girar el barco. En esta condición, el barco intentará en esta situación a volver a su posición de adrizamiento. El par de fuerzas generado es, en este caso, un par adrizante y su intensidad o momento viene dado por la siguiente relación:

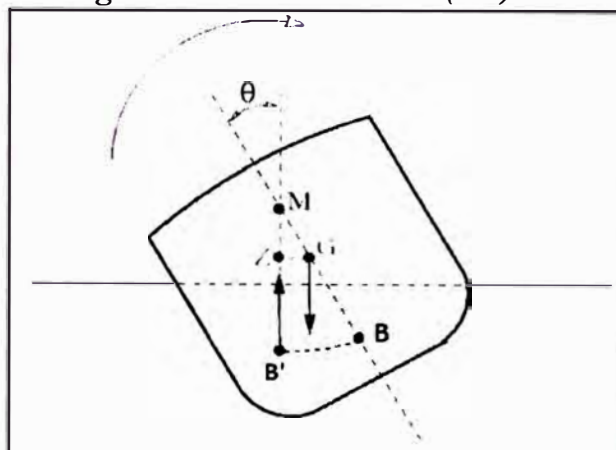
$$M_a = \Delta \times GZ$$

Donde Δ es el desplazamiento del barco y GZ es la distancia entre las líneas de aplicación del peso y el empuje, también conocido como **Brazo adrizante** y cuyo valor se determina por la siguiente relación:

$$GZ = GM \times \text{sen } \Theta$$

El brazo adrizante (Figura 5) es la medida principal que se utiliza para evaluar la estabilidad de un buque y su valor depende bastante de la ubicación del centro de gravedad.

Figura 5: Brazo adrizante (GZ)



Si una embarcación presenta un centro de gravedad en una posición baja, tendrá un mayor brazo adrizante y por consiguiente un Momento de adrizamiento mayor. Si por el contrario, el centro de gravedad está en una posición elevada y/o cercana al metacentro, el brazo adrizante será muy corto y por lo tanto, el momento de estabilidad estática para volver el buque a la posición de adrizado será considerablemente menor.

2.5.3.2 Estabilidad para grandes ángulos

Como se explico anteriormente, para pequeños ángulos de escora (Menores a 10°), es posible estudiar la estabilidad transversal con la ayuda de la altura metacéntrica GM, ya que el metacentro M, es un punto fijo cuya posición se puede determinar en cualquier buque.

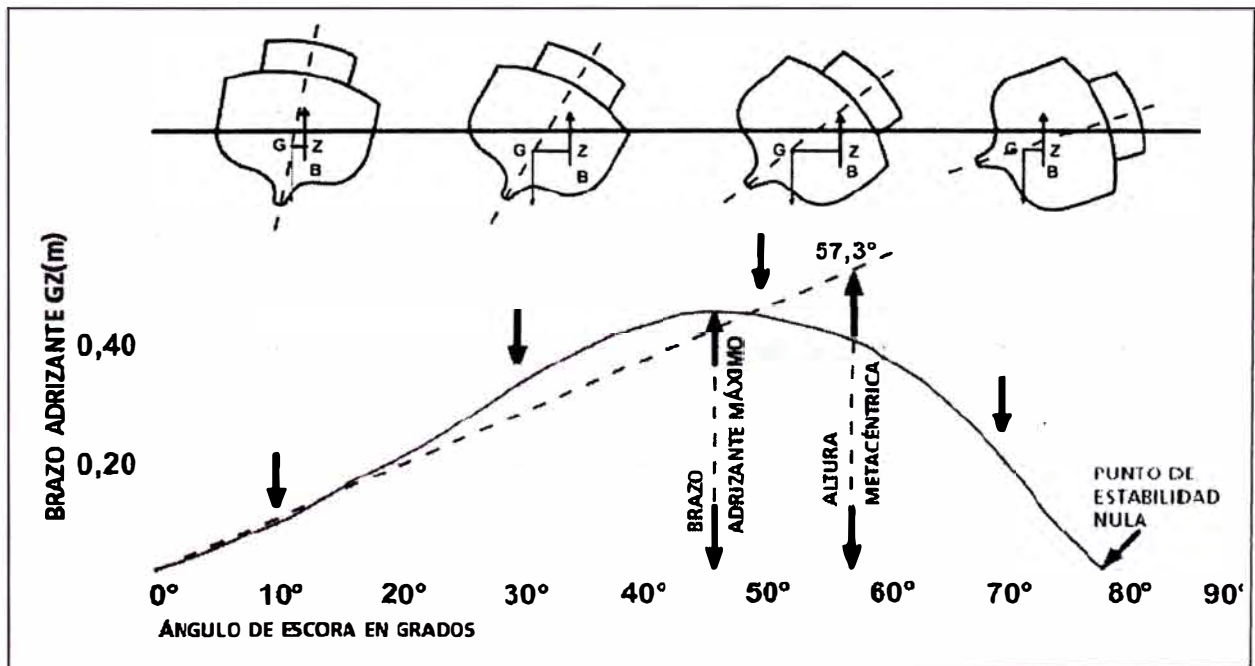
Sin embargo, para ángulos de inclinación mayores a 10° la posición del Metacentro cambia apreciablemente y no puede considerarse fijo. Al variar este punto, GM pierde validez, por lo que el nuevo índice de estabilidad es el brazo de adrizamiento (GZ).

Es por ello que, para determinar la estabilidad de un buque a grandes ángulos de escora, se deben calcular y graficar las Curvas de brazos adrizantes para las distintas condiciones de operación que se enfrenta. Estas curvas muestran gráficamente los valores de los brazos de estabilidad (GZ) producidos por el movimiento de un buque al volver a la posición de equilibrio desde varias condiciones de escora.

2.5.4 Las curvas de Estabilidad

Las curvas de estabilidad o curvas de brazos adrizantes es una representación gráfica de la estabilidad del buque bajo la condición de carga para la que fue calculada. Los estándares típicos que se analizan en esta curva son los siguientes:

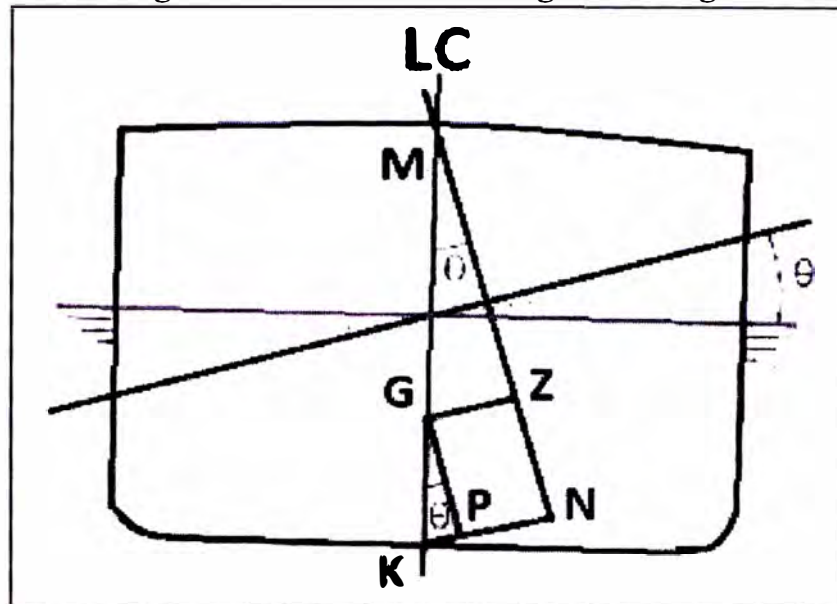
Figura 6: Curva de estabilidad



- El área debajo de la curva sirve como indicación de las fuerzas adrizantes disponibles para contrarrestar las fuerzas escorantes que actúan sobre el buque. En general, cuanto mayor sea el área debajo de la curva, más fuertes serán las fuerzas adrizantes presentes, y más fuertes serán las alteraciones en las operaciones que el buque pueda soportar. Por lo general se determina y analizan las áreas debajo de las curvas de 0 a 30 grados y de 30 a 40 grados de escora.
- El ángulo de escora para el máximo brazo adrizante debe ser mayor a un determinado ángulo. En general, cuanto más grande sea el brazo adrizante y mayor sea el ángulo de escora donde ocurra, las fuerzas adrizantes presentes aumentarán y más fuertes serán las alteraciones en las operaciones que el buque pueda soportar.
- El ángulo de escora en el que el brazo adrizante se hace cero indica el momento donde la estabilidad del buque pesquero cambia de fuerzas adrizantes positivas a fuerzas escorantes negativas. En general, cuanto mayor sea el ángulo donde ocurra esta transición, mayores serán las fuerzas adrizantes disponibles.

Para el cálculo de las curvas de brazos adrizantes, se parte de la hipótesis de que el centro de gravedad está en una posición fija K, ubicada en la parte más baja del centro del buque (Ver figura 7). A partir de este punto se calculan los brazos adrizantes KN (N proyección de B) para diferentes desplazamientos y escoras.

Figura 7: Brazo adrizante a grandes ángulos



Siguiendo la geometría de la Figura 6, y para una posición G del centro de gravedad tenemos:

$$GZ = KN - KM$$

$$KM = KG \cdot \sin(\theta)$$

$$GZ = KN - KG \cdot \sin(\theta)$$

2.5.5 Curvas cruzadas de estabilidad

Como se explico anteriormente, la curva de brazos adrizantes se obtiene suponiendo como fijos el desplazamiento Δ , y el centro de gravedad de la embarcación (G). Por lo tanto, si variamos el valor de cualquiera de estos dos elementos, cambiara la forma de la curva de brazos adrizantes.

Durante la operación de la embarcación, existen infinitos desplazamientos posibles y distintas posiciones del centro de gravedad, por lo que es imposible

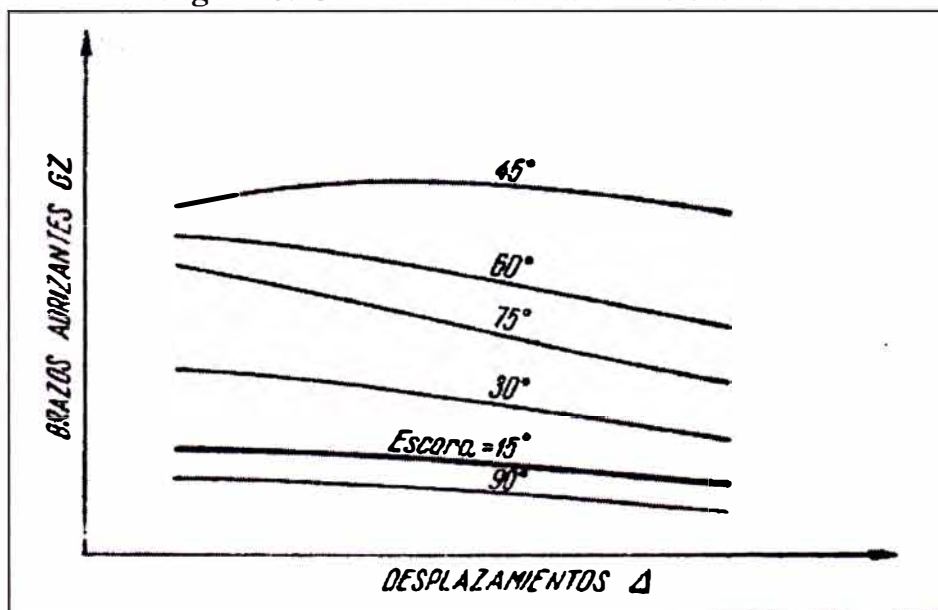
prever todas las combinaciones posibles y trazar las curvas de brazos adrizantes para su uso inmediato.

Siendo estas curvas de aplicación frecuente, es necesario conocer algún método que permita el trazado rápido de la curva de brazos adrizantes, conociendo el desplazamiento y centro de gravedad de la embarcación para determinada condición de carga, este método es el de las curvas cruzadas.

Las curvas cruzadas de estabilidad, dan el valor de los brazos adrizantes, en función del desplazamiento, para determinado ángulo de escora y para una posición determinada del centro de gravedad. Como esta última posición puede variar según la carga de la embarcación, las curvas cruzadas se trazan considerando una posición ideal o supuesta del centro de gravedad.

En la figura N° 8 podemos ver las curvas cruzadas de estabilidad de una embarcación.

Figura 8: Curvas cruzadas de estabilidad



2.5.6 Estabilidad Dinámica

Estudia las características de estabilidad de un buque cuando está en movimiento, especialmente cuando se balancea, y es la energía necesaria para inclinar una embarcación hasta un determinado ángulo de escora y contrarrestar, así, el momento de estabilidad estática.

La estabilidad dinámica se puede determinar midiendo el área bajo la curva de brazos adrizantes (curva GZ) hasta un determinado ángulo de escora. Cuanto mayor sea el área, mejor será la estabilidad dinámica. Las olas son la fuerza externa más común que provoca la escora de un buque. Las olas de pendiente pronunciada y poca longitud entre crestas, especialmente las rompientes, son las más peligrosas para los buques pequeños.

La relación entre la estabilidad dinámica de un buque y la energía de las olas es compleja y depende de ciertos factores como, por ejemplo, de la velocidad y rumbo del buque en relación con la velocidad y dirección de la ola. Sin embargo, por lo general, cuanto más pequeño sea el buque, más pequeñas serán las olas a las que se puede enfrentar.

CAPITULO III

ESTUDIO INICIAL DEL PROYECTO

3.1 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA EMBARCACION ORIGINAL

3.1.1 Descripción General

La embarcación en estudio, se trata de un embarcación pesquera diseñada para realizar la captura de anchoveta utilizando artes de pesca del tipo cerco y construida íntegramente en acero naval en el año 1962 por el astillero REMESA; astillero que cerró sus operaciones en el año 2000 y que se encontraba ubicado en el puerto del Callao.

Las líneas de forma transversales del la embarcación son en forma de “V” con astilla muerta y con dos codillos (Inferior y superior) que nacen en la roda de proa y se extienden a lo largo de toda la eslora, definiendo el fondo, y costado del la embarcación. (Ver en el plano N° EOR-101-LF; correspondiente a las líneas de forma).

La embarcación es de una sola cubierta principal, con superestructura y la habitabilidad de tripulantes dispuestos en la zona de proa con la finalidad de obtener suficiente espacio en la cubierta para realizar las maniobras de pesca. Esta embarcación cuenta con cinco bodegas ubicadas en la parte central bajo

cubierta principal, no refrigeradas comunicadas con la cubierta por medio de una escotilla de carga. Así mismo, en zona del espejo se cuenta con una rampa inclinada destinada a las maniobras de izada y botadura de la panga y para el lanzamiento de la red, durante la maniobras de cerco durante la pesca.

La propulsión se da por medio de un motor diesel del tipo marino instalado en la sala de maquinas ubicado a proa de la embarcaciones, el cual transmite la potencia a la hélice por medio de ejes que atraviesan el largo de la embarcación.

3.1.2 Características principales de la embarcación original

Eslora total	:	23.31 m
Manga moldeada	:	6.68 m.
Puntal moldeado	:	3.60 m.
Calado máximo	:	3.06 m.
Marca del Motor Principal	:	General Motors
Potencia instalada – RPM	:	360 BHP @ 1800 Rpm
Capacidad de bodega	:	119.39 m ³
Capacidad de combustible	:	6.43 m ³
Capacidad de agua dulce	:	0.58 m ³
Habitabilidad máxima	:	12 Personas

3.1.3 Distribución general de compartimentos

La distribución general de compartimentos se encuentra descrito de de proa hacia popa de la siguiente forma: (Ver Anexo Plano N° *EOR-100-DG*, correspondiente a la Disposición General).

A) Sobre cubierta principal la embarcación se encuentra distribuida de la siguiente forma:

a.1) Cubierta del Castillo:

Pañol y bajada a sala de maquinas a BR

Camarotes de tripulación (12 literas) a ER

Camarote del motorista a BR

Cocina a Br, baño a Er

a.2) Cubierta de la caseta:

Camarote del capitán

Cabina de mando

Guardacalor

a.3) Cubierta de trabajo:

Mástil, pluma principal y auxiliar, tangón y Winche de pesca.

Una escotilla de bodegas con cinco bocas de acceso y su respectiva tapa estanca

Un desaguador de pescado a babor

Una estructuras de defensa de red a Estribor

Un acceso al lazareto en el extremo de Popa-babor

B) Bajo cubierta principal, el casco está dividido por siete mamparos transversales y dos mamparos longitudinales estancos, en los siguientes compartimentos.

- Pique de proa.
- Sala de maquinas de proa
- Cinco bodegas de carga, dos a babor, dos a estribor y una central
- Tanques de almacenamiento de combustible en Popa - BR/ER
- Lazareto

3.1.3 Estructura General

El casco de la embarcación original fue construido íntegramente en acero naval, con estructura longitudinal en la cubierta, costado y fondo y con dos codillos longitudinales. En el plano N° *EOR-104-EG* podemos ver los detalles de la estructura original. El escantillonado de la embarcación es la siguiente:

- | | | |
|---------------|---|-------------------------------------|
| - Quilla | : | Plancha de 25.4 mm |
| - Sobrequilla | : | Perfil "T" alma 175x12.7, ala 100x8 |
| - Zapata | : | Plancha de 12.5 mm. |
| - Cubierta | : | Plancha de 6.4 mm. |
| - Fondo | : | Plancha de 8 mm. |
| - Costado | : | Plancha de 8 mm. |
| - Varengas | : | Perfil "L" alma 8mm, ala 100x8mm. |
| - Cuadernas | : | Perfil "L" de 200x100x8mm. |

- Baos	:	Perfil "T" de 200x100x8mm.
- Codillos	:	Barra circular de 38mm diámetro
- Longitudinales de cubierta:		Platina 100x12.7 mm.
- Longitudinales de fondo :		Platina 100x12.7 mm.
- Longitudinales de costado:		Platina 100x12.7 mm.
- Mamparos transversales :		Plancha de 6.4 mm.
- Mamparos longitudinales :		Plancha de 6.4 mm.
- Refuerzos de mamparos :		Platina de 85x8mm.
- Palmejares	:	Perfil "L" de 200x100x8mm.
- Carlinga	:	Plancha de 15.8 mm.
- Base de motor	:	Plancha de 200x25.4 mm.
- Rampa	:	Plancha de 8 mm.
- Refuerzos de rampa	:	Platina 100x12.7 mm
- Regala	:	Plancha de 6.4 mm.
- Barraganetes	:	Perfil "T" de 100x100x8mm.
- Tapa de regala	:	Tubo 4" diámetro SCH 40
- Túnel de Propulsión	:	Plancha de 6.4 mm.
- Planchaje de tanques	:	Plancha de 6.4 mm.

3.1.4 Estabilidad intacta de la embarcación Original

A fin de conocer las condiciones de estabilidad intacta de la embarcación original, fue necesario efectuar una prueba de estabilidad, la misma que nos

permitió encontrar algunos datos desconocidos como la Altura metacéntrica, la posición del Centro de gravedad y el desplazamiento de la embarcación en su condición en liviano. La prueba de estabilidad se realizó en el Muelle Municipal de Chimbote, bajo buenas condiciones climáticas y sin oleaje.

3.1.4.1 Prueba de estabilidad

- **Condiciones de la prueba:** Para el desarrollo de esta prueba participaron tres personas y se utilizaron cuatro bloques de concreto de distinto peso, un péndulo y equipo de medición. La embarcación se encontraba con todos sus equipos y aditamentos de pesca, en las siguientes condiciones:
 - Bodegas de pesca: A 0% de su capacidad
 - Tanque de Comb. diario Babor: A 15% de su capacidad (799 Kg.)
 - Tanque de Comb. diario Estribor: A 15% de su capacidad (799 Kg.)
 - Tanque de Comb. diario central: A 100% de su capacidad (454 Kg.)
 - Tanque agua dulce diario caseta - Br: A 0% de su capacidad
 - Tanque de agua dulce puente - centro: A 0% de su capacidad
 - Tanque de aceite hidráulico y de motor: A 0% de su capacidad

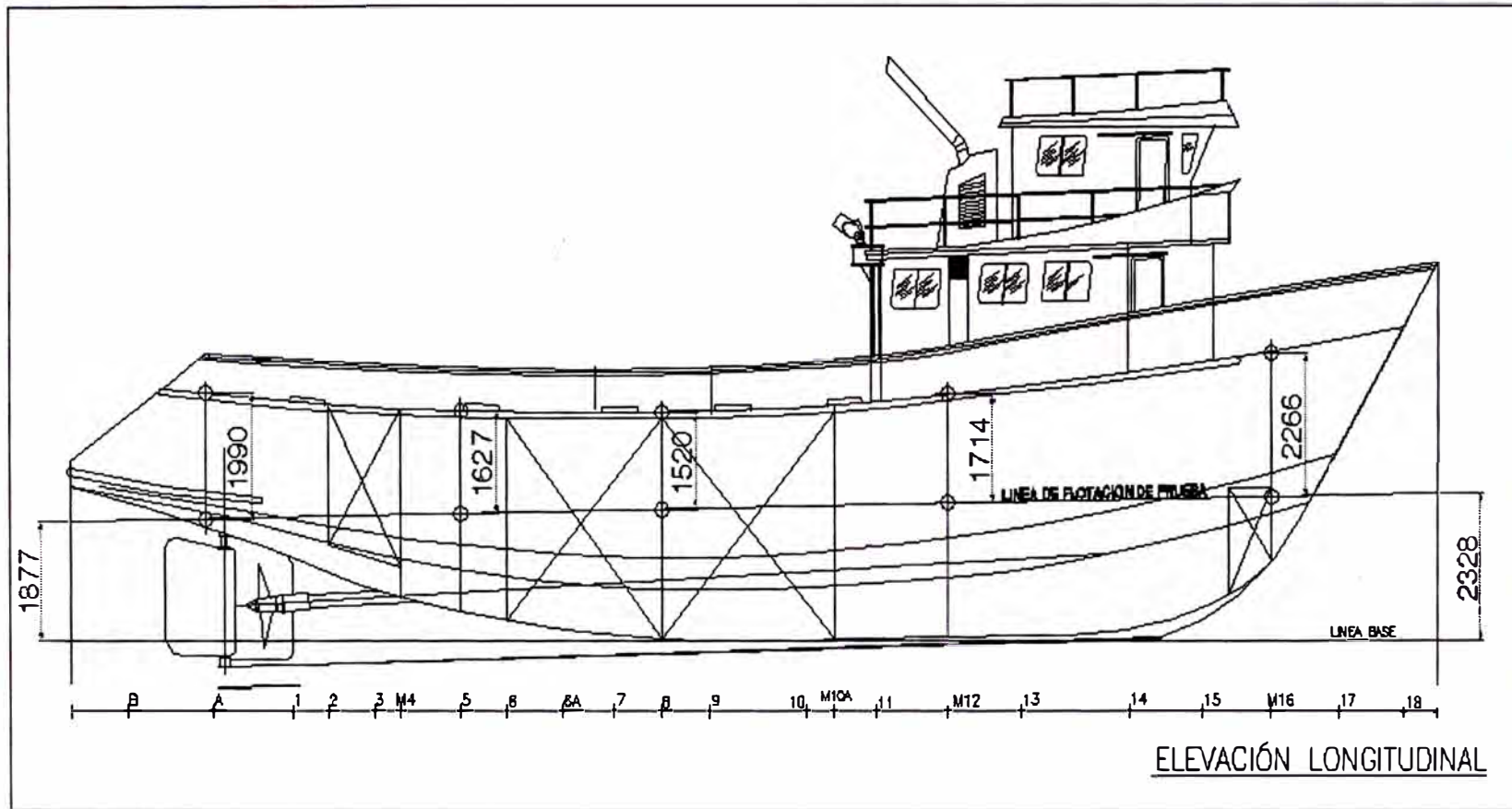
- **Pesos de los bloques:** Los pesos de los bloques empleados en la prueba de inclinación fueron los siguientes:
 - Pesos de estribor: $w_1 = 650$ Kg., $w_2 = 327$ Kg.
 - Pesos lado babor: $w_3 = 640$ Kg., $w_4 = 326$ Kg.

- Péndulo y equipos de medición:** Para la realización de la prueba de estabilidad se utilizó un péndulo metálico de 3500 mm. de longitud, el cual se colgó en la escotilla de carga, a la altura del Mamparo 8, en la línea central de la embarcación. Así mismo para la medición de las inclinaciones, se empleó una regleta metálica de 1500mm. de longitud, ubicándose el punto 1000 en la línea centro.
- Toma de calados:** A fin de determinar el calado medio, trimado y escora en que la embarcación estaba sumergido, se efectuó una toma de las distancias entre cubierta principal y las superficie del mar, en 5 puntos de la embarcación obteniéndose los siguientes datos:

UBICACIÓN	DISTANCIAS DESDE CUBIERTA PRINCIPAL		PROMEDIO (mm)	DIFERENCIA (mm)	MANGA (mm)	ANGULO
	BABO R (mm)	ESTRIBOR (mm)				
Mamparo "16"	2237,0	2287,0	2262,0	-50	8220	-0,35
Mamparo "12"	1635,0	1800,0	1717,5	-165	8220	-1,15
Mamparo "8"	1475,0	1565,0	1520,0	-90	6424	-0,80
Mamparo "5"	1570,0	1680,0	1625,0	-110	6424	-0,98
Cuaderna "A"	1948,0	2033,0	1990,5	-85	6424	-0,76

Una vez obtenidos estos puntos, se procedió a graficarlos en el plano de la embarcación a fin de hallar el trimado y calcular el Calado medio. En la figura N° 9 podemos ver la ubicación de los puntos y la línea de flotación de la embarcación en la prueba de estabilidad.

FIGURA N°9: CALADOS DE PRUEBA DE ESTABILIDAD



Luego de graficar la línea de flotación de la prueba de estabilidad, hallamos los calados en proa y popa, y con ello calculamos el trimado y el calado medio, los cuales nos servirán para los cálculos de la prueba:

CALCULO DEL CALADO MEDIO	
Calado en Popa	1,877
Calado en Proa	2,328
Trimado	-0,451
Calado Medio	2,1025

- **Medición de inclinaciones:** Como parte final de la prueba de estabilidad, se procedió a medir los ángulos de inclinación de la embarcación, para lo cual se efectuaron maniobras en la cubierta principal con 4 bloques de acero, los cuales eran desplazados de banda a banda en seis movimientos obteniéndose los datos mostrados en la Tabla 3.1:

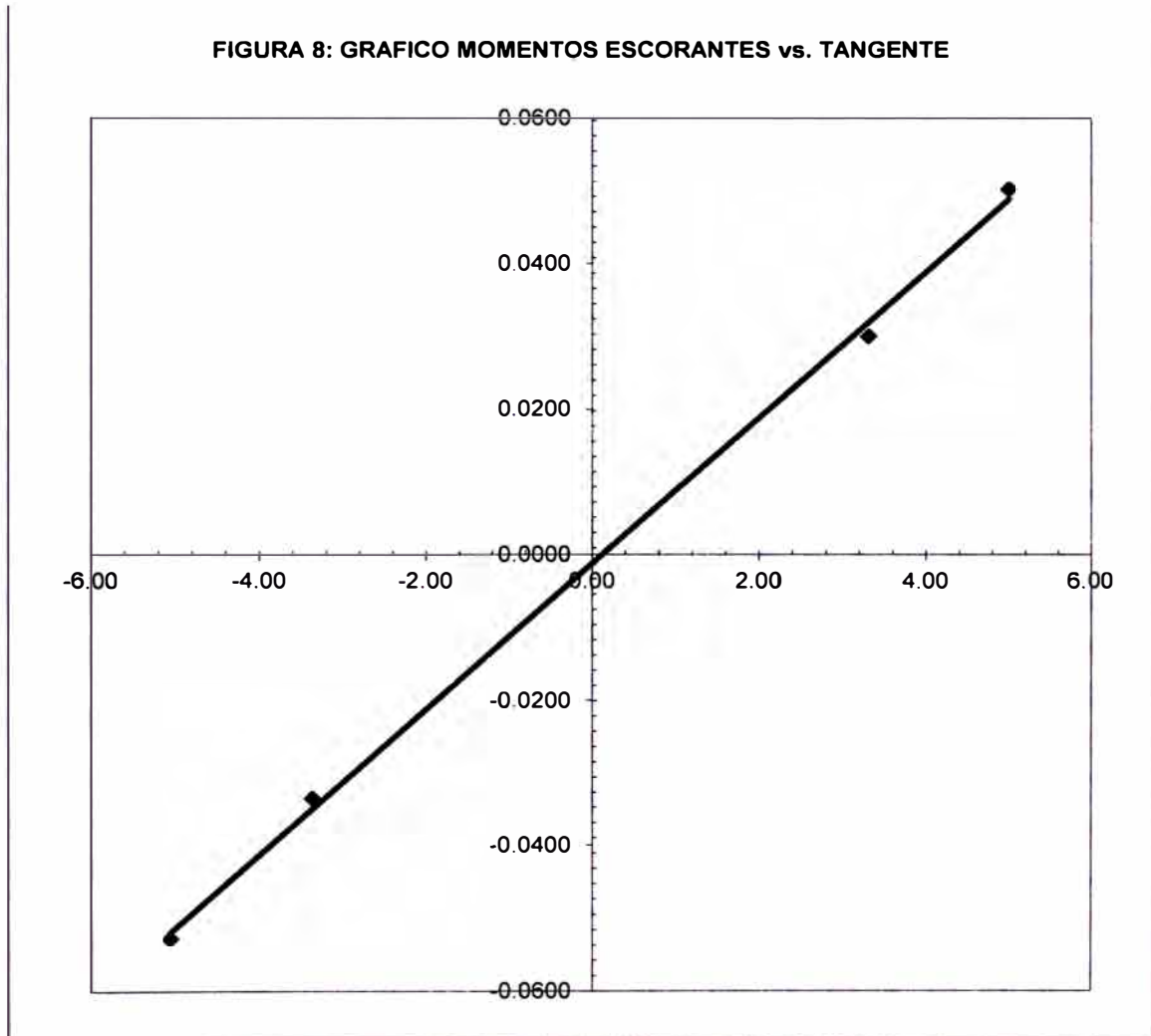
**TABLA Nº 3.1 - PRUEBA DE ESTABILIDAD
CALCULO DE MOMENTOS ESCORANTES Y DEFLEXIONES**

LUGAR : MUELLE MUNICIPAL - CHIMBOTE

PENDULOS			MOV.	PESOS	DISTANCIA DESDE POSICION INICIAL			MOMENTO ESCORANTE			No.	DEFLEXION PENDULO		TANGENTE	
No	UBIC.	LONG (mm)			No.	Peso (Ton)	BR (-) m	ER(+) m	(Ton-m)	BR (-) t-m		ER (+) tm	BR (mm)	ER (mm)	BR
1	BC	3500	Nº 2	1	0,650	-5,170		-3,361			1	-117,27		-0,0335	
									-3,361						
1	BC	3500	Nº 3	2	0,650 0,327	-5,170 -5,170		-3,361 -1,691			1	-184,72		-0,0528	
									-5,051						
1	BC	3500	Nº 5	1	0,640		5,170	3,309			1		105,12		0,0300
										3,309					
1	BC	3500	Nº 6	2	0,640 0,326		5,170 5,170	3,309 1,685			1		175,61		0,0502
										4,994					

NOTA	ESC. INICIAL
ESCORA 1º MOVIMIENTO	-0,04
ESCORA 2º MOVIMIENTO	-0,04
ESCORA INICIAL PROMEDIO	-0,04

Luego de obtener los datos de la prueba de inclinación, procedemos a dibujar el grafico Momento escorante vs. Tangente, obteniendo lo siguiente:



- **Resultados de la prueba:**

Para determinar la Altura metacéntrica de la embarcación, en base a los datos de la prueba, emplearemos el calado medio obtenido en la toma de calados ($T = 2.1025$ m.)

Con este calado, ingresamos a las curvas hidrostáticas de la embarcación original (Ver plano N° *EOR-102-CH*), y obtenemos el desplazamiento de la embarcación.

$$\Delta = 118.7 \text{ Ton}$$

Aplicando el teorema de la traslación transversal de pesos, obtenemos la altura metacéntrica de la embarcación:

$$GM = \frac{Wxd}{\Delta x \tan \emptyset}$$

- Por otro lado, el valor del KM se obtendrá de las curvas hidrostáticas ingresando con el valor del calado medio.

Con los datos obtenidos, calcularemos el VCG de la embarcación aplicando la siguiente relación:

$$VCG = KM - GM$$

Reemplazando los datos obtenemos el centro de gravedad vertical de la embarcación en rosca.

- Por otro lado, para el cálculo del centro de gravedad longitudinal (LCG), ingresamos a las curvas hidrostáticas y obtenemos el valor del LCB, el cual por tratarse de un casco con carena recta coincidirá con la ubicación del LCG.

$$LCB = LCG \text{ (Para carenas rectas)}$$

- Finalmente para el cálculo del centro de gravedad transversal (TCG), usamos el valor de la escora y el GM calculado y aplicamos lo siguiente:

$$\text{TCG} = \text{GM} \times \text{Tan}\varnothing$$

Donde \varnothing es el ángulo de escora hallado la prueba de estabilidad.

- En la tabla N° 3.2 tenemos los resultados finales de la prueba de estabilidad:

TABLA 3.2: Resultados de prueba de estabilidad

PARAMETRO	VALOR	UNID
CALADO MEDIO	2,103	(m)
DESPLAZAMIENTO	118,7	(t)
GM	0,854	(m)
KMt	3,889	(m)
VCG	3,035	(m)
LCG	10,942	(m)

Una vez calculado el centro de gravedad de la embarcación en rosca, procederemos a calcular las propiedades de la embarcación en liviano, para lo cual descontaremos los pesos añadidos en la prueba de inclinación, aumentaremos aquellos elementos que siempre permanecen constantes y realizaremos la corrección por los efectos superficie libre:

Notas:

- En el cálculo se tomó como referencia longitudinal y vertical el extremo inferior de popa
- Para efectos de cálculos se consideró las ubicaciones a estribor como (+) y las de babor como (-)

ITEM	DESCRIPCION	VOL	Peso espec.	PESO	LCG	MOMENTO LONGITUD.	TCG	MOMENTO TRANSVER.	VCG	MOMENTO VERTICAL	FSM
		.m 3	.T/ m3	.T	.m	.T - m.	.m	.T - m.	.m	.T - m.	.T- m.
1,0	PRUEBA DE ESTABILIDAD			118,70	10,942	1298,82	-0,001	-0,07	3,035	360,20	
2,0	PESOS A DESCONTAR DE LA PRUEBA										
	BLOQUES DE PRUEBA (2) - LADO ESTRIBOR			0,977	10,070	9,83	2,580	2,52	3,600	3,52	
	BLOQUES DE PRUEBA (2) - LADO BABOR			0,966	10,070	9,73	-2,590	-2,50	3,600	3,48	
	TOTAL A REDUCIR (PRIMERA PARTE)			1,943		19,565		0,016		6,994	
3,0	PESO DE FLUIDOS EN TANQUES A DESCONTAR										
	COMBUSTIBLE DIARIO BR (15 %)	0,940	0,850	0,799	5,347	4,27	2,496	1,99	1,754	1,40	0,58
	COMBUSTIBLE DIARIO ER (15 %)	0,940	0,850	0,799	5,347	4,27	-2,496	-1,99	1,754	1,40	0,32
	COMBUSTIBLE DIARIO	0,534	0,850	0,454	15,050	6,83	0,000	0,00	2,713	1,23	0,26
	AGUA DUCE DIARIO (BR) (0%)	0,000	1,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,00
	TOTAL A REDUCIR (SEGUNDA PARTE)			2,052		15,376		0,000		4,034	1,16
4,0	PESOS A ADICIONAR										
	ACEITE MOTOR	0,000	0,920	0,000	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	
	ACEITE HIDRAULICO (24 CILINDROS)	0,000	0,920	0,000	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	
	TOTAL A ADICIONAR			0,000		0,000		0,000		0,000	
	RESUMEN										
1,0	PRUEBA DE ESTABILIDAD	(+)		118,700		1298,815		-0,070		360,199	
2,0	PESOS A DESCONTAR DE LA PRUEBA	(-)		1,943		19,565		0,016		6,994	
3,0	PESO DE FLUIDOS EN TANQUES A DESCONTAR	(-)		2,052		15,376		0,000		4,034	
4,0	PESOS A ADICIONAR	(+)		0,000		0,000		0,000		0,000	
5,0	LIGHT SHIP (SIN CORRECCION F.S.M)			114,705	11,018	1263,87	-0,001	-0,087	3,044	349,170	
	CORRECCION POR SUPERFICIE LIBRE (FSM/DESPL)								0,010		
	LIGHT SHIP E/P "LOURDES"			114,705	11,018	1263,87	-0,001	-0,087	3,034	349,170	

En la tabla N° 3.3 podemos notar todas las consideraciones para hallar el desplazamiento y centro de gravedad de la embarcación en condiciones de desplazamiento Liviano.

Como podemos ver, el desplazamiento de la embarcación original era de 114.705 Toneladas.

Así mismo se realizó la corrección por efectos de superficie libre considerando aquellos tanques que contenían algún tipo de líquido durante el desarrollo de la prueba de estabilidad, por lo que el GM calculado es virtual.

Los resultados obtenidos nos servirán como base para realizar el estudio de estabilidad de la embarcación transformada, para lo cual debemos considerar todos aquellos pesos que se quiten y/o añadan durante la modificación.

3.2 DISEÑO DE LA TRANSFORMACION DE LA EMBARCACION

3.2.1 Requerimientos del Armador

Una vez obtenida la información de la embarcación original, se procedió a analizar los requerimientos del armador respecto a las actividades a las cuales sería destinada esta embarcación, a fin de efectuar el diseño y estudio de la transformación que se debía realizar, considerando para ello que la estructura tendría que ser diseñada y evaluada siguiendo las reglas de clasificación de la

ABS y las normas que dispone la Dirección General de Capitanía, con relación al nuevo tipo de actividad.

Entre los principales requerimientos del armador se tenía lo siguiente:

- La embarcación debe estar acondicionada y equipada para realizar trabajos de transporte de materiales y equipos pesados desde el muelle hasta la zona de fondeo de los barcos, brindando las condiciones de seguridad necesarias tanto para la tripulación, la embarcación y los elementos transportados.
- Se debe acondicionar la cubierta a fin de obtener el espacio suficiente para realizar maniobras de trabajo, así como la opción de cargar hasta 40 Ton. de carga adecuadamente estibadas.
- Las bodegas deben ser convertidas en un gran espacio de almacenamiento de carga solida, por lo que se debe asegurar su estanqueidad.
- La embarcación realizara trabajos de apoyo en las maniobras de ingreso y salida de otras naves y aparatos flotantes a los muelles y astilleros, por lo que se debe acondicionar y reforzar la proa y popa del barco para este fin.

3.2.2 Propuesta de modificación

A fin de cumplir con los requerimientos dados por el armador, y buscando la alternativa más factible y rentable, se decidió efectuar las siguientes modificaciones en la embarcación:

a) En la cubierta principal:

- Mantener algunos elementos del sistema de arboladura original como el mástil y la pluma auxiliar, a fin de que puedan ser usadas en las tareas de izaje y descarga de materiales pesados.
- Se deben retirar los aparejos y maquinaria de pesca existente en la cubierta como el carrete de garetta, el desaguador y la defensa de red, esto para liberar espacio en la zona.
- Retirar la rampa posterior, e incrementar el área de la cubierta principal hacia popa, a fin de cubrir toda la cubierta.
- Retirar la escotilla de carga de la cubierta principal y cerrar el acceso a las bodegas mediante una tapa estanca que puede ser removible. Esta tapa debe tener una compuerta estanca que permita el acceso de personas a la bodega principal.
- Se deben adicionar dos bitas en la popa, una a cada banda, a fin de dar un mejor soporte y seguridad a la embarcación cuando sea amarrada a algún muelle o barco.
- Instalar una polea en la popa de la embarcación, la cual será empleada en las tareas de remolque de pequeños artefactos marinos como boyas, pangas, etc.

b) En las bodegas

- Se deben retirar los mamparos longitudinales y transversales que dividen las bodegas de la embarcación, a fin de que en este espacio pueda ser usado para almacenar cargas secas voluminosas.
- Se debe dimensionar e instalar vagras en el fondo y esloras en la cubierta de las bodegas, a fin de no dejar desprotegida la estructura, por el retiro de los mamparos.
- Se deben instalar puntales sobre las vagras y a lo largo de las bodegas, de tal forma que puedan dar el mismo soporte y resistencia que los mamparos retirados.
- Se debe el piso de la cubierta a fin de evitar que hayan desniveles.

c) En el acomodamiento

- Retirar las literas y casilleros de la tripulación, y en su lugar instalar grandes bancas acolchadas para el traslado de personas, en caso fuera necesario.

d) En el casco

- Reducir en 21 cms. la eslora del barco en proa, reforzando su estructura con buzardas a fin de que pueda realizar trabajos de empuje a otras embarcaciones.

- Instalar verduguetes en el forro de la popa del barco, de tal forma que se pueda proteger el casco de golpes y choques en los muelles.
- Se realizará una calibración del forro del casco tanto el fondo, costados y cubierta, a fin de determinar si es necesario realizar un cambio de planchas en las zonas más afectadas.

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL PROYECTO

Luego de haber obtenido información de la embarcación pesquera original, de conocer los requerimientos del armador respecto a las nuevas tareas que desarrollara esta nave y de haber planteado las posibles modificaciones, procederemos a estudiar a fondo todos los cambios propuestos, a fin de garantizar que estos se realicen acorde a las normas y parámetros ingenieriles. Para ello analizaremos inicialmente, la estructura de la embarcación original y las modificaciones estructurales que se planeen realizar. Posteriormente veremos los cambios en los equipos y sistemas del barco y finalmente, con todas las modificaciones ya definidas, estudiaremos la estabilidad y francobordo de la embarcación.

4.1 CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LA EMBARCACION MODIFICADA

Antes de llevar a cabo todos los cambios realizables a la embarcación planteadas anteriormente, es necesario efectuar un análisis de la nueva estructura que tendrá la embarcación, a fin de garantizar su rigidez y resistencia durante el desarrollo de sus operaciones.

Para ello usaremos “Reglas para la construcción y clasificación de embarcaciones con eslora menor a 90 metros” de la American Bureau of Shipping – 2011, y analizaremos el escantillonado de la embarcación, así como sus planchas, refuerzos y demás elementos estructurales.

Como paso inicial efectuaremos un cálculo del escantillón mínimo que debe tener la embarcación, en base a sus dimensiones principales (eslora, manga y puntal), tipo de estructura y separación de refuerzos. Una vez obtenidos estos datos, procederemos a compararlo con el escantillonado original de la embarcación, a fin de establecer si la estructura actual es lo suficientemente resistente, caso contrario determinaremos cuales son los elementos estructurales que se deben añadir, reforzar o modificar para que la embarcación cumpla con los requisitos establecidos por las reglas de clasificación.

4.1.1 Definiciones

Según la norma de clasificación, en la Parte 3, Capítulo 1, Sección 1, Numeral 3 (Esloras), para el uso de las reglas, la eslora de escantillonado (L) no debe ser menor al 96% ni mayor al 97% de la eslora en la flotación de verano.

Para calcular este valor debemos hallar primero el calado de máxima carga, el cual coincide con la flotación de verano, para lo cual recurrimos a la normativa nacional, la cual indica que se tomara como eslora (L), el 96% de la eslora total en una línea de flotación situada a una distancia desde la quilla igual al 85% del puntal de trazado, por lo que tenemos:

Puntal modelado (D)	:	3.60 m
85% D	:	3.06 m
Eslora de flotación @ 85%D	:	21.725 m
96% eslora de flotación	:	20.856 m

Según los resultados obtenidos, podemos ver que el valor de la eslora de verano, calculado con la metodología del Reglamento para la asignación de la línea de máxima carga (20.856 m.) se encuentra fuera de rango, por lo que tomaremos el valor mínimo según la ABS, con lo cual tenemos lo siguiente:

Flotación de verano	:	3.4 m
Eslora de flotación en verano (L_{WL})	:	21.982 m
96% (L_{WL})	:	21.102 m.

Finalmente, los valores que emplearemos en nuestros cálculos serán:

Eslora (L)	:	21.102 m.
Manga (B)	:	6.68 m.
Puntal (D)	:	3.6 m.

Con estos valores podremos comenzar a calcular todo el escantillonado de la embarcación.

4.1.2 Separación entre refuerzos

De acuerdo a lo indicado en las reglas de clasificación, la separación entre refuerzos principales (Según el tipo de estructura de la embarcación) no debe ser mayor a:

$$S = 508 + 0.83 L \quad (m)$$

Donde:

L : Eslora del buque = 21.102 m.

Reemplazando tenemos: **S = 525.5 m.**

Por lo que la separación entre refuerzos debe ser menor a 525.5 mm

En nuestro caso, S = 500 → Cumple la condición

4.1.3 Cálculo del espesor mínimo de planchas en casco y mamparos

4.1.3.1 Espesor de planchas del fondo

Según indica la norma en la parte 3-2-2/3.3, el espesor de las planchas del fondo para barcos con estructura longitudinal no debe ser menor al obtenido en la siguiente ecuación:

$$t = \frac{s\sqrt{h}}{254} + 2.5 \text{ mm.}$$

t : Espesor de la plancha del fondo en mm.

s : Separación de longitudinales en mm. = 500 mm.

h : Calado en metros = 3.6 m.

$$\Rightarrow t_{\min} = 6.2349.$$

4.1.3.2 Espesor de planchas del costado

De acuerdo a la parte 3-2-2/5.1 de la norma, el espesor de las planchas del costado para barcos con estructura longitudinal no debe ser menor al obtenido en la siguiente ecuación:

$$t = \frac{s\sqrt{h}}{268} + 2.5 \text{ mm.}$$

Donde:

t : Espesor de la plancha del costado en mm.

s : Separación de longitudinales en mm. = 500 mm.

h : Calado en metros = 3.6 m.

$$\Rightarrow t_{\min} = 6.039$$

4.1.3.3 Espesor de planchas de cubierta

Para el caso de las planchas de cubierta, en la parte 3-2-3/3.1 de la norma se establece que espesor de estas no debe ser menor que la calculada en la siguiente ecuación:

$$t = \frac{s\sqrt{h}}{254} + 2.5 \text{ mm.}$$

Donde:

t : Espesor de la plancha de cubierta en mm.

s : Separación de longitudinales en mm. = 500 mm.

h : Tomando como altura el caso más crítico, que es el de una cubierta que transporta carga (h=3.66 m)

$$\Rightarrow t_{\min} = 6.2659$$

4.1.3.4 Espesor de planchas costado de castillo

Según la norma, el espesor mínimo de las planchas del costado del castillo de proa no debe ser menor al calculado en la siguiente ecuación:

$$t = 0.038 * (L + 30.8) + 0.006 * s \quad (mm)$$

Donde:

t : Espesor de la plancha del costado de castillo en mm.

s : Separación entre refuerzos en mm. = 500 mm.

L : Eslora de la embarcación según cálculos previos (L = 21.102 mm.)

$$t_{cmin} = 4.97 \text{ mm.}$$

4.1.3.5 Espesor de planchas de Mamparos

De acuerdo a lo establecido por la norma en la parte 3-2-7/5.1, el espesor mínimo de los mamparos estancos se debe calcular de la siguiente manera:

$$t = s * k * \frac{\sqrt{q * h}}{c} + 1.5 \text{ mm.}$$

Donde:

t : Espesor de la plancha del mamparo en mm.

S : Separación entre refuerzos en mm. = 500 mm.

k, α : Factores que dependen de la forma del mamparo

q : 1

h : Distancia entre la parte inferior y superior del mamparo

Hallando “h” para cada mamparo analizado:

$$h_{M4} = 3.66 \text{ m.}$$

$$h_{M10} = 3.60 \text{ m.}$$

$$h_{M12} = 3.82 \text{ m.}$$

$$h_{M16} = 3.28 \text{ m.}$$

c : Factor según tipo de mamparo

254 (Para mamparos de colisión)

290 (Para mamparos estancos)

Reemplazando datos tenemos los siguientes resultados:

	M4	M10	M12	M16
s	500	500	500	500
α	2,164	1,457	2,551	1,032
k	1	0,9454	1	0,8027
q	1	1	1	1
h	3,66	3,68	3,82	3,29
c	290	290	290	254
t	4,798	4,627	4,870	4,366
t_{min}	6	6	6	6

Según los resultados obtenidos, podemos ver que en todos los casos, el espesor de los mamparos es menor al valor mínimo establecido por la norma (6mm.) por lo que se tomara este valor como referencia al momento de efectuar las comparaciones.

4.1.3.6 Comparación y validación de las planchas existentes

Luego de calcular el espesor mínimo que deben tener las planchas del casco y del los mamparos acorde a las formulas de la norma ABS, procederemos a comparar estos valores con el espesor real que se tiene en la embarcación a fin de validar estas estructuras. En caso que se detecte que alguna de las planchas existentes es de un espesor menor al valor mínimo calculado, estas deberán ser cambiadas por unas del espesor adecuado a fin de que la embarcación cumpla con los requisitos de la norma.

En la tabla N° 4.1 se muestra una comparación entre los espesores reales de las planchas de la embarcación y los valores calculados:

Tabla N° 4.1: Comparación entre espesores reales y teóricos según ABS

UBICACION	Espesor Real (mm.)	Espesor mínimo ABS (mm)	Cumple
Plancha del fondo	8	6,234	Si
Plancha del costado	6,4	6,039	Si
Plancha de cubierta	6,4	6,266	Si
Plancha de caseta	6,4	4,970	Si
Mamparo 4	6,4	4,798	Si
Mamparo 10	6,4	4,627	Si
Mamparo 12	6,4	4,870	Si
Mamparo 16	6,4	4,366	Si

Como se puede observar, todas las planchas existentes en la embarcación cumplen con el espesor mínimo requerido según las formulas de la ABS, por lo que quedan validadas, no obstante es necesario efectuar una calibración de estas a fin de determinar si se encuentran en buenas condiciones y si el espesor real en físico está entre los rangos permisibles.

4.1.4 Cálculo del escantillonado del fondo del casco

4.1.4.1 Cálculo de Varengas

Según las fórmulas establecidas por la ABS en la parte 3-2-4/5.3.1 (Estructura de fondos sencillos), el Modulo de sección de las varengas reforzadas no deberá ser menor al valor obtenido de la siguiente ecuación:

$$SM = 7.8 * c * h * s * l^2 \quad (cm^3)$$

Donde:

SM = Modulo de sección de la varenga reforzada (cm³)

h = Distancia entre fondo de la varenga y la cubierta al costado (m)

c = 0.915

s = Separación entre varengas (m)

l = Luz no soportada de la varenga (m)

Reemplazando las variables con los valores reales de la embarcación, obtendremos el Modulo de sección mínimo que deben tener las varengas según las reglas de la ABS. Una vez calculados estos valores, procederemos a compararlos con el Modulo de Sección que tienen las varengas existentes, a fin de validar dicha estructura, para lo cual se deberá efectuar el cálculo del Modulo de sección de la forma ordinaria.

En la siguiente tabla podemos ver la configuración estructural de las varengas existentes en la embarcación por zonas:

ZONA	Perfil de Varenga	Alma		Ala	
		Espesor	Long	Espesor	Long
Lazareto	T	8	300	8	100
Bodega	L	8	200	8	100
Sala de Máquinas	L	8	200	8	100

Dentro de las varengas que analizaremos se incluirán las Varengas N° 6 y 8, las cuales se formaran a partir de Mamparos existentes, los mismos que serán retirados como parte de las modificaciones hechas a la embarcación. Estos mamparos se cortaran formando un anillo estructural, conformado por las varengas, cuadernas y baos, con dimensiones y formas similares a las estructuras aledañas. Así mismo se instalara una varenga adicional (N° 6A) la cual ayudara a reducir los esfuerzos formados en la nueva ubicación de la escotilla central. En la Tabla N° 4.2 se pueden ver las variables usadas para calcular el modulo de

sección de las varengas según la ABS y la comparación con el Modulo de las Varengas existentes:

TABLA 4.2: Cálculo de Varengas

ZONA	VARENGA	c	h	s	l	MS _{ABS}	MS _{Real}	Cumple
Lazareto	Varenga A	0,915	1,99	2,29	2,98	287,2	470,3	SI
	Varenga 2	0,915	2,21	1,70	3,12	261,7	466,0	SI
Bodega	Varenga 5	0,915	2,79	0,90	2,46	108,5	258,0	SI
	Varenga 6	0,915	2,88	0,87	2,54	114,3	239,5	SI
	Varenga 6A	0,915	2,66	0,92	2,56	114,0	258,2	SI
	Varenga 7	0,915	2,73	0,85	2,57	109,0	257,3	SI
	Varenga 8	0,915	2,77	0,80	2,57	104,7	238,7	SI
	Varenga 9	0,915	3,15	1,23	2,56	180,6	261,1	SI
	Varenga 10	0,915	3,19	1,43	2,49	201,5	262,4	SI
Sala de máquinas	Varenga 11	0,915	3,30	1,21	2,40	163,1	260,9	SI
	Varenga 12	0,915	3,25	1,24	2,25	146,0	261,2	SI
	Varenga 13	0,915	3,21	1,55	2,42	208,3	263,0	SI
	Varenga 14	0,915	3,08	1,54	2,00	135,4	262,9	SI
	Varenga 15	0,915	2,84	1,21	1,50	55,3	261,0	SI

Como se puede observar, todas las varengas existentes superan el valor del Modulo de Sección mínimo que establece la ABS, por lo que estas estructuras pueden permanecer instaladas en la embarcación.

4.1.4.2 Cálculo de Vagras

Como se menciono anteriormente, una de las principales modificaciones que debía sufrir la embarcación, era el retiro de sus mamparos longitudinales ubicados en las bodegas. A fin de no alterar la resistencia estructural en esta

zona, se formaron vagras y esloras reforzadas, los cuales estaban soportados por puntales. Para determinar las dimensiones que debían tener estas vagras, aplicamos las formulas de la ABS en la parte 3-2-4/5.3.1 donde establece que el Modulo de sección de las Vagras reforzadas no deberá ser menor al valor obtenido de la siguiente ecuación:

$$SM = 7.8 * c * h * s * l^2 \quad (cm^3)$$

Donde:

SM = Modulo de sección de la vagra reforzada (cm^3)

c = 0.915

h = Distancia desde el centro del área soportada por la vagra hasta la cubierta al costado: 3.018 m

s = Separación entre vagras: 1.5 m

l = Luz no soportada de la vagra: 1.57m

Reemplazando valores tenemos que:

$$SM = 79.639 \text{ cm}^3$$

Con el Modulo de sección calculado, podemos determinar las dimensiones que debe tener la vagra a fin de que cumpla con las especificaciones de la ABS.

Si consideramos una vagra con un perfil "T", de 200x6.4mm. de alma y 100x8mm. de ala, podemos notar que su Módulo de Sección resultante es de 243.38 cm^3 , superando al mínimo requerido por la clasificadora.

4.1.4.3 Cálculo de Longitudinales de fondo

Según las reglas establecidas por la ABS, en la parte 3-2-4/5.7, el Modulo de sección de los refuerzos longitudinales de fondo se debe calcular aplicando la siguiente ecuación:

$$SM = 7.8 * c * h * s * l^2 \quad (cm^3)$$

Donde:

SM = Modulo de sección de los refuerzos longitudinales (cm³)

h = Distancia desde el centro del longitudinal a la cubierta al costado

c = 1.0

s = Separación entre refuerzos (m)

l = Luz no soportada por los refuerzos (m)

Reemplazando las variables con las dimensiones de los refuerzos longitudinales existentes obtenemos los siguientes resultados:

ZONA	Espesor (mm.)	Longitud (mm.)	c	h	s	l	MS _{ABS}	MS _{REAL}	Cumple
Lazareto	12,7	125	1	2,80	0,5	2,30	57,77	64,61	SI
Bodegas	12,7	100	1	3,51	0,5	1,05	15,37	42,76	SI
Sala de máquinas	12,7	100	1	3,59	0,5	1,27	22,69	42,76	SI

Como podemos observar, todas las longitudinales existentes superan el valor del Modulo de Sección mínimo requerido por la ABS, por lo que no se requiere efectuar ningún cambio en estas estructuras.

4.1.5 Cálculo del escantillonado del costado del casco

Al igual que en el cálculo del escantillonado de fondo, efectuaremos un análisis de la estructura del costado de la embarcación aplicando las reglas de la ABS, esto con la finalidad de validar la capacidad y resistencia estructural de los refuerzos existentes y de las modificaciones que se pretenden realizar.

4.1.5.1 Cálculo de Bulárcamas

De acuerdo a las normas establecidas por la ABS en la parte 3-2-5/7.1, el cálculo del Modulo de Sección de las bulárcamas de una embarcación con estructura longitudinal se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$SM = 7.8 * c * h * s * l^2 \quad (cm^3)$$

Donde:

SM = Modulo de sección de las bulárcamas (cm³)

h = Distancia vertical en m. desde el punto medio de la bulárcama, hasta la cubierta al costado, pero no menor al resultado de la siguiente relación: $0.02 * L + 0.46$ m.

c = 0.915 a popa del Pique de Proa
1.13 en el pique de proa

s = Separación entre bulárcamas (m)

l = Luz no soportada por las bulárcamas, tomado en línea recta (m)

Aplicando el mismo procedimiento que usamos en el cálculo de los refuerzos del fondo, reemplazaremos las variables con los valores reales de la

embarcación, obteniendo así el Modulo de sección mínimo que deben tener las bulárcamas según las reglas de la ABS. Una vez calculados estos valores, procederemos a compararlos con el Modulo de Sección real que tienen las bulárcamas existentes, a fin de validar dicha estructura, para lo cual se deberá efectuar el cálculo del Modulo de sección de la forma ordinaria.

En la siguiente tabla podemos ver el perfil y dimensiones estructurales de las bulárcamas existentes en la embarcación por zonas:

ZONA	Perfil de Varenga	Alma		Ala	
		Espesor	Long	Espesor	Long
Lazareto	T	8	200	8	100
Bodega	L	8	200	8	100
Sala de Maquinas	L	8	200	8	100

Dentro de las estructuras que analizaremos se encuentran las Bulárcamas N° 6 y 8, las cuales se formaran a partir de los Mamparos del mismo número, los mismos que serán retirados como parte de las modificaciones hechas a la embarcación.

Estos mamparos serán cortados dando forma a las bulárcamas, con dimensiones y formas similares a las estructuras aledañas. Así mismo se instalara una bulárcama adicional (N° 6A), la cual soportar los esfuerzos formados en la nueva posición de la escotilla central.

En la Tabla N° 4.3 podemos observar las variables usadas para calcular el modulo de sección de las bulárcamas según la ABS y la comparación con el Modulo de las bulárcamas existentes:

TABLA N° 4.3: Cálculo de Bulárcamas

ZONA	BULARCAMA	c	h	s	l	MS _{ABS}	MS _{Real}	Cumple
Lazareto	Bulárcama A	0,915	0,88	2,30	1,77	45,6	262,6	SI
Bodega	Bulárcama 5	0,915	1,06	0,90	2,14	31,3	253,9	SI
	Bulárcama 6	0,915	1,09	0,87	2,19	32,2	236,0	SI
	Bulárcama 6A	0,915	1,12	0,92	2,24	36,6	254,1	SI
	Bulárcama 7	0,915	1,14	0,85	2,28	35,7	253,0	SI
	Bulárcama 8	0,915	1,15	0,80	2,31	34,9	235,2	SI
	Bulárcama 9	0,915	1,16	1,24	2,33	55,3	257,6	SI
Sala de máquinas	Bulárcama 10	0,915	1,15	1,43	2,32	63,3	259,0	SI
	Bulárcama 11	1,13	1,14	1,21	2,32	65,5	257,3	SI
	Bulárcama 13	1,13	1,15	1,55	2,34	85,2	259,7	SI
	Bulárcama 14	1,13	1,06	1,54	2,29	75,7	259,6	SI
	Bulárcama 15	1,13	1,11	1,21	2,23	59,0	257,3	SI

Como se puede observar, todas las bulárcamas existentes superan el valor del Modulo de Sección mínimo que establece la ABS, por lo que estas estructuras pueden permanecer instaladas en la embarcación.

4.1.5.2 Cálculo de Longitudinales de costado

Según las reglas establecidas por la ABS, en la parte 3-2-5/3.1, el Modulo de sección de los refuerzos longitudinales de costado se debe calcular aplicando la siguiente ecuación:

$$SM = 7.8 * c * h * s * l^2 \quad (cm^3)$$

Donde:

SM = Modulo de sección de los refuerzos longitudinales (cm³)

h = Distancia desde el centro del longitudinal hasta la cubierta al costado, pero no menor al resultado de la siguiente relación:

$$0.02 * L + 0.46 \text{ m.}$$

c = 0.915

s = Separación entre refuerzos (m)

l = Luz no soportada por los refuerzos (m)

Reemplazando las variables con las dimensiones de los refuerzos longitudinales existentes obtenemos los siguientes resultados:

ZONA	Espesor (mm.)	Longitud (mm.)	c	h	s	l	MS_{ABS}	MS_{REAL}	Cumple
Lazareto	12,7	100	0,915	1,48	0,59	2,50	38,95	41,88	SI
Bodegas	12,7	100	0,915	1,72	0,595	1,66	20,38	41,90	SI
Sala de máquinas	12,7	100	0,915	1,77	0,612	1,82	25,98	41,99	SI

Como podemos observar, todos los refuerzos longitudinales de fondo existentes presentan un Modulo de sección superior al mínimo establecido por las normas de la ABS, por lo que no es necesario cambiar estas estructuras.

4.1.6 Cálculo del escantillonado de la cubierta del casco

4.1.6.1 Cálculo de Baos

A fin de determinar si los Baos existentes e instalados, presentan la resistencia estructural que requiere la embarcación, recurrimos a la ABS la cual

establece en la parte 3-2-6/3.3 que el Modulo de Sección mínimo de estas estructuras se calcula mediante la siguiente relación:

$$SM = 7.8 * c * b * h * l^2 \quad (cm^3)$$

Donde:

SM = Modulo de sección mínimo de los baos reforzados (cm^3)

c = 0.6

h = En cubiertas libres sin superestructuras encima:

$$h = 0.02 * L + 0.76$$

En cubiertas con superestructuras encima:

$$h = 0.02 * L + 0.46 \text{ m.}$$

b = Espacio entre refuerzos transversales (m)

l = Longitud no soportada por los refuerzos (m)

En el caso de la embarcación en análisis, los baos existentes presentan la siguiente configuración estructural:

ZONA	Perfil de Varenga	Alma		Ala	
		Espesor	Long	Espesor	Long
Lazareto	T	8	200	8	100
Bodega	T - L	8	200	8	100
Sala de Maquinas	T - L	8	250	8	100

Dentro de las estructuras que analizaremos, se incluirán los Baos N°6, y 8, los mismos que se formaran a partir de mamparos existentes y tomaran la forma

de las estructuras aledañas. Así mismo se formara un bao adicional (N° 6A), el cual ayudara a soportar los esfuerzos de la nueva escotilla central.

Analizando los baos de la embarcación con las formulas de la ABS obtenemos los resultados mostrados en la tabla N° 4.4:

TABLA N° 4.4: Cálculo de Baos

ZONA	BAOS	c	h	b	l	MS _{ABS}	MS _{Real}	Cumple
Lazareto	Baos A	0,6	1,18	1,65	3,20	93,0	260,2	SI
	Baos 2	0,6	1,18	1,60	3,23	92,3	260,0	SI
Bodega	Baos 5	0,6	1,18	0,90	2,56	32,7	253,9	SI
	Baos 6	0,6	1,18	0,87	2,56	31,4	236,0	SI
	Baos 6A	0,6	1,18	0,92	3,00	45,6	254,1	SI
	Baos 7	0,6	1,18	0,85	1,90	17,0	253,1	SI
	Baos 8	0,6	1,18	0,80	1,90	16,0	235,2	SI
	Baos 9	0,6	1,18	1,24	3,00	61,7	257,6	SI
	Baos 10	0,6	1,18	1,07	2,55	38,5	256,0	SI
	Baos 10A	0,6	1,18	0,60	1,50	7,4	247,6	SI
	Baos 11	0,6	1,18	0,97	2,50	33,5	254,8	SI
Sala de máquinas	Baos 12	0,6	0,88	1,24	2,43	30,0	257,6	SI
	Baos 13	0,6	0,88	1,55	6,00	229,6	259,7	SI
	Baos 14	0,6	0,88	1,54	5,50	192,3	259,6	SI
	Baos 15	0,6	0,88	1,21	5,01	125,4	257,3	SI

Como se puede observar, todos los baos existentes en la embarcación y los que se instalaron posteriormente superan largamente el valor mínimo del Modulo de Sección establecido por la ABS, por lo que estas estructuras pueden permanecer instaladas en la embarcación.

4.1.6.2 Cálculo de Longitudinales de cubierta

Al igual que en los casos anteriores, utilizaremos las reglas de clasificación de la ABS para calcular el Módulo de Sección mínimo que deben

tener los refuerzos longitudinales de cubierta y en base a ello comparar con los refuerzos existentes a fin de validarlos. En la parte 3-2-6/1.3 de la Norma establece la siguiente relación para cálculo de MS de los refuerzos de cubierta:

$$SM = 7.8 * c * h * s * l^2 \quad (cm^3)$$

Donde:

SM = Modulo de sección de las longitudinales de cubierta (cm³)

c = 0.6

h = En cubiertas libres sin superestructuras: $h = 0.02 * L + 0.76$

En cubiertas con superestructuras encima: $h = 0.02 * L + 0.46$

m.

s = Separación entre refuerzos (m)

l = Luz no soportada por los refuerzos (m)

Reemplazando las variables con las dimensiones de los refuerzos longitudinales existentes obtenemos los siguientes resultados:

ZONA	Espesor (mm.)	Longitud (mm.)	c	h	b	l	MS _{ABS}	MS _{REAL}	Cumple
Lazareto	12,7	100	0,6	1,18	0,5	1,93	10,30	41,35	SI
Bodegas	12,7	100	0,6	1,18	0,5	1,67	7,71	42,76	SI
Sala de máquinas	12,7	100	0,6	0,88	0,5	1,82	6,84	42,76	SI

Como podemos observar, todos los refuerzos longitudinales de cubierta existentes presentan un Modulo de sección superior al mínimo establecido por las normas de la ABS, por lo que no es necesario cambiar estas estructuras.

4.1.6.3 Cálculo del Modulo de Sección de las esloras

Según las normas establecidas por la ABS en la parte 3-2-6/3.3, el Modulo de sección mínimo que deben tener las esloras reforzadas se obtiene aplicando la siguiente relación:

$$SM = 7.8 * c * h * b * l^2 \quad (cm^3)$$

Donde:

SM = Modulo de sección mínimo de los baos reforzados (cm³)

c = 0.6

h = En cubiertas libres sin superestructuras: $h = 0.02 * L + 0.76$

En cubiertas con superest. encima: $h = 0.02 * L + 0.46$ m.

b = Espacio entre refuerzos transversales (m)

l = Longitud no soportada por los refuerzos (m)

Dentro de las esloras que analizaremos se encuentran aquellas que se formaron a partir de los mamparos longitudinales de la embarcación original y que fueron retirados para realizar la modificación. Estas esloras son perfil L con Ala:135x6.4 y Alma 100x8 mm.

Reemplazando las variables con los datos encontrados en la embarcación obtenemos los siguientes resultados:

ZONA	Perfil Eslora	Alma		Ala		BAOS	c	h	b	l	MS _{ABS}	MS _{Real}
		t	Long	t	Long							
Sala de máquinas	I	12,7	135	-	-	0,6	1,18	3,23	1,36	33,0	79,7	SI
Bodega Popa	L	6,4	135	8	100	0,6	1,18	2,32	2,75	97,0	168,1	SI
Bodega Proa	L	6,4	135	8	100	0,6	1,18	2,32	4,02	58,7	168,1	SI

Como podemos observar todas las esloras superan el Modulo de sección mínimo establecido por la ABS, por lo que estas estructuras pueden permanecer instaladas en la embarcación.

4.1.6.4 Cálculo de puntales

Como se explico anteriormente, una de las modificaciones que se efectuó en la embarcación fue el retiro de los mamparos longitudinales de las bodegas, ya que esta zona debía quedar libre para el almacenamiento de cargas solidas de gran dimensión. A fin de no alterar la resistencia estructural de la embarcación, se opto por instalar 8 puntales de 4" diámetro - SCH 40 dentro de la bodega, ubicándolos entre las esloras y vagras que se formaron a partir del mamparo retirado.

Antes de realizar esta modificación, se analizaron las normas de la ABS con el fin de determinar las dimensiones que debían tener los puntales para que cumplan con los requerimientos de resistencia necesarios.

Según se indica en la parte 3-2-6/5.3 de la ABS, la carga permisible que puede soportar cada puntal se puede calcular mediante la siguiente relación:

$$W_a = \left(k - \frac{n \cdot l}{r} \right) * A \quad (KN)$$

Donde:

W_a = Carga en KN

k = 12.09

n = 0.0444

l = longitud no soportada del puntal = 265 cms.

r = Radio de giro mínimo del puntal = 3.835

A = Área transversal del puntal = 20.45 cm²

$$\rightarrow \quad \mathbf{W_R} = \mathbf{184.498 (KN)}$$

Luego de calcular la carga admisible del puntal, pasamos a determinar cuál es la carga bajo la cual trabajara el puntal, para ello analizamos la sección 3-2-6/5.5 donde se establece la siguiente relación:

$$\mathbf{W = n * b * h * s} \quad (KN)$$

Donde:

W = Carga que soporta el puntal en KN

n = 7.04

b = Anchura media del área soportada: 2.216 m.

s = longitud media del área soportada = 1.477 m.

h = Altura para puntales que soportan cargas mayores a 2.636 Kgf/m² (h = 3.66 m)

Reemplazando los datos reales en la ecuación obtenemos lo siguiente:

$$\rightarrow \quad \mathbf{W} = \mathbf{84.33 (KN)}$$

Como podemos ver en los resultados obtenidos, la carga que soporta el puntal es menor a su valor admisible, por lo que la selección e instalación de estos elementos queda validado.

4.1.7 Cálculo de Mamparos

4.1.7.1 Cálculo de las planchas de los mamparos

Según las normas establecidas por la ABS en la sección 3-2-7/5.1, el espesor de las planchas de los mamparos debe ser mayor al valor obtenido en la siguiente ecuación:

$$t = s * k * \frac{\sqrt{q * h}}{c} + 1.5 \quad (mm)$$

Pero “t” no debe ser menor a 6mm. ó $\frac{s}{200} + 2.5$, el que sea mayor

Donde:

t = Espesor de la plancha en mm.

s = Separación entre refuerzos del mamparo

k = $\frac{(3.075 * \sqrt{\alpha} - 2.077)}{(\alpha + 0.272)}$, $(1 \leq \alpha \leq 2)$

1 , $\alpha > 2$

a = Relación de longitudes (Longitud lado largo/ lado corto)

q = 1

h = Distancia entre el borde más bajo de la plancha y la cubierta de compartimentado en el centro del buque

c = 254 para mamparos de colisión

290 para otro tipo de mamparos

Reemplazando los valores, con los datos de los mamparos existentes encontramos lo siguiente:

ZONA	s	k	q	h	c	t _{ABS}	t _{Real}	Cumple
Mamparo 4	500	1	1	3,07	290	4,5	6,4	Si
Mamparo 10A	500	0,931	1	3,73	290	4,6	6,4	Si
Mamparo 12	500	0,802	1	3,69	290	4,2	6,4	Si
Mamparo 16	500	1	1	2,48	254	4,6	6,4	Si

Como se puede observar, los mamparos existentes presentan un espesor de plancha superior al recomendado por la ABS, por lo que estas estructuras quedan validadas para permanecer instaladas en la embarcación.

4.1.7.2 Cálculo de refuerzos de los mamparos

Según las normas establecidas por la ABS en la parte 3-2-7/5.3, el valor mínimo del modulo de sección de los refuerzos de los mamparos se debe calcular siguiendo la siguiente relación:

$$SM = 7.8 * c * h * s * l^2 \quad (cm^3)$$

Donde:

c = 0.3 para refuerzos que dispongan de consolas efectivas en ambos extremos de su luz

h = Distancia desde la mitad del mamparo hasta la cubierta de compartimentado en la cuaderna maestra.

S = Separación entre refuerzos

l = distancia en metros entre los pies de las consolas de unión

Reemplazando los datos reales en las variables de la ecuación obtendremos el valor de Modulo de sección mínimo que deben tener los

refuerzos del mamparo, lo cual compararemos con los refuerzos existentes a fin de determinar si es necesario efectuar alguna modificación en estos elementos:

ZONA	c	h	s	l	MS _{ABS}	MS _{Real}
Mamparo 4	0,3	1,54	0,50	2,73	13,4	19,8
Mamparo 10A	0,3	1,82	0,50	3,00	19,2	19,8
Mamparo 12	0,30	1,71	0,50	2,16	9,3	19,8
Mamparo 16	0,30	0,87	0,50	2,96	9,0	19,8

Como podemos observar, todos los mamparos existentes presentan refuerzos verticales con un modulo de sección superior al exigido por la ABS, por lo que no es necesario efectuar ninguna modificación en estos elementos estructurales.

4.2 SISTEMAS DE LA EMBARCACION MODIFICADA

Al igual que los cambios realizados en la estructura general, es posible que los diversos sistemas con los cuenta la embarcación requieran de ciertas modificaciones que les permitan acondicionarse a las nuevas actividades y tareas que realizara la embarcación.

En razón de ello, analizaremos todos los sistemas existentes y determinaremos si es necesario efectuar alguna modificación en su diseño o configuración. Así mismo, se definirá si es necesario implementar algún nuevo sistema en la embarcación. Para esto, tomaremos como referencia las recomendaciones dadas por la American Bureau of Shipping (ABS) en sus “Reglas para la Construcción y clasificación de Embarcaciones de Acero menores a 90 metros”, así como otros textos de proyectos similares.

4.2.1 Sistema de Propulsión

Como paso inicial en el análisis de los sistemas, verificaremos si los elementos que componen el sistema propulsivo de la embarcación están correctamente dimensionados para lo cual recurriremos a las reglas de la American Bureau of Shipping la cual establece en la parte 4-3-1/7.1 que el cálculo del eje de propulsión se calcula mediante la siguiente relación:

$$D = 100 * K * \sqrt[3]{\frac{H}{R} * \frac{C1}{U + C2}} \quad (mm)$$

Donde:

D	=	Diámetro mínimo requerido para el eje de propulsión
K	=	Factor de diseño del eje de propulsión (1.26 según tablas)
H	=	Potencia (270 Kw)
R	=	Revoluciones por minuto (300)
C ₁	=	560 (Considerando la peor condición de trabajo)
C ₂	=	160
U	=	Esfuerzo del material (415 N/mm)

Reemplazando las variables tenemos el siguiente resultado:

$$D = 120.58 \text{ mm.}$$

Según el resultado obtenido, el diámetro del eje debe ser mayor a 120.58mm. En el caso de la embarcación analizada, esta presenta un diámetro de eje de 5" (127mm.), por lo que se encuentra correctamente dimensionado y solo bastaría analizar si está en perfecto estado para validar su permanencia.

4.2.2 Sistema de Achique

Según las normas establecidas por la ABS, en la Parte 4, Capítulo 4 “Bombas y Sistemas de tuberías), sección 3 “Sistemas de sentina y lastre - Bombas de Achique”, todas las embarcaciones autopropulsadas, con eslora mayor a los 20m. deben disponer de dos bombas de achique accionadas de forma mecánica, una de las cuales puede ser accionada por la unidad de propulsión y la otra de forma manual.

El caudal mínimo que deben tener de estas bombas dependerá del tamaño de eslora del barco, teniendo en el caso de la embarcación en estudio un caudal mínimo de 11.36 m³/hr (Barcos entre 20 y 30.5 metros).

Las bombas están ubicadas en sala de maquinas y están acopladas a dos manifolds, los cuales se conectan a las líneas de succión ubicadas en los distintos compartimentos de la embarcación.

4.2.2.1 Cálculo del diámetro de la tubería de achique

Según las normas establecidas por la ABS en la sección 4-4-3/5.9, el diámetro interior mínimo que deben tener las tuberías de succión de las sentinas debe ser del tamaño comercial más próximo, dentro de un margen de 6mm., al obtenido en la siguiente ecuación:

a) Para el diámetro de las líneas principales de succión:

$$dp = 25 + 1.68 * \sqrt{L * (B + D)} \quad (mm)$$

Donde:

L = Eslora del buque en metros (21.102 m.)

B = Manga del buque en metros (6.68 m.)

D = Puntal del barco en metros (3.6 m.)

Reemplazando los valores obtenemos:

$$d_p = 49.74 \text{ mm.}$$

Buscamos en los catálogos una tubería con un diámetro cercano al valor obtenido y seleccionamos el de 2" SCH 40, cuyo diámetro interior es de 52.501 mm.

b) Para el diámetro de los ramales secundarios

$$d_s = 25 + 2.16 * \sqrt{c * (B + D)} \quad (mm)$$

Donde:

c = Tamaño de compartimiento (En nuestro caso el compartimiento más grande es el de bodega con longitud = 5.5 m.)

Reemplazando valores tenemos:

$$d_s = 41.24 \text{ mm.}$$

Con el valor obtenido, buscamos en los catálogos una tubería con el diámetro interior más próximo, seleccionando un tubo de 2" SCH 40.

4.2.3 Sistema Contraincendios

Según las normas establecidas por la ABS, en la parte 4, capítulo 5 "Sistemas contra incendios", sección 3 "Requerimientos para embarcaciones menores a 500 Ton. Brutas", todas las embarcaciones deben tener al menos dos

bombas contra incendio, una de las cuales debe ser independiente y de accionamiento mecánico, y la otra puede estar conectada a la unidad de propulsión. La capacidad de las bombas contraincendios, para la embarcación en estudio, no debe ser menor a $11 \text{ m}^3/\text{hr}$ según norma.

Por otro lado, y cumpliendo con las especificaciones establecidas por la ABS en la parte 4-5-1/5.9, se han instalado dos válvulas contra incendio de 38 mm. de diámetro, cada una con su respectiva manguera y pitón, ubicándose una de 15 m. en la entrada de sala de maquinas y otra de 30m. en el mamparo posterior de la caseta.

En lo que respecta a extintores portátiles, se siguieron las recomendaciones dadas por la ABS en la parte 4-5-1/Tablas I y II, seleccionándose los siguientes equipos portátiles:

- En sala de maquinas se coloco un extintor de CO_2 de 12 Kg. y uno de PQS de 9 kg.
- En puente de mano se coloco un extintor portátil de CO_2 de 5Kg.
- Un extintor de tipo CO_2 de 5 Kg. en la cocina.
- Un extintor de espuma de 9 Lts. en la caseta de pasajeros.

Un extintor de tipo CO_2 de 5 kg. en la bajada a sala de maquinas.

4.2.4 Sistema de Gobierno

La embarcación en estudio, presenta un sistema de gobierno accionado mediante un equipo hidráulico de un solo pistón, el cual está conectado a la parte superior del eje de la pala y es gobernada desde el puente de mando principal.

Los movimientos del pistón se activan por medio de una bomba hidráulica instalada en sala de maquinas, la cual está conectada al motor principal mediante fajas y que es controlada desde el puente de mando mediante una válvula direccional.

4.2.4.1 Cálculo del forro de la pala del timón

De acuerdo a las normas establecidas por la ABS en la parte 3-2-11/19.3, el espesor mínimo de las planchas de la pala de timón no debe ser menor a la calculada en la siguiente relación:

$$t_b = 0.0015 * s * V_r + 2.5 \quad (mm)$$

Donde:

s = Separación entre refuerzos de la pala en mm. (En este caso, $s = 400$ mm.)

$V_d = 10$ Nudos

$V_r = (V_d + 20) / 3$, sustituyendo V_d , $V_r = 10$ nudos

Reemplazando tenemos que:

$$t_b = 8.5 \text{ mm.}$$

Verificando el forro del timón, se pudo observar que el espesor actual ($t = 15.8$ mm.) es mayor al mínimo requerido, por lo que no es necesario efectuar cambio de planchas.

4.2.4.2 Cálculo de la fuerza de diseño del timón

Según lo establecido por la ABS, en la parte 3-2-11/3.1, la fuerza actuante sobre el timón se calculara mediante la siguiente relación:

$$C_R = n * k_r * k_c * k_l * A * V_r^2 \quad (\text{KN})$$

Donde:

$$n = 0.132$$

$$k_r = \frac{b^2}{A_t} + 2, \text{ pero no menor a } 1.33$$

$$b = \text{Altura media de la pala m.}$$

$$A_t = \text{Suma del área de la pala y el cuerno de la pala en m}^2 = 2.3 \text{ m}^2$$

$$k_c = \text{Coeficiente dependiente del perfil de la pala, en este caso } k_c = 1$$

$$k_l = \text{Coeficiente dependiente de la ubicación de la pala, en nuestro caso } k_l = 0.8$$

$$A = \text{Área de la superficie de la pala} = 2.09 \text{ m}^2$$

$$V_r = \text{Velocidad del buque (Vel. Avance} = 10, \text{ Vel. Retroceso} = 7 \text{ nudos)}$$

Reemplazando datos tenemos lo siguiente:

$$C_R \text{ avance} = 23.76 \text{ KN}$$

$$C_R \text{ retroceso} = 11.64 \text{ KN}$$

4.2.4.3 Cálculo del momento torsor del timón

Según lo establecido por la ABS, en la parte 3-2-11/5.3, el momento torsor actuante sobre el timón se calcula mediante la siguiente relación:

$$Q_R = C_R * r \quad (\text{N.m})$$

Donde:

$$C_R = \text{Fuerza actuante sobre el timón en KN}$$

$$r = c * [\alpha - k], \text{ pero no menor a } 0.1 * c$$

- c = Ancho medio de la pala
 α = Coeficiente dependiente de ubicación de la pala
 k = A_f/A ,
 A_f = Área detrás de eje de la pala = 0.337
 A = Área total de la pala = 2.09

Reemplazando los datos, tanto para la condición de avance, como de retroceso obtenemos lo siguiente:

	Avance	Retroceso
Cr	23,76	11,64
c	1,20	1,20
α	0,25	0,55
k	0,16	0,16
r	0,11	0,47
Q_r	2,54	5,43

4.2.4.4 Cálculo del eje superior del timón

De acuerdo a las normas dadas por la ABS en la parte 3-2-11/7.1, el diámetro del eje superior del timón se calculara aplicando la siguiente relación:

$$S = N_u * \sqrt[3]{Q_r * K_s}$$

Donde:

- N_u = 42.0
 Q_R = Momento torsor del timón
 K_s = Factor correspondiente al tipo de material

Reemplazando los datos, tanto para la condición de avance, como de retroceso obtenemos lo siguiente:

	Avance	Retroceso
Qr	2,50	5,43
ks	0,82	0,82
Nu	42,00	42,00
S	53,35	69,10

El eje superior del timón de la embarcación en análisis presenta un diámetro de 4" (101.6 mm) mayor al obtenido en los cálculos, por lo que queda validado según las normas de la ABS. No obstante se debe efectuar una calibración e inspección de dicho eje a fin de verificar si se encuentra en buenas condiciones.

4.2.4.5 Cálculo del eje inferior del timón

De acuerdo a las normas dadas por la ABS en la parte 3-2-11/7.3, el diámetro del eje inferior del timón se calculara aplicando la siguiente relación:

$$S_1 = S \cdot \sqrt[6]{1 + \frac{4}{3} * \frac{M}{Qr}}$$

Donde:

S = Diámetro del eje superior del timón

M = $\frac{Cr \cdot A_1}{A} * lc$

A₁ = Área detrás del eje varón

A = Área total del timón

lc = Distancia entre centro de A₁ y A

Reemplazando los datos, tanto para la condición de avance, como de retroceso obtenemos lo siguiente:

	Avance	Retroceso
S	53,35	69,10
Q_r	2,54	5,43
C_r	23,76	11,64
A₁	0,34	0,34
A	2,09	2,09
I_c	0,49	0,49
M_n	1,88	0,92
S_I	58,44	69,53

El eje inferior del timón de la embarcación en análisis presenta un diámetro de 4” (101.6 mm) mayor al obtenido en los cálculos, por lo que queda validado según las normas de la ABS. No obstante se debe efectuar una calibración e inspección de dicho eje a fin de verificar si se encuentra en buenas condiciones.

4.2.5 Sistema de Agua Dulce

El sistema de agua dulce de la embarcación está conformado por un tanque elevado de 153 gal., el cual está ubicado en la parte central de la cubierta de la caseta y desde donde se abastece agua, a través de un sistema de tuberías, a los siguientes puntos de consumo:

- Lavatorios y baños de la tripulación
- Lavatorios de cocina
- Tanque de expansión de motor principal

Las tuberías de distribución de agua dulce son de acero ASTM A53 galvanizados, de ½” de diámetro y con conexiones roscadas.

4.2.6 Sistema de Combustible

El sistema de combustible de la embarcación consta de dos tanques de servicio diario de 849 Gal. cada uno, ubicados en el lazareto, y desde donde se abastece combustible, al motor principal y otras maquinas con las que cuenta el barco.

Las tuberías usada en el sistema de combustible son de ¾” ϕ – SCH 40, en la alimentación y ½” ϕ en el retorno.

4.3 ESTUDIO PRELIMINAR DE ESTABILIDAD INTACTA AL FINAL DE LA TRANSFORMACION

Luego de haber realizado las modificaciones correspondientes tanto en la estructura, como en los sistemas del barco, debemos efectuar un estudio preliminar de estabilidad, a fin de determinar si la embarcación modificada cumple con los requerimientos necesarios para navegar y realizar sus operaciones en altamar de forma segura, o si es necesario efectuar alguna corrección que le permita alcanzar dicha condición.

Para el desarrollo de este estudio, utilizaremos los resultados que se obtuvieron en la prueba de estabilidad que se realizo a la embarcación antes de que se le hicieran las

modificaciones (Peso de la embarcación y centro de gravedad) y le añadiremos los pesos se incorporaron al barco y quitaremos aquellos que fueron retirados, a fin de dar con un peso y centro de gravedad aproximados.

Posteriormente, analizaremos los parámetros de estabilidad en las distintas condiciones de operación del barco y los compararemos con algunos criterios que describiremos más adelante, a fin de verificar si la embarcación cumple con los mismos.

Finalmente, y en base a los resultados obtenidos en el estudio, determinaremos si es necesario efectuar alguna corrección en la embarcación, a fin de llegar a las condiciones de estabilidad deseados.

4.3.1 Criterios de estabilidad

Antes de realizar el estudio de estabilidad, debemos definir y analizar los criterios y normas que usaremos para verificar si la embarcación es estable. Para ello utilizaremos los reglamentos establecidos por la Dirección General de Capitanías y Guardacostas del Perú, en su Resolución Directoral N° 0474-98/DCG de 1998, en la que establece las “Normas para la Preparación y ejecución de las pruebas de estabilidad a Naves nacionales que realizan actividades acuáticas en el mar, ríos y lagos navegables”.

Así mismo, analizaremos las normas implantadas por la Organización Marítima Internacional (OMI), en la Resolución A.749 (18) de 1998, donde establece el “Código de estabilidad sin avería para todos los tipos de buques regidos por los instrumentos de la OMI”. En esta norma, emplearemos los

criterios para Buques de suministro Mar adentro, ya que es el que cumple con las condiciones de trabajo de la embarcación transformada.

4.3.1.1 Criterio de estabilidad estática

De acuerdo a lo establecido por la Autoridad Marítima Nacional, en las “Normas para la Preparación y ejecución de las pruebas de estabilidad a Naves nacionales que realizan actividades acuáticas en el mar, ríos y lagos navegables”, Artículo 11, se aceptará como resultado satisfactorio de una prueba de estabilidad, los cálculos que determinen que una embarcación presenta una Altura Metacéntrica Transversal de 450 mm. como mínimo.

Por otro lado, la IMO establece que este valor no debe ser menor a 0.9 m.

4.3.1.2 Criterios de estabilidad dinámica

Para validar los resultados del análisis de la estabilidad dinámica de la embarcación, emplearemos los criterios establecidos por la Organización Marítima Internacional (OMI) de 1993 en la resolución A749, donde establece lo siguiente:

- a) El área bajo la curva de brazos adrizantes (Curva GZ) hasta un Angulo de escora de 30 grados, no deberá ser menor que 0.055 metros-radian

$$\text{Área}_{(0-30^\circ)} \geq 0.055 \text{ m-rad}$$

- b) El área bajo la curva de brazos adrizantes, hasta un ángulo de escora de 40 grados ó hasta un ángulo de inclinación $\emptyset f$, si este ángulo es menor que 40 grados, no deberá ser menor que 0.09 metros – radian:

$$\text{Área}_{(0^{\circ}-40^{\circ})} \geq 0.09 \text{ m-rad}$$

- c) El área bajo la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de escora de 30 y 40 grados ó entre 30 y $\emptyset f$, si este es un ángulo menor a 40°, no deberá ser menor a 0.03 metros – radian:

$$\text{Área}_{(30-40^{\circ})} \geq 0.03 \text{ m-rad}$$

Donde $\emptyset f$ es un ángulo de escora en el que las aberturas del caso, superestructuras o casetas que no pueden cerrarse de modo estanco a la intemperie comienzan a cerrarse.

- d) El brazo adrizante GZ será al menos de 200 mm. para un ángulo de escora igual o mayor que 30 grados.

$$GZ_{(30^{\circ})} \geq 200 \text{ mm.}$$

- e) El máximo valor del brazo adrizante GZmax, se dará para un ángulo de escora no menor a 25 grados.

$$\emptyset_{(GZ \text{ Max})} \geq 25^{\circ}$$

- f) La altura metacéntrica inicial no deberá ser menor que 350 mm.

$$GM_0 \geq 0.35 \text{ m.}$$

4.3.1.3 Francobordo mínimo

A fin de evitar que las embarcaciones realicen sus operaciones en altamar sobrecargadas, alcanzando niveles de flotación por encima de la línea de máxima carga, la Autoridad Marítima Nacional estableció mediante la Resolución

Directoral **0223-96/DCG** del 14 de Agosto de 1996, las “Normas para la asignación de la línea de máxima carga para naves Marítimas”, según lo cual:

$$\text{Francobordo básico de la embarcación} = 293.1 \text{ mm.}$$

4.3.2 Desarrollo del estudio de estabilidad

Una vez definidos los criterios y normas bajo los cuales validaremos el estudio de estabilidad, procederemos a desarrollarlo, para ello usaremos el software de ingeniera naval “MAXSURF”, el cual nos permitirá modelar el casco de la embarcación, calcular y graficar sus propiedades hidrodinámicas (Curvas hidrostáticas y cruzadas), así como simular y analizar el comportamiento del barco en sus distintas condiciones de operación.

4.3.2.1 Cálculo del desplazamiento y centro de gravedad

Como paso inicial, debemos modelar el casco de la embarcación con las modificaciones realizadas, tanto en la parte exterior como en los compartimientos interiores, para lo cual usaremos el plano de líneas de forma de la embarcación modificada. Posteriormente, debemos identificar todos los elementos que se retiraron e instalaron en la embarcación, estimando su peso y centro de gravedad, y los adicionaremos a los resultados obtenidos en la prueba de estabilidad inicial para obtener el peso y centro de gravedad de la embarcación modificada.

En la tabla N° 4.5 podemos observar todos los elementos que se retiraron e instalaron en la embarcación durante la modificación, así como el cálculo final del desplazamiento en liviano:

TABLA N° 4.5: Cálculo del Desplazamiento y Centro de gravedad de la Embarcación en Liviano

ITEM	DESCRIPCION	VOL	DENS	PESO	LCG	MOMENTO LONGITUD.	TCG	MOMENTO TRANSVER.	VCG	MOMENTO VERTICAL	FSM
		.m 3	.t / m3	.t	.m	.t - m.	.m	.t - m.	.m	.t - m.	.t - m.
1,0	LIVIANO DE PRUEBAS			114,705	11,018	1263,873	-0,001	-0,087	3,034	349,170	
2,0	PESOS A DESCONTAR (ESTRUCTURAS)										
	MAMPAROS LONGITUDINALES			2,782	11,180	31,10	0,00	0,00	2,020	5,62	
	M. TRANSV. 5			0,338	6,95	2,35	0,00	0,00	2,16	0,73	
	M. TRANSV. 6			0,956	7,74	7,39	0,00	0,00	2,29	2,19	
	M. TRANSV. 8			1,010	10,37	10,47	0,00	0,00	2,18	2,20	
	ESCOTILLA			0,729	10,42	7,59	0,00	0,00	4,15	3,03	
	CONTENEDOR RED			0,451	6,30	2,84	2,38	1,07	4,65	2,10	
	ESTRUCTURA DE PROA			0,080	23,18	1,86	0,00	0,00	5,62	0,45	
	RAMPA			1,897	1,43	2,71	0,00	0,00	3,96	7,51	
	TOTAL A REDUCIR (PRIMERA PARTE)			8,24		66,33		1,07		23,83	
3,0	EQUIPOS Y ACCESORIOS A DESCONTAR										
	TUBO ABSORVENTE			0,41	13,15	5,39	-0,69	-0,28	6,12	2,51	
	DESAGUADOR			0,35	19,55	6,84	-1,40	-0,49	5,21	1,82	
	CARRETE			0,15	12,01	1,80	-2,74	-0,41	4,41	0,66	
	CABLES CARRETE			1,30	12,01	15,61	-2,74	-3,56	4,41	5,73	
	CARRETE EN PUENTE			0,12	15,20	1,82	-1,90	-0,23	6,46	0,77	
	CABLES CARRETE PTE.			0,80	15,20	12,16	-1,90	-1,52	6,46	5,17	
	PESCANTE			0,40	12,76	5,10	3,27	1,31	4,31	1,72	
	DEFENSA DE RED			0,33	5,91	1,95	2,48	0,82	4,55	1,50	
	CAMAROTES DE TRIPULACION (10)			0,48	15,65	7,51	1,16	0,56	5,23	2,51	
	ARMARIOS TRIPULANTES (4)			0,24	17,72	4,25	1,10	0,26	5,20	1,25	
	PLUMA AUXILIAR 6"			0,46	11,38	5,23	0,00	0,00	9,20	4,23	
	DESAGUADORES DE BODEGA			1,08	9,92	10,71	0,00	0,00	1,52	1,64	
	TUBERIAS 4" - SCH40			0,42	0,83	0,35	0,00	0,00	2,52	1,06	
	LASTRE DE BODEGAS			10,61	10,50	111,41	0,00	0,00	0,54	5,73	
	TOTAL A REDUCIR (SEGUNDA PARTE)			17,15		190,15		-3,55		36,31	0,00

ITEM	DESCRIPCION	VOL	DENS	PESO	LCG	MOMENTO	TCG	MOMENTO	VCG	MOMENTO	FSM
						LONGITUD.		TRANSVER.		VERTICAL	
		.m 3	.t / m3	.t	.m	.t - m.		.m		.t - m.	
4,0	PESOS A ADICIONAR										
	OBTURAR MAMP. TRV. 4			0,48	5,93	2,85	0,00	0,00	2,35	1,13	
	CUADERNA 6A			0,39	8,68	3,39	0,00	0,00	2,01	0,78	
	PUNTALES			0,56	12,57	7,04	0,00	0,00	2,03	1,14	
	TAPA DE ESCOTILLA			0,84	10,05	8,44	0,00	0,00	3,60	3,02	
	NUEVA RAMPA			0,97	1,46	1,41	0,00	0,00	4,00	3,88	
	REGALA POPA			0,49	0,69	0,34	0,00	0,00	4,60	2,26	
	CASCO POPA			1,10	0,97	1,07	0,00	0,00	4,77	5,25	
	BITAS DE POPA			0,20	2,80	0,56	0,00	0,00	4,21	0,84	
	VERDUGUETES			0,18	2,24	0,40	0,00	0,00	0,37	0,07	
	TOTAL A ADICIONAR			5,21		25,49		0,00		18,36	
	RESUMEN										
1,0	LIVIANO DE PRUEBAS	(+)		114,71		1263,87		-0,09		349,17	
2,0	PESOS A DESCONTAR (ESTRUCTURAS)	(-)		8,24		66,33		1,07		23,83	
3,0	EQUIPOS Y ACCESORIOS A DESCONTAR	(-)		17,15		190,15		-3,55		36,31	
4,0	PESOS A ADICIONAR	(+)		5,21		25,49		0,00		18,36	
6,0	LIGHT SHIP E/P "LOURDES"			94,523	10,927	1032,88	0,025	2,388	3,252	307,396	

Como se puede observar en los resultados obtenidos, la embarcación perdió un peso aproximado de 20 Toneladas respecto a su desplazamiento inicial (114.7 Ton), como consecuencia de los cambios estructurales, el retiro del lastre de bodegas y algunos equipos y aditamentos de pesca.

Esta nueva condición afectara el comportamiento que tenia la embarcación en altamar inicialmente.

4.3.2.2 Definición de las condiciones de operación

Para el desarrollo del estudio de estabilidad de la embarcación modificada, analizaremos las siguientes condiciones de operación:

- a) Condición 1: Barco en liviano
- b) Condición 2: Salida de puerto (100% consumibles, sin carga)
- c) Condición 3: Salida con carga baja (50% consumibles, 30 cubetas de aceite en cubierta)
- d) Condición 4: Arribo con carga baja (10% consumibles, 30 cubetas de aceite en cubierta)
- e) Condición 5: Salida con carga media (100% consumibles+ 25 Toneladas de carga sobre cubierta)
- f) Condición 6: Arribo con carga media (10% consumibles+ 25 toneladas de carga sobre cubierta)
- g) Condición 7: Salida con carga alta (100% consumibles+ 40 Toneladas de carga sobre cubierta)

- h) Condición 8: Arribo con carga alta (10% consumibles+ 40 toneladas de carga sobre cubierta)
- i) Condición 9: Salida con Máxima carga (100% consumibles + 40 toneladas de carga sobre cubierta+ 10 toneladas de carga bajo cubierta)
- j) Condición 10: Arribo con Máxima carga (10% consumibles + 40 toneladas de carga sobre cubierta + 10 toneladas de carga bajo cubierta)

4.3.2.3 Estudio de estabilidad

Una vez calculado el desplazamiento y centro de gravedad de la embarcación modificada, desarrollaremos un análisis de estabilidad para cada una de las condiciones establecidas a fin de verificar si se cumple con las normas de estabilidad en cada una de ellas. A continuación mostraremos los resultados obtenidos en este análisis (En el Anexo 4 se mostraran los detalles y gráficos).

a) Primera Condición: Barco en Liviano

Calado en sección media (m)	1,810
Desplazamiento (Ton)	94.9
Inclinación a estribor (Grados)	1,6
Trim (+ en popa) m	0,486
LCB desde cero pt. m	10,859
KB m	1,258
KG m	3,247
BMt m	2,942
GMt m	0.953
Inmersión (TPc) tonne/cm	1,003
MTc tonne.m	1,103

La embarcación presenta una altura metacéntrica transversal $GM > 0.9$, por lo que cumple con el criterio de estabilidad estática en su condición de liviano.

b) Segunda Condición: Salida de puerto (Equipado)

Criterio	Valor obtenido	Valor Estándar	Estatus
Desp. (Ton)	101.0	-	-
GMT (m)	0.72	0,45	Cumple
Area $(0^{\circ}-30^{\circ})$ (m-rad)	0.077	0,055	Cumple
Area $(0^{\circ}-40^{\circ})$ (m-rad)	0.122	0,09	Cumple
Area $(30^{\circ}-40^{\circ})$ (m-rad)	0.046	0,03	Cumple
GZ (30°) (m-rad)	0.266	0,2	Cumple
\emptyset (GZ_{max})	33.6	25	Cumple
Francobordo (m)	1.744	0,2	Cumple

c) Tercera condición: Salida con carga baja

Criterio	Valor obtenido	Valor Estándar	Estatus
Desp. (Ton)	110.9	-	-
GMT (m)	0.572	0,45	Cumple
Area $(0^{\circ}-30^{\circ})$ (m-rad)	0.062	0,055	Cumple
Area $(0^{\circ}-40^{\circ})$ (m-rad)	0.096	0,09	Cumple
Area $(30^{\circ}-40^{\circ})$ (m-rad)	0.035	0,03	Cumple
GZ (30°) (m-rad)	0.213	0,2	Cumple
\emptyset (GZ_{max})	30.9	25	Cumple
Francobordo (m)	1.687	0,2	Cumple

d) Cuarta Condición: Retorno con carga baja

Criterio	Valor obtenido	Valor Estándar	Estatus
Desp. (Ton)	105.5	-	-
GMT (m)	0.595	0,45	Cumple
Area $(0^{\circ}-30^{\circ})$ (m-rad)	0.063	0,055	Cumple
Area $(0^{\circ}-40^{\circ})$ (m-rad)	0.098	0,09	Cumple
Area $(30^{\circ}-40^{\circ})$ (m-rad)	0.035	0,03	Cumple
GZ (30°) (m-rad)	0.213	0,2	Cumple
\emptyset (GZ_{max})	31.4	25	Cumple
Francobordo (m)	1.716	0,2	Cumple

e) **Quinta Condición: Carga media**

Criterio	Valor obtenido	Valor Estándar	Estatus
Desp. (Ton)	126	-	-
GMT (m)	0.338	0,45	No cumple
Area (0°-30°) (m-rad)	0.034	0,055	No cumple
Area (0°-40°) (m-rad)	0.047	0,09	No cumple
Area (30°-40°) (m-rad)	0.013	0,03	No cumple
GZ (30°) (m-rad)	0.114	0,2	No cumple
Ø (GZmax)	27.7	25	No cumple
Francobordo (m)	1,552	0,2	Cumple

Como podemos observar en los resultados obtenidos, la embarcación NO CUMPLE con los criterios de estabilidad dinámica en la condición de “Carga Media”, por lo que su operatividad bajo este escenario pone en serio riesgo la seguridad de la tripulación y el buque.

4.3.2.4 Corrección en la estabilidad de la embarcación modificada

Para corregir el problema de la estabilidad del barco, se procedió a colocar lastre pesado en el fondo de la bodega, esto con la finalidad de desplazar el centro de gravedad vertical (KG) hacia una posición más baja y así mejorar el comportamiento del barco. La ubicación y peso de lastre que se debía utilizar se obtuvieron mediante iteraciones que nos permitieron hallar los valores requeridos.

En la tabla N° 4.6 se muestra el peso total del lastre utilizado y su ubicación. Así mismo se desarrolla el cálculo para hallar el desplazamiento y centro de gravedad final de la embarcación modificada.

TABLA N° 4.6: Calculo de Desplazamiento y Centro de gravedad de embarcación Modificada lastrada

ITEM	DESCRIPCION	VOL	DENS	PESO	LCG	MOMENTO LONGITUD.	TCG	MOMENTO TRANSV.	VCG	MOMENTO VERTICAL
		.m 3	.t / m3	.t	.m	.t - m.	.m	.t - m.	.m	.t - m.
1	Liviano modificado			94,523	10,927	1032,880	0,025	2,388	3,252	307,395
2	Lastre Concreto			18,000	10,45	188,010	-0,13	-2,340	0,36	6,480
	LIGHT SHIP FINAL			112,523	10,950	1220,890	0,000	0,048	2,789	313,875

Como podemos observar en la tabla N° 4.6, luego de añadir lastre en las bodegas de la embarcación, esta incremento su desplazamiento en 18 toneladas más, así mismo su centro de gravedad vertical (VCG) se desplazo 45.6 cm. hacia abajo. Con esta nueva configuración de la embarcación, procederemos a efectuar, nuevamente, el análisis de estabilidad en las diez condiciones propuestas inicialmente, a fin de verificar si la embarcación cumple con todos los criterios establecidos.

a) Primera Condición: Barco en Liviano

CARACTERISTICA	VALOR
Calado en sección media	2,013
Desplazamiento (Ton)	112,9
Inclinación a estribor (Grados)	0.0
Trim (+en popa) m	0.284
LCB from zero pt. m	10.963
KB m	1,365
KG fluid m	2.787
BMt m	2,643
GMt m	1,222
Inmersión (TPc) tonne/cm	1,054
MTc tonne.m	1,279

Como se puede observar, la embarcación presenta una altura metacéntrica transversal $GM_T > 0.9$, por lo que cumple con el criterio de estabilidad estática requerido por la Autoridad Marítima, en su condición de liviano.

b) Segunda Condición: Barco equipado (100% consumibles, sin carga)

Criterio	Valor obtenido	Valor Estándar	Estatus
Desp. (Ton)	119.0	-	-
GMT (m)	1.070	0,45	Cumple
Area (0°-30°) (m-rad)	0.141	0,055	Cumple
Area (0°-40°) (m-rad)	0.230	0,09	Cumple
Area (30°-40°) (m-rad)	0.089	0,03	Cumple
GZ (30°) (m-rad)	0.516	0,2	Cumple
Ø (GZ_{max})	35.9	25	Cumple
Francobordo (m)	1.55	0,2	Cumple

c) Tercera Condición: Salida con carga baja
(100% consumibles, 30 cubetas de aceite en cubierta)

Criterio	Valor obtenido	Valor Estándar	Estatus
Desp. (Ton)	128.9	-	-
GMT (m)	0.928	0,45	Cumple
Area (0°-30°) (m-rad)	0.122	0,055	Cumple
Area (0°-40°) (m-rad)	0.197	0,09	Cumple
Area (30°-40°) (m-rad)	0.075	0,03	Cumple
GZ (30°) (m-rad)	0.435	0,2	Cumple
Ø (GZ_{max})	33.6	25	Cumple
Francobordo (m)	1.49	0,2	Cumple

d) Cuarta Condición: Carga baja
(10% consumibles, 30 cubetas de aceite en cubierta)

Criterio	Valor obtenido	Valor Estándar	Estatus
Desp. (Ton)	123.5	-	-
GMT (m)	0.957	0,45	Cumple
Area (0°-30°) (m-rad)	0.126	0,055	Cumple
Area (0°-40°) (m-rad)	0.204	0,09	Cumple
Area (30°-40°) (m-rad)	0.078	0,03	Cumple
GZ (30°) (m-rad)	0.452	0,2	Cumple
Ø (GZ_{max})	34.5	25	Cumple
Francobordo (m)	1.524	0,2	Cumple

e) Quinta Condición: Salida de puerto con carga media

(100% consumibles+ 25 Toneladas de carga sobre cubierta)

Criterio	Valor obtenido	Valor Estándar	Estatus
Desp. (Ton)	144.0	-	-
GMT (m)	0.731	0,45	Cumple
Area (0º-30º) (m-rad)	0.095	0,055	Cumple
Area (0º-40º) (m-rad)	0.147	0,09	Cumple
Area (30º-40º) (m-rad)	0.052	0,03	Cumple
GZ (30º) (m-rad)	0.318	0,2	Cumple
Ø (GZ_{max})	30.5	25	Cumple
Francobordo (m)	1.36	0,2	Cumple

f) Sexta Condición: Arribo con carga media

(10% consumibles+ 25 Toneladas de carga sobre cubierta)

Criterio	Valor obtenido	Valor Estándar	Estatus
Desp. (Ton)	138.6	-	-
GMT (m)	0.744	0,45	Cumple
Area (0º-30º) (m-rad)	0.097	0,055	Cumple
Area (0º-40º) (m-rad)	0.152	0,09	Cumple
Area (30º-40º) (m-rad)	0.055	0,03	Cumple
GZ (30º) (m-rad)	0.331	0,2	Cumple
Ø (GZ_{max})	30.9	25	Cumple
Francobordo (m)	1.392	0,2	Cumple

g) Sétima Condición: Salida de puerto con carga alta

(100% consumibles+ 40 Toneladas de carga sobre cubierta)

Criterio	Valor obtenido	Valor Estándar	Estatus
Desp. (Ton)	159.0	-	-
GMT (m)	0.580	0,45	Cumple
Area (0º-30º) (m-rad)	0.072	0,055	Cumple
Area (0º-40º) (m-rad)	0.104	0,09	Cumple
Area (30º-40º) (m-rad)	0.033	0,03	Cumple
GZ (30º) (m-rad)	0.224	0,2	Cumple
Ø (GZ_{max})	27.3	25	Cumple
Francobordo (m)	1.248	0,2	Cumple

h) Octava Condición: Arribo con carga alta

(10% consumibles+ 40 Toneladas de carga sobre cubierta)

Criterio	Valor obtenido	Valor Estándar	Estatus
Desp. (Ton)	153.6	-	-
GMT (m)	0.598	0,45	Cumple
Area (0°-30°) (m-rad)	0.074	0,055	Cumple
Area (0°-40°) (m-rad)	0.109	0,09	Cumple
Area (30°-40°) (m-rad)	0.035	0,03	Cumple
GZ (30°) (m-rad)	0.236	0,2	Cumple
Ø (GZ_{max})	27.7	25	Cumple
Francobordo (m)	1.28	0,2	Cumple

i) Novena Condición: Salida de puerto con Máxima carga

(100% consumibles + 40 Ton de carga sobre cubierta + 10 Ton de carga bajo cubierta)

Criterio	Valor obtenido	Valor Estándar	Estatus
Desp. (Ton)	164.5	-	-
GMT (m)	0.62	0,45	Cumple
Area (0°-30°) (m-rad)	0.078	0,055	Cumple
Area (0°-40°) (m-rad)	0.115	0,09	Cumple
Area (30°-40°) (m-rad)	0.036	0,03	Cumple
GZ (30°) (m-rad)	0.243	0,2	Cumple
Ø (GZ_{max})	27.3	25	Cumple
Francobordo (m)	1.199	0,2	Cumple

j) Decima Condición: Arribo con carga alta

(10% consumibles + 40 Ton de carga sobre cubierta + 10 Ton de carga bajo cubierta)

Criterio	Valor obtenido	Valor Estándar	Estatus
Desp. (Ton)	159.1	-	-
GMT (m)	0.647	0,45	Cumple
Area (0°-30°) (m-rad)	0.081	0,055	Cumple
Area (0°-40°) (m-rad)	0.120	0,09	Cumple
Area (30°-40°) (m-rad)	0.039	0,03	Cumple
GZ (30°) (m-rad)	0.257	0,2	Cumple
Ø (GZ_{max})	27.7	25	Cumple
Francobordo (m)	1.23	0,2	Cumple

Luego de realizar el análisis de estabilidad de la embarcación modificada (Ver análisis completo en ANEXO 5), podemos notar que esta cumple con los criterios establecidos, en todas las condiciones de operación, con lo cual se garantiza la seguridad del barco en sus operaciones en altamar. De esta forma queda validada la modificación realizada a la embarcación original.

CAPITULO V

ANALISIS DE COSTOS

En el presente capítulo se identificarán y presentarán todos los costos y gastos realizados en el proceso de transformación de la Embarcación de servicio auxiliar en Bahía, desde la prueba de estabilidad realizada inicialmente, hasta la desvarada en el astillero luego de haber concluido los trabajos, obteniendo de esta forma el costo total.

Así mismo realizaremos un análisis costo-beneficio, a fin de determinar si el proyecto resulta rentable para el armador.

Es importante señalar que la embarcación de servicio auxiliar en bahía tiene como objetivo principal brindar servicios de transporte de equipos, insumos y personal a las embarcaciones pertenecientes al armador y a las de otras empresas y armadores del sector pesquero y de otros rubros. Estos servicios eran realizados anteriormente por compañías externas las cuales además de generar altos costos, no siempre estaban disponibles para brindar los servicios requeridos por el armador.

En ese sentido, es importante resaltar que el objetivo del proyecto no es buscar una alta rentabilidad, sino más bien, garantizar que las operaciones que requiera el armador se realicen en el momento y lugar requerido, con la disponibilidad inmediata de esta embarcación.

5.1 RELACION DE COSTOS DE LA MODIFICACION

La realización del Proyecto de transformación de la embarcación de pesca tipo cerco a Embarcación de servicio auxiliar en Bahía, demando una gran inversión económica de parte del armador, ya que se tuvo que solventar los costos de obra (trabajos de metalmecánica, carpintería, pintura, etc.), el estudio técnico-ingenieril del proyecto, la adquisición de equipos y materiales, el traslado y estadía de la embarcación en el astillero, así como los gastos por la documentación y licencias que exige la autoridad marítima y las compañía aseguradora.

A continuación, en la tabla N° 5.1, detallaremos todos los costos que demando el proyecto, para lo cual recurriremos a las ordenes de servicio y de compra del armador, así como las facturas y presupuestos que se tienen registrados. Es importante resaltar que el presente proyecto se realizo en el año 2010, por lo que es probable que algunos de los valores que mencionaremos no coincidan con los costos actuales, debido a las fluctuaciones del mercado y el cambio en el precio de algunos materiales.

Tabla N° 5.1: Detalle de costos de la modificación

ITEM	RUBRO	DESCRIPCION DEL TRABAJO	IMPORTE US \$
1	ASTILLERO	Prueba de estabilidad inicial	1800
		Varada y desvarada	1250
		Estadía	1500
		Prueba de estabilidad final	1800
		Sub total	6350
2	INGENIERIA Y DISEÑO	Estudio de estabilidad inicial	1500
		Diseño de la modificación	2200
		Información para DICAPI	1000
		Estudio de estabilidad final	1500
		Sub total	6200
3	CALDERERIA	Cubierta principal	
		Retiro de aditamentos de pesca (Desaguador, carrete, defensa de red)	300

		Retiro de la escotilla de carga	350
		Confección e instalación de tapa estanca para ingreso a bodega	2050
		Confección e instalación de bitas en cubierta	996
		Confección e instalación de dos pescantes	950
		Popa	
		Retiro de la rampa de popa	1440
		Extensión en 1884 mm. de la cubierta en popa	2850
		Forado del casco	1495
		Reforzamiento de estructuras internas	750
		Extensión de la amurada en popa	1560
		Proa	
		Corte del casco a 510 mm. de proa	795
		Forado del casco	950
		Reforzamiento interior del casco	325
		Bodegas	
		Retiro de mamparos longitudinales	2500
		Retiro de mamparos transversales	1660
		Retiro de desagüadores de pesca	330
		Confección e instalación de cuadernas 6 - 6A y 8	7391
		Confección e instalación de 8 puntales	2250
		Casco	
		Cambio de planchas en casco proa	4695
		Confección e instalación de verduguetes en popa	960
		Acomodación	
		Adecuación de sala de pasajeros	630
		Cambio de planchas en caseta	592
4	SIST. ELECTRICO	Trabajos en el sistema eléctrico	3220
5	ARENADO Y PINTURA	Limpieza de fondo de obra viva	550
		Arenado de obra viva	1500
		Arenado de cubierta	1100
		Pintado obra viva (100%), bodega (100%), otras zonas (40%)	3200
		Ánodos de zinc	750
		Sub total	7100
6	PROPULSION Y GOBIERNO	Desinstalación, reparación e instalación	5600
7	LASTRADO	Corrección por lastre	4000
8	SISTEMA DE TUBERIAS	Desinstalación, reparación e instalación	2100
9	EQUIPOS DE SEGURIDAD Y SALVAMENTO	Chalecos salvavidas, paquetes de emergencia, botiquín	835
		Extintores PQS, CO2, Agua presurizada	802
		Sub total	1637
10	CARPINTERIA Y ACOMODACION	Acondicionamiento de sala de pasajeros	1400
11	MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA	Mantenimiento total de Motor principal y equipos auxiliares	10000
TOTAL			83426

RESUMEN		
ITEM	RUBRO	IMPORTE US\$
1	ASTILLERO	6350
2	INGENIERIA Y DISEÑO	6200
3	CALDERERIA	35819
4	SISTEMA ELECTRICO	3220
5	ARENADO Y PINTURA	7100
6	PROPULSION Y GOBIERNO	5600
7	LASTRADO	4000
8	SISTEMA DE TUBERIAS	2100
9	EQUIPOS DE SEGURIDAD Y SALVAMENTO	1637
10	CARPINTERIA, ACOMODACION Y AVITUALLAMIENTO	450
11	MANTENIMIENTO DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS	10000
	TOTAL	83426

Como podemos observar, la modificación demando un costo total de **US \$ 83,426.00** el cual fue financiado íntegramente por el armador. Así mismo, podemos notar que el costo más alto corresponde a los trabajos de calderería, esto debido a las modificaciones realizadas en cubierta y bodegas.

5.2 ANALISIS DE INGRESOS Y EGRESOS DEL PROYECTO

5.2.1 Inversión inicial requerida

Según lo visto en el punto 4.1, la inversión total para realizar la modificación de la embarcación es de:

US \$ 83,426.00

5.2.2 Ingresos por operaciones

Para estimar los ingresos que generaran las operaciones de la embarcación, tomaremos en cuenta las siguientes consideraciones, para el caso más pesimista:

- El costo del servicio de transporte será el mismo que se tiene actualmente con los proveedores externos, el cual es de US \$ 250.00 por hora de operación.
- Consideraremos que la embarcación solo trabajará 200 horas por mes.
- En consecuencia tendremos lo siguiente:

Ingreso Bruto por hora de trabajo	:	US \$ 250.00
Ingreso Bruto por mes (200 horas)	:	US \$ 50,000.00
Ingreso bruto anual (12 meses)	:	US \$ 600,000.00

5.2.3 Egresos por operación y otros gastos

En la estimación de los egresos se considero lo siguiente:

- **Consumo de combustible:** Considerando que el consumo de combustible del motor y otros equipos es en promedio 42 Galones/hora, a un costo de US \$3.3 dólares/galón, tenemos que:

Costo por hora de operación	:	US \$ 138.60
Costo de comb. por mes (200horas)	:	US \$ 27,720.00
Costo de combustible por año	:	US \$ 332,640.00

- **Salario de la Tripulación y personal administrativo:** Considerando que el barco solo contara con 4 tripulantes (Patrón y tres ayudantes) y un personal externo encargado de coordinar y administrar los servicios, tendremos:

Salarios/mes	:	US\$ 3,200.00
--------------	---	----------------------

Salarios anuales	:	US\$ 38400.00
------------------	---	----------------------

- **Gastos de mantenimiento:** Si bien la embarcación está incluida en el Plan de mantenimiento de flota del armador, se considero un monto de US\$ 7000.00 mensuales para la reparación de equipos y/o estructuras ante cualquier eventualidad, por lo que:

Gastos de mantenimiento mensual	:	US\$ 7,000.00
---------------------------------	---	----------------------

Gastos de mantenimiento anual	:	US\$ 84,000.00
-------------------------------	---	-----------------------

- **Otros gastos:** También se considerara:

Pago de seguro anual	:	US \$ 15,000.00
----------------------	---	-----------------

Gastos por pertrechos y alimentación	:	US\$ 14,400.00
--------------------------------------	---	----------------

Gastos administrativos	:	US\$ 3,600.00
------------------------	---	---------------

Fondo anual para renovación de equipos:		US \$ 15,000.00
---	--	-----------------

Total	:	US \$ 48,000.00
-------	---	------------------------

Resumen de Gastos

Luego de enumerar todos los gastos que se realizaran anualmente, durante la operación de la embarcación, obtendremos el valor total:

Descripción	Gasto Mensual (US\$)	Gasto Anual (US\$)
Consumo de combustible	27,720.00	332,640
Salario de tripulación y personal	3,200.00	38,400
Gastos de Mantenimiento	7,000.00	84,000
Seguro Anual	1,250.00	15,000
Pertrechos	1,200.00	14,400
Gastos administrativos	300,00	3,600
Fondo anual de renovación de equipos	1,250.00	15,000
TOTAL ANUAL	41,920.00	

5.2.4 Financiamiento

A fin de cubrir los gastos que demandaban la transformación y la puesta en operación de la embarcación, la empresa propietaria decidió financiar el monto correspondiente a la modificación y al primer mes de operaciones de la siguiente manera:

- Costo de la transformación	:	83,426.00
- Combustible 1er mes	:	27,720.00
- Salario de personal	:	3,200.00
- Pertrechos	:	<u>1,200.00</u>
Monto total financiado	:	115,546.00

Para el financiamiento, se dispuso de un crédito financiero por parte de entidad bancaria local bajo las siguientes condiciones:

- Monto financiado	:	117,000.00
- Tasa de interés efectiva	:	20%
- Periodo de pago	:	24 meses

Bajo estas condiciones, se generaron 24 cuotas fijas mensuales por un valor de **US\$ 5862.13**.

5.2.5 Balance de caja

Luego de haber calculado los ingresos y egresos anuales que generara la embarcación durante la realización de sus operaciones obtenemos el siguiente balance final:

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
INGRESO ANUAL ESTIMADO	600000	600000	600000	600000
EGRESO ANUAL ESTIMADO				
Gastos de operación	503040	503040	503040	503040
Cuotas de financiamiento	70346	70346	0	0
TOTAL EGRESOS	573386	573386	503040	503040
FLUJO DE CAJA	26,614.37	26,614.37	96,960.00	96,960.00

5.3 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

Luego de haber calculado el flujo de caja anual de las operaciones de la embarcación, evaluaremos la rentabilidad del proyecto.

Considerando una tasa de descuento de 10% y tomando en cuenta que el financiamiento de la modificación debe ser pagado en un periodo de dos años, tenemos lo siguiente:

ESCENARIO	Inversión inicial	Flujo Año 1	Flujo Año 2	Flujo Año 3	Flujo Año 4	VAN	TIR
A	-117000	26614,37	26614,37	-	-	S/. -70.809,76	-27%
B	-117000	26614,37	26614,37	96960,00	-	S/. 2.037,72	8%
C	-117000	26614,37	26614,37	96960,00	96960,00	S/. 68.262,71	21%

Como podemos ver en el escenario “A” al finalizar el segundo año se tendrá una rentabilidad negativa, esto debido al pago mensual que se efectuara por el financiamiento del proyecto.

Por otro lado en el escenario “B”, se puede ver que al finalizar el tercer año y de mantenerse constantes los gastos de operación y mantenimiento, la rentabilidad del proyecto será positiva.

5.4 PROYECCIÓN ECONOMICA DEL PROYECTO

- Según los cálculos realizados y las condiciones establecidas, el proyecto será rentable a partir del tercer año de operación.
- Al término del segundo año de operaciones, la inversión realizada para la modificación estará cancelada totalmente.
- También se puede observar que el balance del proyecto contempla un fondo de US \$ 15,000.00 correspondiente a renovación de equipos, el cual puede ser usado para mejorar el equipamiento de la embarcación.
- En la estimación realizada, solo se considero 200 horas de trabajo, que es el tiempo promedio que requiere la flota de la empresa para la realización de las tareas de apoyo. Es probable que al brindar servicios a otras empresas, la cantidad de horas de trabajo se incremente y con ello las utilidades.

CONCLUSIONES

- Mediante el desarrollo del presente proyecto, se ha demostrado que es posible transformar las embarcaciones pesqueras anchoveteras con arte de pesca tipo cerco, en embarcaciones de servicio auxiliar en bahía, cumpliendo con las reglas y estándares de las Sociedades Clasificadoras Internacionales (ABS) y las normativas de la Autoridad Marítima Nacional.
- A pesar de que la embarcación tenía más de 40 años de antigüedad, se noto que el casco se mantenía en buenas condiciones, lo que facilito la realización de la modificación. No obstante fue necesario reforzar algunas estructuras y cambiar parte del forro del casco en la proa ya que mostraban desgaste.

De acuerdo al diseño y los análisis realizados, la embarcación modificada está en condiciones de transportar hasta 40 toneladas de carga en cubierta y 10 toneladas de carga seca en la bodega central. Así mismo puede realizar labores de remolque y empuje de aparatos navales gracias a las modificaciones en el casco.

- Según los resultados obtenidos en el estudio de estabilidad, el casco modificado no cumplía con los valores mínimos de estabilidad para una condición de carga media, por lo que se tuvo que añadir 18 Toneladas de lastre (Mezcla de concreto) en la bodega de la embarcación a fin de mejorar su estabilidad. Con la realización

de este procedimiento se mejoro la estabilidad de la embarcación, cumpliendo con todas las normas exigidas.

- Respecto al análisis económico de las nuevas actividades de la embarcación, se determino que con un mínimo de 200 horas de trabajo por mes, el proyecto será rentable a partir del tercer año de operación.

RECOMENDACIONES

- Para la realización de esta modificación, se efectuó de manera previa una inspección visual de los equipos, sistemas y estructura de la embarcación a fin de determinar si era viable la realización del proyecto. Se recomienda realizar este tipo de inspecciones o algún otro más detallado antes de desarrollar un proyecto similar, pues es probable que no todas las embarcaciones que sean retiradas de la pesca puedan soportar este tipo de modificaciones.
- Si bien la embarcación se encuentra en buenas condiciones, se debe realizar un constante mantenimiento y revisión de todos los equipos, estructuras y sistemas, ya que dada la antigüedad de esta nave, es posible que pueda sufrir un desperfecto o avería.
- Según el diseño desarrollado a pedido del armador, se han retirado todos los mamparos existentes en la bodega central, acondicionando este espacio SOLO para el transporte de carga sólida, por lo que No se debe transportar líquidos en esta área, ya que no está dispuesto para ello, ni se han realizado los estudios para validarlo.
- Antes de que el armador realice este tipo de modificaciones en sus embarcaciones excedentes, se recomienda realizar un análisis técnico y económico a fin de determinar si el proyecto resulta factible para los objetivos deseados.

BIBLIOGRAFIA

1. Ministerio de la Producción “Boletín Estadístico PRODUCE 2010”,
Lima - PERU, 2010
2. Jessica Hidalgo F. “Cuotas Individuales de Pesca”
Lima - PERU, 143 p. 2002
3. APOYO Consultoría “Aplicación de un Sistema de Límites Máximos de Captura por Embarcación en la pesquería de Anchoveta en el Perú y propuestas de programa de Reestructuración Laboral”
Lima - PERU, 54 p. 2008

NORMAS NACIONALES

4. Dirección General de Capitanías y Guardacostas
“Normas para Asignación de Línea de Máxima Carga para Naves Marítimas”
Resolución Directoral 0206 – DCG 1999
5. Dirección General de Capitanías y Guardacostas
“Normas para la Preparación y ejecución de Pruebas de Estabilidad”
Resolución Directoral 0474 – DCG 1998
6. Dirección General de Capitanías y Guardacostas
“Código de seguridad de Equipos para Naves y Artefactos Navales Marítimos”
Resolución Directoral 0562 – DCG 2003

SOCIEDADES CLASIFICADORAS**7. American Bureau of Shipping**

“Reglas para la construcción y clasificación de Buques de acero de eslora inferior a 61 metros” - 2011

TEXTOS DE INGENIERIA NAVAL**8. Ing. Nelson Noziglia “Teoría del Buque I”**

Buenos Aires, Julio 1981

9. Alaez Zazurca, José – “Teoría del Buque”

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales (ETSIN) - Madrid

10. Baldomero García, Doncel – “Teoría del Buque”

Escuela de Ingeniería Técnica – Cádiz

11. Godino Gil, Carlos – “Teoría del Buque y sus aplicaciones”

Ediciones Gustavo Gil - Barcelona

12. Edgar Lewis – “Principles of naval Architecture”

The Society of Naval Architects and Marine Engineers - SNAME

ANEXO 1
NORMAS ABS

PART

3

CHAPTER **1** **General**

SECTION **1** **Definitions**

1 **Application**

The following definitions apply throughout these Rules.

3 **Length**

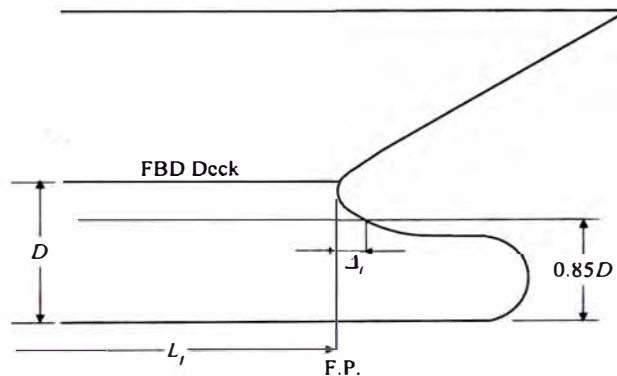
3.1 **Scantling Length (L)**

L is the distance in meters (feet) on the summer load line from the fore side of the stem to the centerline of the rudder stock. For use with the Rules, L is not to be less than 96% and need not be greater than 97% of the length on the summer load line. The forward end of L is to coincide with the fore side of the stem on the waterline on which L is measured.

3.3 **Freeboard Length (L_f)**

L_f is the distance in meters (feet) on a waterline at 85% of the least molded depth measured from the top of the keel from the fore side of the stem to the centerline of the rudder stock or 96% of the length on that waterline, whichever is greater. Where the stem is a fair concave curve above the waterline at 85% of the least molded depth and where the aftmost point of the stem is above the waterline, the forward end of the length, L_f , is to be taken at the aftmost point of the stem above that waterline. See 3-1-1/Figure 1.

FIGURE 1



5 **Breadth (B)**

B is the greatest molded breadth in meters (feet).

PART

3

CHAPTER 2 Hull Structures and Arrangements

SECTION 2 Shell Plating

1 General

Shell plating is to be of not less thickness than is required by the equations for thickness of side and bottom plating as required by this section, nor less than required by Section 3-2-1 for longitudinal strength and Section 3-2-8 for deep tank plating with h not less than the vertical distance to the freeboard deck at side.

3 Bottom Shell Plating

3.1 Extent of Bottom Plating

The term “bottom plating” refers to the plating from the keel to the upper turn of the bilge or upper chine.

3.3 Bottom Shell Plating

The thickness of the bottom shell plating throughout is not to be less than that obtained from the following equations:

3.3.1

$$t = \frac{s\sqrt{h}}{254} + 2.5 \text{ mm}$$

$$t = \frac{s\sqrt{h}}{460} + 0.10 \text{ in.}$$

where

- t = thickness of bottom shell plating, in mm (in.)
- s = frame spacing, in mm (in.)
- h = depth, D , in m (ft), as defined in 3-1-1/7.1, but not less than $0.1L$ or $1.18d$, whichever is greater
- d = draft for scantlings, as defined in 3-1-1/9, or $0.066L$, whichever is greater
- L = length of vessel, in m (ft), as defined in 3-1-1/3

3.3.2

$$t = \frac{s}{R} \sqrt{\frac{SM_R}{SM_A}} \cdot \frac{1}{\sqrt{Q}} \text{ mm (in.)}$$

where

t and s are as defined above.

- R = 45 with transverse framing
- = 55 with longitudinal framing

$$SM_R = \text{hull girder section modulus required by 3-2-1/3, in cm}^2\text{-m (in}^2\text{-ft)}$$

$$SM_A = \text{bottom hull girder section modulus, in cm}^2\text{-m (in}^2\text{-ft)}$$

$$Q = \text{as defined in 3-2-1/7.5}$$

3.5 Bottom Forward

For vessels of 61 m (200 ft) in length and above, where the heavy weather ballast draft or operating draft forward is less than $0.04L$, the plating on the flat of bottom forward, forward of the location given in 3-2-4/Table 1 is to be not less than required by the following equation:

$$t = 0.0046s \sqrt{(0.005L^2 - 1.3d_f^2) / d_f} \quad \text{mm}$$

$$t = 0.0026s \sqrt{(0.005L^2 - 1.3d_f^2) / d_f} \quad \text{in.}$$

where

$$s = \text{frame spacing, in mm (in.)}$$

$$L = \text{length of vessel, as defined in 3-1-1/3}$$

$$d_f = \text{heavy weather ballast draft at the forward perpendicular, in m (ft)}$$

5 Side Shell Plating

5.1 General (1998)

The side shell plating is not to be less in thickness than that obtained from the following equation:

$$t = \frac{s\sqrt{h}}{268} + 2.5 \quad \text{mm}$$

$$t = \frac{s\sqrt{h}}{485} + 0.10 \quad \text{in.}$$

where

$$t = \text{thickness, in mm (in.)}$$

$$s = \text{spacing of transverse frames or longitudinals, in mm (in.)}$$

$$h = \text{depth, in m (ft), as defined in 3-1-1/7, but not less than } 0.1L \text{ or } 1.18d, \text{ whichever is greater}$$

$$d = \text{draft for scantlings, as defined in 3-1-1/9, or } 0.066L, \text{ whichever is greater}$$

$$L = \text{length of the vessel, as defined in 3-1-1/3}$$

t is not to be taken less than 8.5 mm (0.33 in.) for offshore support vessels.

The side shell plating in way of hold frames of dry cargo vessels with typical bulk carrier configuration (sloping upper and lower wing tanks with a transversely framed side shell in way of the hold) is also not to be less than that obtained from the following equation:

$$t = \sqrt{L} \quad \text{mm}$$

$$t = 0.0218 \sqrt{L} \quad \text{In.}$$

with L as defined above.

PART
3

CHAPTER **2** **Hull Structures and Arrangements**

SECTION **3** **Deck Plating**

1 **General**

The thickness of the deck plating is not to be less than that required to obtain the hull-girder section modulus given in Section 3-2-1, nor less than required by this section.

3 **Deck Plating**

The thickness of plating on each deck is to be not less than the greater of those obtained from the following equations. The required thickness is not to be less than 5.0 mm (0.20 in.), except for platform decks in enclosed passenger spaces where the thickness is not to be less than 4.5 mm (0.18 in.). Thickness of strength deck inside line of openings may be reduced by 1.0 mm (0.04 in.) from t obtained by 3-2-3/3.3 below.

3.1 **All Decks**

$$t = \frac{s\sqrt{h}}{254} + 2.5 \text{ mm}$$

$$t = \frac{s\sqrt{h}}{460} + 0.10 \text{ in.}$$

where

t = thickness, in mm (in.)

s = beam or longitudinal spacing, in mm (in.)

h = height, in m (ft), as follows:

= *for a deck or portion of deck forming a tank top*, the greater of the following distances:

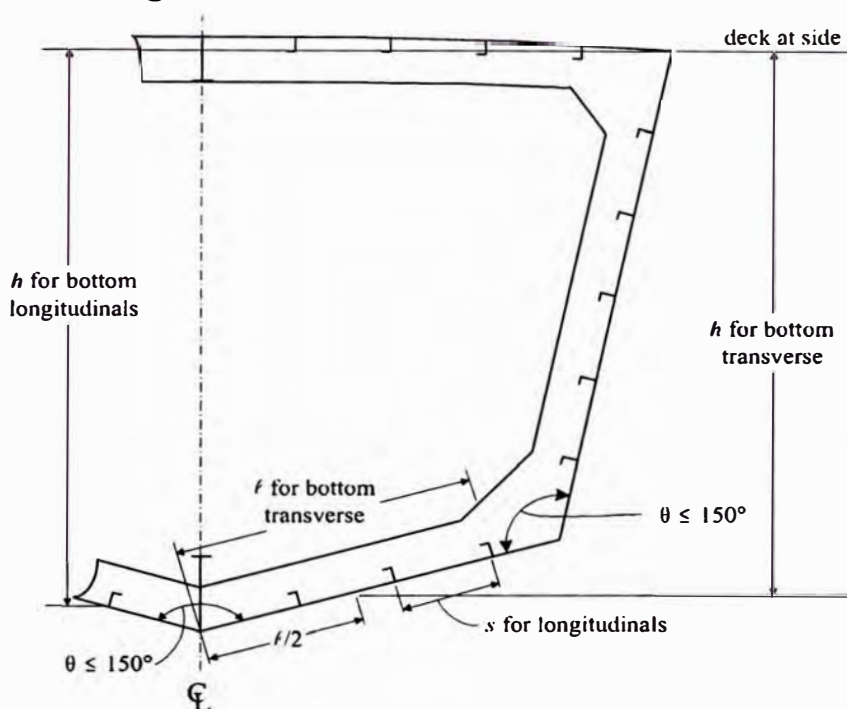
- two-thirds of the distance from the tank top to the top of the overflow, or
- two-thirds of the distance from the tank top to the bulkhead deck or freeboard deck.

= *for a lower deck on which cargo or stores are carried*, the tween-deck height at side; where the cargo weights are greater than normal [7010 N/m³ (715 kgf/m³, 45 lbf/ft³)], h is to be suitably adjusted.

= *for an exposed deck on which cargo is carried*, 3.66 m (12 ft). Where it is intended to carry deck cargoes in excess of 25850 N/m² (2636 kgf/m², 540 lbf/ft²), this head is to be increased in proportion to the added loads which will be imposed on the structure

Elsewhere, the value of h is to be not less than that obtained from the appropriate equation below, where L is the length of vessel in m (ft), as defined in 3-1-1/3.

FIGURE 4
Longitudinal Frames with Transverse Webs



5.3 Bottom Girders and Transverses

5.3.1 Section Modulus

The section modulus, SM , of each bottom girder and transverse, where intended as a primary supporting member, in association with the plating to which it is attached, is not to be less than that obtained from the following equation:

$$SM = 7.8chs\ell^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.0041chs\ell^2 \text{ in}^3$$

where

- c = 0.915
- h = vertical distance, in m (ft), from the center of area supported to the deck at side
- s = spacing, in m (ft)
- ℓ = unsupported span, in m (ft). Where brackets are fitted in accordance with 3-1-2/5.5 and are supported by bulkheads, inner bottom or side shell, the length, ℓ , may be measured as permitted therein.

Tripping brackets are to be fitted at intervals of about 3 m (10 ft) and stiffeners are to be fitted as may be required.

5.3.2 Depth

The minimum depth of the girder or transverse is to be not less than 2.5 times the depth of the cutouts for bottom frames, unless effective compensation for cutouts is provided, nor less than that obtained from the following equation:

$$h_w = 145\ell \text{ mm}$$

$$h_w = 1.75\ell \text{ in.}$$

where

$$h_w = \text{girder or transverse depth, in mm (in.)}$$

ℓ is defined in 3-2-4/5.3.1.

5.3.3 Thickness

The minimum thickness of the web is to be not less than that obtained from the following equation:

$$t = 0.01h_w + 3 \text{ mm}$$

$$t = 0.01h_w + 0.12 \text{ in.}$$

where

$$t = \text{floor thickness, in mm (in.)}$$

h_w is as given in 3-2-4/5.3.2.

5.3.4 Non-prismatic Members

Where the cross sectional properties of the member is not constant throughout the length of the girders or transverses, the above requirements will be specially considered with particular attention being paid to the shearing forces at the ends.

5.5 Center Girder

In general, a center girder is to be fitted, complying with 3-2-4/5.3; however, alternative arrangements that provide suitable support for docking will be considered.

5.7 Frames

The section modulus, SM , of each bottom frame to the chine or upper turn of bilge, in association with the plating to which it is attached, is not to be less than that obtained from the following equation:

$$SM = 7.8chs\ell^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.0041chs\ell^2 \text{ in}^3$$

where

$$c = \begin{cases} 0.80 & \text{for transverse frames clear of tanks} \\ 1.00 & \text{for longitudinal frames clear of tanks, and in way of tanks} \\ 1.00 & \text{for transverse frames in way of tanks} \end{cases}$$

$$s = \text{frame spacing in, m (ft)}$$

$$\ell = \text{unsupported span, in m (ft), Where brackets are fitted in accordance with 3-1-2/5.5 and are supported by bulkheads, inner bottom or side shell, the length, } \ell, \text{ may be measured as permitted therein.}$$

$$h = \text{vertical distance, in m (ft), from the middle of } \ell \text{ to the deck at side. In way of a deep tank, } h \text{ is the greatest of the distances, in m (ft), from the middle of } \ell \text{ to a point located at two-thirds of the distance from the top of the tank to the top of the overflow, a point located above the top of the tank not less than } 0.01L + 0.15 \text{ m (} 0.01L + 0.5 \text{ ft) or } 0.46 \text{ m (1.5 ft), whichever is greatest.}$$

L is as defined in 3-1-1/3.

CHAPTER 2 Hull Structures and Arrangements

SECTION 5 Side Frames, Webs, and Stringers

1 General

1.1 Basic Considerations

Frames or webs and stringers are not to have less strength than is required for watertight bulkhead stiffeners, or girders, in the same location in association with heads to the bulkhead deck. In way of deep tanks, frames or webs and stringers are not to have less strength than is required for stiffeners or girders on deep-tank bulkheads. The calculated section modulus is based upon the intact sections being used. Where a hole is cut in the flange of any member or a large opening is made in the web of the member, the net section is to be used in determining the section modulus of the member in association with the plating to which it is attached.

1.3 End Connections

At the ends of unbracketed frames, both the web and the flange are to be welded to the supporting member. At bracketed end connections, continuity of strength is to be maintained at the connection to the bracket and at the connection of the bracket to the supporting member. Welding is to be in accordance with 3-2-16/Table 1. Where longitudinal frames are not continuous at bulkheads, end connections are to effectively develop their sectional area and resistance to bending. Where a structural member is terminated, structural continuity is to be maintained by suitable back-up structure, fitted in way of the end connection of frames, or the end connection is to be effectively extended by a bracket or flat bar to an adjacent beam, stiffener, etc.

3 Longitudinal Side Frames

3.1 Section Modulus

The section modulus, SM , of each longitudinal side frame above the chine or upper turn of bilge is to be not less than that obtained from the following equation:

$$SM = 7.8chs\ell^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.0041chs\ell^2 \text{ in}^3$$

where

$$c = 0.915$$

$$h = \text{vertical distance, in m (ft), from the frame to the freeboard deck at side, but not less than } 0.02L + 0.46 \text{ m (0.02L + 1.5 ft)}$$

$$s = \text{frame spacing, in m (ft)}$$

$$\ell = \text{straight-line unsupported span, in m (ft). Where brackets are fitted in accordance with 3-1-2/5.5 and are supported by bulkheads, the length, } \ell, \text{ may be measured as permitted therein.}$$

7 Side Web Frames

7.1 Section Modulus

The section modulus, SM , of each side web frame supporting longitudinal framing or shell stringers above the chine or upper turn of bilge, in association with the plating to which the web frame is attached, is not to be less than that obtained from the following equation:

$$SM = 7.8chs\ell^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.0041chs\ell^2 \text{ in}^3$$

where

- c = 0.915 aft of the forepeak
 = 1.13 in the forepeak of vessel 61 m (200 ft) or greater in length.
- s = frame spacing, in m (ft)
- ℓ = straight-line unsupported span, in m (ft). Where brackets are fitted in accordance with 3-1-2/5.5 and are supported by decks or inner bottoms, the length, ℓ , may be measured as permitted therein
- h = on frames having no tween decks above, the vertical distance, in m (ft), from the mid length of the frame to the freeboard deck at side, but not less than $0.02L + 0.46$ m ($0.02L + 1.5$ ft).
 = on frames having tween decks above, the vertical distance, in m (ft), from the middle of ℓ to the load line or 0.5ℓ , whichever is greater, plus $bh_1/45K$ ($bh_1/150K$).
- b = horizontal distance, in m (ft), from the outside of the frames to the first row of deck beams supports.
- h_1 = vertical distance, in m (ft), from the deck at the top of the web frame to the bulkhead or freeboard deck plus the height of all cargo tween deck spaces above the bulkhead or freeboard deck plus one-half the height of all passenger spaces above the bulkhead or freeboard deck, or plus 2.44 m (8 ft), if that is greater. Where the cargo load differs from 715 kgf/m^3 (45 lbf/ft^3), h_1 is to be adjusted accordingly.
- K = 1.0 where the deck is longitudinally framed and a deck transverse is fitted in way of each web frame.
 = the number of transverse frame spaces between web frames where the deck is transversely framed.

7.3 Tween-deck Web Frames

Tween-deck web frames are to be fitted below the bulkhead deck over the hold web frames, as may be required to provide continuity of transverse strength above the main web frames in holds and machinery space.

7.5 Proportions

The depth of each web frame is to be not less than 125ℓ mm (1.5ℓ in.) or, unless effective compensation is provided for cutouts, 2.5 times the cutout for frame or longitudinal if greater. The thickness of the web of web frame or stringer is to be not less than 0.01 times the depth plus 3 mm (0.12 in.), ℓ is as defined in 3-2-5/7.1.

7.7 Tripping Brackets and Stiffeners

7.7.1 Stiffeners

Where the shell is longitudinally framed, stiffeners attached to the longitudinal frames and extending to the full depth of the web frame are to be fitted at least at alternate longitudinal frames. Other stiffening arrangements may be considered based on the structural stability of the web plates.

CHAPTER 2 Hull Structures and Arrangements

SECTION 6 Beams, Deck Girders, Deck Transverses, and Pillars

1 Beams

1.1 Spacing

Beams may be fitted either transversely or longitudinally. Transverse beams, where provided, are to be fitted at each transverse side frame at the tops of tanks, tunnel tops, and bulkhead recesses. Elsewhere, these beams are not to be more than two frame spaces apart and those in different tiers are to be fitted on the same frames.

1.3 Section Modulus

The section modulus, SM , of each transverse or longitudinal beam, in association with the plating to which it is attached, is not to be less than that obtained from the following equations:

$$SM = 7.8chs\ell^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.0041chs\ell^2 \text{ in}^3$$

where

c	=	1.00	for transverse or longitudinal beams at the tops of tank, with deep tank h
	=	$1/(1.709 - 0.651k)$	for longitudinal beams of strength decks and effective lower decks
	=	0.60	for all other transverse beams
	=	0.70	for all other longitudinal beams
k	=	$SM_R Y / I_A$	
SM_R	=	required hull-girder section modulus amidships from 3-2-1/3, in $\text{cm}^2\text{-m}$ ($\text{in}^2\text{-ft}$)	
Y	=	distance, in m (ft), from the neutral axis to the deck being considered, always taken as positive	
I_A	=	hull girder moment of inertia of the vessel amidships, in $\text{cm}^2\text{-m}^2$ ($\text{in}^2\text{-ft}^2$)	

The values of I_A and Y are to be those obtained using the area of the longitudinal beams given by the above equation.

s	=	beam spacing, in m (ft)
ℓ	=	unsupported span, in m (ft). At the tops of tanks and bulkhead recesses, the maximum span permissible between supports is 4.57 m (15 ft). Where brackets are fitted in accordance with 3-1-2/5.5, the length, ℓ , may be measured as permitted therein.

1.7 Container Loading

Where it is intended to carry containers, the exact locations of the container pads and the maximum total static load on the pads are to be indicated on the plans. Where the pads are not in line with the supporting structures, headers are to be provided to transmit the loads to these members.

Each member intended to support containers is to have a section modulus, SM , in cm^3 (in^3), not less than that obtained from the following equation:

$$SM = M/f$$

where

M = maximum bending moment due to maximum static container loading in kN-cm (kgf-cm, Ltf-in)

f = permissible maximum bending stress, as given in 3-2-6/Table 1.

In determining the maximum bending moment, members may be considered fixed-ended, provided the member is continuous over the adjacent spans or is effectively attached to a bulkhead stiffener or frame or has suitable end connections. Where this is not the case, the member is to be considered simply-supported. Where weather deck containers are supported by pedestals, the section modulus required by 3-2-6/1.3, with h equal to the distance between the deck and the underside of the container, but not greater than 50% of the value given in 3-2-1/1.3.1 through 3-2-1/1.3.6, is to be added to the above required section modulus.

TABLE 1
Values of f

	kN/cm^2	kgf/cm^2	Ltf/in^2
Effective longitudinal members	12.36	1262	8
Transverse members and longitudinal members inside the line of openings	13.90	1420	9

The net sectional area of the web of the member in cm^2 (in^2), including effective brackets, where applicable, is to be not less than that obtained from the following equation:

$$A = F/q$$

where

F = shearing force at the point under consideration, kN (kgf, Ltf)

q = allowable average shear stress in the web, not to exceed 10.35 kN/cm^2 (1057 kgf/cm^2 , 6.7 Ltf/in^2)

3 Deck Girders and Deck Transverses

3.1 General

Girders and transverses are to be fitted as required to support beams and longitudinals. Additional girders are to be fitted as required under masts, king posts, deck machinery or other heavy concentrated loads.

3.3 Deck Girders and Transverses Clear of Tanks

Section modulus, SM , of each longitudinal deck girder and deck transverse clear of tanks is not to be less than that obtained from the following equation:

$$SM = 7.8cbh^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.0041cbh^2 \text{ in}^3$$

where

$c = 0.60$

$b =$ mean breadth of area of deck supported (for girders), or spacing of deck transverses (for transverses), in m (ft)

$h =$ height, in m (ft), as required by 3-2-6/1.3 for the beams supported

$\ell =$ unsupported span, in m (ft). Where brackets are fitted at bulkhead supports, in accordance with 3-1-2/5.5, the length, ℓ , may be measured as permitted therein.

3.5 Proportions

The minimum depth of a deck girder or transverse supporting member is to be 58.3ℓ mm (0.7ℓ in.), where ℓ is as defined in 3-2-6/3.3; the depth is also not to be less than 2.5 times the cutout for the beam or longitudinal unless effective compensation is provided for the cutouts. The minimum thickness is to be 1 mm per 100 millimeters (0.01 in. per inch) of depth plus 4 mm (0.16 in.).

3.7 Tripping Brackets and Stiffeners

Tripping brackets are to be fitted on girders and transverses at a spacing of about 3 m (10 ft). Stiffeners are to be fitted as may be required.

3.9 Deck Girders and Transverses in Tanks

The requirements for deck girders or transverse supporting members in tanks may be obtained in the same manner as given in 3-2-6/3.3, 3-2-6/3.5 and 3-2-6/3.7, except that c is equal to 0.915. The minimum depth of a girder or transverse supporting member is to be 83.3ℓ mm (1.0ℓ in.), where ℓ is as defined in 3-2-6/3.3.

3.11 Hatch Side Girders

Scantlings for hatch side girders supporting athwartship shifting beams or supporting hatch covers are to be obtained in the same manner as deck girders (3-2-6/3.3 and 3-2-6/3.9). Such girders along lower deck hatches under trunks in which covers are omitted are to be increased in proportion to the extra load which may be required to be carried due to the loading up into the trunks. The structure on which the hatch covers are seated is to be effectively supported.

Where deep coamings are fitted above decks, such as at weather decks, the girder below deck may be modified so as to obtain a section modulus in cm^3 (in^3), when taken in conjunction with the coaming up to and including the horizontal coaming stiffener, of not less than 35% more than the required girder value, as derived from 3-2-6/3.3. Where hatch side girders are not continuous under deck beyond the hatchways to the bulkheads, brackets extending for at least two frame spaces beyond the ends of the hatchways are to be fitted.

Where hatch side girders are continuous beyond the hatchways, care is to be taken in proportioning their scantlings beyond the hatchway. Gusset plates are to be fitted at hatchway corners, arranged so as to tie effectively the flanges of the side coamings and extension pieces or continuous girders and the hatch-end beam flanges both beyond and in the hatchway.

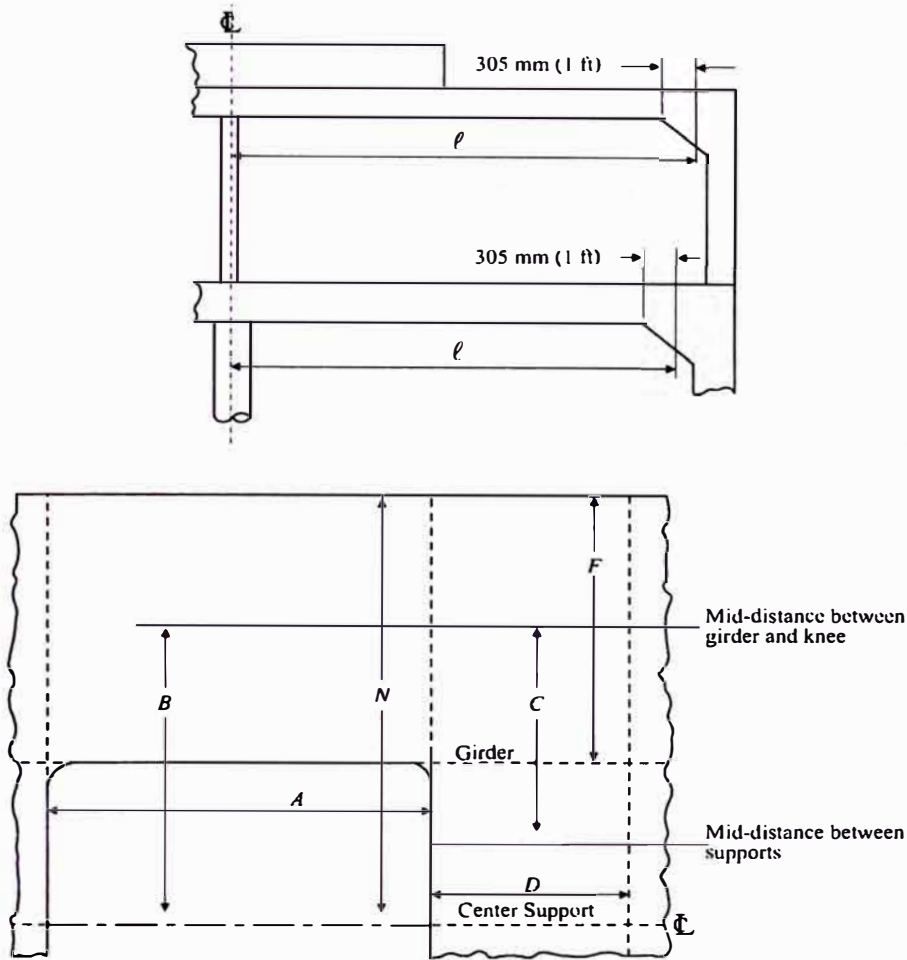
3.13 Container Loading

Where it is intended to carry containers, the structure is to comply with 3-2-6/1.7.

3.15 End Attachments

The ends of deck girders and transverses are to be effectively attached by welding.

FIGURE 2
Hatch-end Beams



5 Stanchions and Pillars

5.1 General

Supports under pillars are to be sufficient strength to distribute the loads effectively. Tween-deck pillars are to be arranged directly above those below, or effective means are to be provided for transmitting their loads to supports below. Tripping brackets are to be fitted on members in way of pillars, both when the pillar is over and under the member.

5.3 Permissible Load

The permissible load a pillar can carry is to be equal to or greater than the pillar load, W , as determined in 3-2-6/5.5. The permissible load may be obtained from the following equation:

$$W_a = (k - n\ell/r)A$$

where

$$W_a = \text{load, in kN (tf, Ltf)}$$

$$k = 12.09 \text{ (1.232, 7.83)}$$

$$n = 0.0444 \text{ (0.00452, 0.345)}$$

- l = unsupported length of the pillar, in cm (ft)
- r = least radius of gyration of pillar, in cm (in.)
- A = area of pillar, in cm^2 (in^2)

5.5 Calculated Load

The load on a pillar is to be obtained from the following equation:

$$W = nbhs$$

where

- W = load, in kN (tf, Ltf)
- n = 7.04 (0.715, 0.02)
- b = mean breadth, in m (ft), of area supported
- h = height, in m (ft), above the deck supported, as defined below
- s = mean length, in m (ft), of area supported

For a pillar below an exposed deck on which cargo is carried, h is the distance from the deck supported to a point 3.66 m (12 ft) above the exposed deck. Where it is intended to carry deck cargoes in excess of 2636 kilograms per square meter (540 pounds per square foot), this head is to be increased in proportion to the added loads which will be imposed on the structure.

For a pillar below the freeboard deck, h is to be measured to a point not less than $0.02L + 0.76$ m ($0.02L + 2.5$ ft) above the freeboard deck.

For a pillar below the superstructure deck, h is to be measured to a point not less than $0.02L + 0.46$ m ($0.02L + 1.5$ ft) above the superstructure deck.

The height, h , for any pillar is not to be less than the given height in 3-2-6/1.3 for the beams at the top of the pillar plus the sum of the heights given in the same paragraphs for the beams of all complete cargo decks and one-half the heights given for all partial superstructure decks above.

L is the length of vessel, in m (ft), as defined in 3-1-1/3.

5.7 Stanchions in Double Bottoms and Under Tank Tops

Stanchions in double bottoms and under the tops of deep tanks are to be solid in cross section. Stanchions under the tops of deep tanks are not to be less than required by 3-2-6/5.3 and 3-2-6/5.5, nor are they to have less section area than $cW \text{ cm}^2$ (in^2) where W is to be obtained from the following equation:

$$W = nbhs$$

where

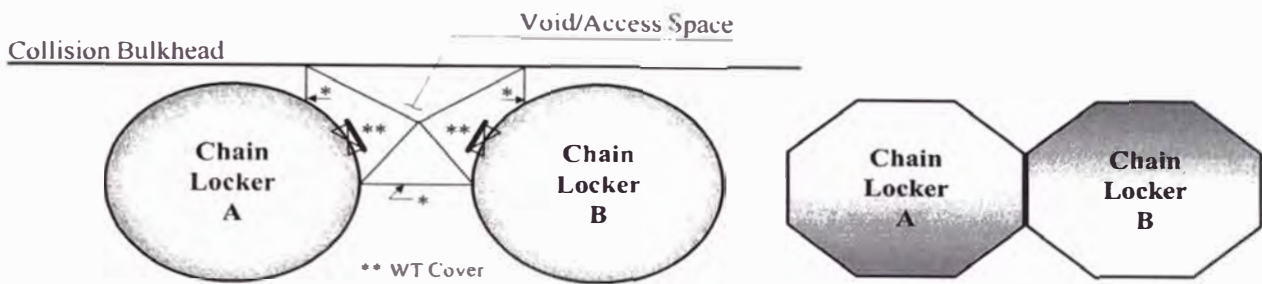
- W = load, in kN (tf, Ltf)
- n = 10.5 (1.07, 0.03)
- b = breadth, in m (ft), of the area of the top of the tank supported by the stanchion
- h = height, in m (ft), as required by 3-2-6/1.3, for the tank-top beams
- s = length, in m (ft), of the area of the top of the tank supported by the stanchion
- c = 0.1035 (1.015, 0.16)

5.9 Bulkheads

Bulkheads supporting girders or bulkheads fitted in lieu of girders are to be stiffened to provide supports not less effective than required for pillars.

FIGURE 1A (2007)

FIGURE 1B (2007)



3.7 Hold Bulkheads (1 July 1998)

In addition to the above required bulkheads, for vessels of applicable type and size, the number and arrangement of hold bulkheads are to satisfy the subdivision and damage requirements in 3-3-1/3.3. Review procedures for this requirement are indicated in 3-3-1/5.

5 Construction of Watertight Bulkheads

5.1 Plating (1998)

Watertight bulkhead plating thickness is to be obtained from the following equation:

$$t = sk \sqrt{qh} / c + 1.5 \text{ mm} \quad \text{but not less than } 6 \text{ mm or } s/200 + 2.5 \text{ mm, whichever is greater}$$

$$t = sk \sqrt{qh} / c + 0.06 \text{ in.} \quad \text{but not less than } 0.24 \text{ in. or } s/200 + 0.10 \text{ in., whichever is greater}$$

where

- t = thickness, in mm (in.)
- s = spacing of stiffeners, in mm (in.)
- k = $(3.075 \sqrt{\alpha} - 2.077) / (\alpha + 0.272)$ $(1 \leq \alpha \leq 2)$
 = 1.0 $(\alpha > 2)$
- α = aspect ratio of the panel (longer edge/shorter edge)
- q = $235/Y$ N/mm² ($24/Y$ kgf/mm², $34,000/Y$ psi)
- Y = specified minimum yield point or yield strength, in N/mm² (kgf/mm², psi), as defined in 2-1-1/13, for the higher strength material or 72% of the specified minimum tensile strength, whichever is less
- h = distance from the lower edge of the plate to the deepest equilibrium waterline in the one compartment damaged condition, in m (ft)
 - For passenger vessels, h is to be taken as not less than the distance to the margin line.
 - For cargo vessels, h is to be not less than the distance to the bulkhead deck at center unless a deck lower than the uppermost continuous deck is designated as the freeboard deck, as allowed in 3-1-1/13.1, in which case, h is to be not less than the distance to the designated freeboard deck at center.
- c = 254 (460) for collision bulkhead
 = 290 (525) for other watertight bulkheads

For vessels under 30.5 m (100 ft) in length, the following deductions may be made to the thicknesses obtained from the above equation for mild steel only.

<i>L</i> meters	Deduction mm	<i>L</i> feet	Deduction in.
24.40 to 30.50	0.25	80 to 100	0.01
21.35 to 24.40	0.50	70 to 80	0.02
18.30 to 21.35	0.75	60 to 70	0.03
Under 18.30	1.00	Under 60	0.04

In general, main non-tight transverse strength bulkhead plating is to be similar to that required for watertight bulkheads. Other non-tight strength bulkheads plating is to be not less than $s/150$, or 4 mm (0.16 in.), whichever is greater. The section modulus of non-watertight bulkhead stiffeners is to be not less than one-half of that required by 3-2-7/5.3.

5.3 Stiffeners (1998)

The section modulus, SM of each bulkhead stiffener, in association with the plating to which it is attached, is to be not less than that obtained from the following equation:

$$SM = 7.8chs\ell^2 \text{ cm}^3$$

$$SM = 0.0041chs\ell^2 \text{ in}^3$$

where

- $c = 0.30$ for a stiffener with effective brackets at both ends of its span. An effective bracket for the application of this value of c is to have scantlings not less than shown in 3-1-2/Table 3 and is to extend onto the stiffener for a distance at least one-eighth of the length, ℓ , of the stiffener.
- $= 0.43$ for a stiffener with an effective bracket at one end and a clip connection or horizontal girder at the other end. An effective bracket for the application of this value of c is to have scantlings not less than shown in 3-1-2/Table 3 and is to extend onto the stiffener for a distance at least one-eighth of the length, ℓ , of the stiffener.
- $= 0.56$ for a stiffener with clip connections at both ends or a clip connection at one end and a horizontal girder at the other end.
- $= 0.60$ for a stiffener between horizontal girders or for a stiffener with no end attachments.
- $h =$ distance from the middle of ℓ to the deepest equilibrium waterline in the one compartment damaged condition, in m (ft)
 - For passenger vessels, h is to be taken as not less than the distance to the margin line.
 - For cargo vessels, h is to be taken as not less than the distance to the bulkhead deck at center unless a deck lower than the uppermost continuous deck is designated as the freeboard deck, as allowed in 3-1-1/13.1, in which case, h is to be not less than the distance to the designated freeboard deck at center.
 - For all vessels, where this distance is less than 6.10 m (20 ft), h is to be taken as 0.8 times the distance plus 1.22 m (4 ft).
- $s =$ spacing of stiffeners, in m (ft)
- $\ell =$ distance, in m (ft), between the heels of the end attachments. Where horizontal girders are fitted, ℓ is the distance from the heel of the end attachment to the first girder, or the distance between the horizontal girders.

3 Rudder Design Force

Rudder force, C_R , upon which rudder scantlings are to be based, is to be obtained from equation described either in Section 3-2-11/3.1 or Section 3-2-11/3.3 as applicable. Where for the ordinary rudders the rudder angle, ϕ , exceeds 35° , the rudder force, C_R , is to be increased by a factor of $1.74 \sin(\phi)$.

3.1 Rudder Blades without Cutouts

Where the rudder profile can be defined by a single quadrilateral, the rudder force is to be obtained from the following equation:

$$C_R = n k_R k_c k_t A V_R^2 \quad \text{kN (tf, Ltf)}$$

where

- n = 0.132 (0.0135, 0.00123)
- k_R = $(b^2/A_i + 2)/3$ but not taken more than 1.33
- b = mean height of rudder area, in m (ft), as determined from 3-2-11/Figure 1
- A_i = sum of rudder blade area, A , and the area of rudder post or rudder horn within the extension of rudder profile, in m^2 (ft^2)
- A = total projected area of rudder as illustrated in 3-2-11/Figure 1, in m^2 (ft^2)
 For steering nozzles, A is not to be taken less than 1.35 times the projected area of the nozzle.
- k_c = coefficient depending on rudder cross section as indicated in 3-2-11/Table 1A and 1B. For cross section differing from those in 3-2-11/Table 1A and 1B, k_c is subject to special consideration.
- k_t = coefficient as specified in 3-2-11/Table 2
- V_R = vessel speed, in knots
 = for ahead condition V_R equals V_d or V_{min} , whichever is greater
 = for astern condition V_R equals V_a or $0.5V_d$, or $0.5V_{min}$, whichever is greater
- V_d = design speed in knots with the vessel running ahead at the maximum continuous rated shaft rpm and at the summer load waterline
- V_a = maximum astern speed in knots
- V_{min} = $(V_d + 20)/3$

3.3 Rudder Blades with Cutouts

This paragraph applies to rudders with cutouts (semi-spade rudders), such that the whole blade area cannot be adequately defined by a single quadrilateral. See 3-2-11/Figure 2. Equations derived in this paragraph are based on a cutout blade with two quadrilaterals. Where more quadrilaterals are needed to define the rudder shape, similar rules apply.

The total rudder force described in 3-2-11/3.1 is applicable for rudders with cutout(s), with A being the summation of sub-quadrilaterals that make up the whole area of the rudder blade. Rudder force distribution over each quadrilateral is to be obtained from the following equations:

$$C_{R1} = C_R A_1 / A \quad \text{kN (tf, Ltf)}$$

$$C_{R2} = C_R A_2 / A \quad \text{kN (tf, Ltf)}$$

where

- C_R and A are as defined in 3-2-11/3.1
- A_1 and A_2 are as described in 3-2-11/Figure 2.

5 Rudder Design Torque

5.1 General

The rudder design torque, Q_R , for rudder scantling calculations is to be in accordance with 3-2-11/5.3 or 3-2-11/5.5 as applicable.

5.3 Rudder Blades without Cutouts

Rudder torque, Q_R , is to be determined from the following equation for both ahead and astern conditions.

$$Q_R = C_R r \quad \text{kN-m (tf-m, Ltf-ft)}$$

where

- C_R = rudder force, as calculated in 3-2-11/3
- r = $c(\alpha - k)$ but not less than $0.1c$ for ahead condition
- c = mean breadth of rudder area, as shown in 3-2-11/Figure 1, in m (ft)
- α = coefficient as indicated in 3-2-11/Table 3
- k = A_f/A
- A_f = area of rudder blade situated forward of the centerline of the rudder stock, in m^2 (ft^2), as shown in 3-2-11/Figure 1
- A = whole rudder area as described in 3-2-11/3.1

TABLE 2
Coefficient k , (2009)

<i>Rudder/Propeller Layout</i>	k
Rudders outside propeller jet	0.8
Rudders behind a fixed propeller nozzle	1.15
All others	1.0

TABLE 3
Coefficient α (2009)

<i>Rudder Position or High-lift</i>	α	
	<i>Ahead Condition</i>	<i>Astern Condition</i>
Located behind a fixed structure, such as a rudder horn	0.25	0.55
Located where no fixed structure forward of it	0.33	0.66
High-Lift Rudders (see 3-2-11/Table 1B)	Special consideration (0.40 if unknown)	Special consideration

5.5 Rudders Blades with Cutouts

This paragraph refers to rudder blades with cutouts (semi-spade rudders) as defined in 3-2-11/3.3. Equations derived in this paragraph are based on a cutout blade with two quadrilaterals. Where more quadrilaterals are needed to define the rudder shape, similar rules apply.

Total rudder torque, Q_R , in ahead and astern conditions is to be obtained from the following equation:

$$Q_R = C_{R1} r_1 + C_{R2} r_2 \quad \text{kN-m (tf-m, Ltf-ft)}$$

but not to be taken less than Q_{Rmin} in the ahead condition

where

$$Q_{Rmin} = 0.1 C_R (A_1 c_1 + A_2 c_2) / A$$

$$r_1 = c_1 (\alpha - k_1) \quad \text{m (ft)}$$

$$r_2 = c_2 (\alpha - k_2) \quad \text{m (ft)}$$

$$c_1, c_2 = \text{mean breadth of partial area } A_1, A_2, \text{ from 3-2-11/Figure 2}$$

$$\alpha = \text{coefficient as indicated in 3-2-11/Table 3}$$

$$k_1, k_2 = A_{1f} / A_1, A_{2f} / A_2 \text{ where } A_{1f}, A_{2f} = \text{area of rudder blade situated forward of the centerline of the rudder stock for each part of the rudder, as shown in 3-2-11/Figure 2}$$

$C_R, C_{R1}, C_{R2}, A_1, A_2$ are as defined in 3-2-11/3.3.

5.7 Trial Conditions

The above equations for Q_R are intended for the design of rudders and should not be directly compared with the torque expected during the trial (see 3-2-11/1.5) or the rated torque of steering gear (see 4-3-3/1.5).

7 Rudder Stocks

7.1 Upper Rudder Stocks

The upper rudder stock is that part of the rudder stock above the neck bearing or above the top pintle, as the case may be.

At the upper bearing or tiller, the upper stock diameter is not to be less than that obtained from the following equation:

$$S = N_u \sqrt[3]{Q_R K_s} \quad \text{mm (in.)}$$

where

$$N_u = 42.0 (89.9, 2.39)$$

$$Q_R = \text{total rudder torque, as defined in 3-2-11/5, in kN-m (tf-m, Ltf-ft)}$$

$$K_s = \text{material factor for upper rudder stock, as defined in 3-2-11/1.3}$$

7.3 Lower Rudder Stocks

In determining lower rudder stock scantlings, values of rudder force and torque calculated in 3-2-11/3 and 3-2-11/5 are to be used. Bending moments, shear forces, as well as the reaction forces are to be determined from 3-2-11/7.5 and 3-2-11/13.5, and are to be submitted for review. For rudders supported by shoe pieces or rudder horns, these structures are to be included in the calculation model to account for support of the rudder body. Guidance for calculation of these values is given in Appendix 3-2-A2.

The lower rudder stock diameter is not to be less than that obtained from the following equation:

$$S_l = S \sqrt[6]{1 + (4/3)(M / Q_R)^2} \quad \text{mm (in)}$$

where

- S = upper stock required diameter from 3-2-11/7.1, in mm (in.)
 M = bending moment at the station of the rudder stock considered in kN-m (tf-m, Ltf-ft)
 Q_R = rudder torque from 3-2-11/5, in kN-m (tf-m, Ltf-ft)

Above the neck bearing, a gradual transition is to be provided where there is a change in the diameter of the rudder stock.

7.5 Bending Moments

The bending moment on the rudder and rudder stock may be determined in accordance with Appendix 3-2-A2 or in accordance with the following equations.

7.5.1 Spade Rudders

$$M_n = C_R \ell_n \quad \text{kN-m (Ltf-ft)}$$

$$M_s = C_R \frac{A_1}{A} \ell_c \quad \text{kN-m (Ltf-ft)}$$

where

- M_n = bending moment at neck bearing
 M_s = bending moment at section under consideration
 ℓ_n = distance from center of neck bearing to the centroid of rudder area, m (ft)
 ℓ_c = distance from section under consideration to the centroid of rudder area, A_1 , m² (ft²)
 A_1 = area below section under consideration, m² (ft²)

C_R and A are as defined in 3-2-11/3.

7.5.2 Balanced Rudders with Shoe-piece Support

The bending moment at the neck bearing may be taken as indicated below. Bending moments at other locations are to be determined by direct calculation and are to be submitted. See Appendix 3-2-A2 for guidance in calculating bending moments.

$$M_n = N C_R \ell_b \quad \text{kN-m (Ltf-ft)}$$

where

- M_n = bending moment at neck bearing
 ℓ_b = distance between center of neck bearing and center of shoe-piece pintle bearing, m (ft)

$$N = \left[\frac{0.5 + \frac{\alpha_1}{8}}{1 + \alpha_1 \left(1 + \frac{\ell_u}{\ell_b} \frac{I_b}{I_u} \right)} \right]$$

$$\alpha_1 = \frac{\ell_b^3 I_d}{\ell_s^3 I_b}$$

19.3 Blade Thickness

The blade thickness is not to be less than that obtained from the following equation:

$$t_b = 0.0015sV_R + 2.5 \quad \text{mm}$$

$$t_b = 0.0015sV_R + 0.1 \quad \text{in.}$$

where

s = spacing of stiffening arms, in mm (in.), not to exceed 1000 mm (39 in.)

V_R = speed, as defined in 3-2-11/3

19.5 Arms

The thickness of the arms is not to be less than the blade thickness obtained in 3-2-11/19.3. The section modulus of each set of arms about the axis of the rudder stock is not to be less than that obtained from the following equation:

$$SM = 0.0005sC_1^2V_R^2Q \quad \text{cm}^3$$

$$SM = 0.0000719sC_1^2V_R^2Q \quad \text{in}^3$$

where

C_1 = horizontal distance from the aft edge of the rudder to the centerline of the rudder stock, in m (ft)

s and V_R are as defined in 3-2-11/19.3.

Q is as defined in 3-2-11/17.3.

5.3.2 Alternative Test Requirements

Materials for shafting, couplings and coupling bolts transmitting 373 kW (500 HP) or less will be accepted based on the manufacturer's certified mill tests and hardness check witnessed by the Surveyor. Bolts manufactured to a recognized standard and used as coupling bolts will not require material testing.

5.5 Inspection

Shafting and couplings are to be surface-examined at the manufacturer. Tail shafts in the finished machine condition are to be subjected to a nondestructive examination such as magnetic particle, dye penetrant or other nondestructive methods and are to be free of linear discontinuities greater than 3.2 mm (1/8 in.), except that in the following locations, the shafts are to be free of all linear discontinuities:

5.5.1 Tapered Tail Shafts

The forward one-third length of the taper, including the forward end of any keyway and an equal length of the parallel part of the shaft immediately forward of the taper.

5.5.2 Flanged Tail Shafts

The flange fillet area.

5.7 Weldability (2008)

Steel used for tail shafts is to have carbon content in accordance with 2-3-7/1.1.2 of the *ABS Rules for Materials and Welding (Part 2)*.

7 Design and Construction (2004)

7.1 Shaft Diameters (2010)

The least diameter of propulsion shafting is to be determined by the following equation:

$$D = 100K \sqrt[3]{(H/R)[c_1/(U + c_2)]}$$

where

c_1	=	560 (41.95, 3.695)	for vessels 45.7 m (150 ft) in length and over
	=	472.5 (35.4, 3.12)	for vessels 20 m (65 ft) and over, but below 45.7 m (150 ft), where the material of the shaft is Grade 2 and the shaft is protected
	=	540 (40.3, 3.55)	for vessels 20 m (65 ft) and over, but below 45.7 m (150 ft), for all other materials and unprotected Grade 2 shaft material
	=	416.4 (31.22, 2.75)	for vessels below 20 m (65 ft)
c_2	=	160 (16.3, 23180)	
D	=	required shaft diameter, in mm (in.), for all shafts, except those covered in 4-3-1/9.	
K	=	shaft design factor (see 4-3-1/Table 1 and 4-3-1/Table 2)	
H	=	power at rated speed, kW (PS, HP), [(MKS units: 1 PS = 0.735 kW), (US units: 1 HP = 0.746 kW)]	
R	=	rpm at rated speed	

5.7 Strainers (2005)

Bilge lines in machinery spaces other than emergency suction are to be fitted with strainers easily accessible from the floor plates and are to have straight tail pipes to the bilges. The ends of bilge lines in other compartments are to be fitted with suitable strainers having an open area of not less than three times the area of the suction pipe.

5.9 Size of Bilge Suctions

The least internal diameter of bilge suction pipes is to be that of the nearest commercial size within 6 mm (0.25 in.) of the diameter determined by the following equations:

5.9.1 Main Line

For the diameter of main bilge line suction and direct bilge suction to the pumps:

$$d = 25 + 1.68 \sqrt{L(B + D)} \quad \text{mm} \qquad d = 1 + \sqrt{L(B + D) / 2500} \quad \text{in.}$$

5.9.2 Branch Lines

For the equivalent diameter of the combined branch suction to a compartment:

$$d = 25 + 2.16 \sqrt{c(B + D)} \quad \text{mm} \qquad d = 1 + \sqrt{c(B + D) / 1500} \quad \text{in.}$$

where

- d = internal diameter of pipe, in mm (in)
- L = length of vessel, as defined in 3-1-1/3, in m (ft)
- B = breadth of vessel, as defined in 3-1-1/5, in m (ft)
- c = length of compartment, in m (ft)
- D = molded depth to bulkhead or freeboard deck, in m (ft), except that for the main line in a vessel having an enclosed cargo space on the bulkhead or freeboard deck which is internally drained in accordance with 4-4-2/23.5.1(b) and which extends for the full length of the vessel, D is to be measured to the next deck above the bulkhead or freeboard deck. Where the enclosed cargo spaces cover a lesser length, D is to be taken as a molded depth to the bulkhead or freeboard deck plus $\ell h/L$, where ℓ and h are aggregate length and height, respectively, of the enclosed cargo spaces.

5.9.3 Main Line Reduction

Where engine room bilge pumps are fitted primarily for drainage within the engine room, L may be reduced by the combined length of the cargo tanks or cargo holds. In such cases, the cross sectional area of the bilge main is not to be less than twice the required cross sectional area of the engine room branch lines.

5.9.4 Alternate Size Requirements

For vessels below 30.5 m (100 ft) in length, the bilge pipe sizes may be in accordance with the following in lieu of 4-4-3/5.9.1.

Vessel Length	Minimum Pipe Size (I.D.)
Below 20 m (65 ft)	25 mm (1 in.)
20 m (65 ft) or greater but below 30.5 m (100 ft)	38 mm (1.5 in.)

5.9.5 Size Limits

For vessels of 30.5 m (100 ft) in length or greater, no main suction piping is to be less than 63 mm (2.5 in.) internal diameter. No branch piping need be more than 100 mm (4 in.) I.D., nor is it to be less than 50 mm (2 in.) I.D., except that for drainage of small pockets or spaces 38 mm (1.5 in.) I.D. pipe may be used.

ANEXO 4
CUADERNO DE ESTABILIDAD INICIAL
(SIN LASTRE)

CUADERNO DE ESTABILIDAD – EMBARCACION SIN LASTRE

CONDICIÓN 1 – BARCO EN LIVIANO

CALCULO DE EQUILIBRIO

Damage Case - Intact

PROPIEDAD	VALOR
Calado en sección media (m)	1,810
Desplazamiento (Ton)	94,9
Inclinación a estribor (Grados)	1,6
Calado en proa (m)	1,567
Calado en popa (m)	2,053
Trim (+ en popa) m	0,486
Coefficiente prismático	0,584
Coefficiente de bloque	0,409
LCB desde el punto cero (m)	10,859
LCF desde el punto cero (m)	10,158
KB (m)	1,258
KG (m)	3,247
BMt (m)	2,942
GMt (m)	0,953
KML (m)	25,192
Ton. Cent. de Inmersión (TPc)	1,003
MTc tonne.m	1,103
Angulo trimado (+ popa) - Grados	1,5

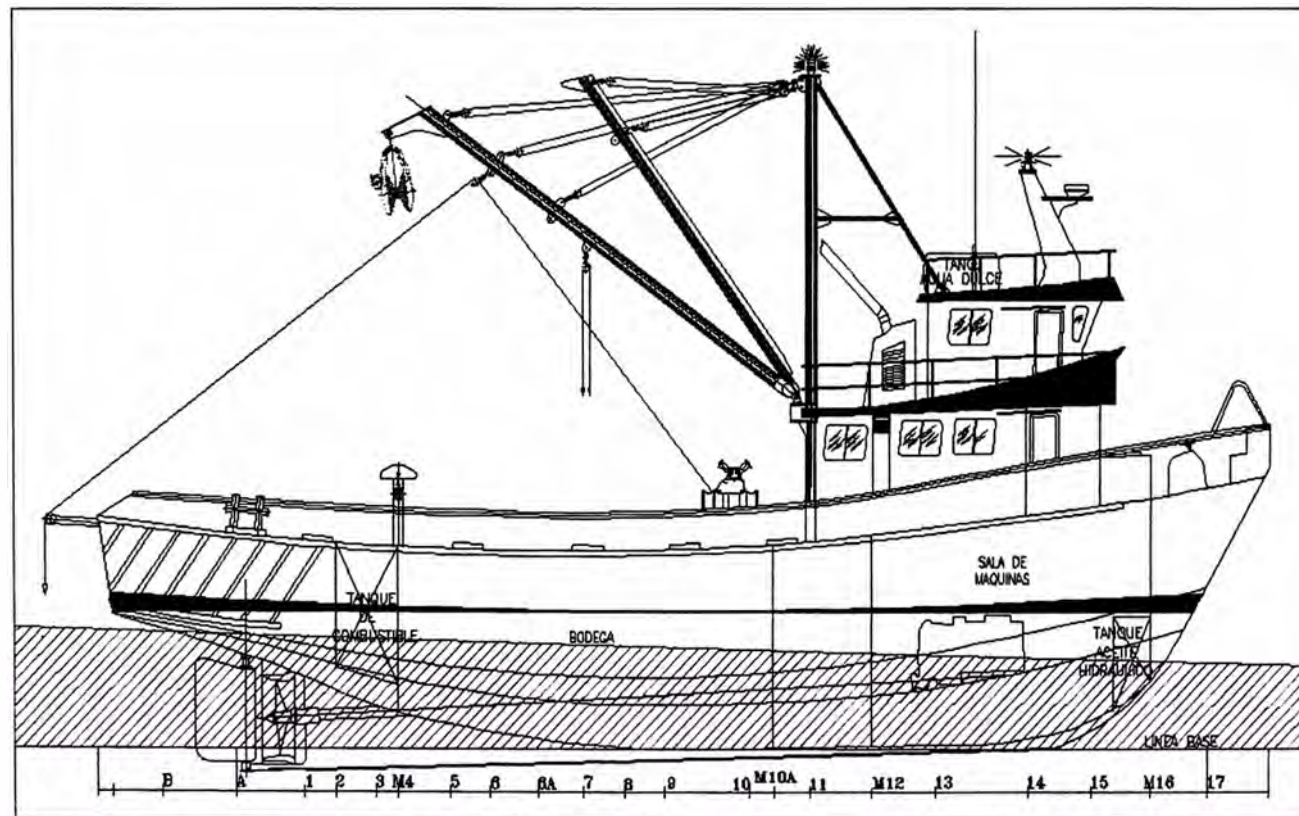
CONDICIONES DE CARGA

ITEM	Cantidad	Peso (ton)	Centro Long. (m)	Centro Vert. (m)	Centro Trans (m)	FS Mom. (tonne x m)
Liviano (lastrado)	1	94,5	10,869	3,252	0,025	0,000
TQ. Aceite Hidraulico	1	0,4151	20,310	1,631	0,000	0,227
Agua Dulce	0%	0,0000	17,021	8,546	0,044	0,000
	Total Weight=	94,9	LCG=10,910	VCG=3,245	TCG=0,025	0,227
				FS corr.=0,002		
				VCG fluid=3,247		

CONDICIÓN 2 – EMBARCACION EQUIPADA

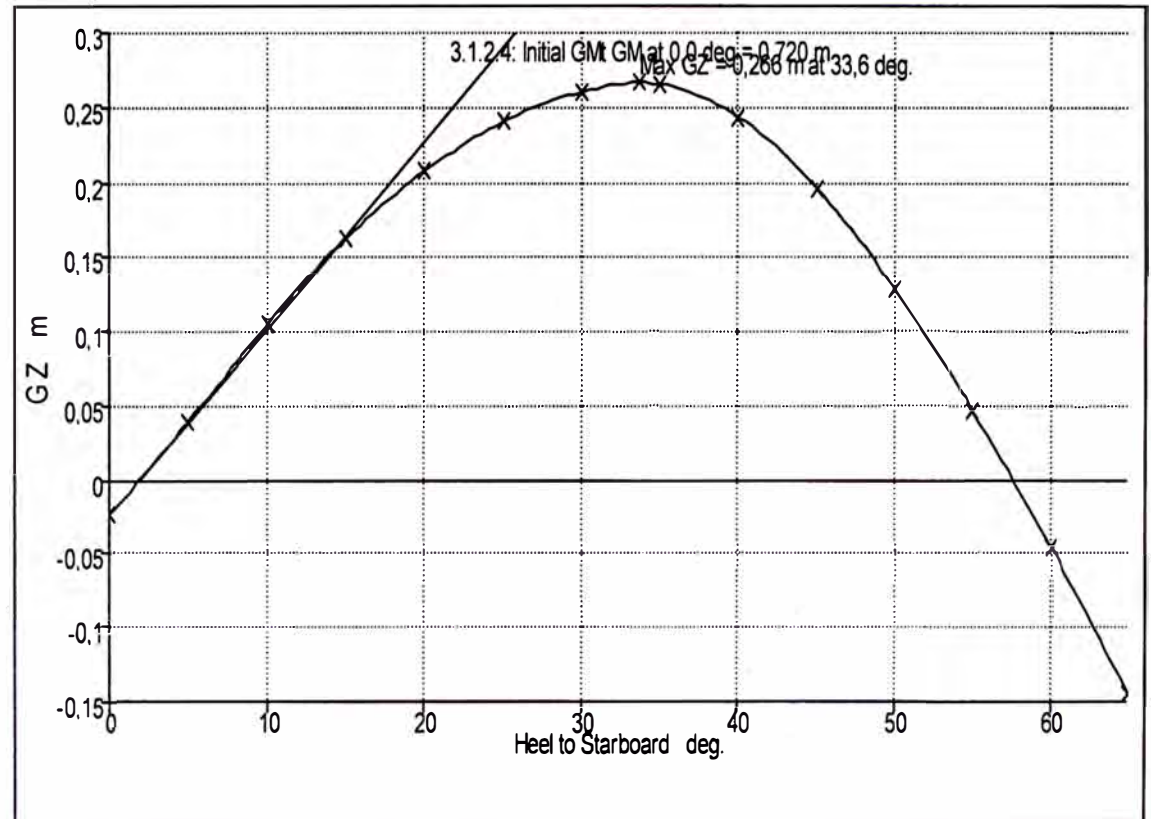
CONDICIONES DE CARGA

ITEM	Cantidad	Peso (ton)	Centro Long. (m)	Centro Vert. (m)	Centro Trans (m)	FS Mom. (tonne x m)
Liviano	1	94,9	10,968	3,245	0,025	0,227
TQ. Comb. popa Br	100%	2,703	5,321	2,611	-2,570	0,000
TQ. Comb. popa Er	100%	2,703	5,321	2,611	2,570	0,000
Agua Dulce	100%	0,737	17,021	8,546	0,044	0,000
	Total Weight=	101,0	LCG=10,710	VCG=3,250	TCG=0,024	0,227
				FS corr.=0,002		
				VCG fluid=3,252		



CONDICION 2: CALCULO DE EQUILIBRIO ESTATICO Y DINAMICO

PROPIEDAD	VALOR
Calado en sección media (m)	1,856
Desplazamiento (Ton)	101,0
Inclinación a estribor (Grados)	1,4
Calado en proa (m)	1,548
Calado en popa (m)	2,163
Trim (+ en popa) m	0,614
Coefficiente prismático	0,581
Coefficiente de bloque	0,412
LCB desde el punto cero (m)	10,646
LCF desde el punto cero (m)	9,879
KB (m)	1,302
KG (m)	3,252
BMt (m)	2,916
GMt (m)	0,965
KML (m)	26,302
Ton. Cent. de Inmersión (TPc)	1,043
MTc tonne.m	1,226
Angulo trimado (+ popa) - Grados	1,9



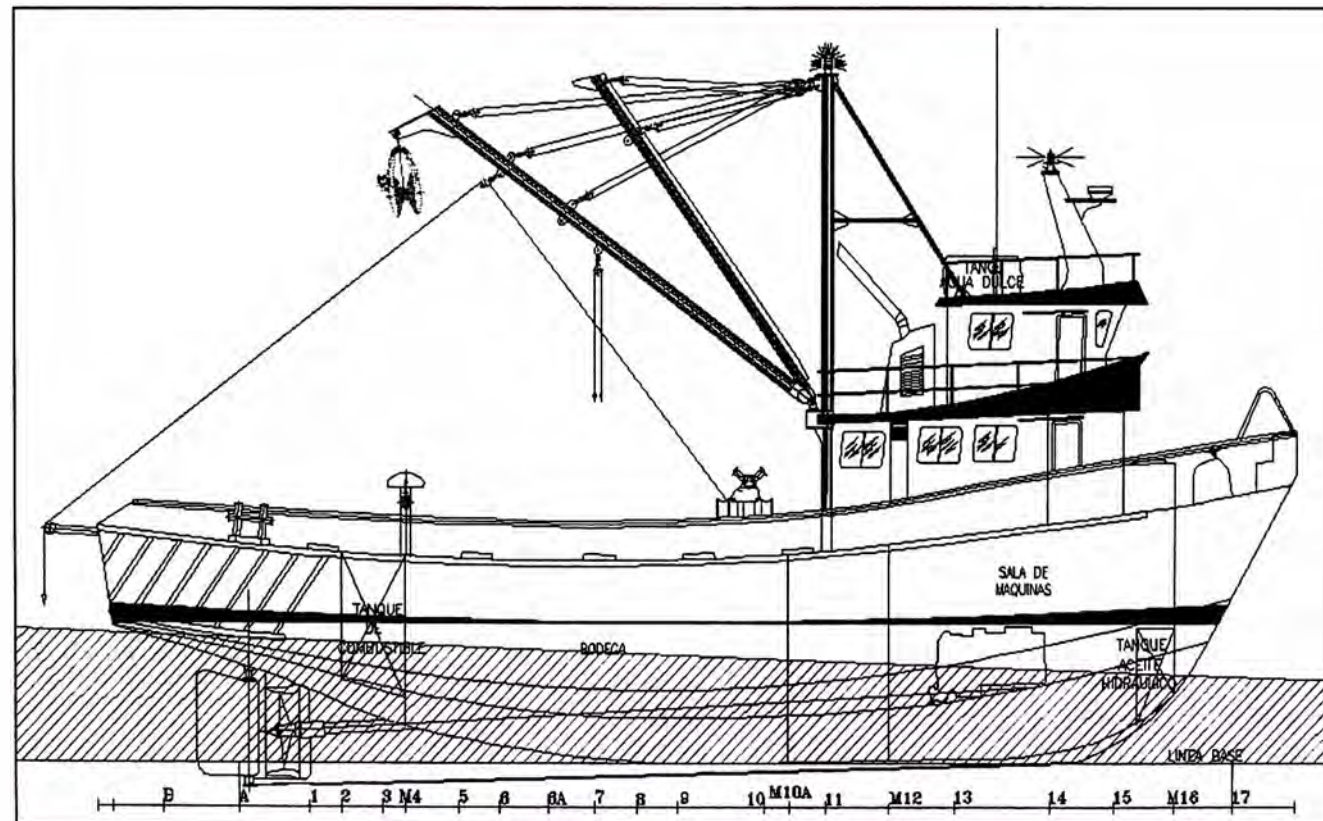
ANALISIS

Code	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,055	m.rad	0.077	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	0,090	m.rad	0.122	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,030	m.rad	0.046	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0.266	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	33.6	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,450	m	0.72	Pass

CONDICIÓN 3 – SALIDA CON CARGA BAJA

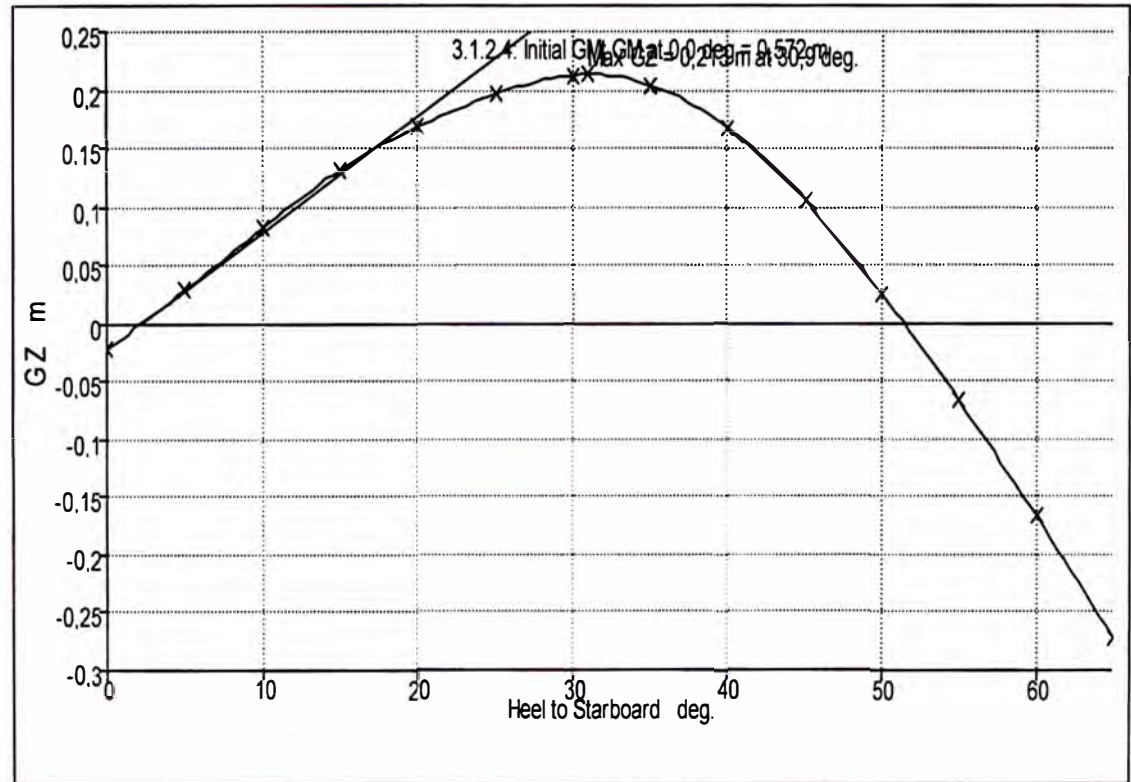
CONDICIONES DE CARGA

ITEM	Cantidad	Peso (ton)	Centro Long. (m)	Centro Vert. (m)	Centro Trans (m)	FS Mom. (tonne x m)
Liviano	1	94,9	10,968	3,245	0,025	0,227
TQ. Comb. popa Br	100%	2,703	5,321	2,611	-2,570	0,000
TQ. Comb. popa Er	100%	2,703	5,321	2,611	2,570	0,000
Cubetas de aceite	30	0,3300	6,500	4,300	0,000	0,000
Agua Dulce	100%	0,737	17,021	8,546	0,044	0,000
	Total Weight=	110,9	LCG=10,334	VCG=3,343	TCG=0,022	0,227



CONDICION 3: CALCULO DE EQUILIBRIO ESTATICO Y DINAMICO

PROPIEDAD	VALOR
Calado en sección media (m)	1,913
Desplazamiento (Ton)	110,9
Inclinación a estribor (Grados)	1,4
Calado en proa (m)	1,493
Calado en popa (m)	2,333
Trim (+ en popa) m	0,840
Coefficiente prismático	0,577
Coefficiente de bloque	0,415
LCB desde el punto cero (m)	10,247
LCF desde el punto cero (m)	9,393
KB (m)	1,375
KG (m)	3,346
BMt (m)	2,884
GMt (m)	0,912
KML (m)	28,333
Ton. Cent. de Inmersión (TPc)	1,110
MTc tonne.m	1,460
Angulo trimado (+ popa) - Grados	2,5

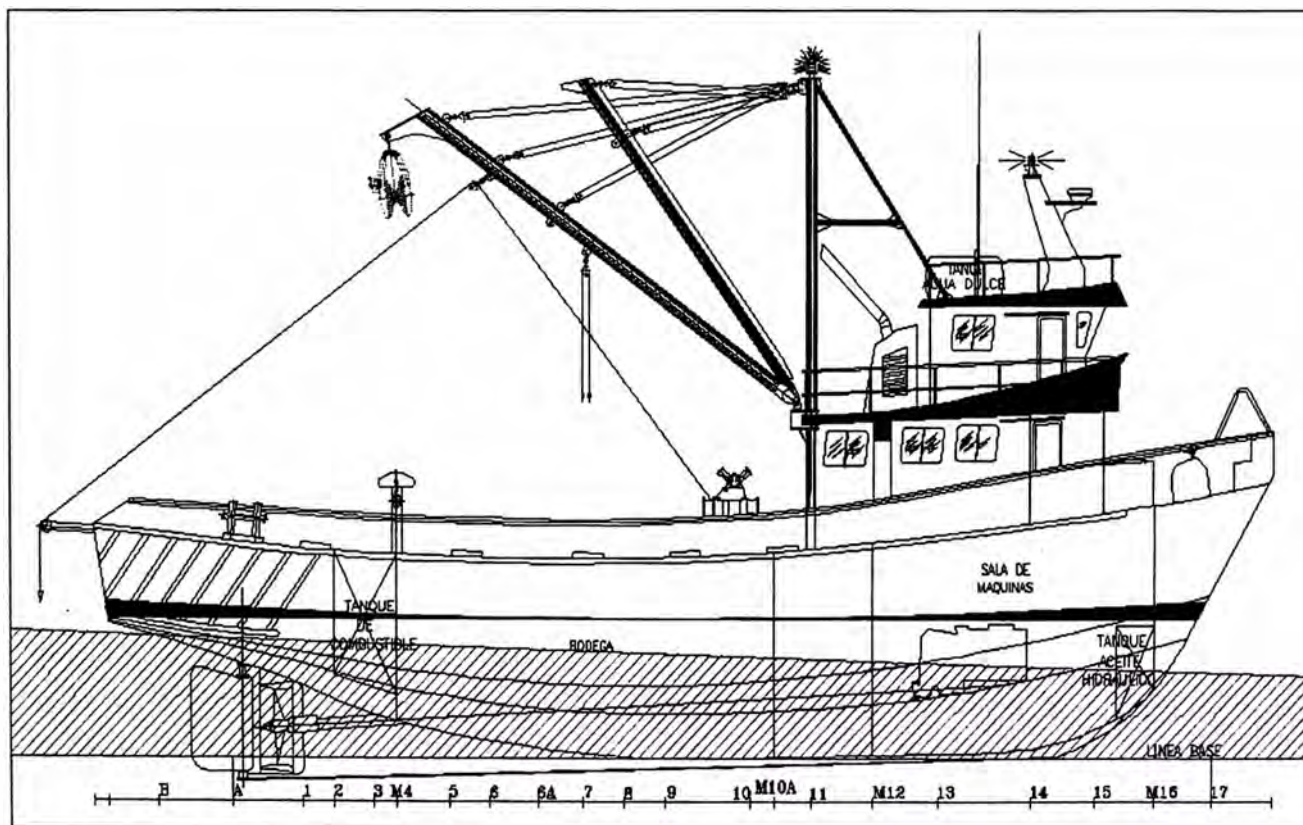


Code	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,055	m.rad	0.062	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	0,090	m.rad	0.096	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,030	m.rad	0.035	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0.213	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	30.9	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,450	m	0.572	Pass

CONDICIÓN 4 – ARRIBO CON CARGA BAJA

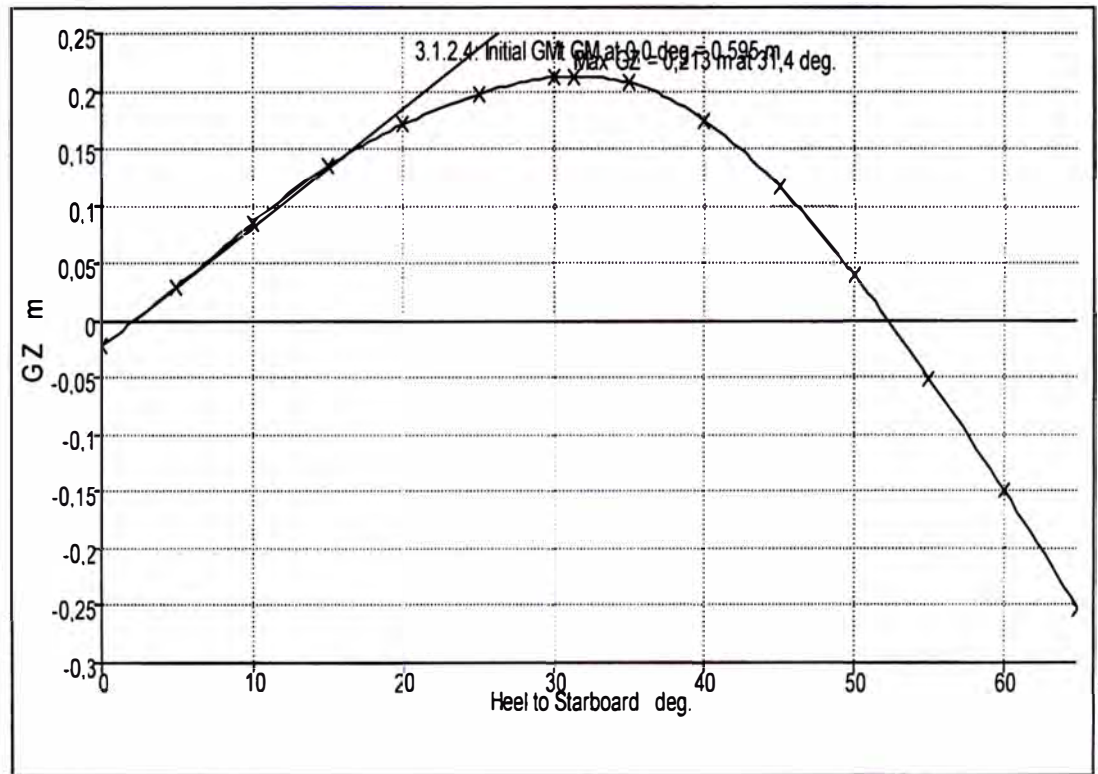
CONDICIONES DE CARGA

ITEM	Cantidad	Peso (ton)	Centro Long. (m)	Centro Vert. (m)	Centro Trans (m)	FS Mom. (tonne x m)
Liviano	1	94,9	10,968	3,245	0,025	0,227
TQ. Comb. popa Br	10%	0,2701	5,417	1,551	-2,389	0,173
TQ. Comb. popa Er	10%	0,2701	5,417	1,551	2,389	0,173
Cubetas de aceite	30	0,3300	6,500	4,300	0,000	0,000
Agua Dulce	25%	0,1842	17,021	8,271	0,044	0,038
	Total Weight=	105,5	LCG=10,531	VCG=3,344	TCG=0,023	0,611
				FS corr.=0,006		
				VCG fluid=3,35		



CONDICION 4: CALCULO DE EQUILIBRIO ESTATICO Y DINAMICO

PROPIEDAD	VALOR
Calado en sección media (m)	1,881
Desplazamiento (Ton)	105,5
Inclinación a estribor (Grados)	1,5
Calado en proa (m)	1,517
Calado en popa (m)	2,245
Trim (+ en popa) m	0,729
Coefficiente prismático	0,573
Coefficiente de bloque	0,409
LCB desde el punto cero (m)	10,452
LCF desde el punto cero (m)	9,613
KB (m)	1,335
KG (m)	3,350
BMt (m)	2,916
GMt (m)	0,901
KML (m)	27,578
Ton. Cent. de Inmersión (TPc)	1,079
MTc tonne.m	1,346
Angulo trimado (+ popa) - Grados	2,2

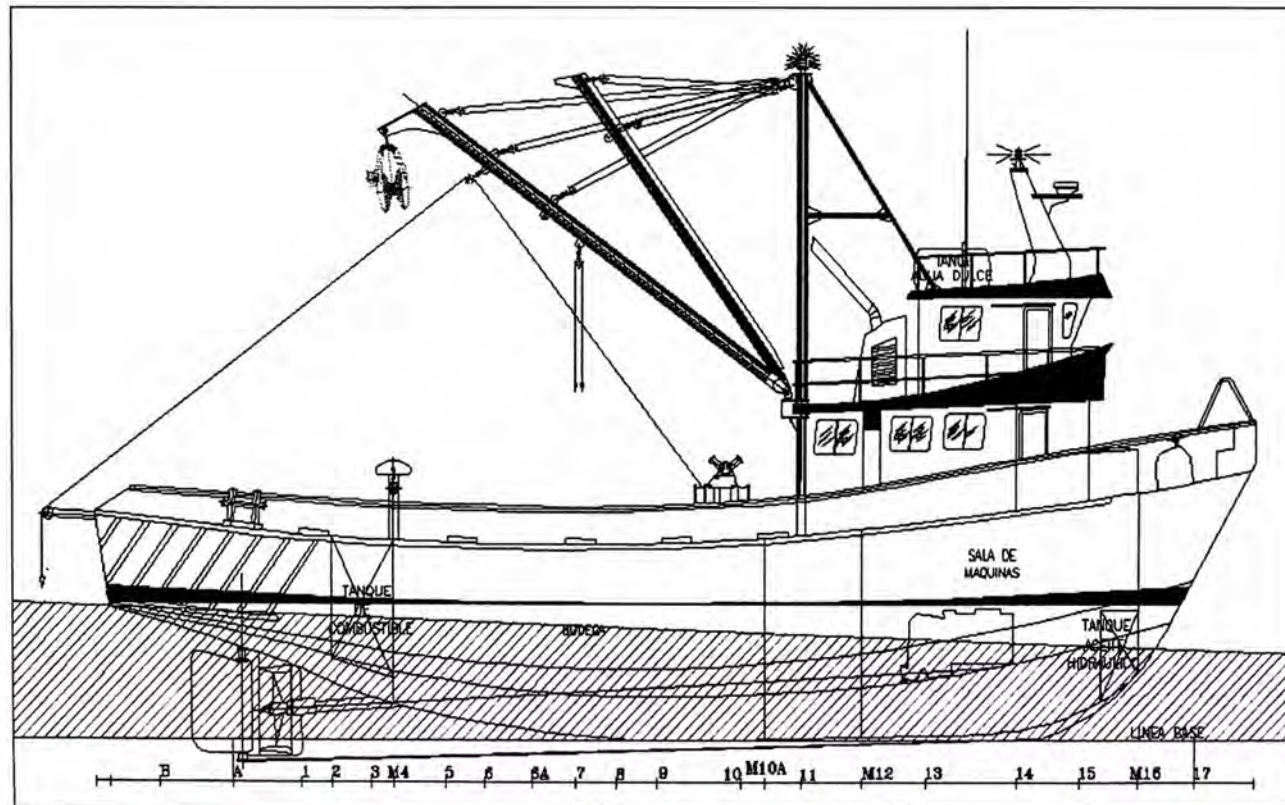


Code	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,055	m.rad	0.063	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	0,090	m.rad	0.098	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,030	m.rad	0.035	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0.213	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	31.4	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,450	m	0.595	Pass

CONDICIÓN 5 – SALIDA CON CARGA MEDIA

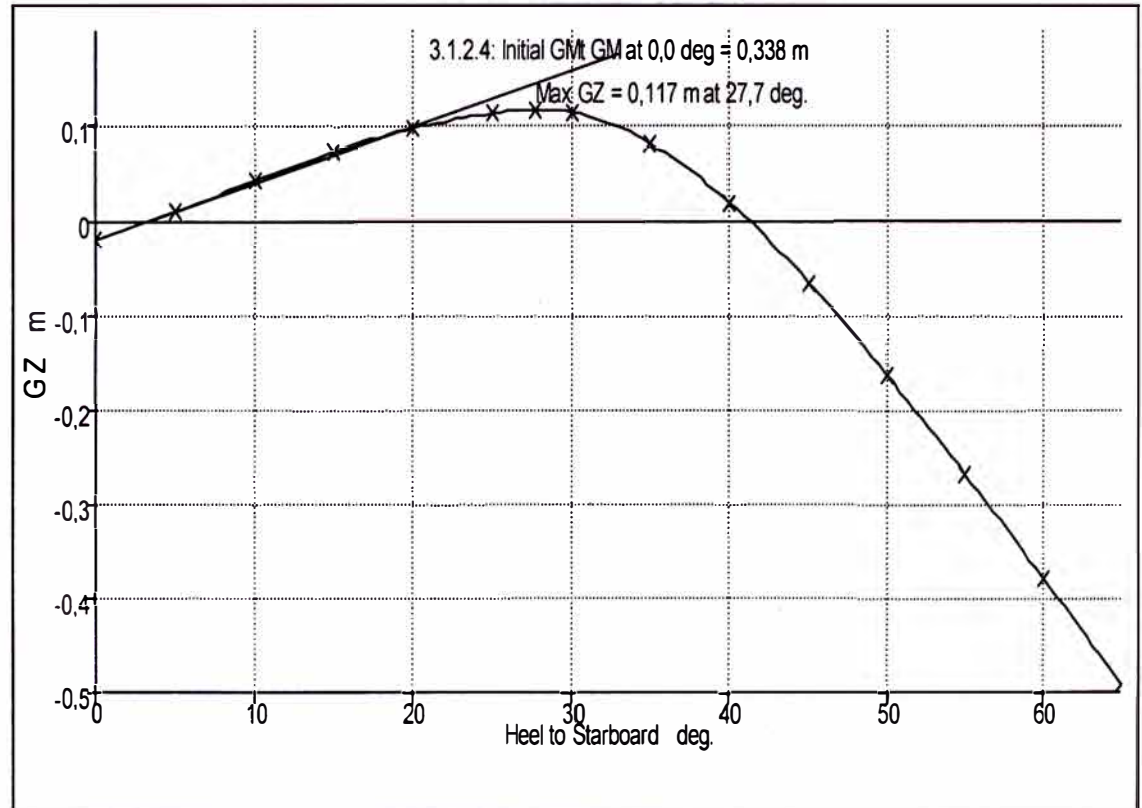
CONDICIONES DE CARGA

ITEM	Cantidad	Peso (ton)	Centro Long. (m)	Centro Vert. (m)	Centro Trans (m)	FS Mom. (tonne x m)
Liviano	1	94,9	10,968	3,245	0,025	0,227
TQ. Comb. popa Br	100%	2,703	5,321	2,611	-2,570	0,000
TQ. Comb. popa Er	100%	2,703	5,321	2,611	2,570	0,000
Carga en cubierta	1	25,00	8,263	4,630	0,000	0,000
Agua Dulce	100%	0,737	17,021	8,546	0,044	0,000
	Total Weight=	126,0	LCG=10,225	VCG=3,524	TCG=0,019	0,227
				FS corr.=0,002		



CONDICION 5: CALCULO DE EQUILIBRIO ESTATICO Y DINAMICO

PROPIEDAD	VALOR
Calado en sección media (m)	2,048
Desplazamiento (Ton)	126,0
Inclinación a estribor (Grados)	1,9
Calado en proa (m)	1,631
Calado en popa (m)	2,465
Trim (+ en popa) m	0,834
Coefficiente prismático	0,595
Coefficiente de bloque	0,437
LCB desde el punto cero (m)	10,134
LCF desde el punto cero (m)	9,389
KB (m)	1,464
KG (m)	3,525
BMt (m)	2,635
GMt (m)	0,572
KML (m)	26,521
Ton. Cent. de Inmersión (TPc)	1,134
MTc tonne.m	1,526
Angulo trimado (+ popa) - Grados	2,5



Code	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,055	m.rad	0.034	Fail
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	0,090	m.rad	0.047	Fail
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,030	m.rad	0.013	Fail
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0.114	Fail
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	27.7	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT	0,450	m	0.338	Fail

ANEXO 5

CUADERNO DE ESTABILIDAD FINAL

(EMBARCACION LASTRADA)

CUADERNO DE ESTABILIDAD – EMBARCACION CON LASTRE
CONDICIÓN 1 – BARCO EN LIVIANO
CALCULO DE EQUILIBRIO

Damage Case - Intact

PROPIEDAD	VALOR
Calado en sección media (m)	1,810
Desplazamiento (Ton)	94,9
Inclinación a estribor (Grados)	1,6
Calado en proa (m)	1,567
Calado en popa (m)	2,053
Trim (+ en popa) m	0,486
Coefficiente prismático	0,584
Coefficiente de bloque	0,409
LCB desde el punto cero (m)	10,859
LCF desde el punto cero (m)	10,158
KB (m)	1,258
KG (m)	3,247
BMt (m)	2,942
GMt (m)	0,953
KML (m)	25,192
Ton. Cent. de Inmersión (TPc)	1,003
MTc tonne.m	1,103
Angulo trimado (+ popa) - Grados	1,5

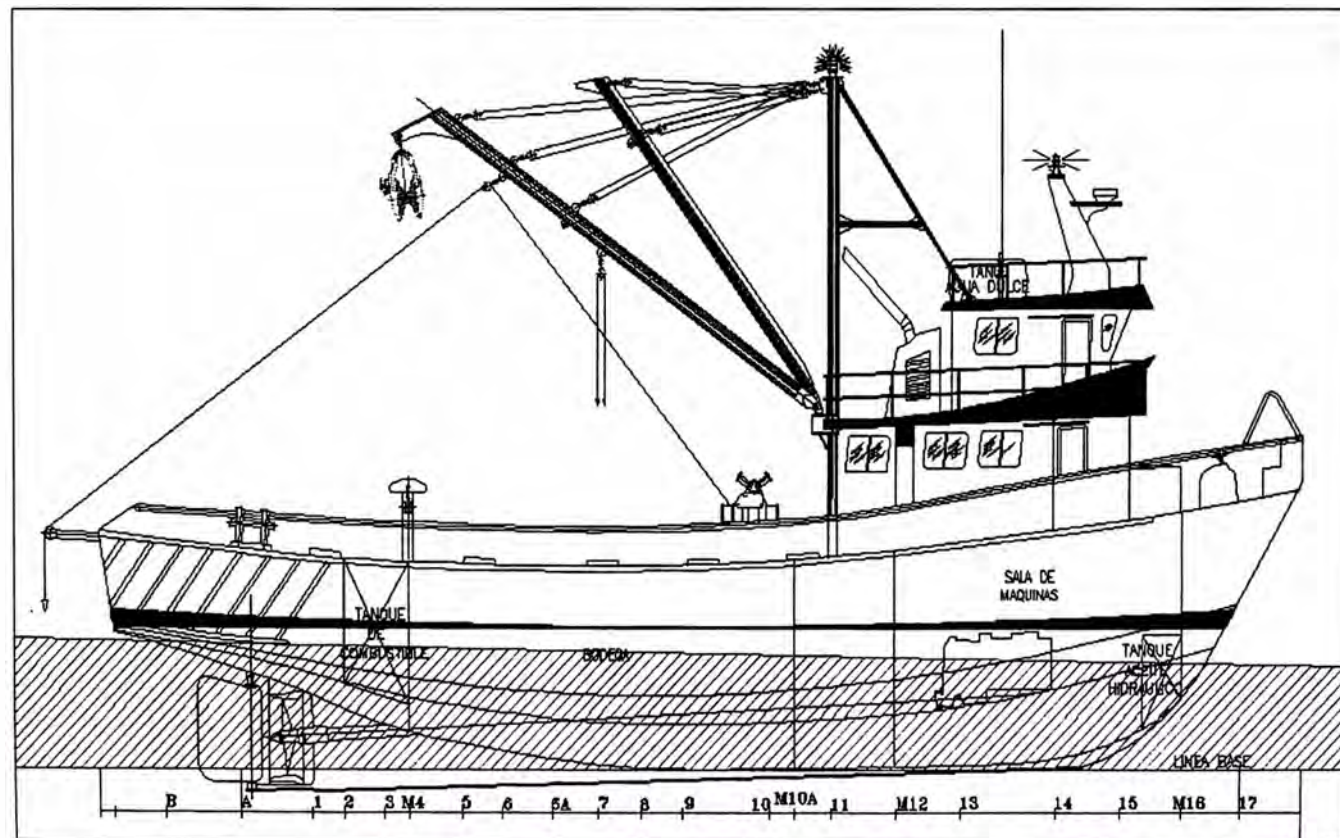
CONDICIONES DE CARGA

ITEM	Cant.	Peso (ton)	Centro Long. (m)	Centro Vert. (m)	Centro Trans (m)	FS Mom
Liviano	1	112,5	10,950	2,789	0,000	0,000
TQ. Comb. popa Br	0%	0,0000	5,321	2,611	-2,570	0,000
TQ. Comb. popa Er	0%	0,0000	5,321	2,611	2,570	0,000
TQ. aceite hidráulico	1	0,4151	20,310	1,631	0,000	0,227
Agua Dulce	0%	0,0000	17,021	8,546	0,044	0,000
	Total Weight=	112,9	LCG=10,984	VCG=2,785	TCG=0,000	0,227
			FS corr.=0,002	VCG fluid=2,787		

CONDICIÓN 2 – EMBARCACION EQUIPADA

CONDICIONES DE CARGA

ITEM	Cantidad	Peso (ton)	Centro Long. (m)	Centro Vert. (m)	Centro Trans (m)	FS Mom. (tonne x m)
Liviano	1	112,9	10,984	2,785	0,000	0,227
TQ. Comb. popa Br	100%	2,703	5,321	2,611	-2,570	0,000
TQ. Comb. popa Er	100%	2,703	5,321	2,611	2,570	0,000
Agua Dulce	100%	0,737	17,021	8,546	0,044	0,000
	Total Weight=	119,0	LCG=10,764	VCG=2,813	TCG=0,000	0,227
				FS corr.=0,002		
				VCG fluid=2,815		



CONDICION 2: CALCULO DE EQUILIBRIO ESTATICO Y DINAMICO

PROPIEDAD	VALOR
Calado en sección media (m)	2,050
Desplazamiento (Ton)	119,0
Inclinación a estribor (Grados)	0,0
Calado en proa (m)	1,836
Calado en popa (m)	2,265
Trim (+ en popa) m	0,429
Coefficiente prismático	0,589
Coefficiente de bloque	0,429
LCB desde el punto cero (m)	10,732
LCF desde el punto cero (m)	9,757
KB (m)	1,405
KG (m)	2,815
BMt (m)	2,639
GMt (m)	1,229
KML (m)	25,571
Ton. Cent. de Inmersión (TPc)	1,095
MTc tonne.m	1,426
Angulo trimado (+ popa) - Grados	1,3



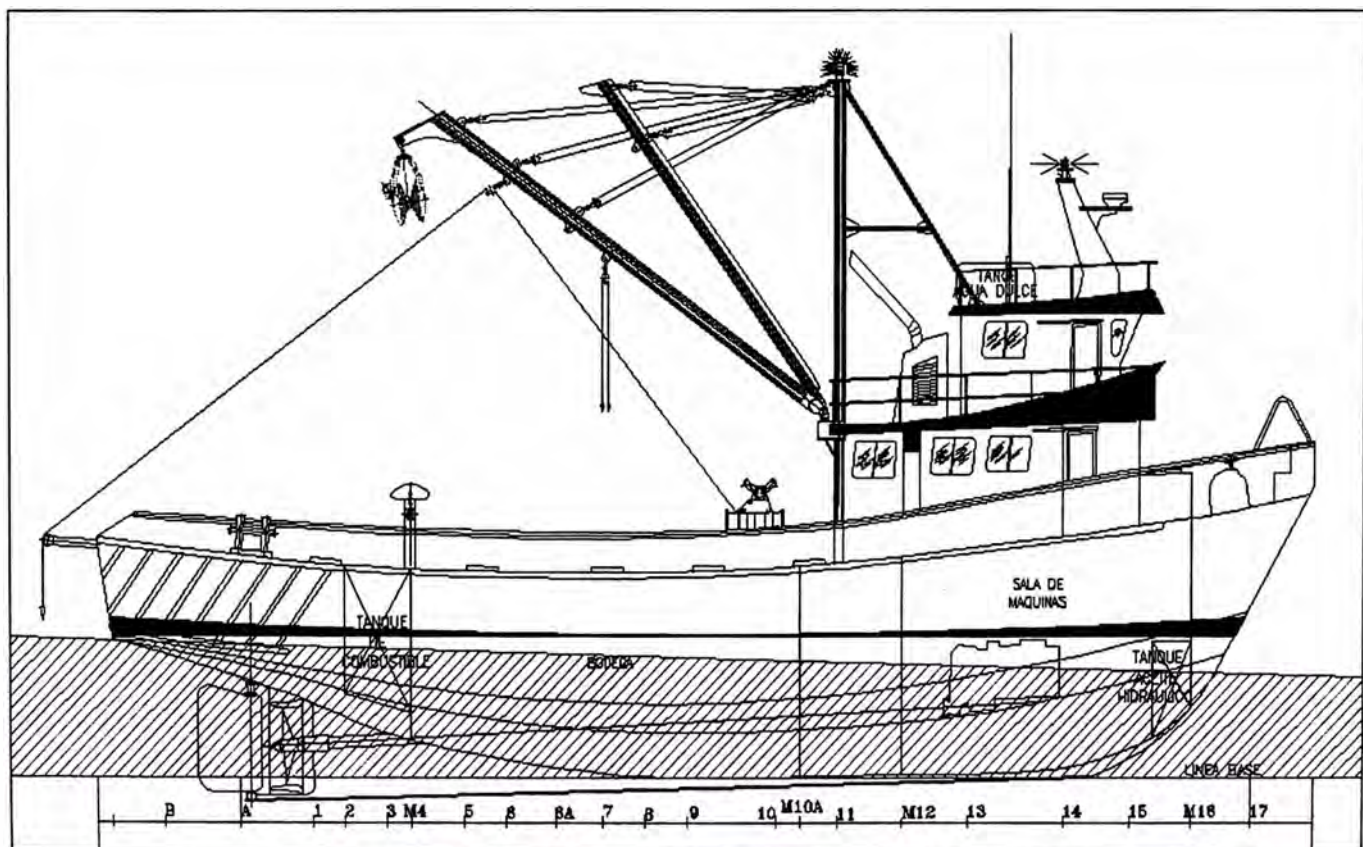
ANALISIS

Code	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,055	m.rad	0.141	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	0,090	m.rad	0.230	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,030	m.rad	0.089	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0.516	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	35.9	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,450	m	1.07	Pass

CONDICIÓN 3 – SALIDA CON CARGA BAJA

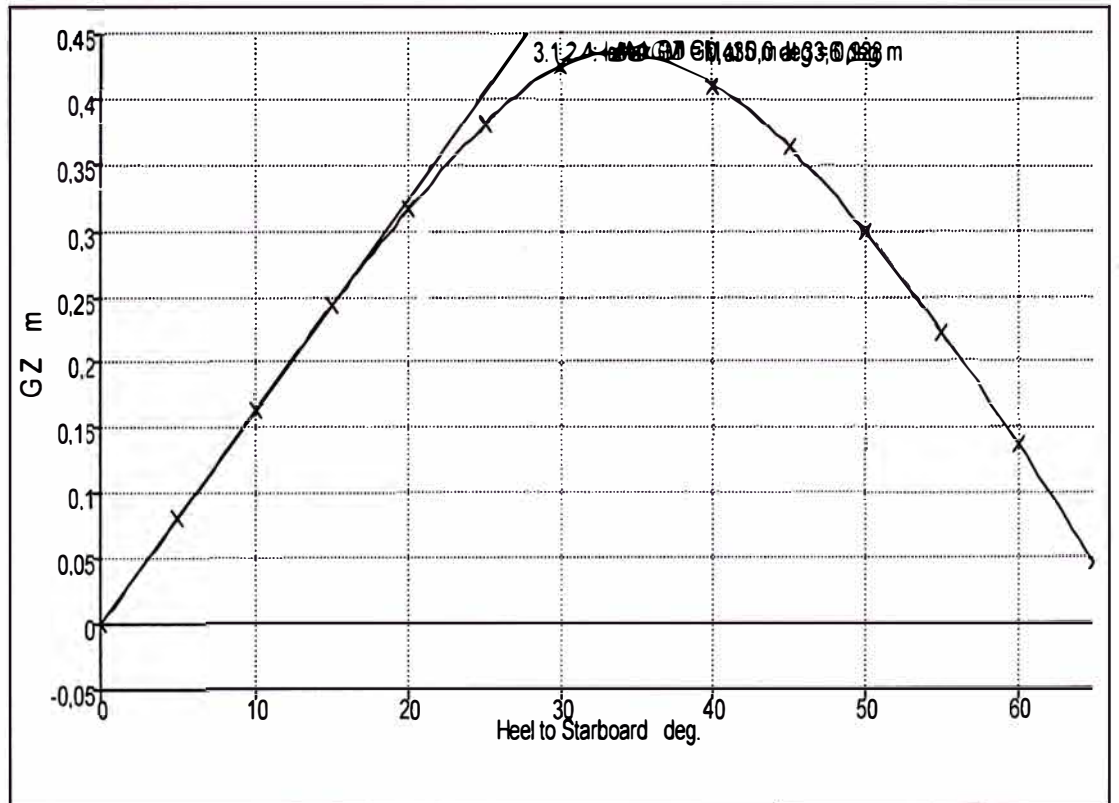
CONDICIONES DE CARGA

ITEM	Cantidad	Peso (ton)	Centro Long. (m)	Centro Vert. (m)	Centro Trans (m)	FS Mom. (tonne x m)
Liviano	1	112,9	10,984	2,785	0,000	0,227
TQ. Comb. popa Br	100%	2,703	5,321	2,611	-2,570	0,000
TQ. Comb. popa Er	100%	2,703	5,321	2,611	2,570	0,000
Cubetas de aceite	30	0,3300	6,500	4,300	0,000	0,000
Agua Dulce	100%	0,737	17,021	8,546	0,044	0,000
	Total Weight=	128,9	LCG=10,437	VCG=2,927	TCG=0,000	0,227



CONDICION 3: CALCULO DE EQUILIBRIO ESTATICO Y DINAMICO

PROPIEDAD	VALOR
Calado en sección media (m)	2,108
Desplazamiento (Ton)	128,9
Inclinación a estribor (Grados)	0,0
Calado en proa (m)	1,797
Calado en popa (m)	2,420
Trim (+ en popa) m	0,624
Coefficiente prismático	0,593
Coefficiente de bloque	0,438
LCB desde el punto cero (m)	10,389
LCF desde el punto cero (m)	9,448
KB (m)	1,470
KG (m)	2,929
BMt (m)	2,586
GMt (m)	1,127
KML (m)	26,335
Ton. Cent. de Inmersión (TPc)	1,140
MTc tonne.m	1,589
Angulo trimado (+ popa) - Grados	1,9

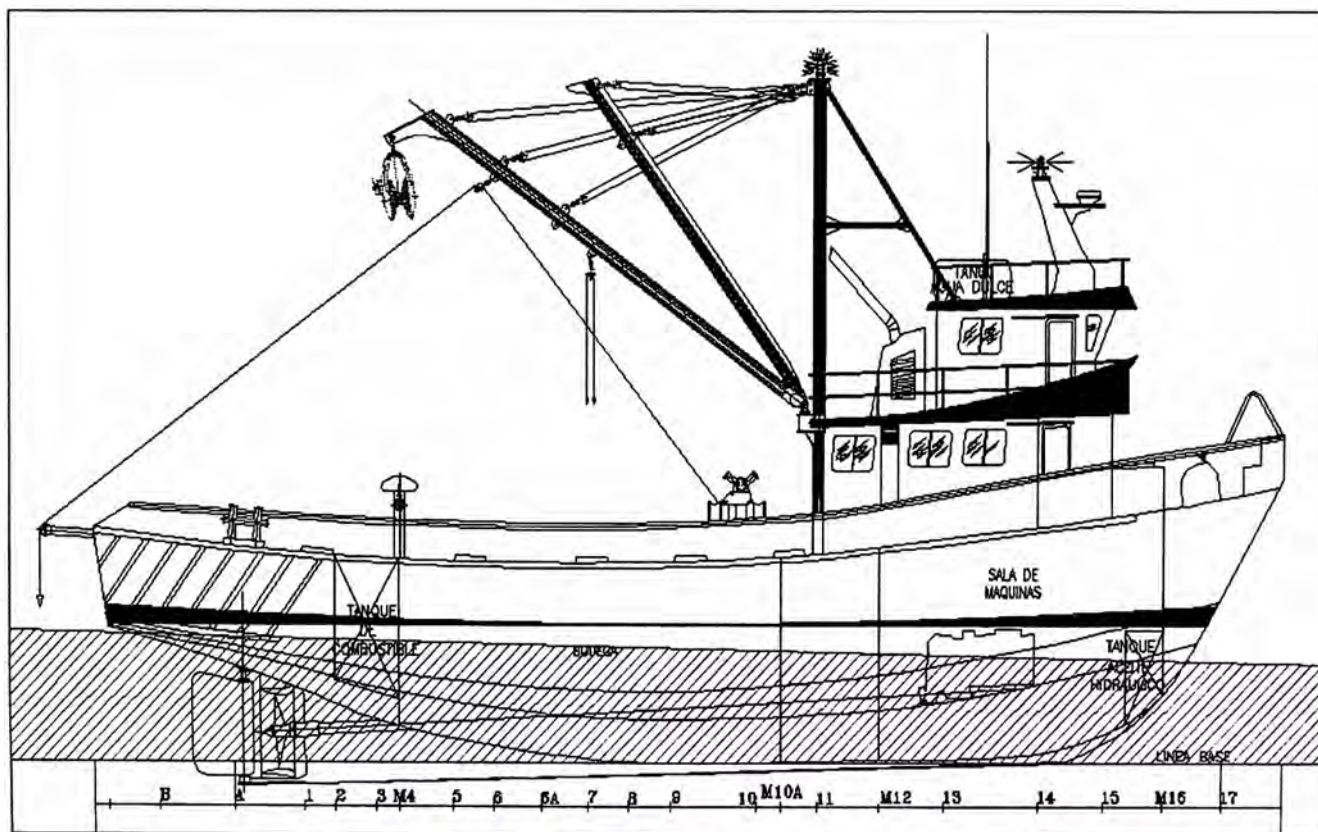


Code	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,055	m.rad	0.122	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	0,090	m.rad	0.197	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,030	m.rad	0.075	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0.435	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	33.6	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,450	m	0.928	Pass

CONDICIÓN 4 – RETORNO CON CARGA BAJA

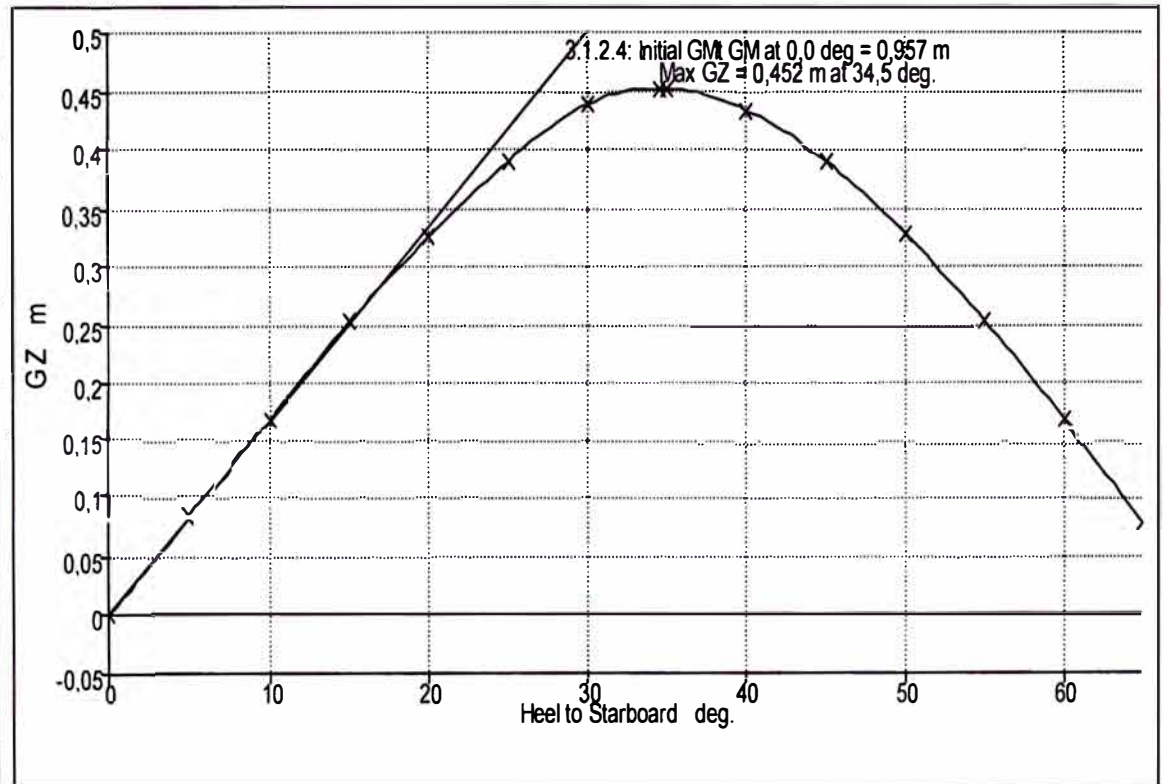
CONDICIONES DE CARGA

ITEM	Cantidad	Peso (ton)	Centro Long. (m)	Centro Vert. (m)	Centro Trans (m)	FS Mom. (tonne x m)
Liviano	1	112,9	10,984	2,785	0,000	0,227
TQ. Comb. popa Br	10%	0,2701	5,417	1,551	-2,389	0,173
TQ. Comb. popa Er	10%	0,2701	5,417	1,551	2,389	0,173
Cubetas de aceite	30	0,3300	6,500	4,300	0,000	0,000
Agua Dulce	25%	0,1842	17,021	8,271	0,044	0,038
	Total Weight=	123,5	LCG=10,609	VCG=2,909	TCG=0,000	0,611
				FS corr.=0,005		
				VCG fluid=2,914		



CONDICION 4: CALCULO DE EQUILIBRIO ESTATICO Y DINAMICO

PROPIEDAD	VALOR
Calado en sección media (m)	2,076
Desplazamiento (Ton)	123,5
Inclinación a estribor (Grados)	0,0
Calado en proa (m)	1,814
Calado en popa (m)	2,339
Trim (+ en popa) m	0,525
Coefficiente prismático	0,587
Coefficiente de bloque	0,430
LCB desde el punto cero (m)	10,567
LCF desde el punto cero (m)	9,530
KB (m)	1,435
KG (m)	2,914
BMt (m)	2,636
GMt (m)	1,156
KML (m)	26,592
Ton. Cent. de Inmersión (TPc)	1,126
MTc tonne.m	1,540
Angulo trimado (+ popa) - Grados	1,6

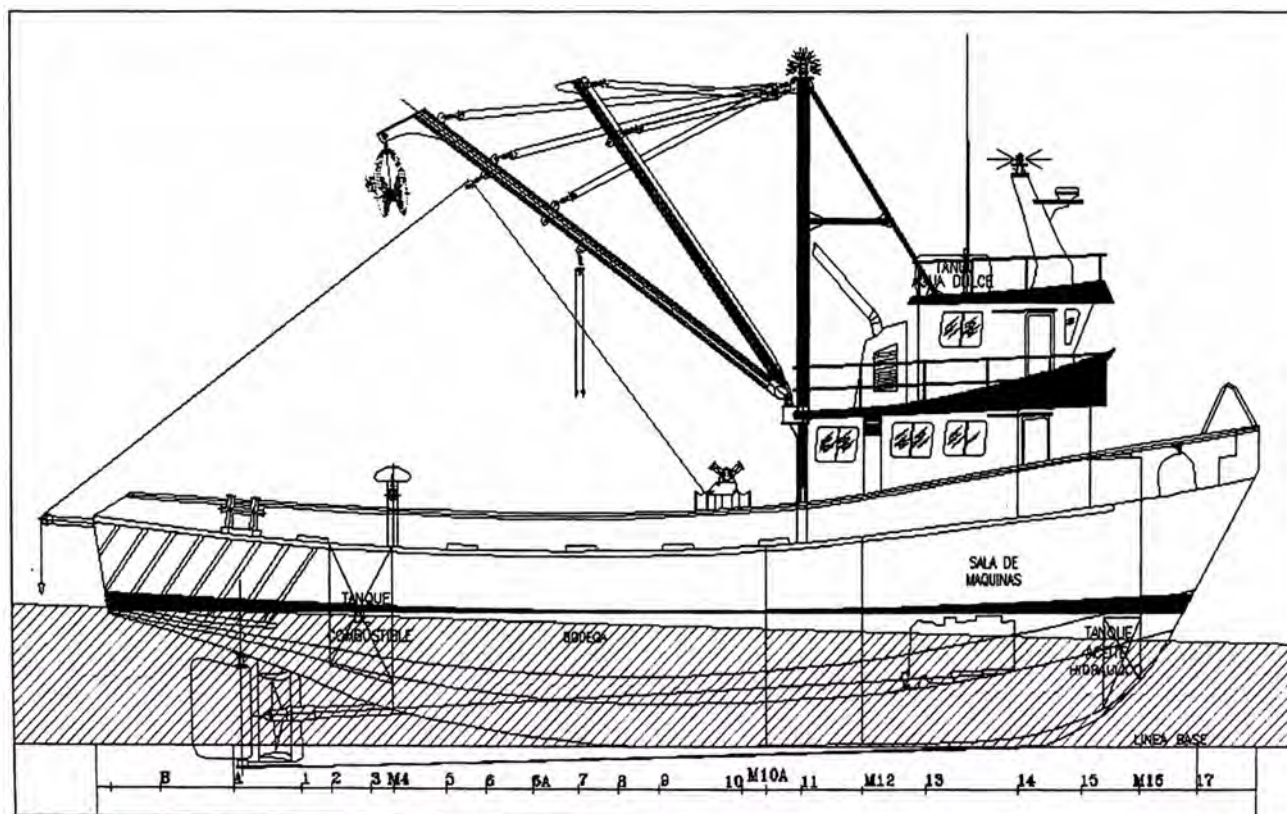


Code	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,055	m.rad	0.126	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	0,090	m.rad	0.204	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,030	m.rad	0.078	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0.452	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	34.5	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,450	m	0.957	Pass

CONDICIÓN 5 – SALIDA CON CARGA MEDIA

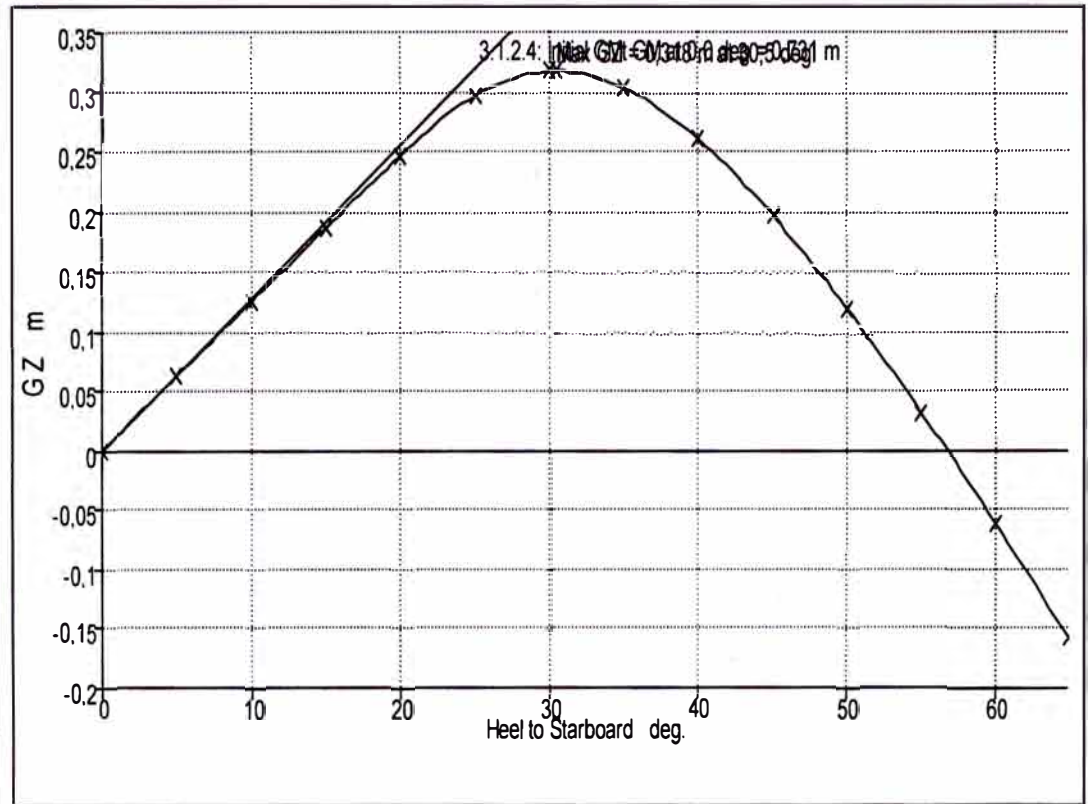
CONDICIONES DE CARGA

ITEM	Cantidad	Peso (ton)	Centro Long. (m)	Centro Vert. (m)	Centro Trans (m)	FS Mom. (tonne x m)
Liviano	1	112,9	10,984	2,785	0,000	0,227
TQ. Comb. popa Br	100%	2,703	5,321	2,611	-2,570	0,000
TQ. Comb. popa Er	100%	2,703	5,321	2,611	2,570	0,000
Carga en cubierta	1	25,00	8,263	4,460	0,000	0,000
Agua Dulce	100%	0,737	17,021	8,546	0,044	0,000
	Total Weight=	144,0	LCG=10,330	VCG=3,099	TCG=0,000	0,227
				FS corr.=0,002		



CONDICION 5: CALCULO DE EQUILIBRIO ESTATICO Y DINAMICO

PROPIEDAD	VALOR
Calado en sección media (m)	2,240
Desplazamiento (Ton)	144,0
Inclinación a estribor (Grados)	0,0
Calado en proa (m)	1,927
Calado en popa (m)	2,552
Trim (+ en popa) m	0,625
Coefficiente prismático	0,609
Coefficiente de bloque	0,456
LCB desde el punto cero (m)	10,279
LCF desde el punto cero (m)	9,490
KB (m)	1,555
KG (m)	3,100
BMt (m)	2,363
GMt (m)	0,816
KML (m)	24,478
Ton. Cent. de Inmersión (TPc)	1,154
MTc tonne.m	1,621
Angulo trimado (+ popa) - Grados	1,9

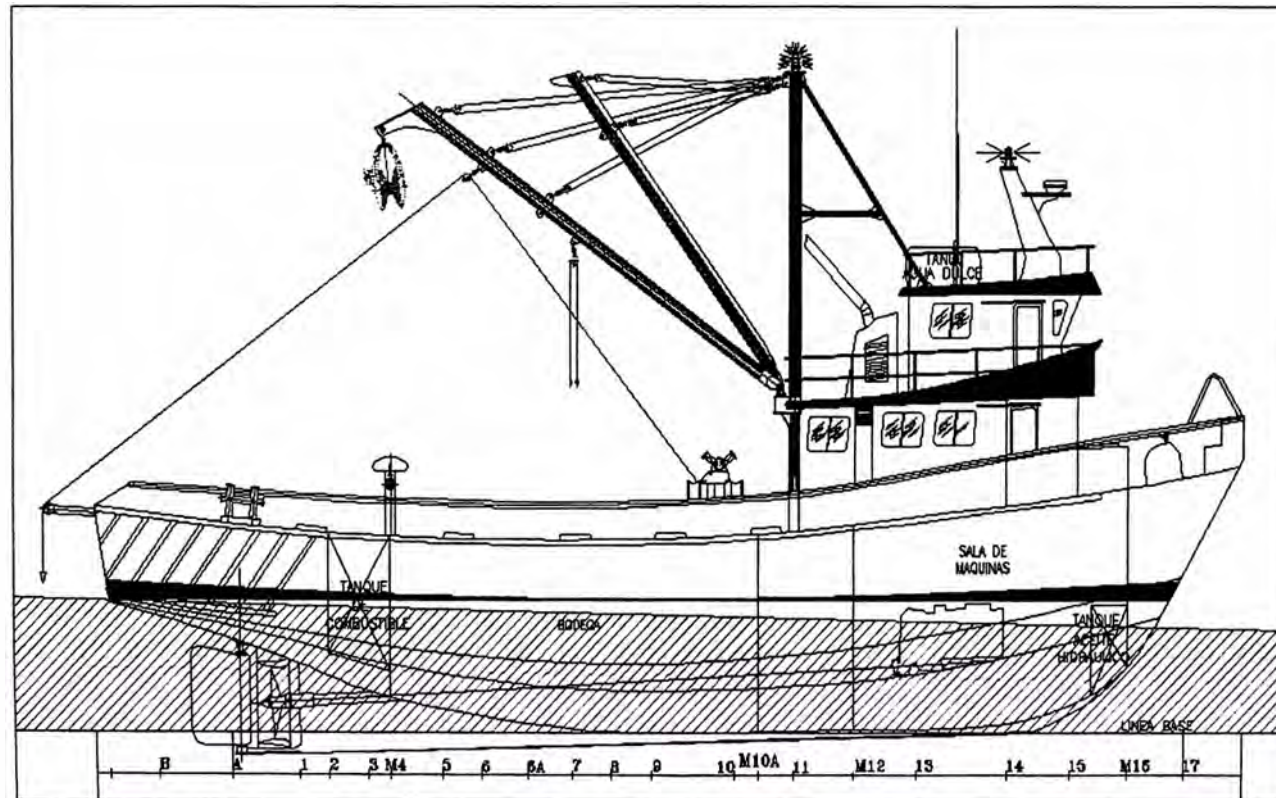


Code	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,055	m.rad	0.095	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	0,090	m.rad	0.147	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,030	m.rad	0.052	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0.318	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	30.5	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,450	m	0.731	Pass

CONDICIÓN 6 – RETORNO CON CARGA MEDIA

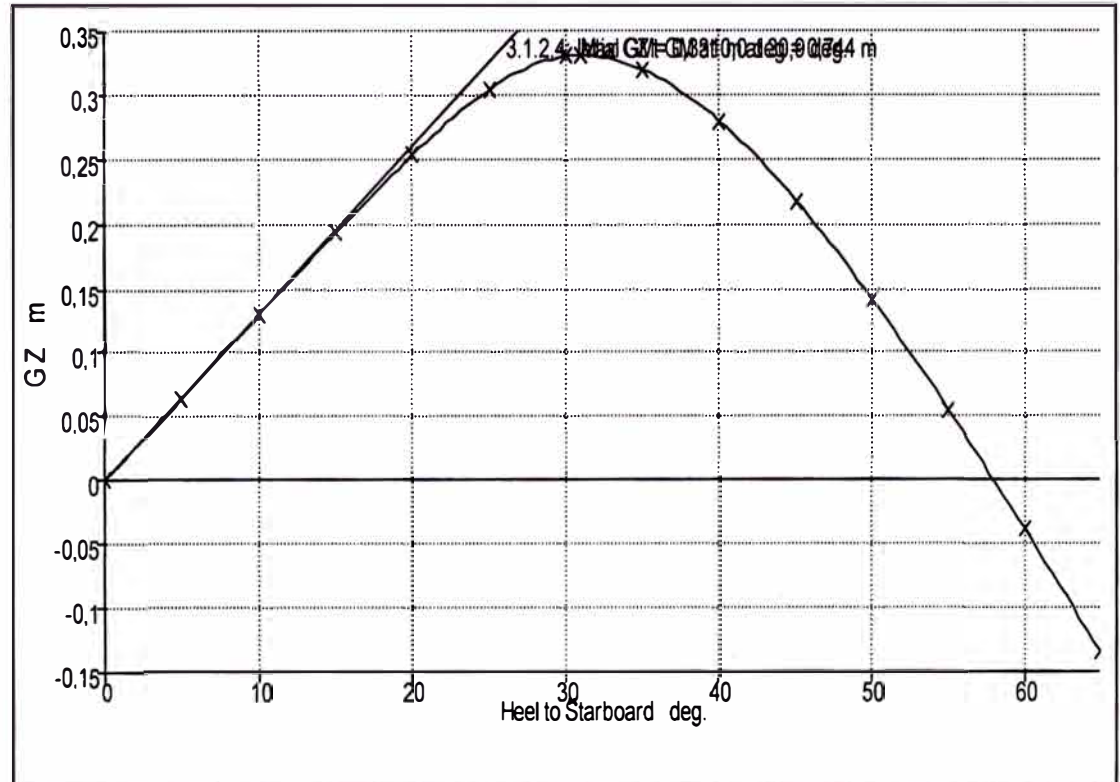
CONDICIONES DE CARGA

ITEM	Cantidad	Peso (ton)	Centro Long. (m)	Centro Vert. (m)	Centro Trans (m)	FS Mom. (tonne x m)
Liviano	1	112,9	10,984	2,785	0,000	0,227
TQ. Comb. popa Br	10%	0,2701	5,417	1,551	-2,389	0,173
TQ. Comb. popa Er	10%	0,2701	5,417	1,551	2,389	0,173
Carga en cubierta	1	25,00	8,263	4,460	0,000	0,000
Agua Dulce	25%	0,1842	17,021	8,271	0,044	0,038
	Total Weight=	138,6	LCG=10,480	VCG=3,090	TCG=0,000	0,611
				FS corr.=0,004		



CONDICION 6: CALCULO DE EQUILIBRIO ESTATICO Y DINAMICO

PROPIEDAD	VALOR
Calado en sección media (m)	2,208
Desplazamiento (Ton)	138,6
Inclinación a estribor (Grados)	0,0
Calado en proa (m)	1,944
Calado en popa (m)	2,472
Trim (+ en popa) m	0,528
Coefficiente prismático	0,601
Coefficiente de bloque	0,448
LCB desde el punto cero (m)	10,435
LCF desde el punto cero (m)	9,492
KB (m)	1,521
KG (m)	3,094
BMt (m)	2,439
GMt (m)	0,866
KML (m)	25,215
Ton. Cent. de Inmersión (TPc)	1,151
MTc tonne.m	1,615
Angulo trimado (+ popa) - Grados	1,6

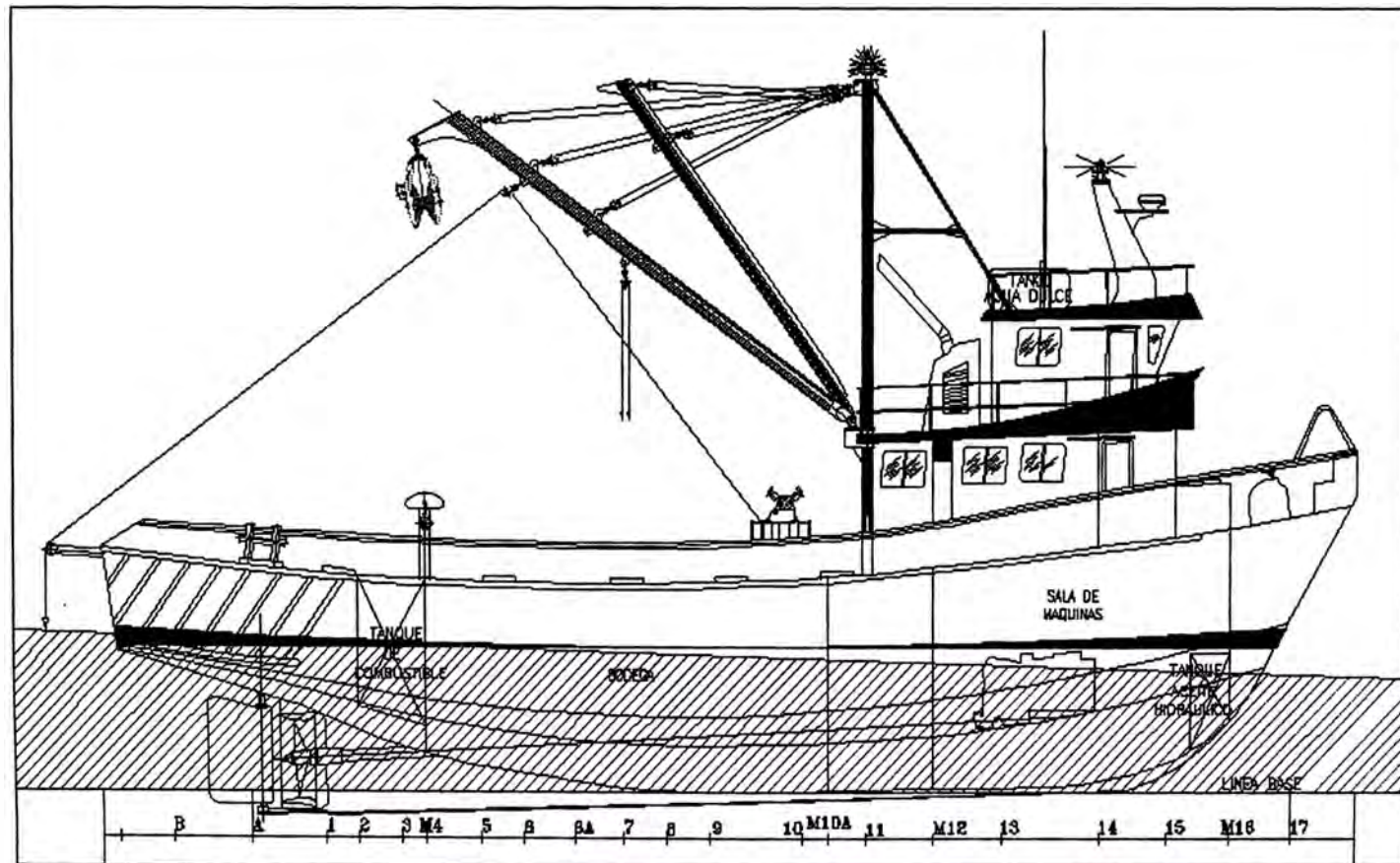


Code	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,055	m.rad	0.097	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	0,090	m.rad	0.152	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,030	m.rad	0.055	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0.331	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	30.9+	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT	0,450	m	0.744	Pass

CONDICIÓN 7 – SALIDA CON CARGA ALTA

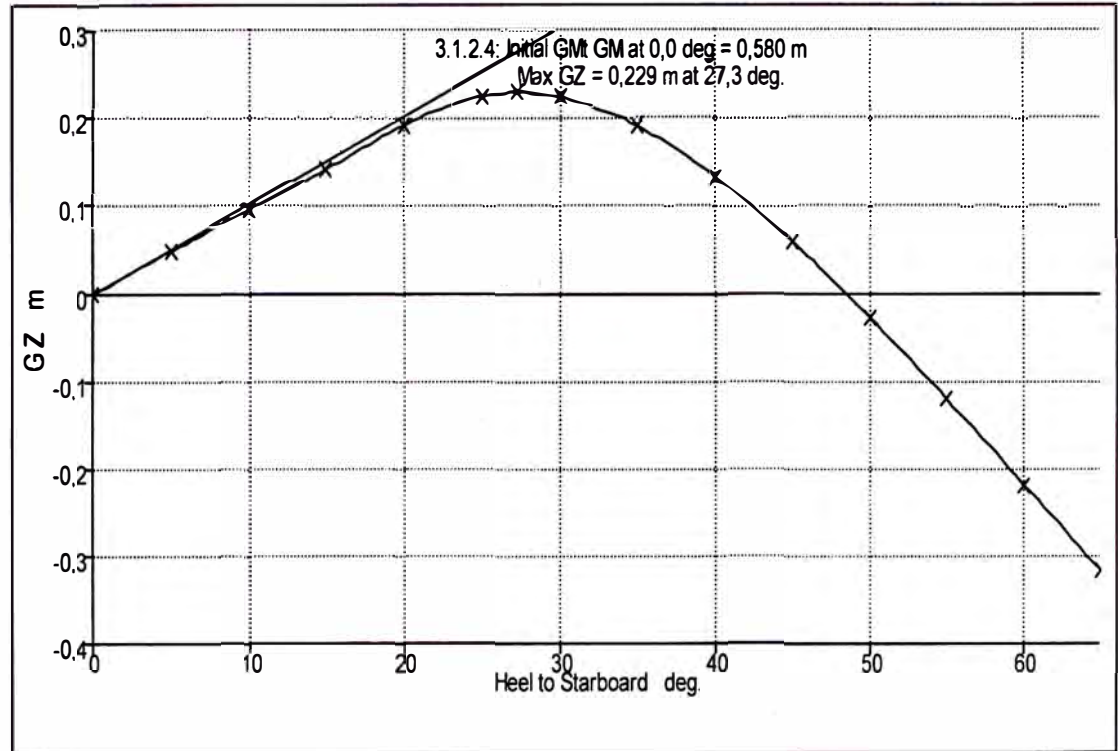
CONDICIONES DE CARGA

ITEM	Cantidad	Peso (ton)	Centro Long. (m)	Centro Vert. (m)	Centro Trans (m)	FS Mom. (tonne x m)
Liviano	1	112,9	10,984	2,785	0,000	0,227
TQ. Comb. popa Br	100%	2,703	5,321	2,611	-2,570	0,000
TQ. Comb. popa Er	100%	2,703	5,321	2,611	2,570	0,000
Carga en cubierta	1	40,00	8,263	4,460	0,000	0,000
Agua Dulce	100%	0,737	17,021	8,546	0,044	0,000
	Total Weight=	159,0	LCG=10,135	VCG=3,227	TCG=0,000	0,227
				FS corr.=0,001		
				VCG fluid=3,228		



CONDICION 7: CALCULO DE EQUILIBRIO ESTATICO Y DINAMICO

PROPIEDAD	VALOR
Calado en sección media (m)	2,349
Desplazamiento (Ton)	159,0
Inclinación a estribor (Grados)	0,0
Calado en proa (m)	1,986
Calado en popa (m)	2,712
Trim (+ en popa) m	0,727
Coefficiente prismático	0,625
Coefficiente de bloque	0,475
LCB desde el punto cero (m)	10,074
LCF desde el punto cero (m)	9,512
KB (m)	1,639
KG (m)	3,228
BMt (m)	2,181
GMt (m)	0,590
KML (m)	22,868
Ton. Cent. de Inmersión (TPc)	1,166
MTc tonne.m	1,653
Angulo trimado (+ popa) - Grados	2,2

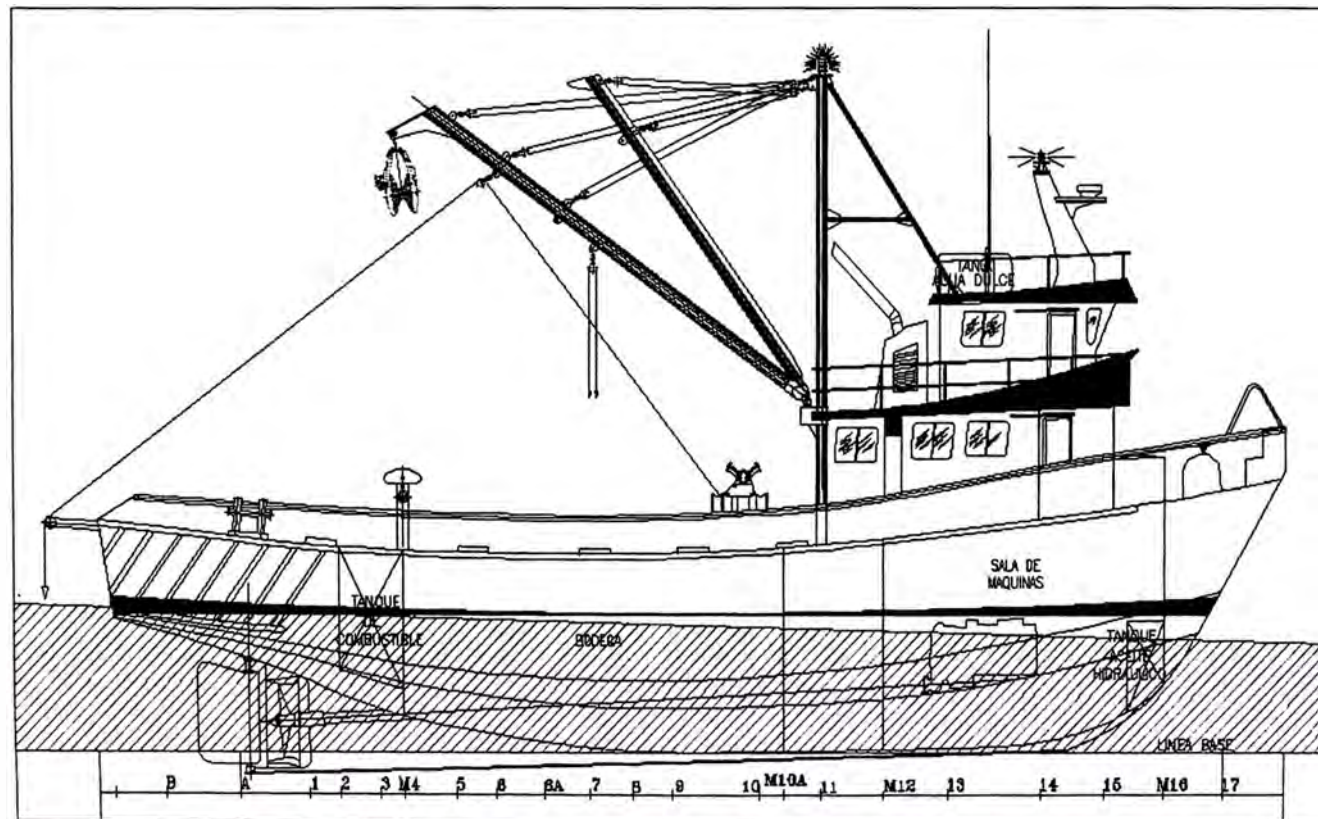


Code	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,055	m.rad	0.072	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	0,090	m.rad	0.104	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,030	m.rad	0.033	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0.224	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	27.3	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT	0,450	m	0.58	Pass

CONDICIÓN 8 – RETORNO CON CARGA ALTA

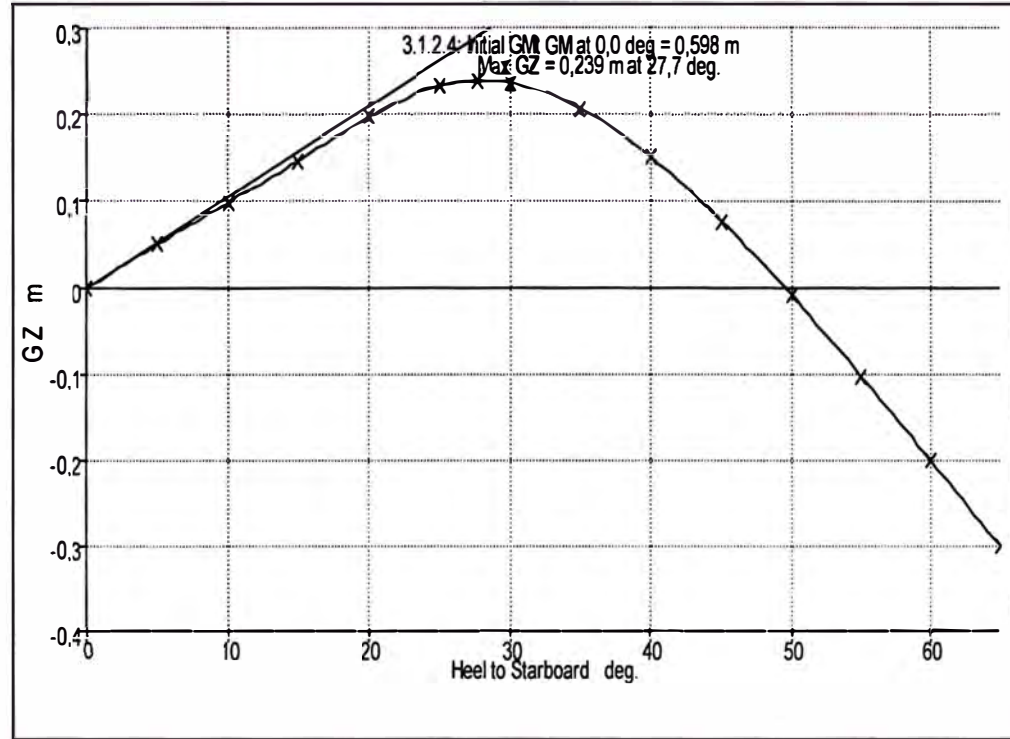
CONDICIONES DE CARGA

ITEM	Cantidad	Peso (ton)	Centro Long. (m)	Centro Vert. (m)	Centro Trans (m)	FS Mom. (tonne x m)
Liviano	1	112,9	10,984	2,785	0,000	0,227
TQ. Comb. popa Br	10%	0,2701	5,417	1,551	-2,389	0,173
TQ. Comb. popa Er	10%	0,2701	5,417	1,551	2,389	0,173
Carga en cubierta	1	40,00	8,263	4,460	0,000	0,000
Agua Dulce	25%	0,1842	17,021	8,271	0,044	0,038
	Total Weight=	153,6	LCG=10,263	VCG=3,223	TCG=0,000	0,611
				FS corr.=0,004		
				VCG fluid=3,227		



CONDICION 8: CALCULO DE EQUILIBRIO ESTATICO Y DINAMICO

PROPIEDAD	VALOR
Calado en sección media (m)	2,318
Desplazamiento (Ton)	153,6
Inclinación a estribor (Grados)	0,0
Calado en proa (m)	2,001
Calado en popa (m)	2,635
Trim (+ en popa) m	0,633
Coefficiente prismático	0,618
Coefficiente de bloque	0,467
LCB desde el punto cero (m)	10,209
LCF desde el punto cero (m)	9,513
KB (m)	1,606
KG (m)	3,227
BMt (m)	2,243
GMt (m)	0,621
KML (m)	23,469
Ton. Cent. de Inmersión (TPc)	1,163
MTc tonne.m	1,646
Angulo trimado (+ popa) - Grados	1,9

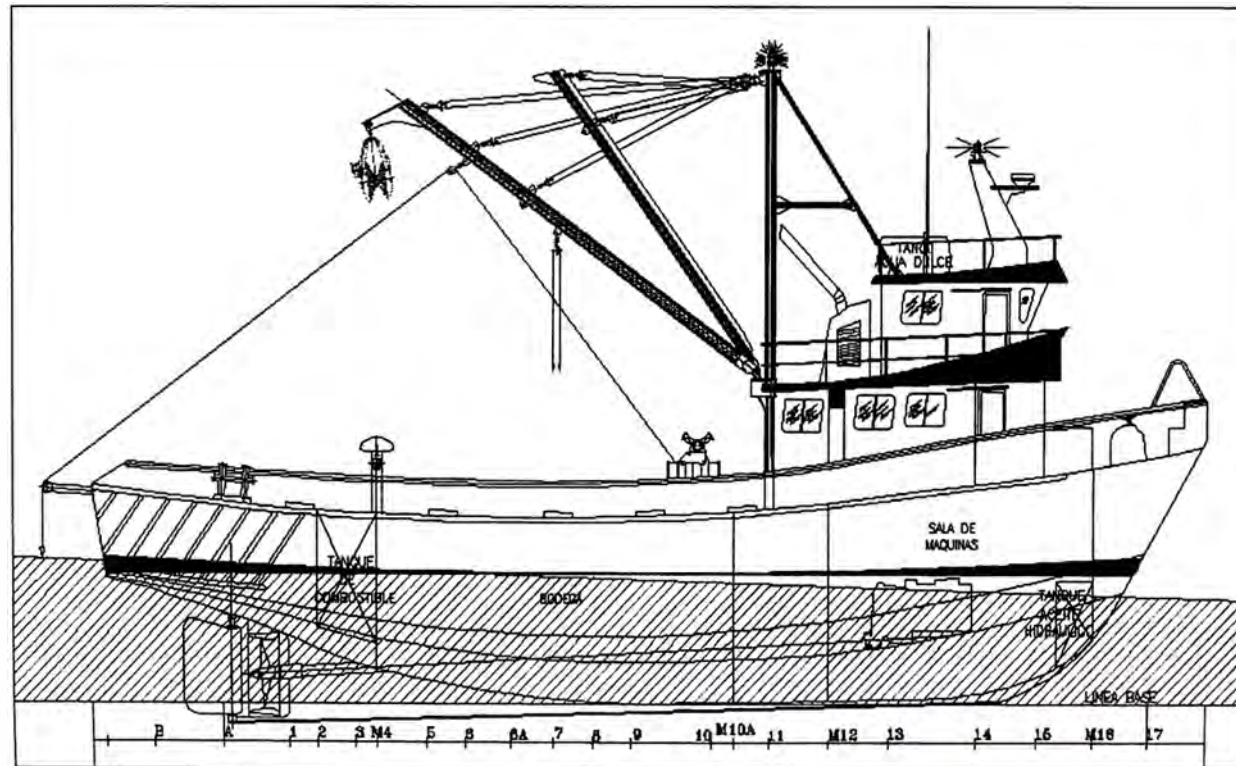


Code	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,055	m.rad	0.074	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	0,090	m.rad	0.109	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,030	m.rad	0.035	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0.236	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	27.7	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,450	m	0.598	Pass

CONDICIÓN 9 – SALIDA CON MAXIMA CARGA

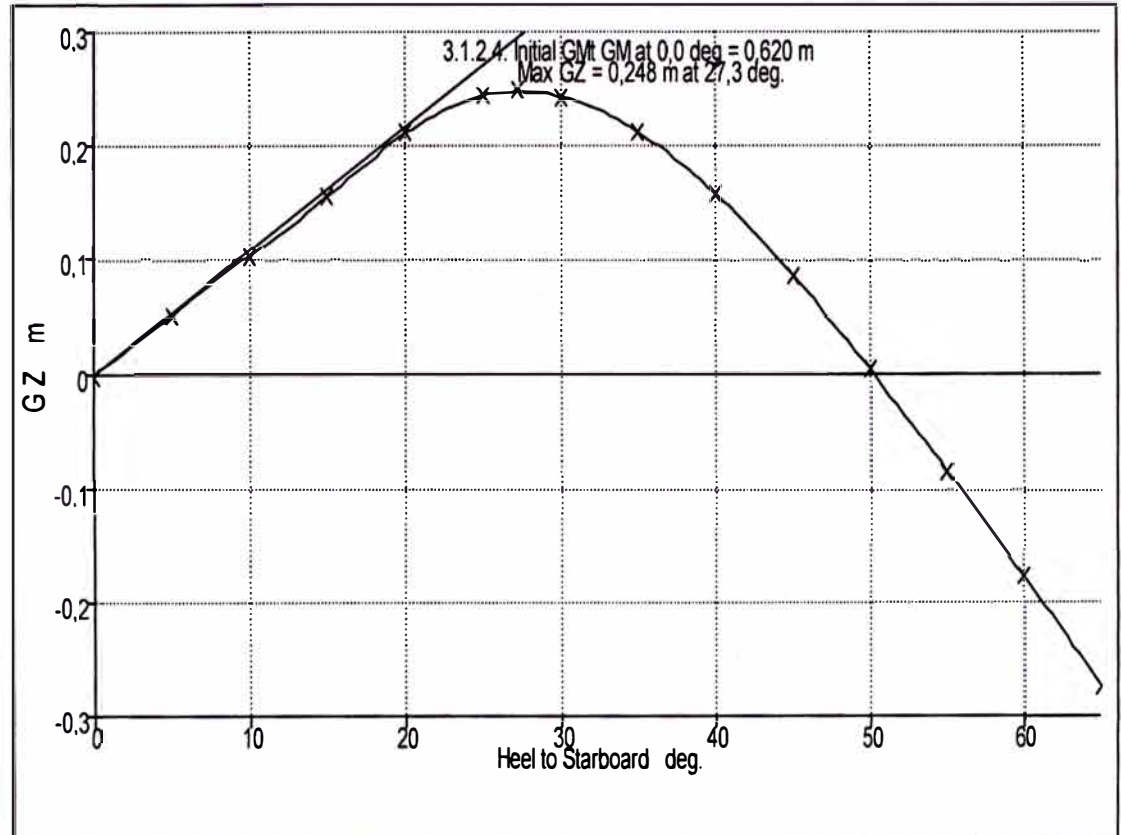
CONDICIONES DE CARGA

ITEM	Cantidad	Peso (ton)	Centro Long. (m)	Centro Vert. (m)	Centro Trans (m)	FS Mom. (tonne x m)
Liviano	1	112,9	10,984	2,785	0,000	0,227
TQ. Comb. popa Br	100%	2,703	5,321	2,611	-2,570	0,000
TQ. Comb. popa Er	100%	2,703	5,321	2,611	2,570	0,000
Carga en cubierta	1	40,00	8,263	4,460	0,000	0,000
Agua Dulce	100%	0,737	17,021	8,546	0,044	0,000
Cilindros de aceite	100	0,0550	9,877	1,308	0,000	0,000
	Total Weight=	164,5	LCG=10,127	VCG=3,163	TCG=0,000	0,227
				FS corr.=0,001		



CONDICION 9: CALCULO DE EQUILIBRIO ESTATICO Y DINAMICO

PROPIEDAD	VALOR
Calado en sección media (m)	2,401
Desplazamiento (Ton)	164,5
Inclinación a estribor (Grados)	0,0
Calado en proa (m)	2,041
Calado en popa (m)	2,762
Trim (+ en popa) m	0,721
Coefficiente prismático	0,628
Coefficiente de bloque	0,479
LCB desde el punto cero (m)	10,069
LCF desde el punto cero (m)	9,560
KB (m)	1,667
KG (m)	3,164
BMt (m)	2,115
GMt (m)	0,617
KML (m)	22,191
Ton. Cent. de Inmersión (TPc)	1,167
MTc tonne.m	1,648
Angulo trimado (+ popa) - Grados	2,2

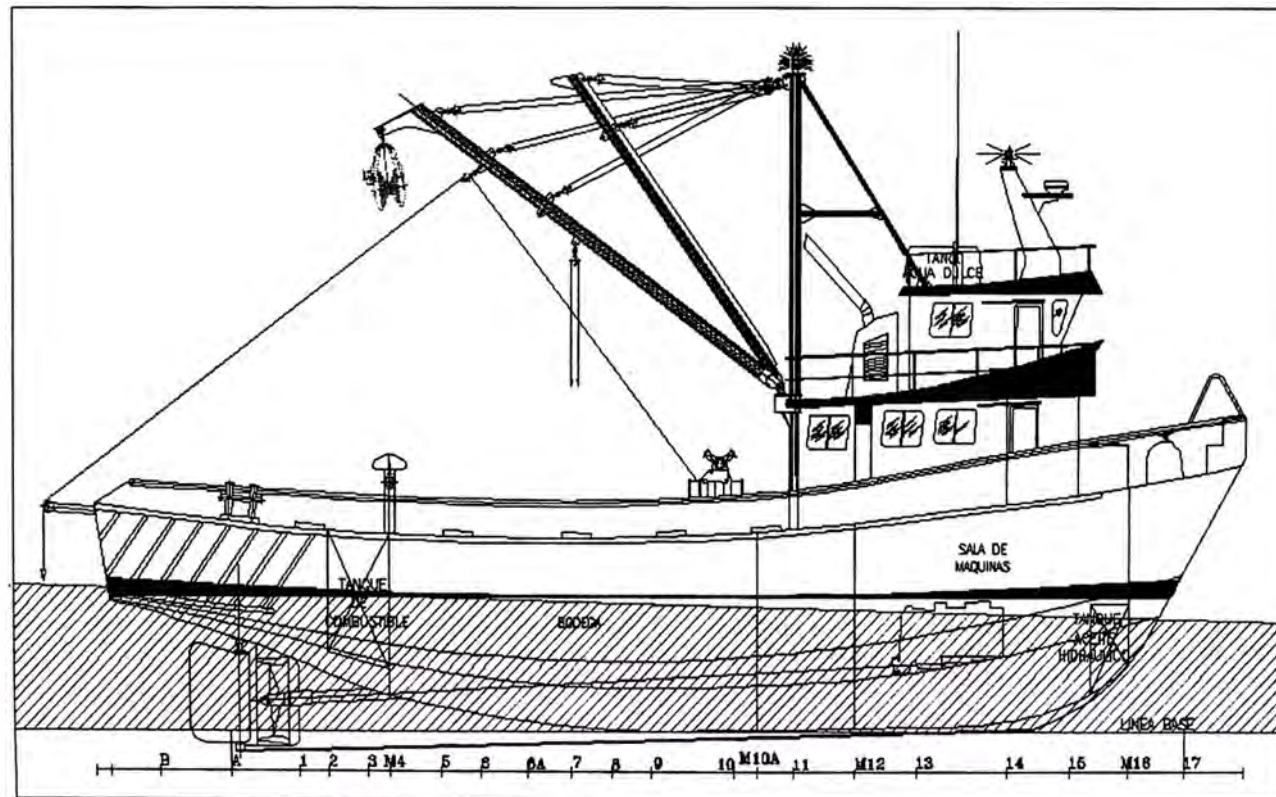


Code	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,055	m.rad	0.078	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	0,090	m.rad	0.115	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,030	m.rad	0.036	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0.243	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	27.3	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,450	m	0.62	Pass

CONDICIÓN 10 – RETORNO CON MAXIMA CARGA

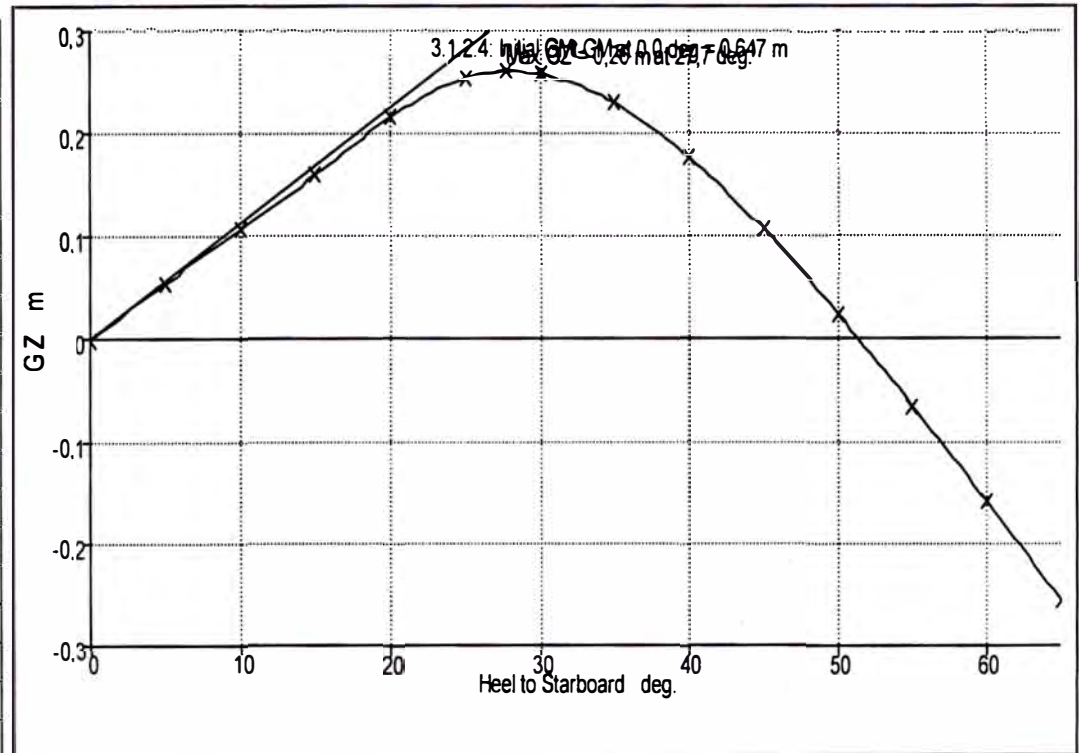
CONDICIONES DE CARGA

ITEM	Cantidad	Peso (ton)	Centro Long. (m)	Centro Vert. (m)	Centro Trans (m)	FS Mom. (tonne x m)
Liviano	1	112,9	10,984	2,785	0,000	0,227
TQ. Comb. popa Br	10%	0,2701	5,417	1,551	-2,389	0,173
TQ. Comb. popa Er	10%	0,2701	5,417	1,551	2,389	0,173
Carga en cubierta	1	40,00	8,263	4,460	0,000	0,000
Agua Dulce	25%	0,1842	17,021	8,271	0,044	0,038
Cilindros de aceite	100	0,0550	9,877	1,308	0,000	0,000
	Total Weight=	159,1	LCG=10,250	VCG=3,157	TCG=0,000	0,611
				FS corr.=0,004		



CONDICION 10: CALCULO DE EQUILIBRIO ESTATICO Y DINAMICO

PROPIEDAD	VALOR
Calado en sección media (m)	2,370
Desplazamiento (Ton)	159,1
Inclinación a estribor (Grados)	0,0
Calado en proa (m)	2,061
Calado en popa (m)	2,680
Trim (+ en popa) m	0,619
Coefficiente prismático	0,622
Coefficiente de bloque	0,473
LCB desde el punto cero (m)	10,200
LCF desde el punto cero (m)	9,530
KB (m)	1,635
KG (m)	3,161
BMt (m)	2,181
GMt (m)	0,654
KML (m)	22,966
Ton. Cent. de Inmersión (TPc)	1,168
MTc tonne.m	1,659
Angulo trimado (+ popa) - Grados	1,9



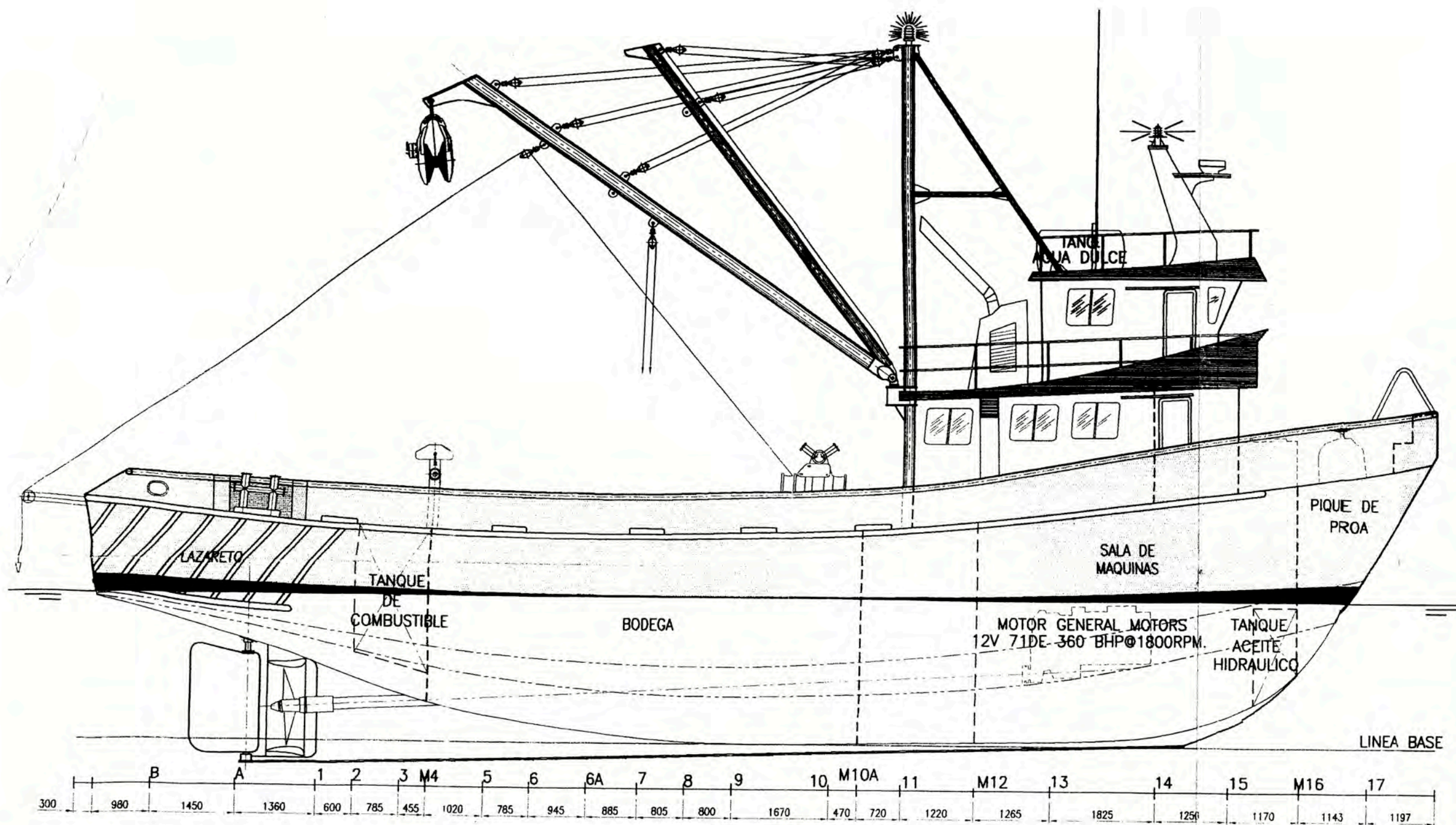
Code	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,055	m.rad	0.081	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40	0,090	m.rad	0.120	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,030	m.rad	0.039	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0.257	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	27.7	Pass
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt	0,450	m	0.647	Pass

ANEXO 2

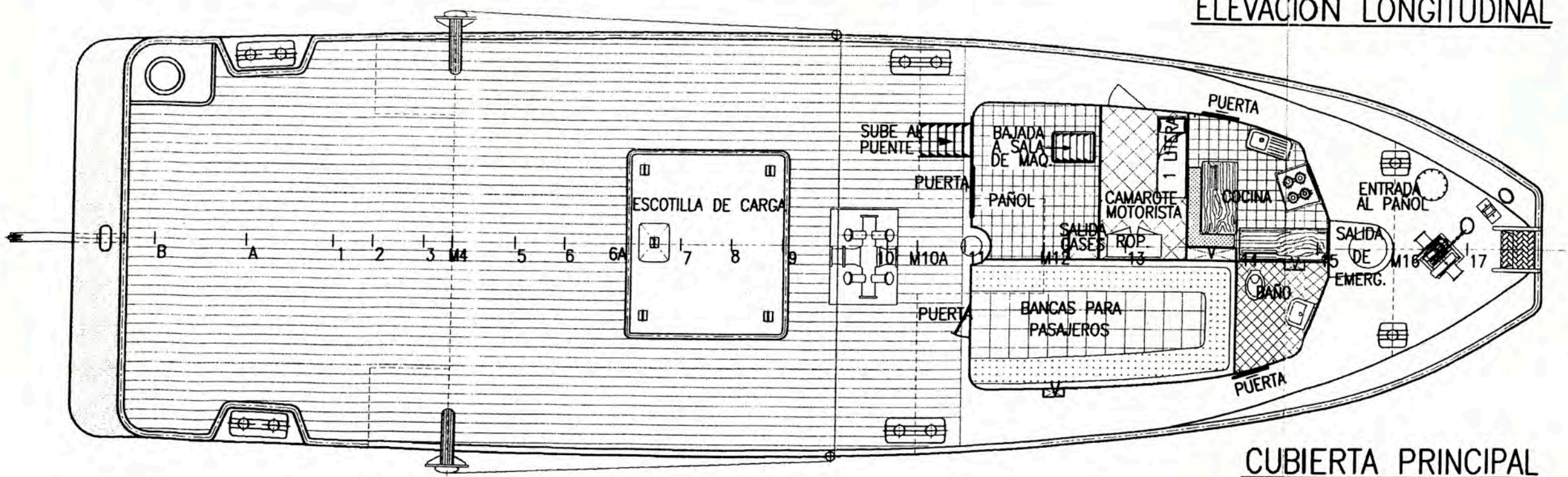
PLANOS DE EMBARCACIÓN ORIGINAL

RELACION DE PLANOS ANEXO 2

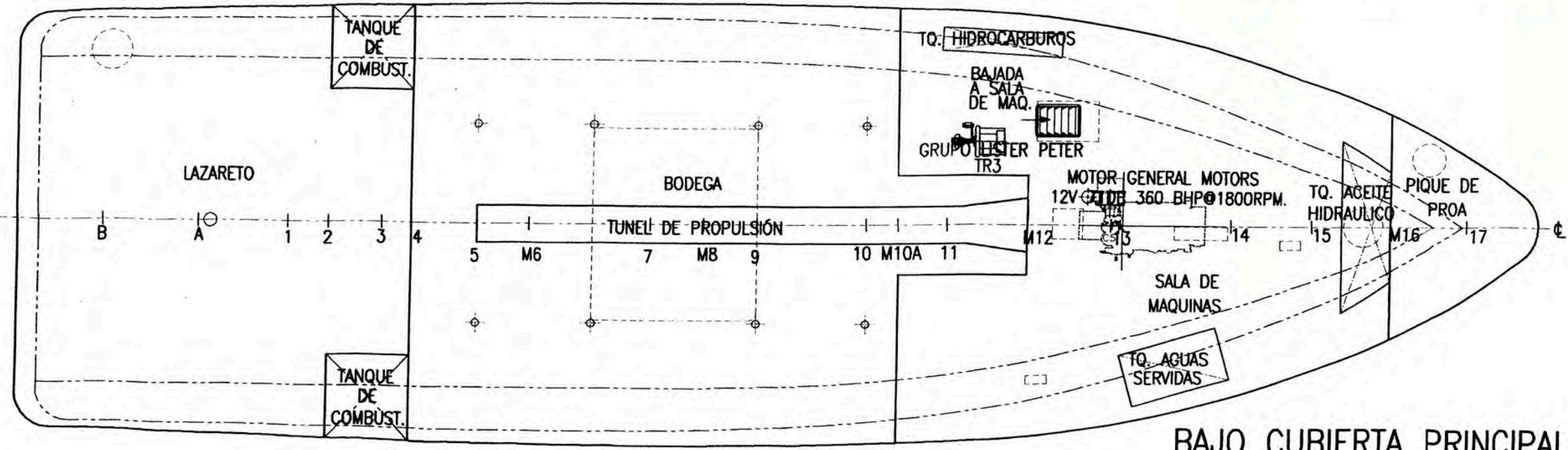
Plano 1	Disposición General (EOR-100-DG)
Plano 2	Líneas de Forma (EOR-101-LF)
Plano 3	Curvas Hidrostáticas (EOR-102-CH)
Plano 4	Estructura General (EOR-103-EG)



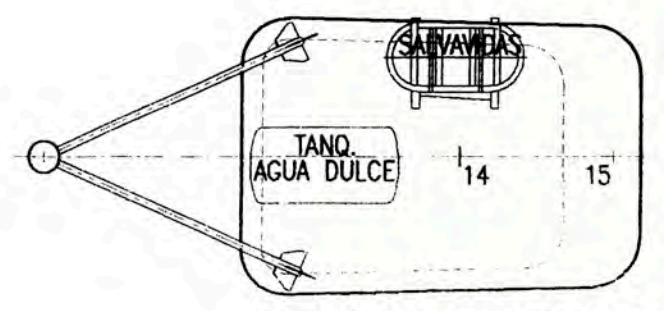
ELEVACIÓN LONGITUDINAL



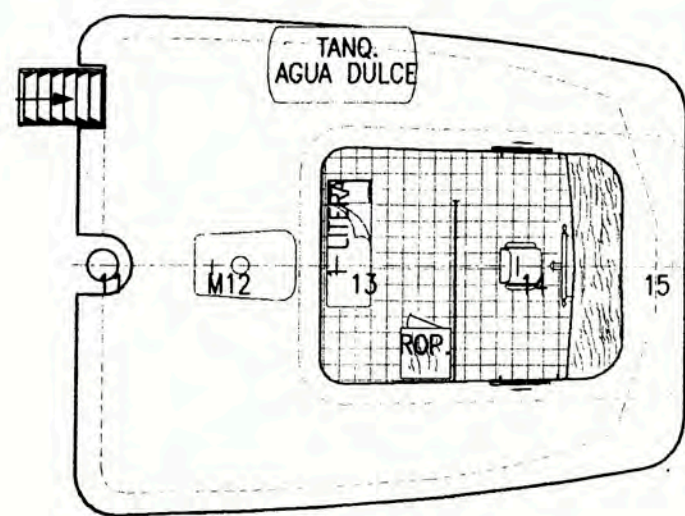
CUBIERTA PRINCIPAL



BAJO CUBIERTA PRINCIPAL



CUBIERTA PUENTE



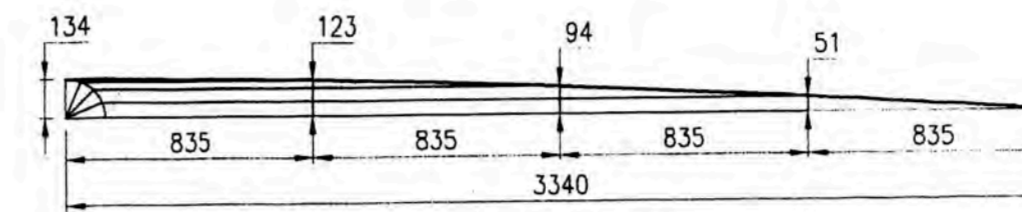
CUBIERTA CASETA

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Eslora total ————— 23.10 m
- Manga moldeada ————— 6.68 m
- Puntal moldeado ————— 3.60 m
- Cap. de combustible — 6.43 m³ (1698 gln)
- Cap. de agua dulce — 0.58 m³ (153 gln)

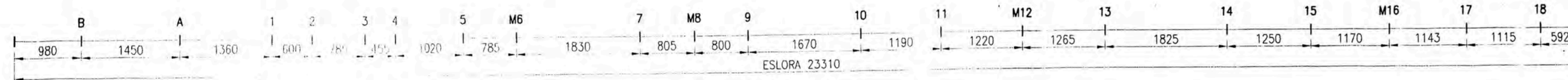
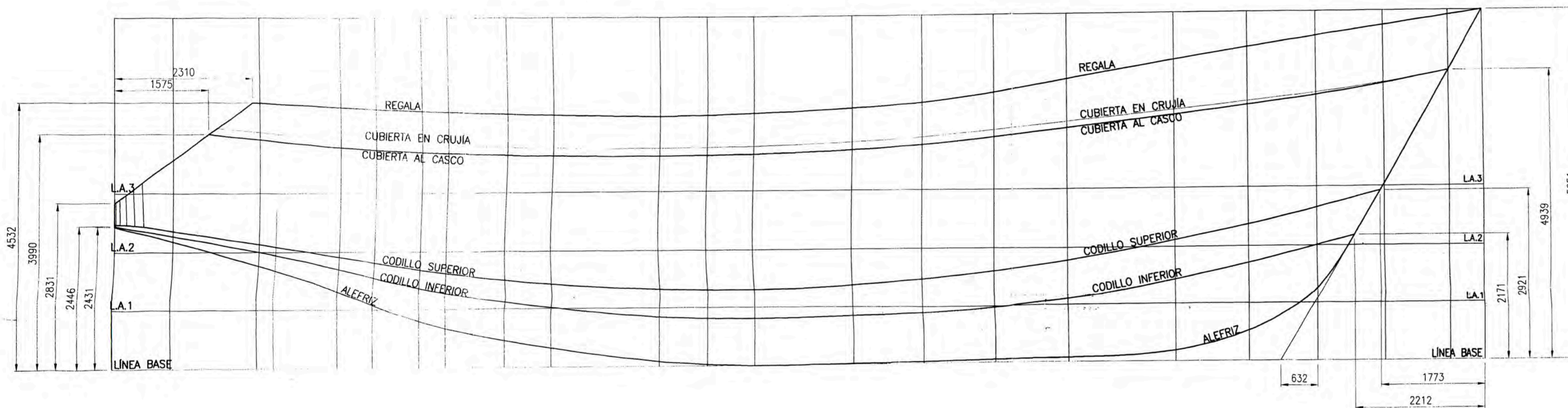
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		
DIBUJADO: EDINSON QUISPE PECHO		DISPOSICION GENERAL (EMBARCACIÓN MODIFICADA)
APROBADO: ING. RONALD CUEVA		
FECHA: 15/03/2012	PLANO N° EMD-100-DG	ESCALA: 1:75

TABLA DE PUNTOS (en milímetros)													
SECCIÓN	alturas desde la línea base						semimangas desde crujía						SECCIÓN
	ALEFRIZ	CODILLO INFERIOR	CODILLO SUPERIOR	CUBIERTA AL CASCO	CUBIERTA EN CRUJIA	REGALA	LA 1	LA 2	LA 3	CODILLO INFERIOR	CODILLO SUPERIOR	CUBIERTA AL CASCO	
Espejo	2431	2446	2516	---	---	---	---	---	2450	3023	---	---	Espejo
B	2181	2271	2361	---	---	---	---	3079	2454	3033	---	---	B
A	1761	2001	2131	3898	4022	4526	---	2451	3120	2459	3048	3195	A
1	1316	1701	1911	3769	3896	4451	---	3074	3166	2464	3066	3237	1
2	1071	1548	1811	3726	3854	4418	---	3093	3187	2466	3076	3254	2
3	798	1370	1686	3685	3814	4379	874	3118	3212	2469	3089	3276	3
4	671	1281	1621	3666	3796	4361	1333	3132	3225	2470	3097	3287	4
5	454	1118	1504	3633	3764	4330	2034	3158	3251	2473	3112	3309	5
6	325	1016	1436	3615	3747	4311	2418	3173	3266	2475	3120	3323	6
7	86	841	1331	3600	3733	4281	2684	3181	3281	2476	3115	3340	7
8	26	811	1311	3606	3738	4291	2710	3172	3277	2472	3100	3340	8
9	2	805	1306	3619	3753	4313	2700	3154	3266	2460	3076	3335	9
10	14	841	1381	3681	3812	4391	2559	3067	3208	2383	2980	3304	10
11	33	892	1473	3761	3889	4481	2372	2944	3122	2263	2850	3258	11
12	54	976	1601	3881	4004	4641	2083	2742	2973	2060	2650	3176	12
13	76	1117	1782	4021	4133	4856	1557	2393	2693	1754	2328	3000	13
14	186	1436	2111	4231	4318	5161	801	1628	2073	1230	1707	2580	14
15	521	1710	2369	4381	4445	5359	330	997	1520	822	1224	2170	15
16	1261	2001	2641	4541	4581	5538	---	358	869	356	675	1700	16
17	3034	---	---	4726	4742	5707	---	---	---	---	---	1070	17
18	4939	---	---	4939	4939	5867	---	---	---	---	---	0	18

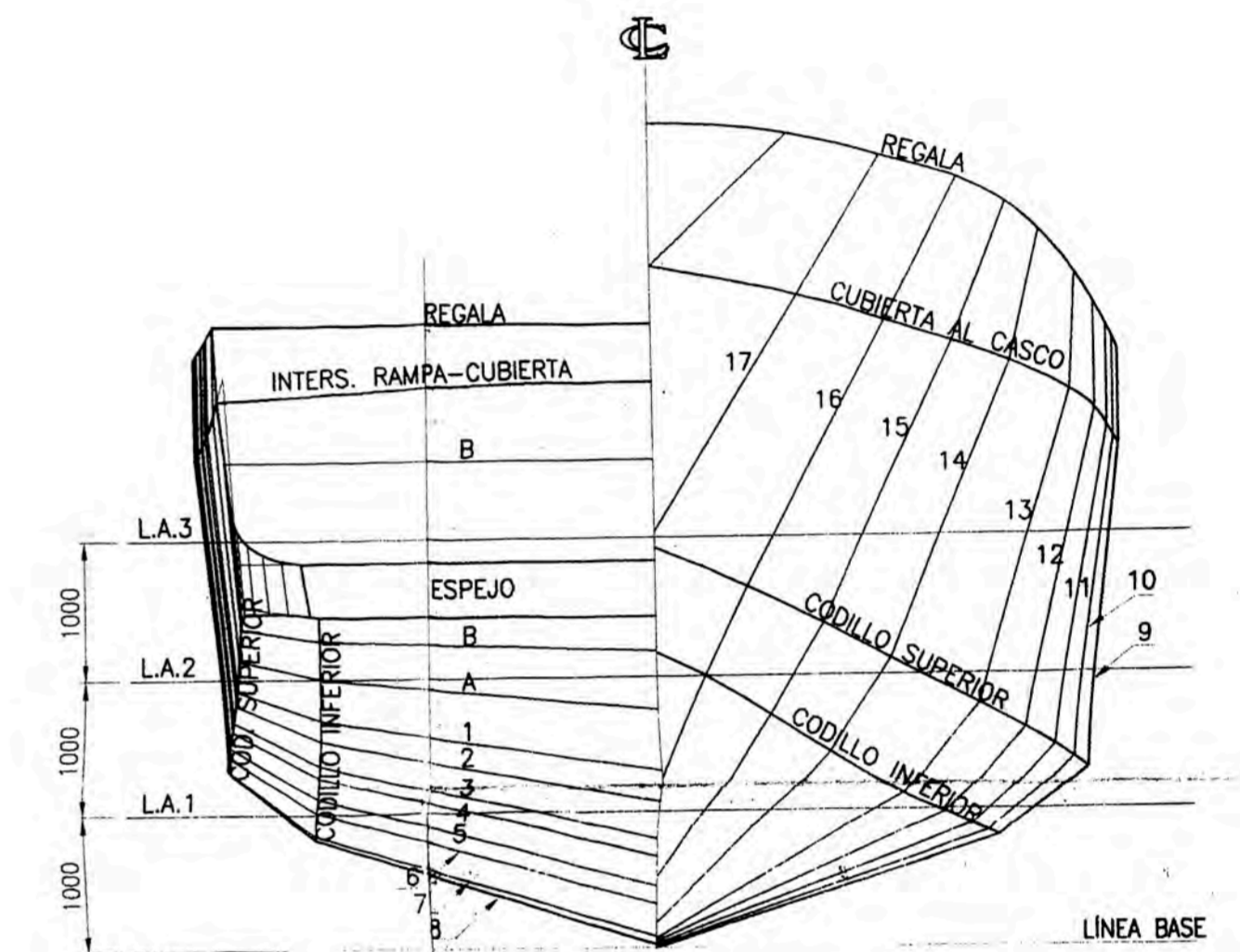


MEDIA CURVA DE BAO

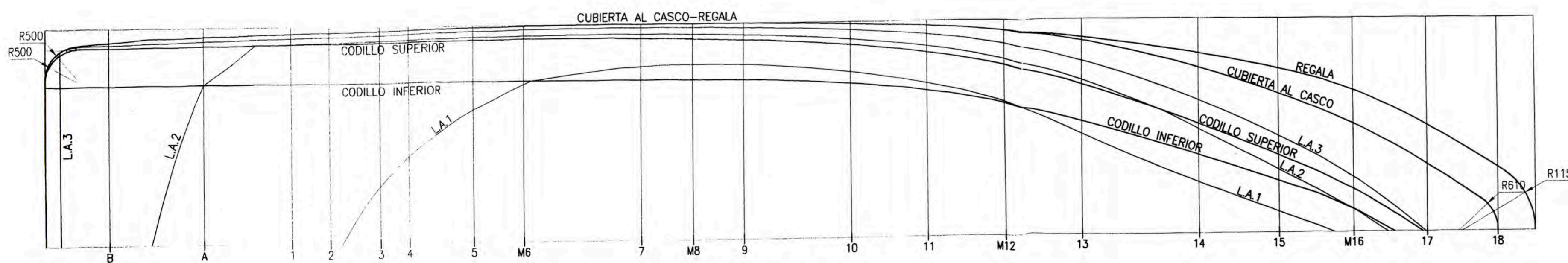
ESC. 1/25



ELEVACIÓN LONGITUDINAL



SECCIONES TRANSVERSALES

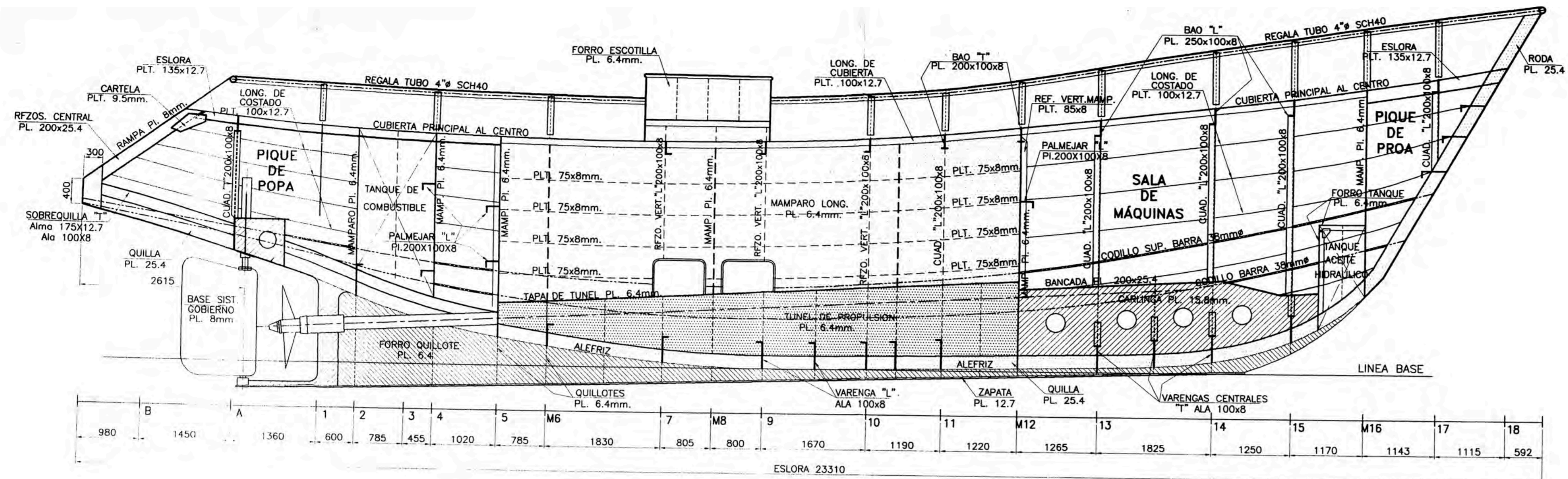


VISTA DE PLANTA

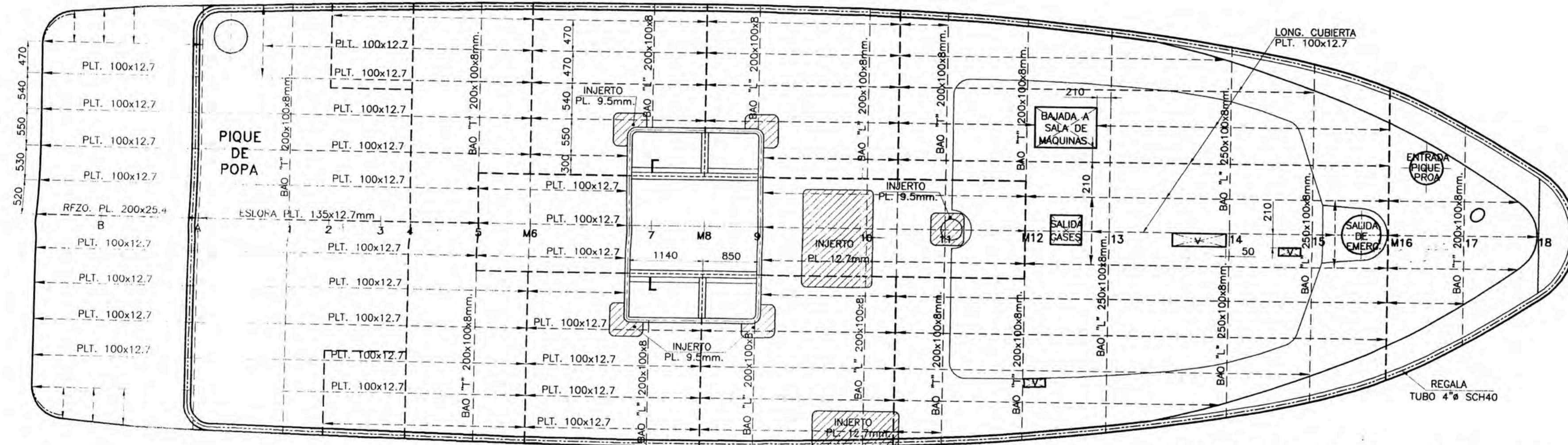
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Eslora total — 23.31 m
- Manga moldeada — 6.68 m
- Puntal moldeado — 3.60 m

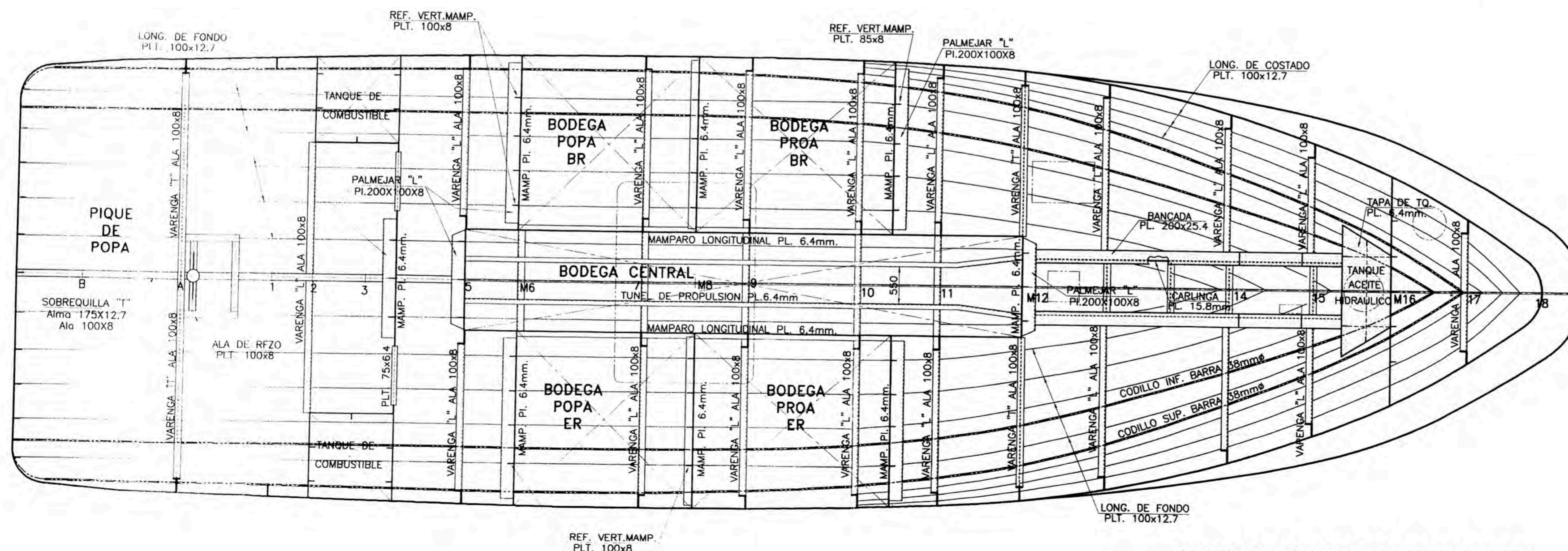
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		
DIBUJADO: EDINSON QUISEP PECHO	LINEAS DE FORMA (EMBARCACIÓN ORIGINAL)	
APROBADO: ING. RONALD CUEVA		
FECHA: 15/05/2012	PLANO N° EOR-101-LF	ESCALA: 1:50



ELEVACION LONGITUDINAL



VISTA DE PLANTA CUBIERTA PRINCIPAL



VISTA EN PLANTA BAJO CUBIERTA

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Eslora total _____ 23.31 m
 Manga moldeada _____ 6.68 m
 Puntal moldeado _____ 3.60 m

NOTA:

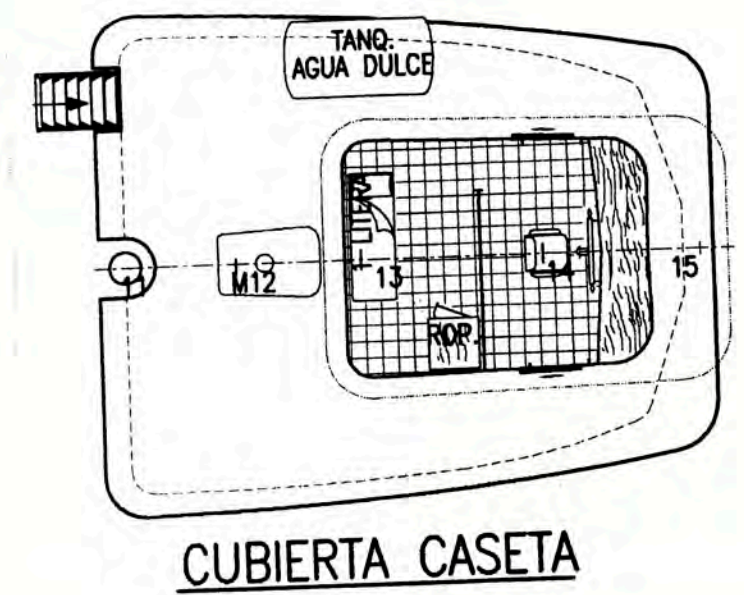
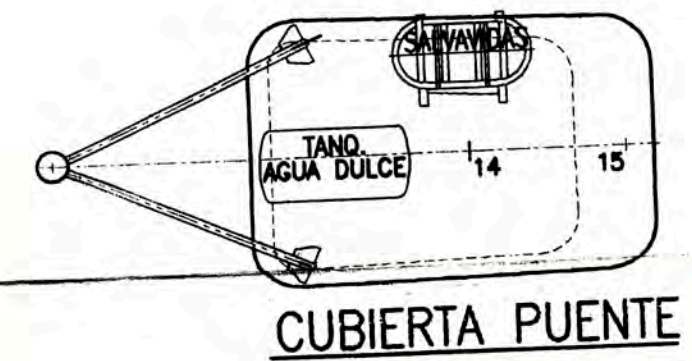
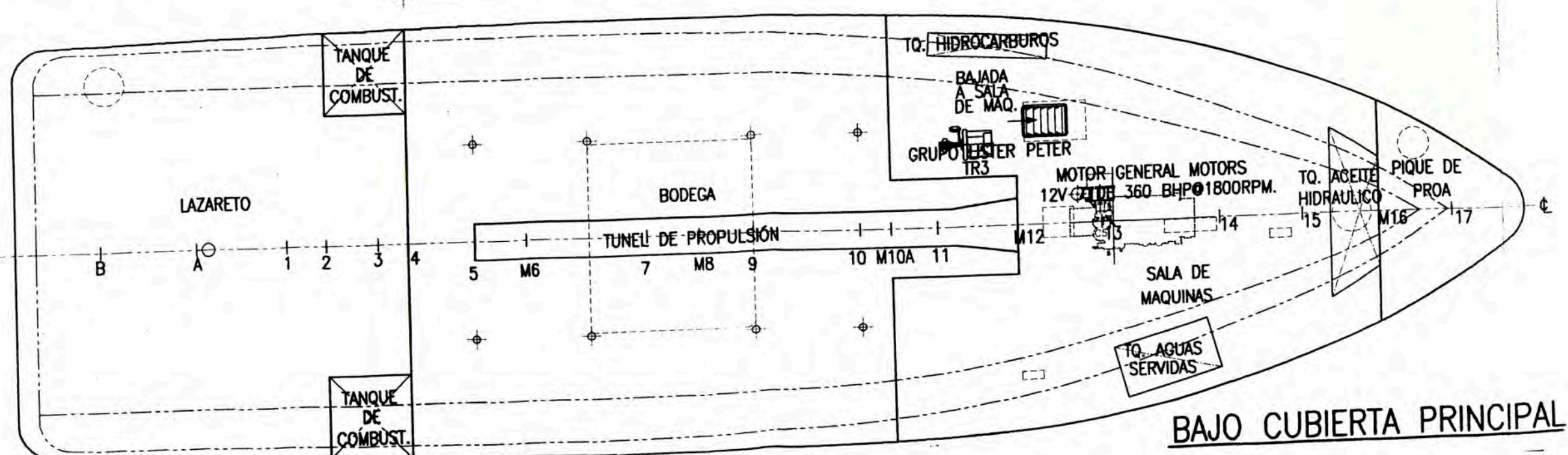
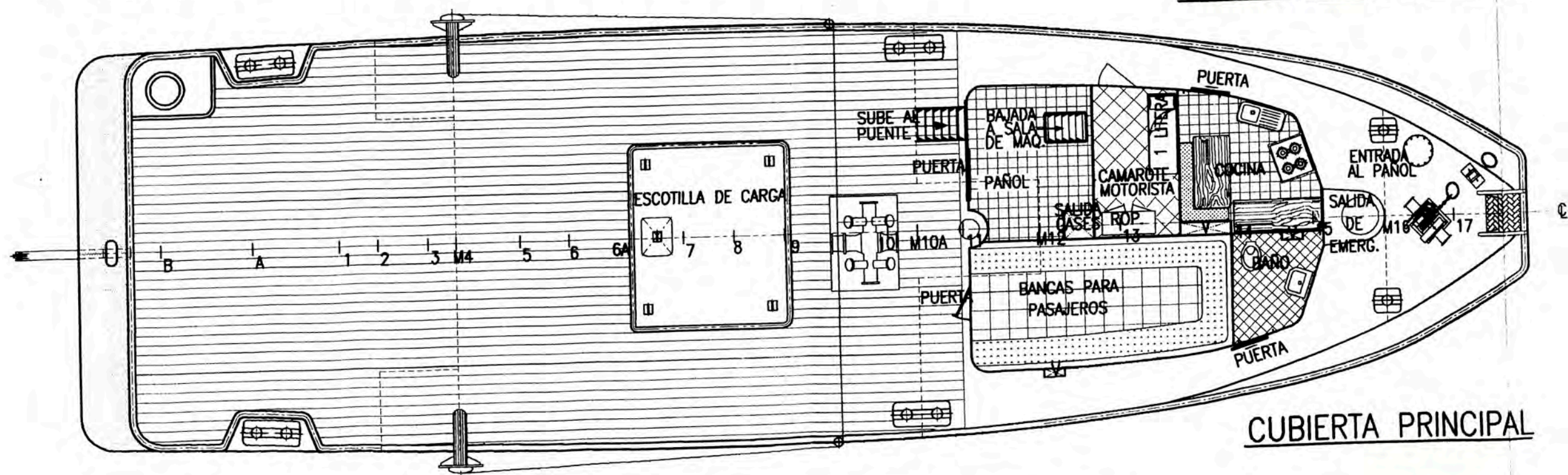
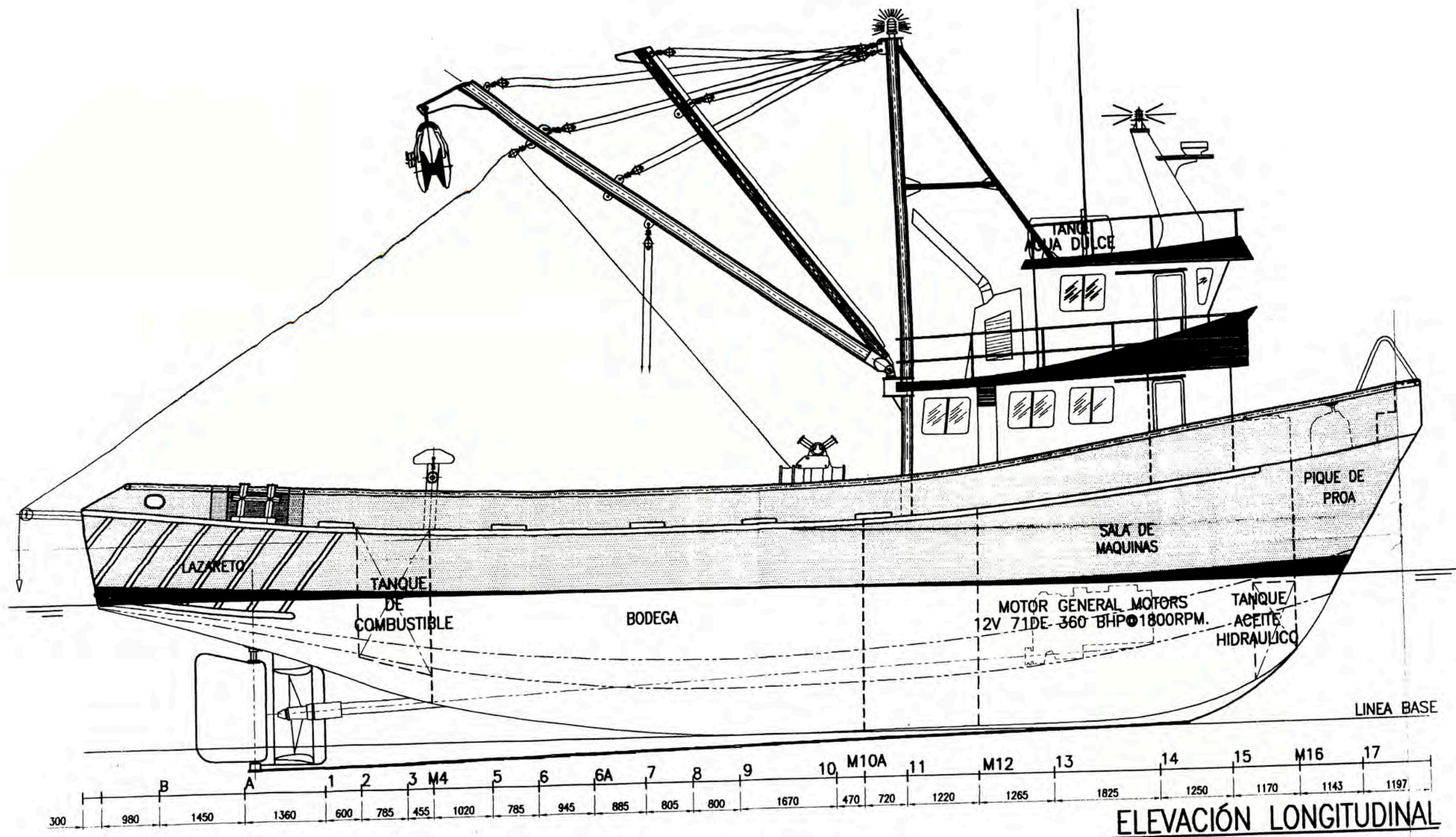
1) EL PRESENTE PLANO HA SIDO DESARROLLADO CON DATOS OBTENIDOS A BORDO.

ANEXO 3

PLANOS DE EMBARCACIÓN MODIFICADA

RELACION DE PLANOS ANEXO 3

Plano 1	Disposición General (EMD-100-DG)
Plano 2	Líneas de Forma (EMD-101-LF)
Plano 3	Curvas Hidrostáticas (EMD-102-CH)
Plano 4	Curvas Cruzadas (EMD-103-CC)
Plano 5	Estructura General (EMD-104-EG)
Plano 6	Cuadernas y Mamparos (EMD-105-CM)
Plano 7	Modificación de Proa (EMD-106-MPR)
Plano 8	Modificación de popa (EMD-107-MPP)
Plano 9	Sistema de cierre de escotilla y accesos en cubierta EMD-108-SCE)
Plano 10	Capacidad de tanques (EMD-109-CT)
Plano 11	Tapa de escotilla – Detalles (EMD-110-TPE)

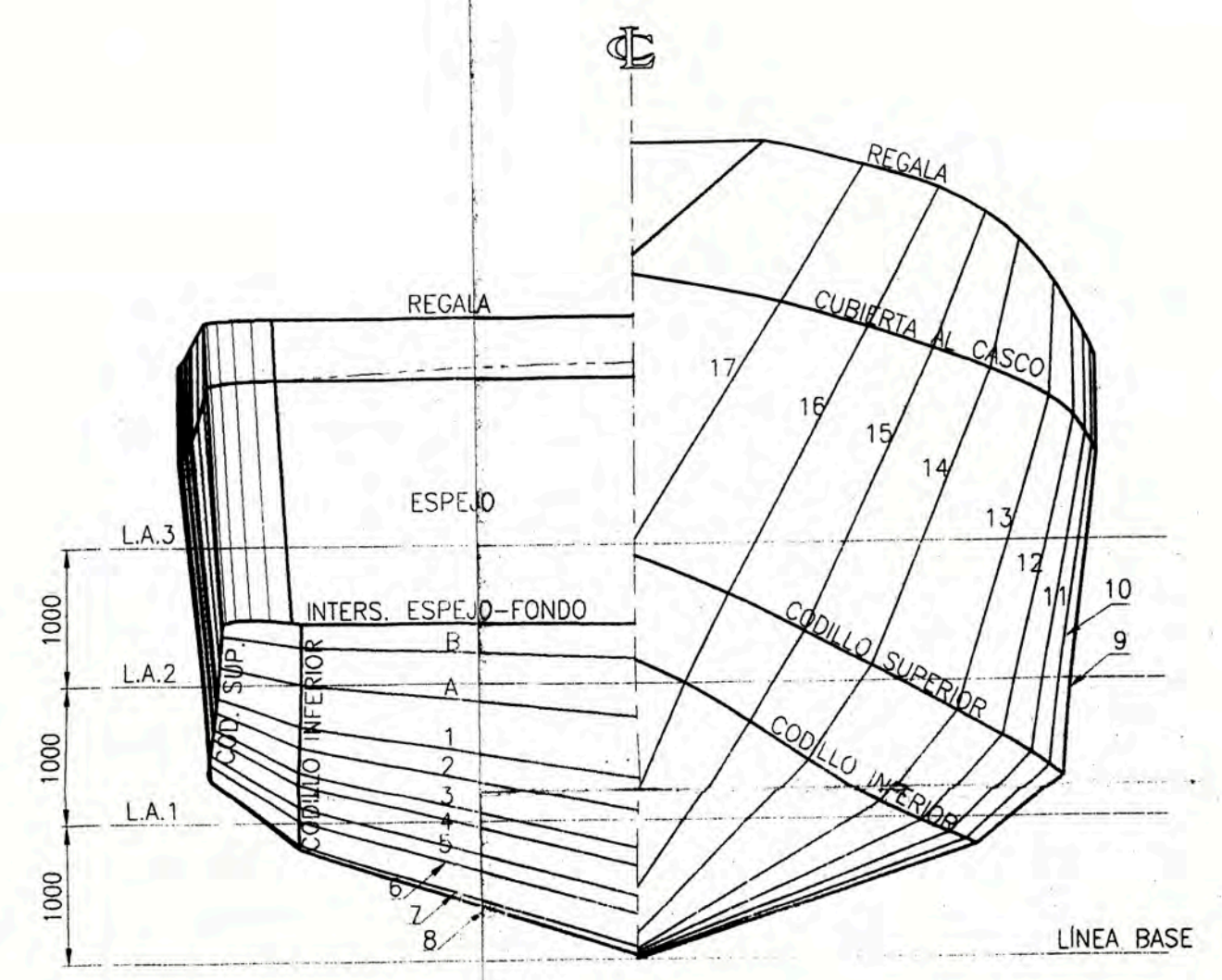
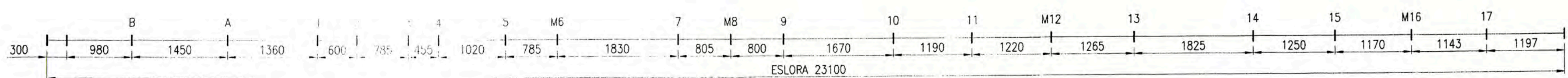
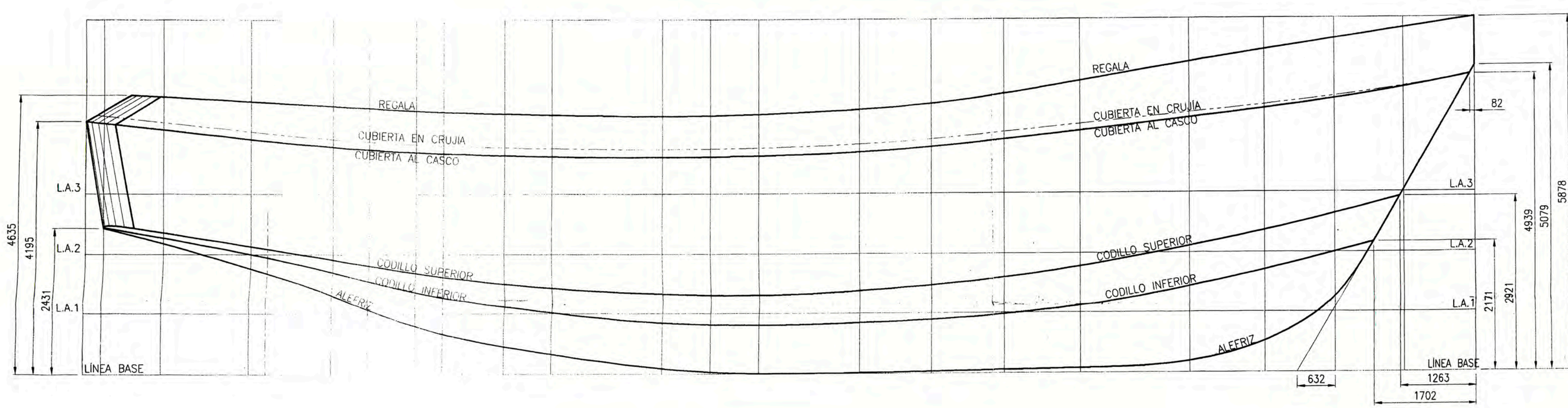
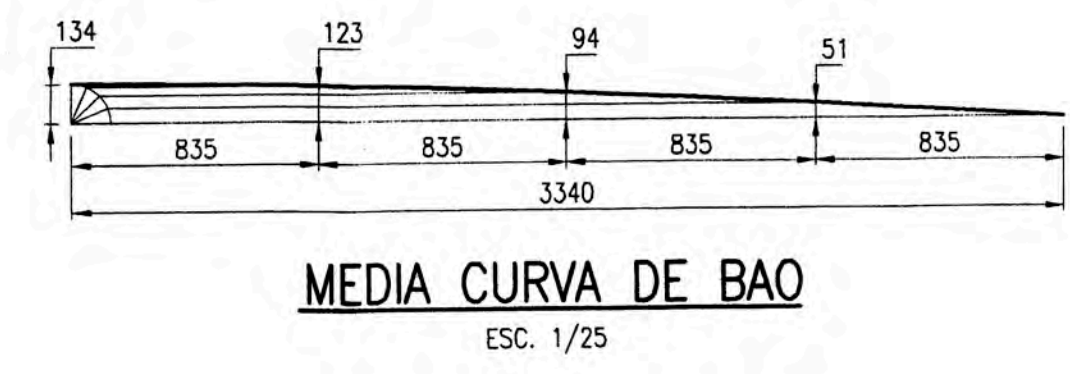


CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Eslora total ————— 23.10 m
- Manga moldeada ————— 6.68 m
- Puntal moldeado ————— 3.60 m
- Cap. de combustible — 6.43 m³ (1698 gln)
- Cap. de agua dulce — 0.58 m³ (153 gln)

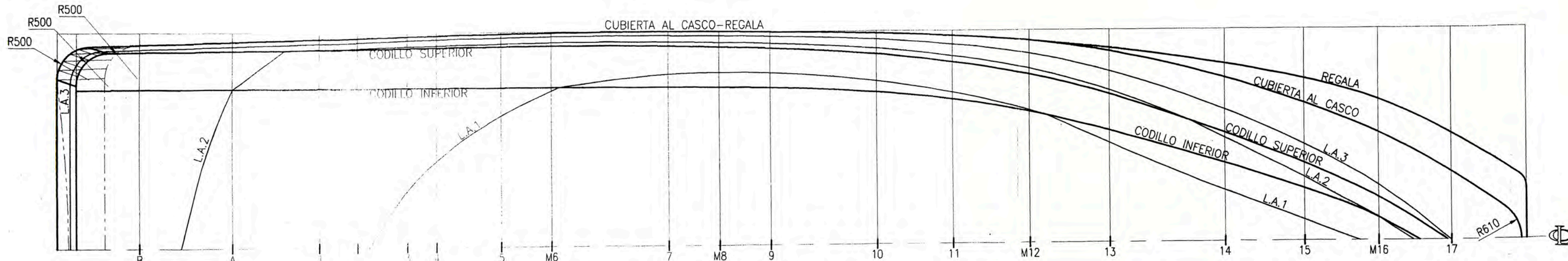
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		
DIBUJADO: EDINSON QUISPE PECHO APROBADO: ING. RONALD CUEVA FECHA: 15/03/2012	DISPOSICION GENERAL (EMBARCACIÓN MODIFICADA)	PLANO N° EMD-100-DG ESCALA: 1:75

TABLA DE PUNTOS (en milímetros)														
SECCIÓN	alturas desde la línea base						semimangas desde crujía							
	ALEFRIZ	CODILLO INFERIOR	CODILLO SUPERIOR	CUBIERTA AL CASCO	CUBIERTA EN CRUJIA	REGALA	LA 1	LA 2	LA 3	CODILLO INFERIOR	CODILLO SUPERIOR	CUBIERTA AL CASCO	REGALA	SECCIÓN
B	2181	2271	2361	4055	4177	4606	---	---	3079	2454	3033	3150	3150	B
A	1761	2001	2131	3898	4022	4526	---	2451	3120	2459	3048	3195	3195	A
1	1316	1701	1911	3769	3896	4451	---	3074	3166	2464	3066	3237	3237	1
2	1071	1548	1811	3726	3854	4418	---	3093	3187	2466	3076	3254	3254	2
3	798	1370	1686	3685	3814	4379	874	3118	3212	2469	3089	3276	3276	3
4	671	1281	1621	3666	3796	4361	1333	3132	3225	2470	3097	3287	3287	4
5	454	1118	1504	3633	3764	4330	2034	3158	3251	2473	3112	3309	3309	5
6	325	1016	1436	3615	3747	4311	2418	3173	3266	2475	3120	3323	3323	6
7	86	841	1331	3600	3733	4281	2684	3181	3281	2476	3115	3340	3340	7
8	26	811	1311	3606	3738	4291	2710	3172	3277	2472	3100	3340	3340	8
9	2	805	1306	3619	3753	4313	2700	3154	3266	2460	3076	3335	3335	9
10	14	841	1381	3681	3812	4391	2559	3067	3208	2383	2980	3304	3304	10
11	33	892	1473	3761	3889	4481	2372	2944	3122	2263	2850	3258	3258	11
12	54	976	1601	3881	4004	4641	2083	2742	2973	2060	2650	3176	3176	12
13	76	1117	1782	4021	4133	4856	1557	2393	2693	1754	2328	3000	3050	13
14	186	1436	2111	4231	4318	5161	801	1628	2073	1230	1707	2580	2800	14
15	521	1710	2369	4381	4445	5359	330	997	1520	822	1224	2170	2560	15
16	1261	2001	2641	4541	4581	5538	---	358	869	356	675	1700	2220	16
17	3034	---	---	4726	4742	5707	---	---	---	---	---	1070	1675	17
18	4939	---	---	4939	4939	5867	---	---	---	---	---	0	1008	18

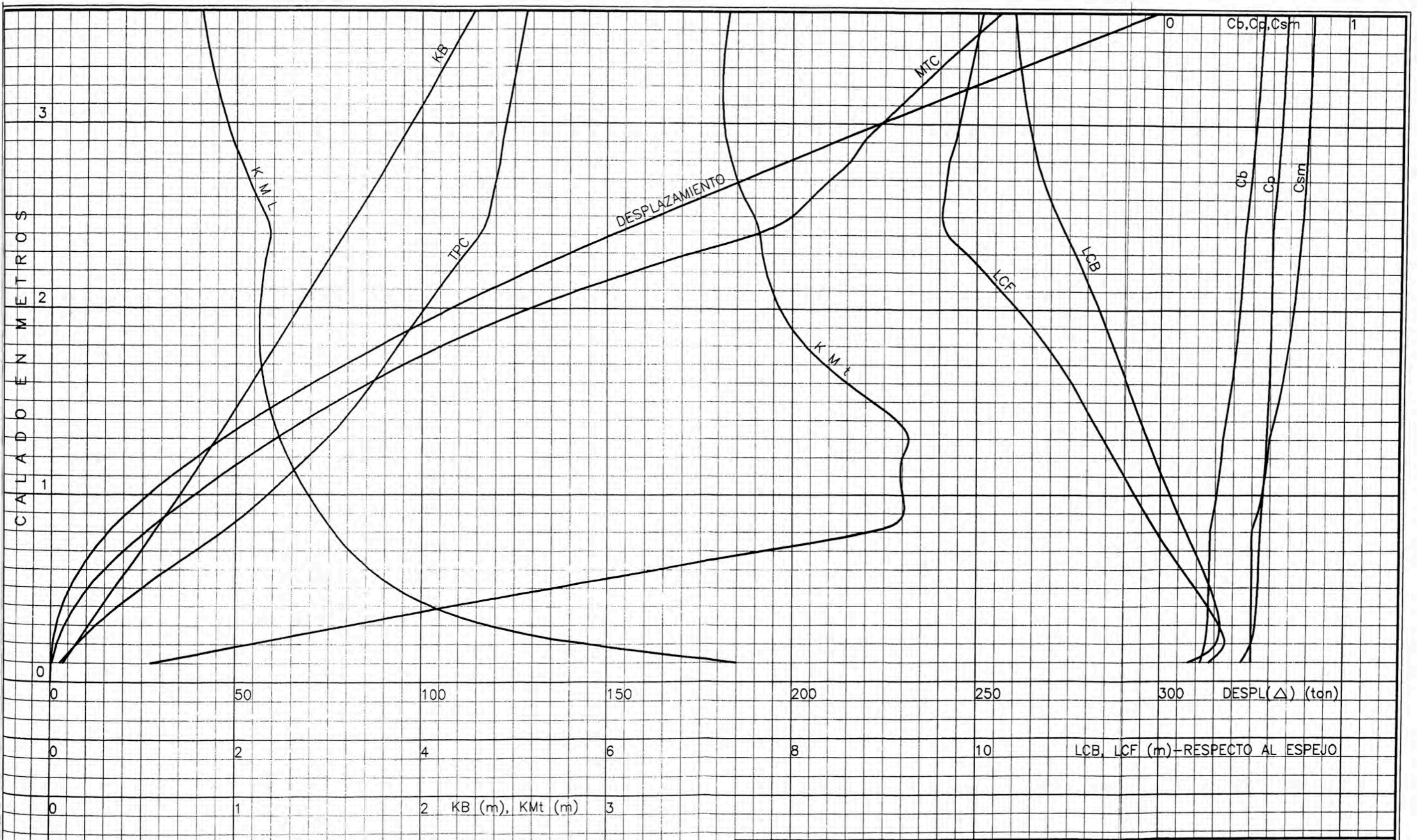


CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

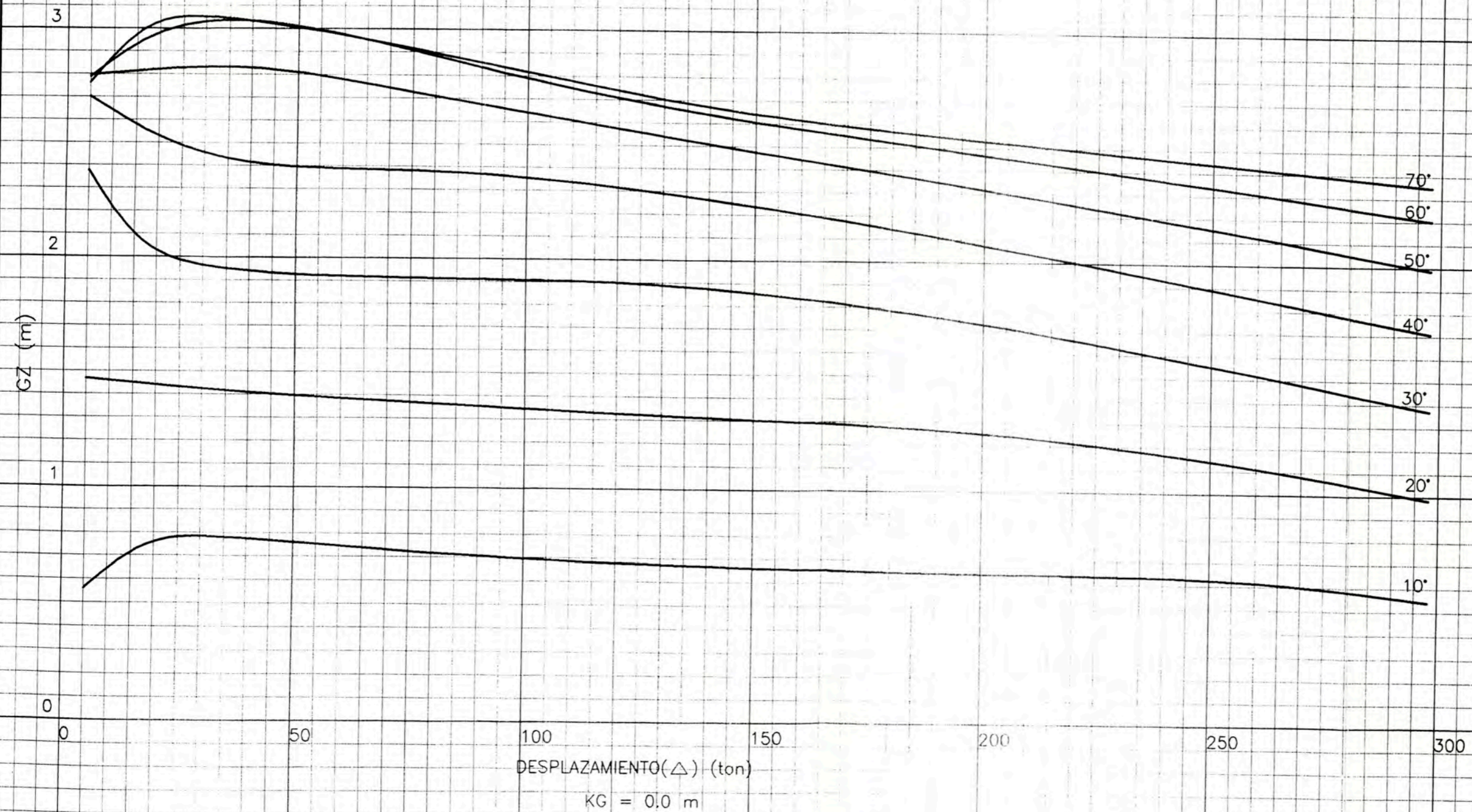
- Eslora total ————— 23.10 m
- Manga moldeada ————— 6.68 m
- Puntal moldeado ————— 3.60 m



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		
DIBUJADO: EDINSON QUISPE PECHO	LINEAS DE FORMA (EMBARCACIÓN MODIFICADA)	
APROBADO: ING. RONALD CUEVA	ANEXO N°: EMD-101-LF	ESCALA: 1:50
FECHA: 15/03/2012		



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		CURVAS HIDROSTATICAS (EMBARCACIÓN MODIFICADA)	
		DIBUJADO: EDINSON QUISPE PECHO	APROBADO: ING. RONALD CUEVA
FECHA: 11/01/2012	ANEXO N° EMD-102-CH		

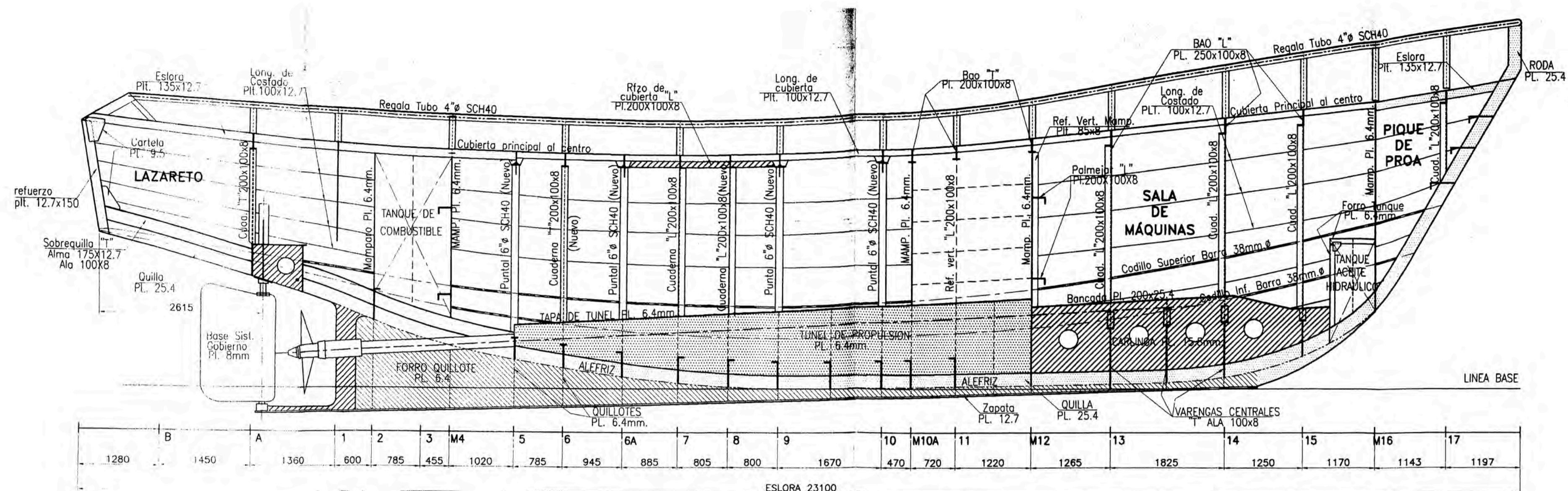


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

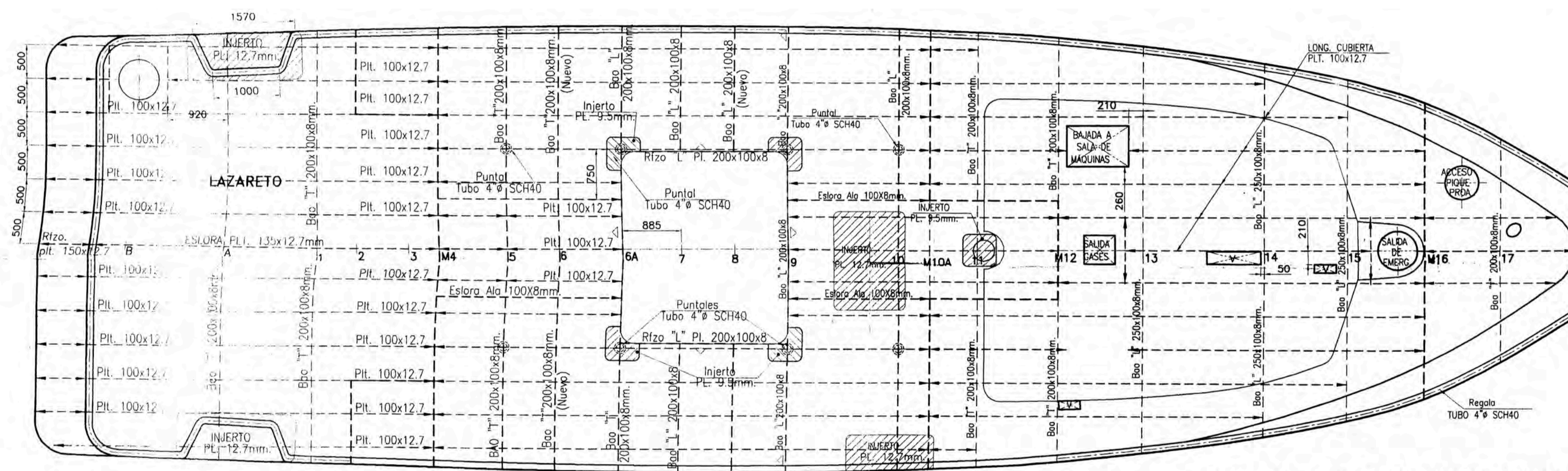
DIBUJADO:
 EDINSON QUISPE PECHO
 APROBADO:
 ING. RONALD CUEVA
 FECHA:
 11/01/2012

CURVAS CRUZADAS
 (EMBARCACIÓN MODIFICADA)
 PLANO N°
 EMD-103-CC

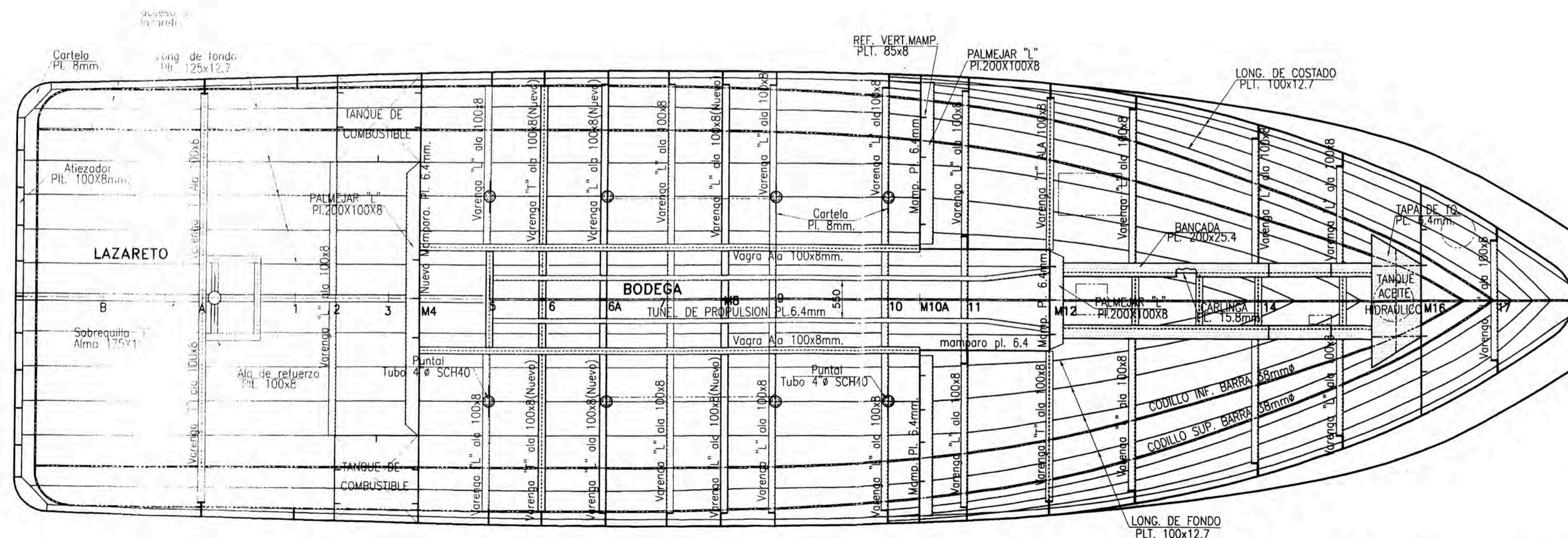
ESCALA:
 INDICADA



ELEVACIÓN LONGITUDINAL



VISTA EN PLANTA CUBIERTA PRINCIPAL



VISTA EN PLANTA BAJO CUBIERTA

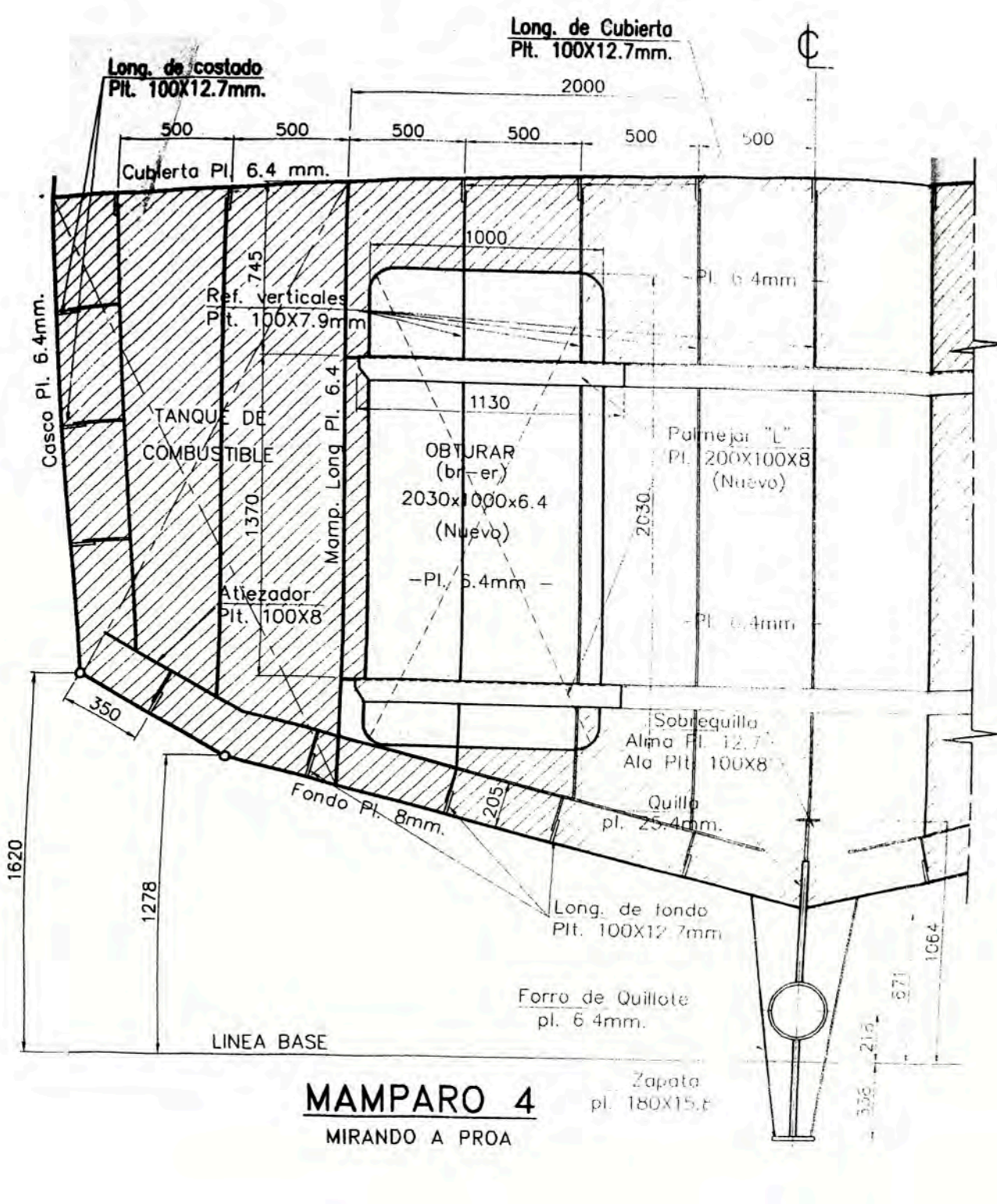
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Eslera total ————— 23.10 m
 Manga moldeada ————— 6.68 m
 Puntal moldeado ————— 3.60 m

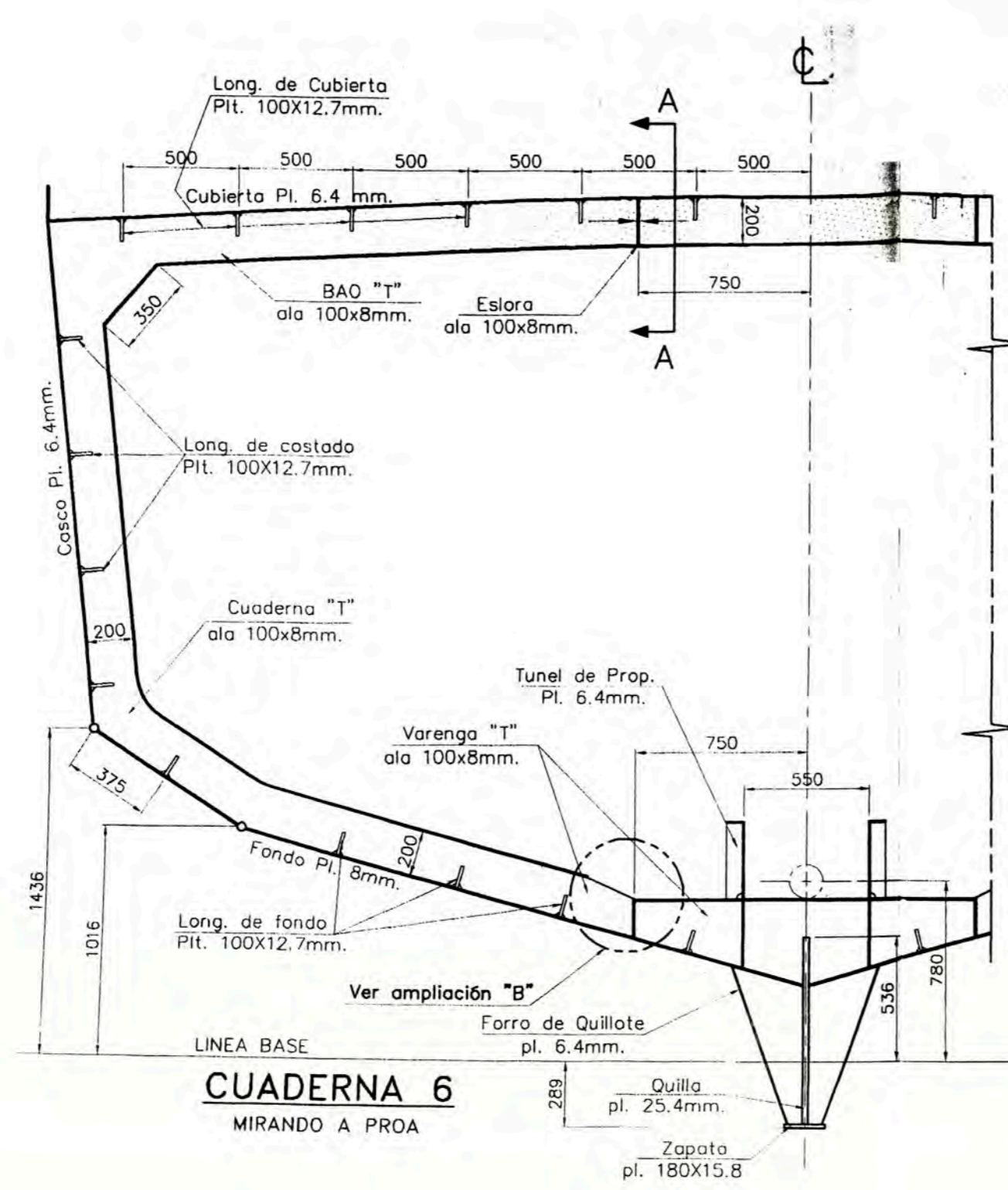
NOTA:

1) El presente plano ha sido desarrollado con datos obtenidos a bordo.

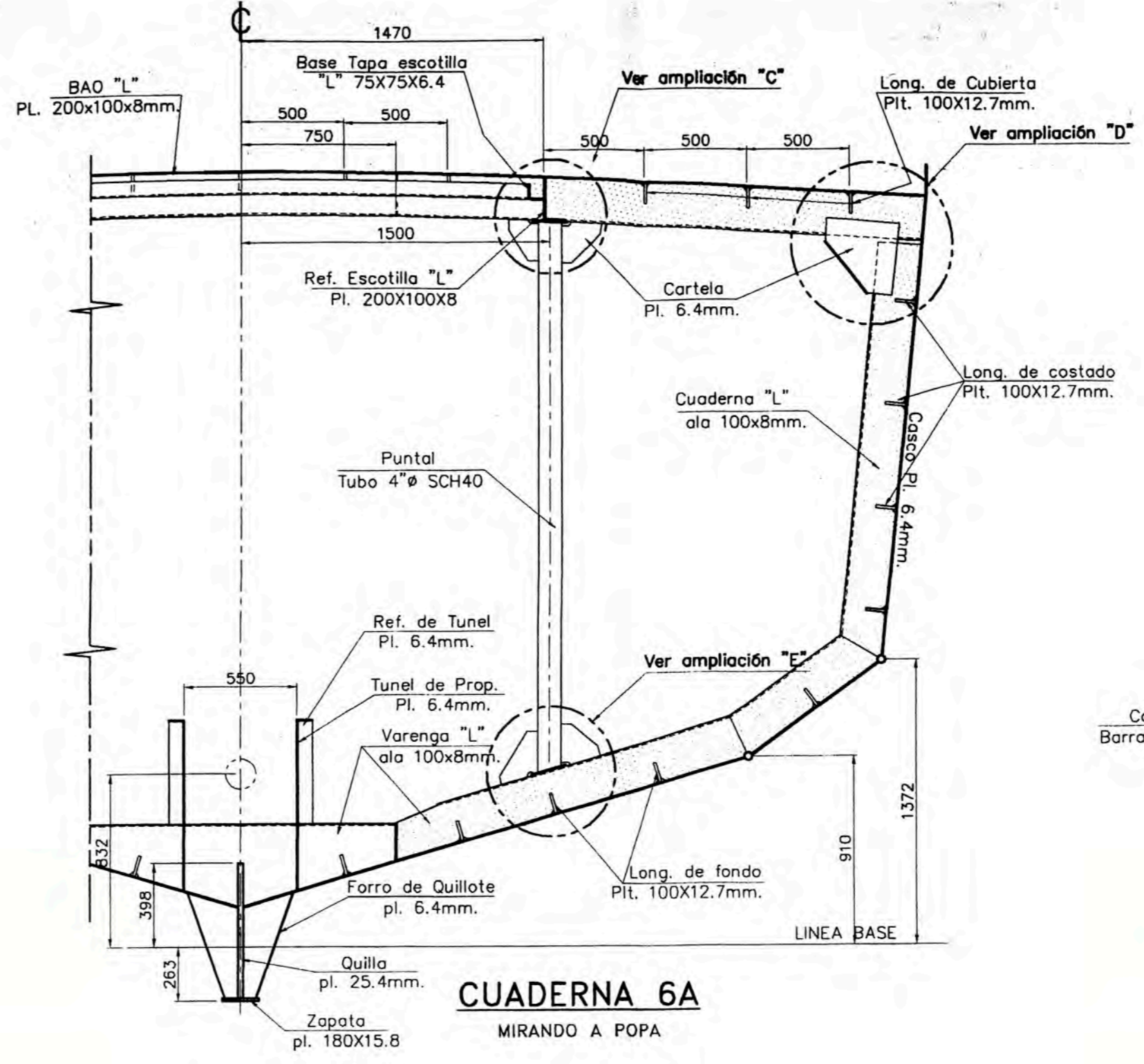
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		ESTRUCTURA GENERAL (EMBARCACIÓN MODIFICADA)	
		DIBUJADO: EDINSON QUISPE PECHO	APROBADO: ING. RONALD CUEVA
FECHA: 15/03/2012		FECHA: 15/03/2012	



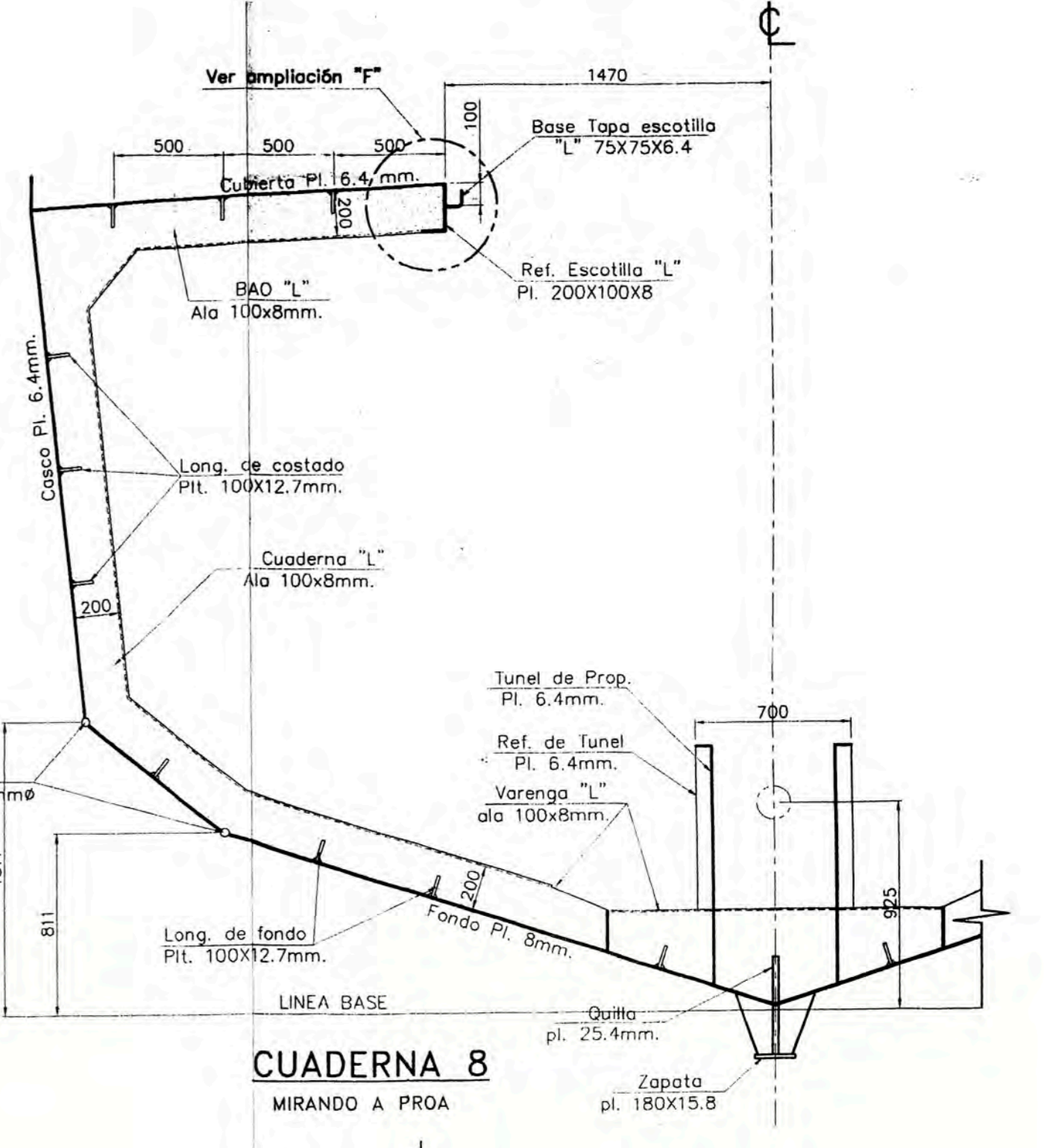
MAMPARO 4
MIRANDO A PROA



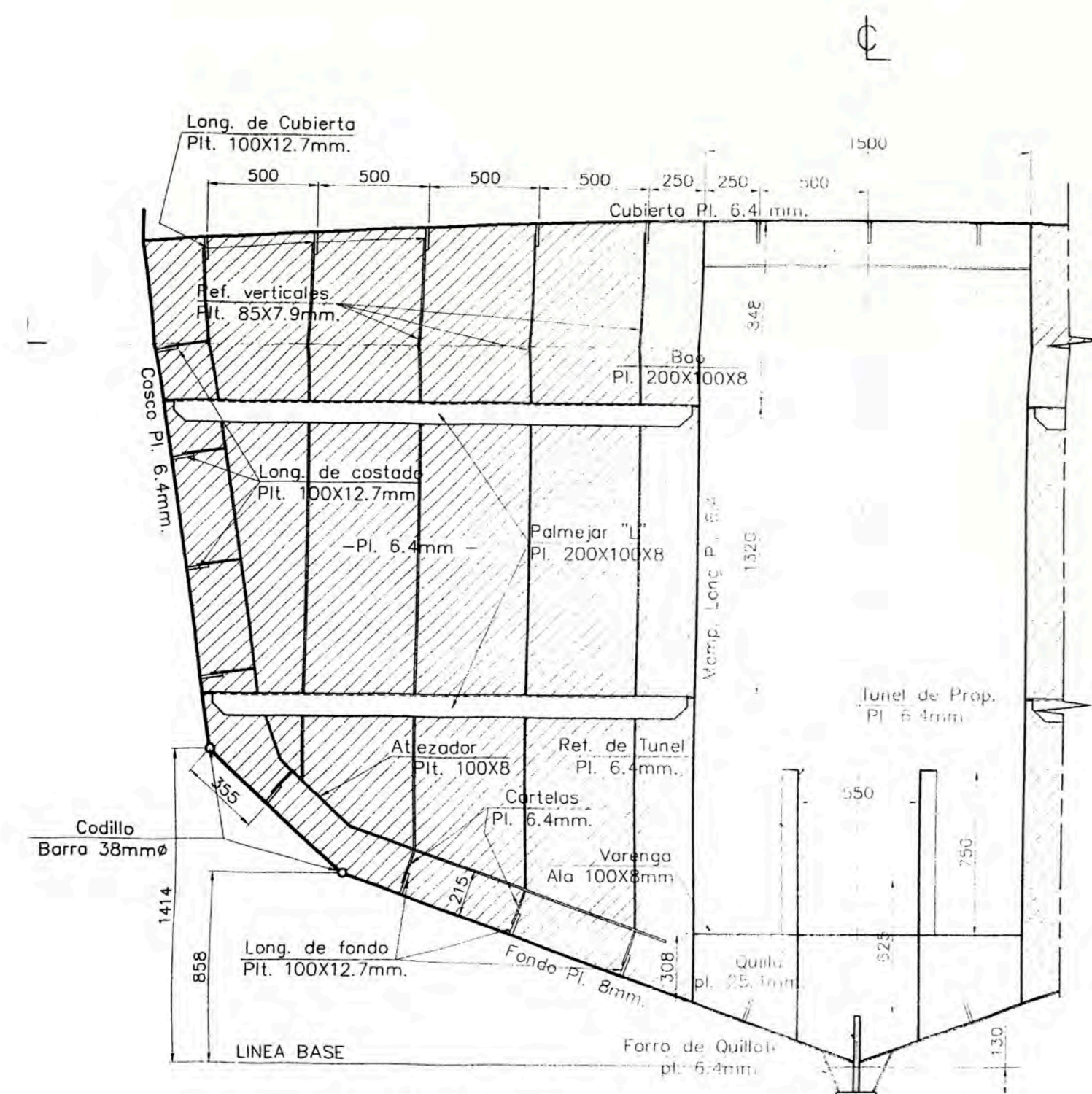
CUADERNA 6
MIRANDO A PROA



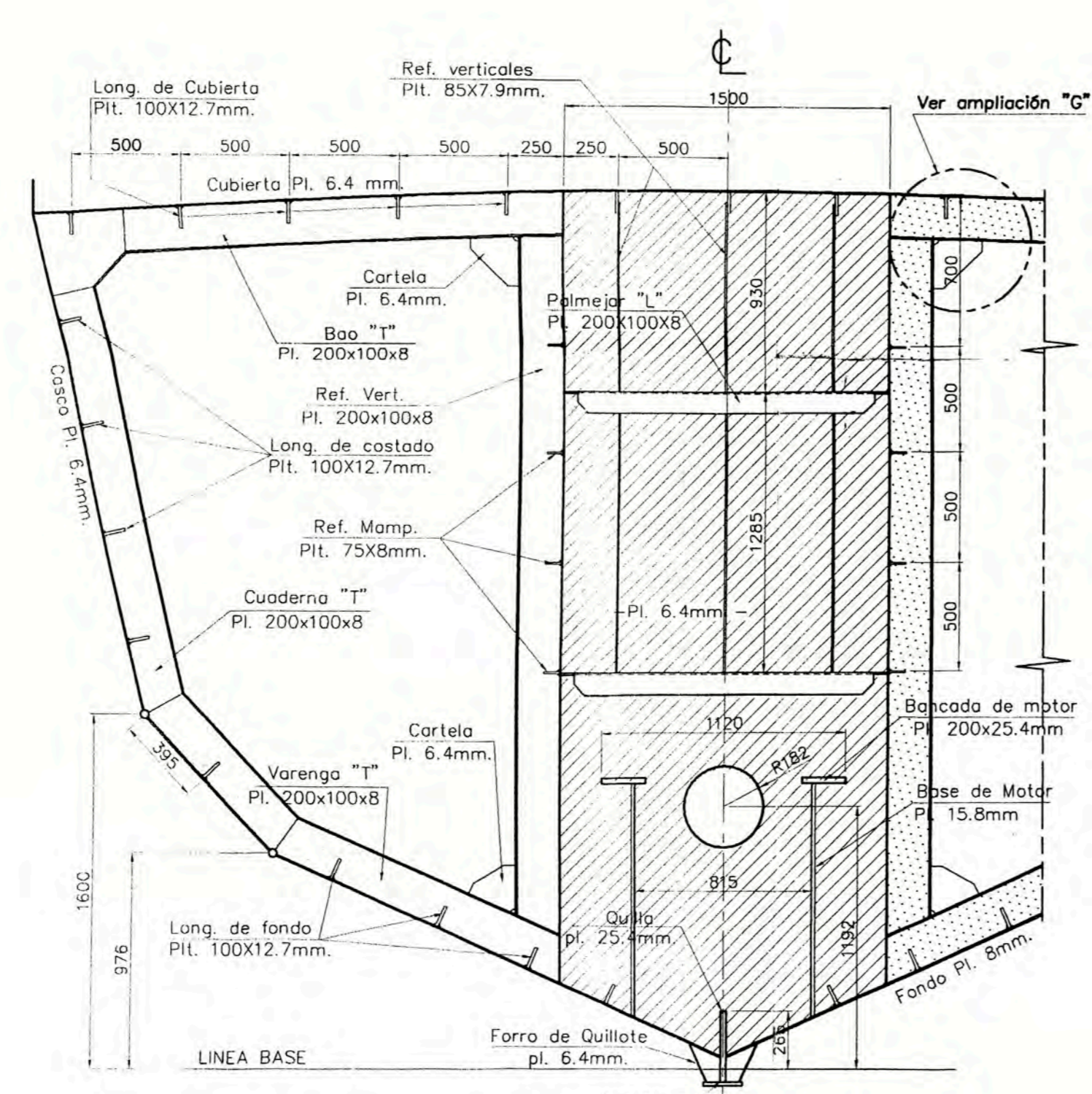
CUADERNA 6A
MIRANDO A POPA



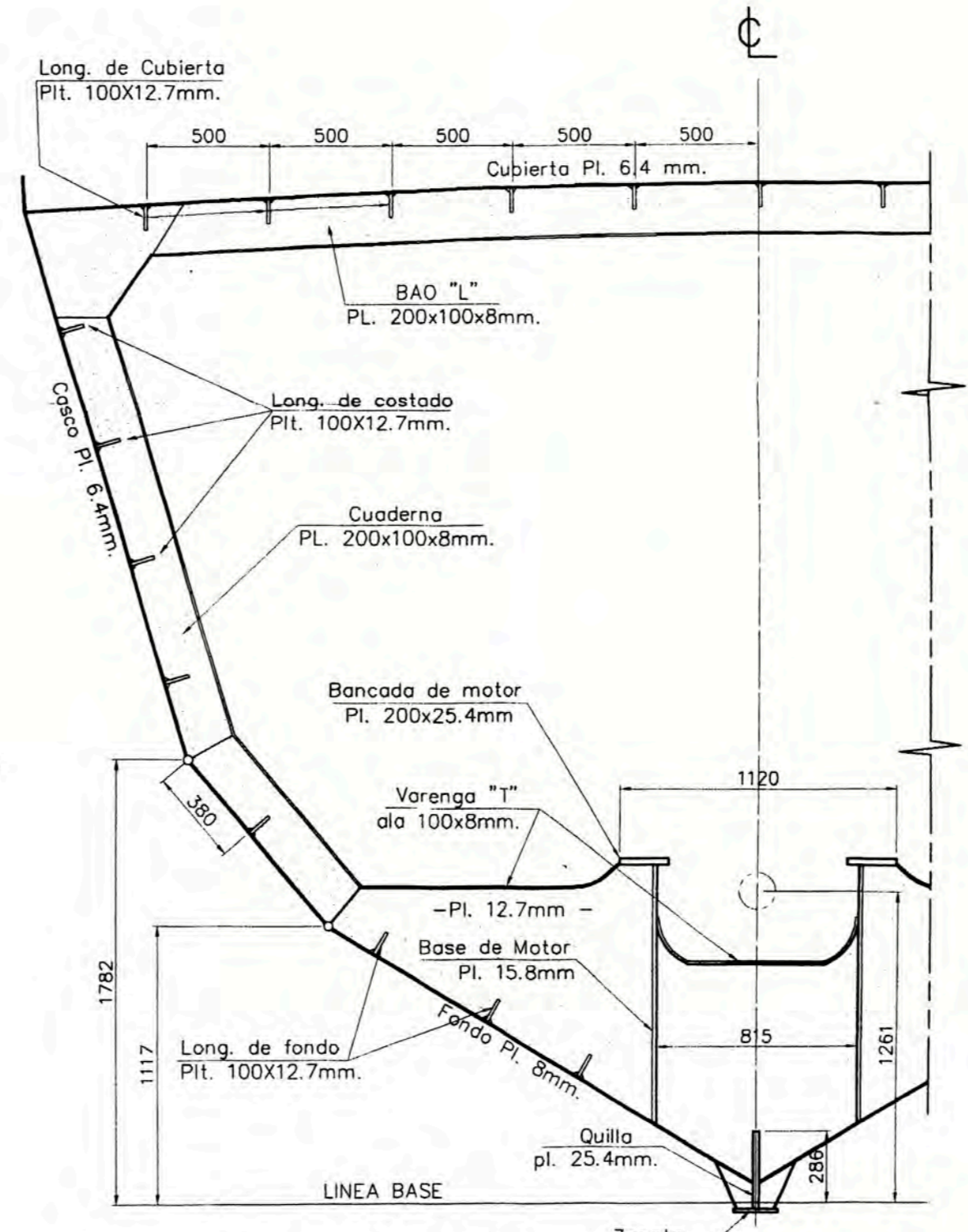
CUADERNA 8
MIRANDO A PROA



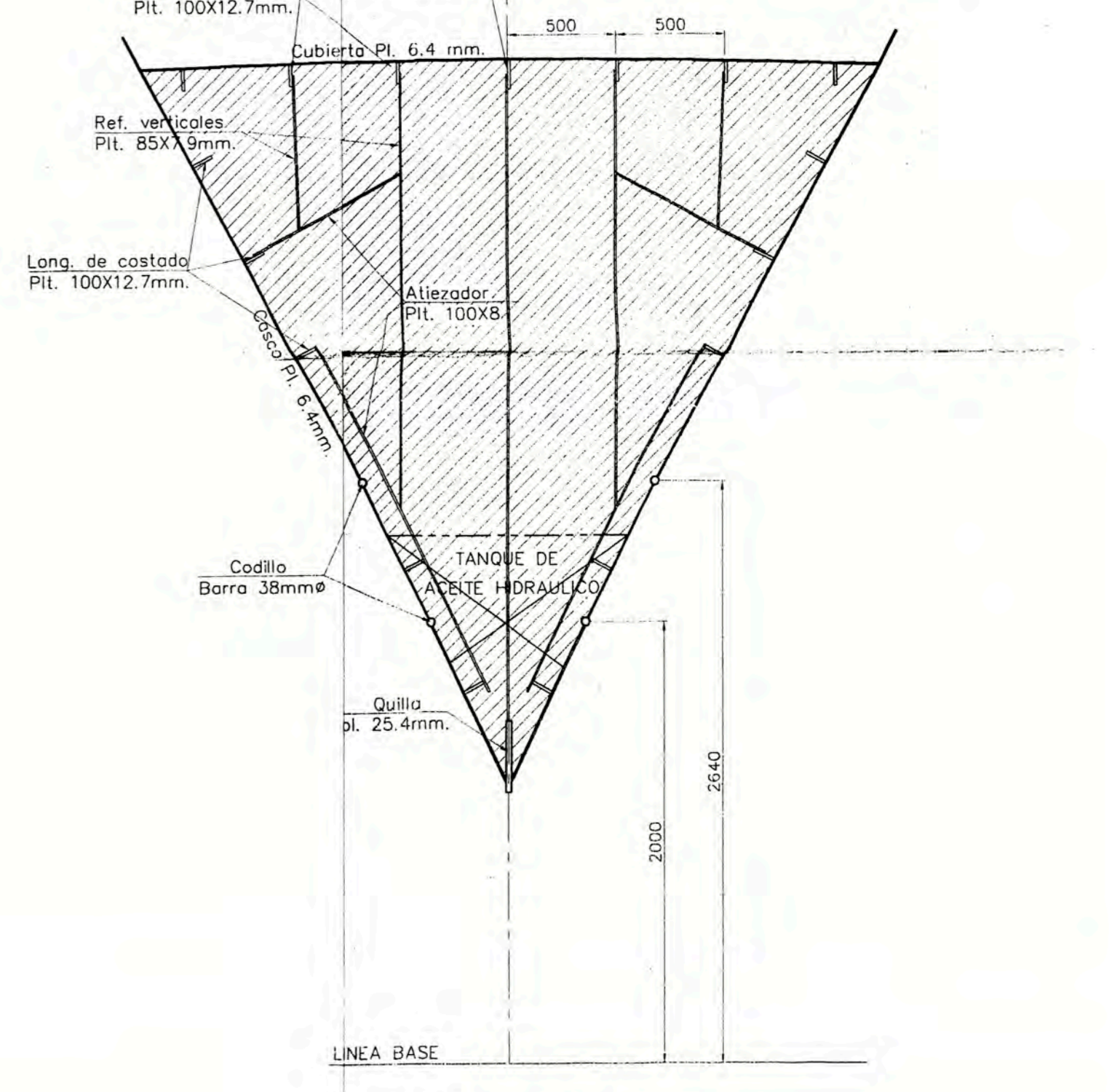
MAMPARO 10A
MIRANDO A POPA



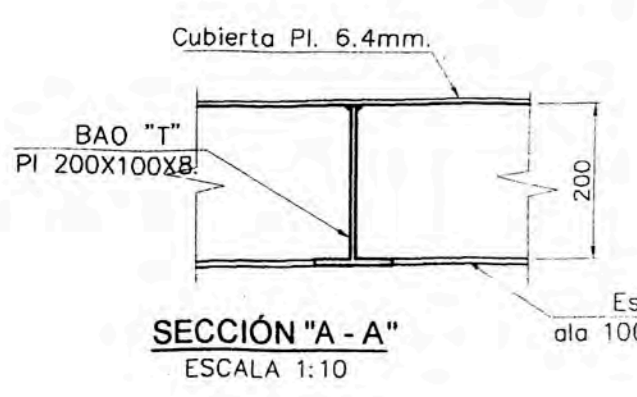
MAMPARO 12
MIRANDO A POPA



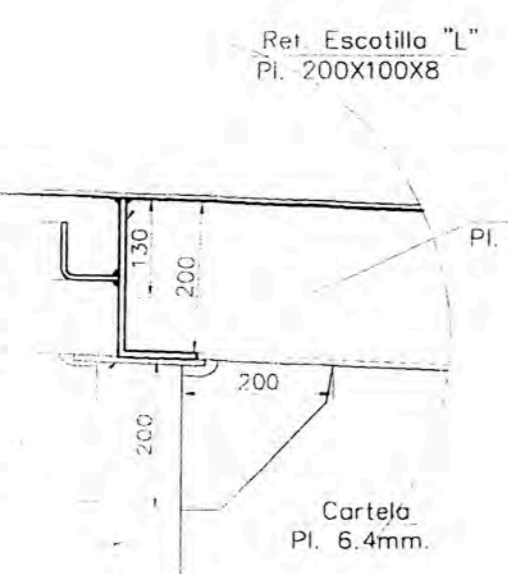
CUADERNA 13
MIRANDO A POPA



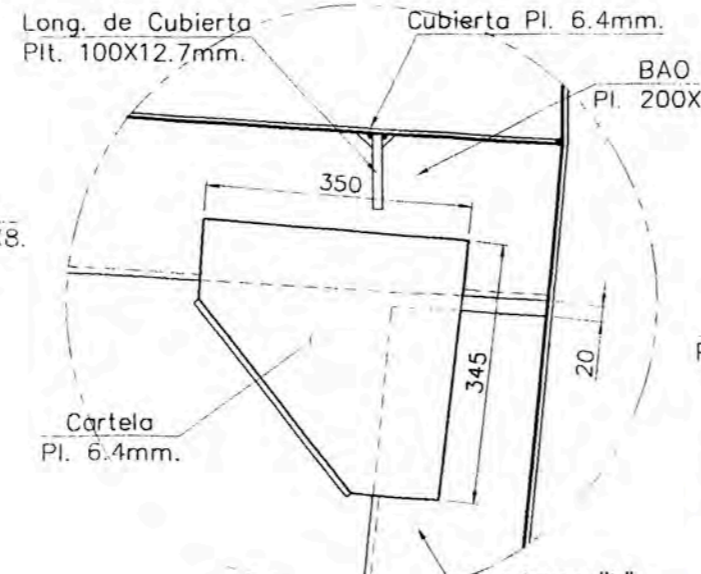
MAMPARO 16
MIRANDO A POPA



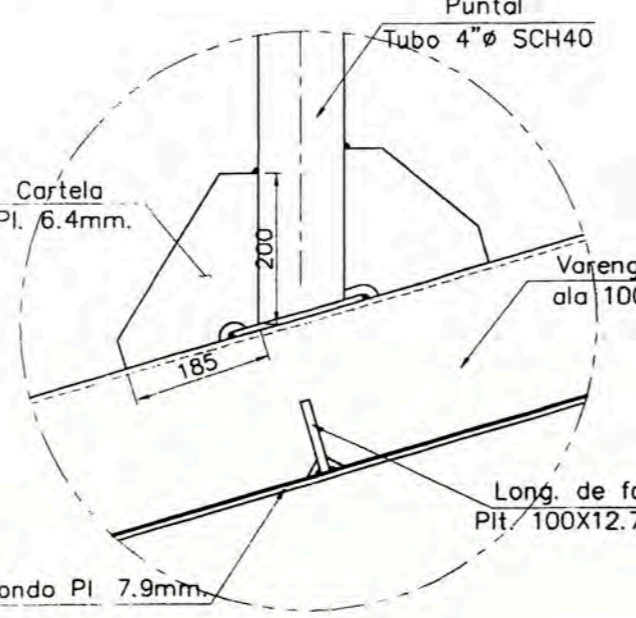
SECCIÓN "A-A"
ESCALA 1:10



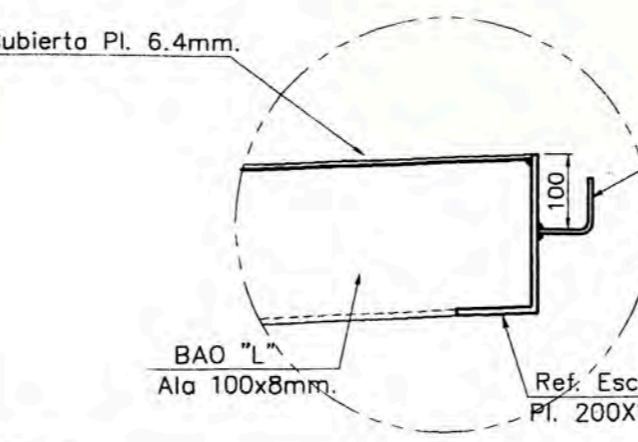
AMPLIACIÓN "C"
ESCALA 1:10



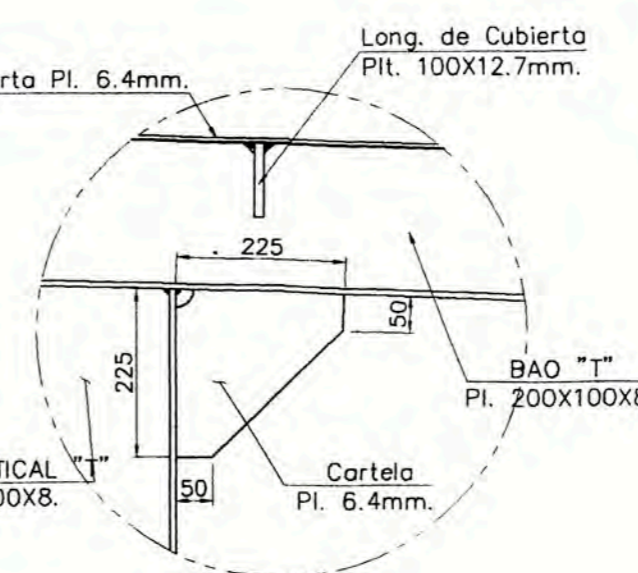
AMPLIACIÓN "D"
ESCALA 1:10



AMPLIACIÓN "E"
ESCALA 1:10



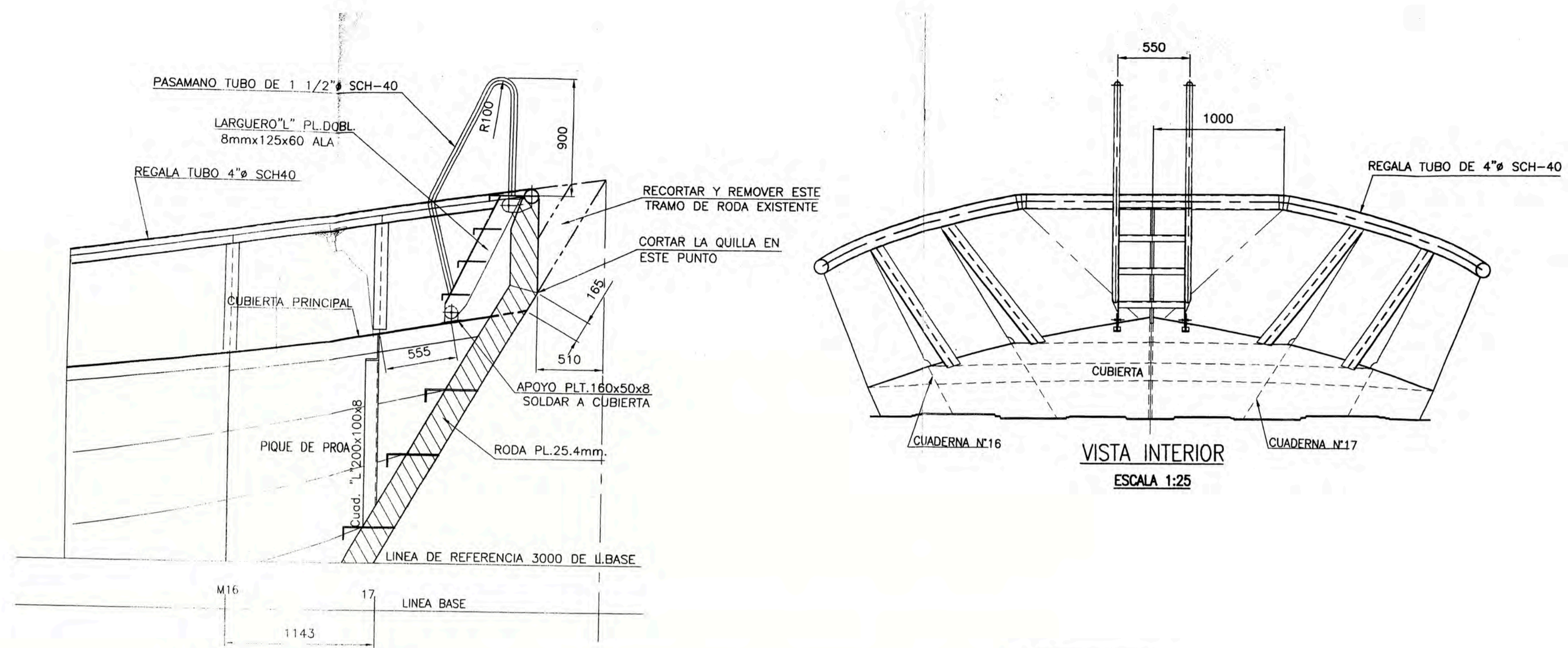
AMPLIACIÓN "F"
ESCALA 1:10



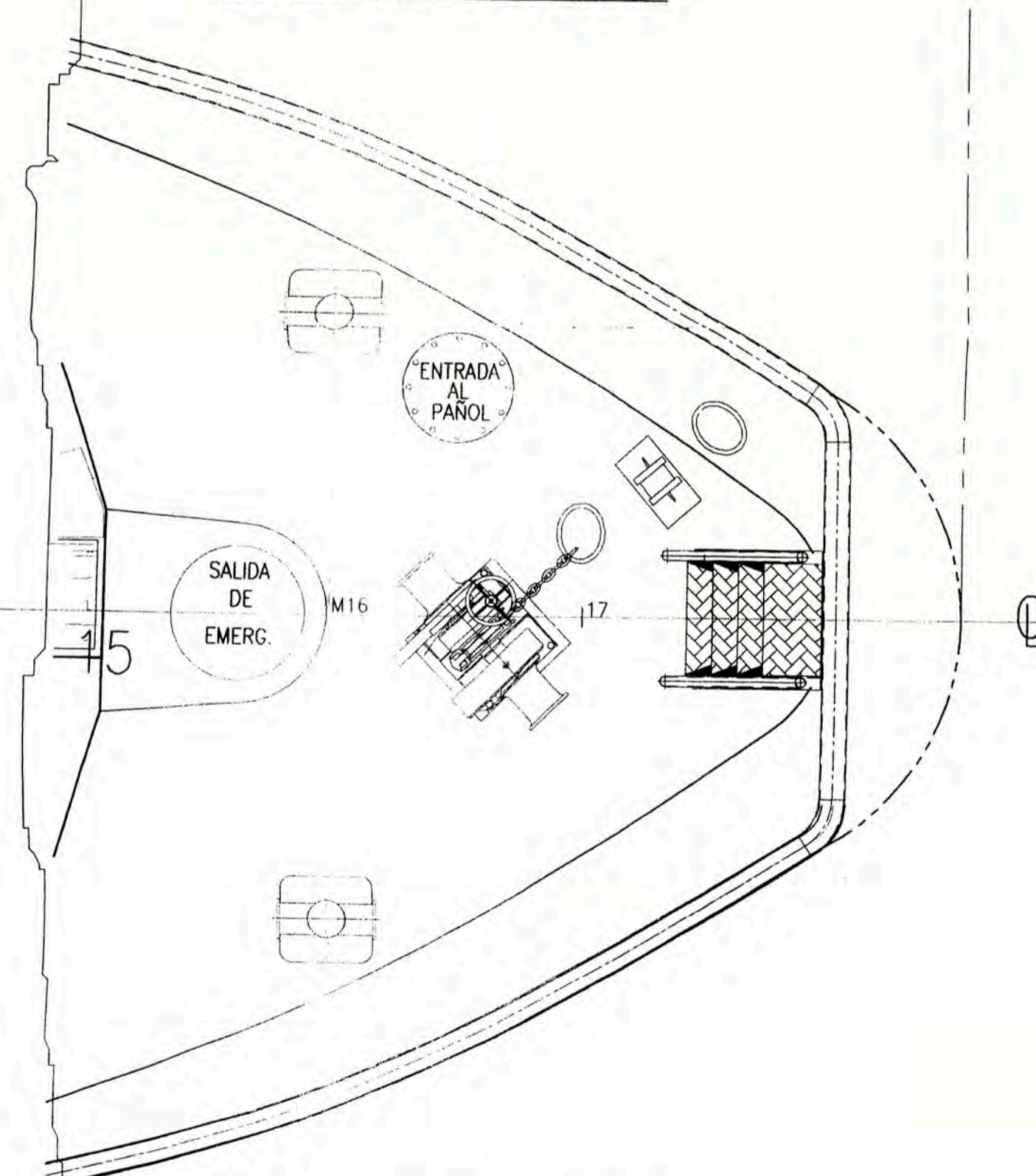
AMPLIACIÓN "G"
ESCALA 1:10

- NOTAS:**
- EL PRESENTE PLANO HA SIDO DESARROLLADO CON DATOS OBTENIDOS A BORDO.
 - LA CUADERNA 6A ES NUEVA.
 - LAS CUADERNAS 6 Y 8 FUERON OBTENIDOS AL CORTAR LOS MAMPAROS TRANSVERSALES HASTA OBTENER BAOS; CUADERNAS Y VARENGAS DE 200mm. DE ALMA.

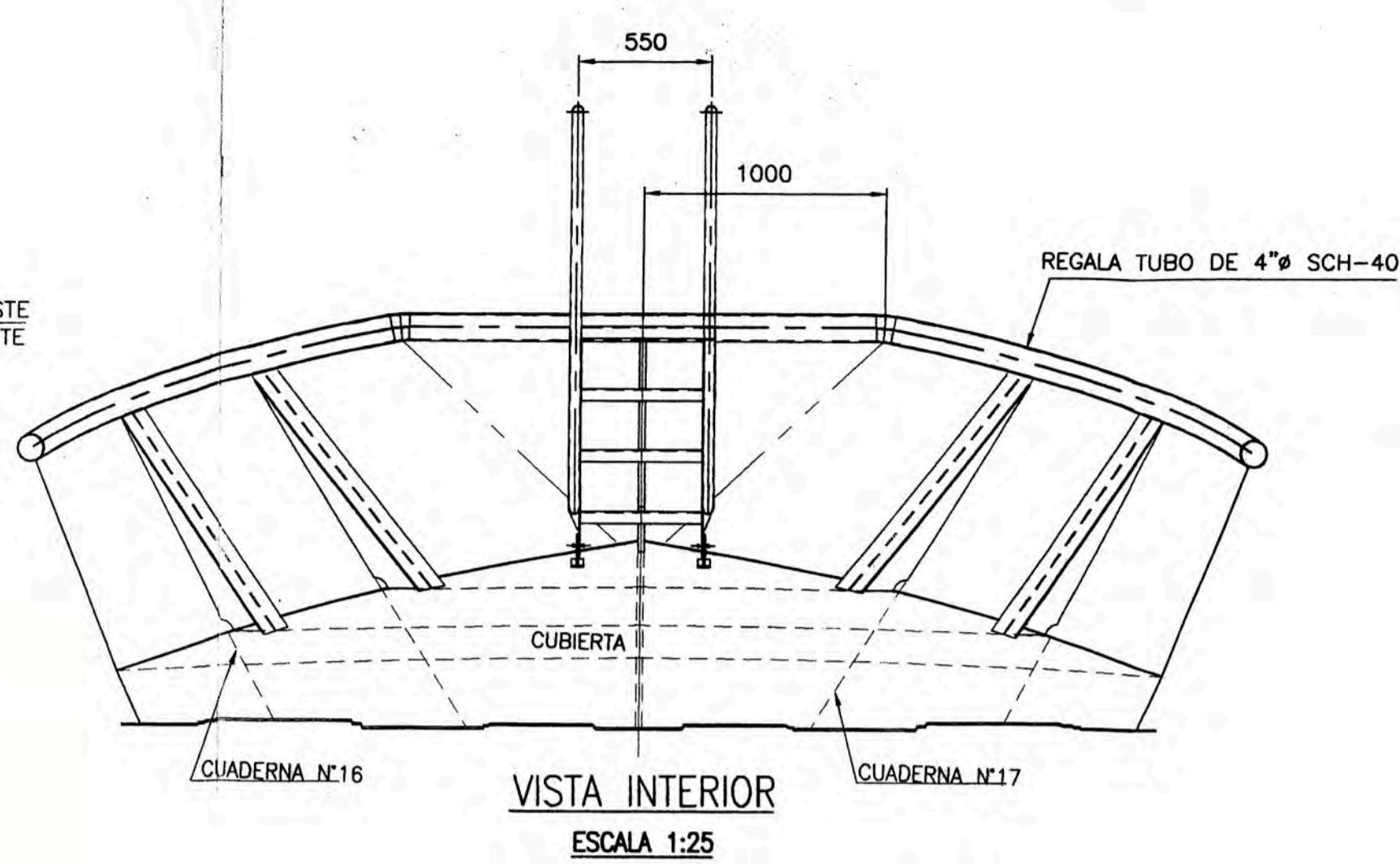
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		
DIBUJADO: EDINSON QUISPE PECHO		CUADERNAS Y MAMPAROS
APROBADO: ING. RONALD CUEVA		(EMBARCACION MODIFICADA)
FECHA: 15/03/2012	PLANO N° EMD-105-CM	ESCALA: INDICADA



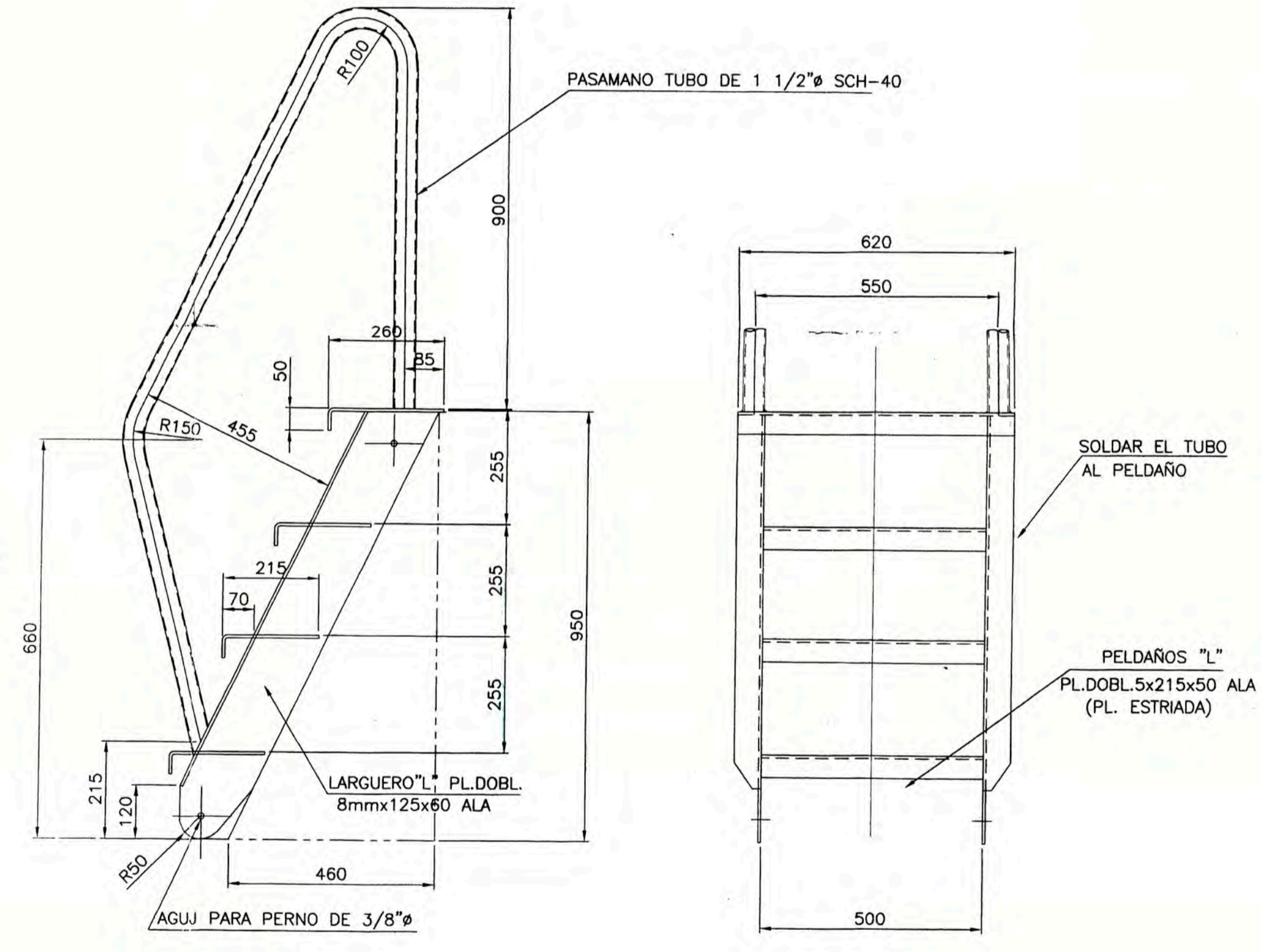
CORTE POR LINEA CENTRAL



EXTREMO DE PROA-PLANTA
MUESTRA LA ESCALERA DE ACCESO
ESCALA 1:25



VISTA INTERIOR
ESCALA 1:25



DETALLES DE LA ESCALERA
ESCALA 1:10

NOTA
7-SE DEBERIA MODIFICAR EL EXTREMO DE PROA TAL COMO SE INDICA PARA UBICAR LA ESCALERA DE ACCESO A LA EMBARCACION.

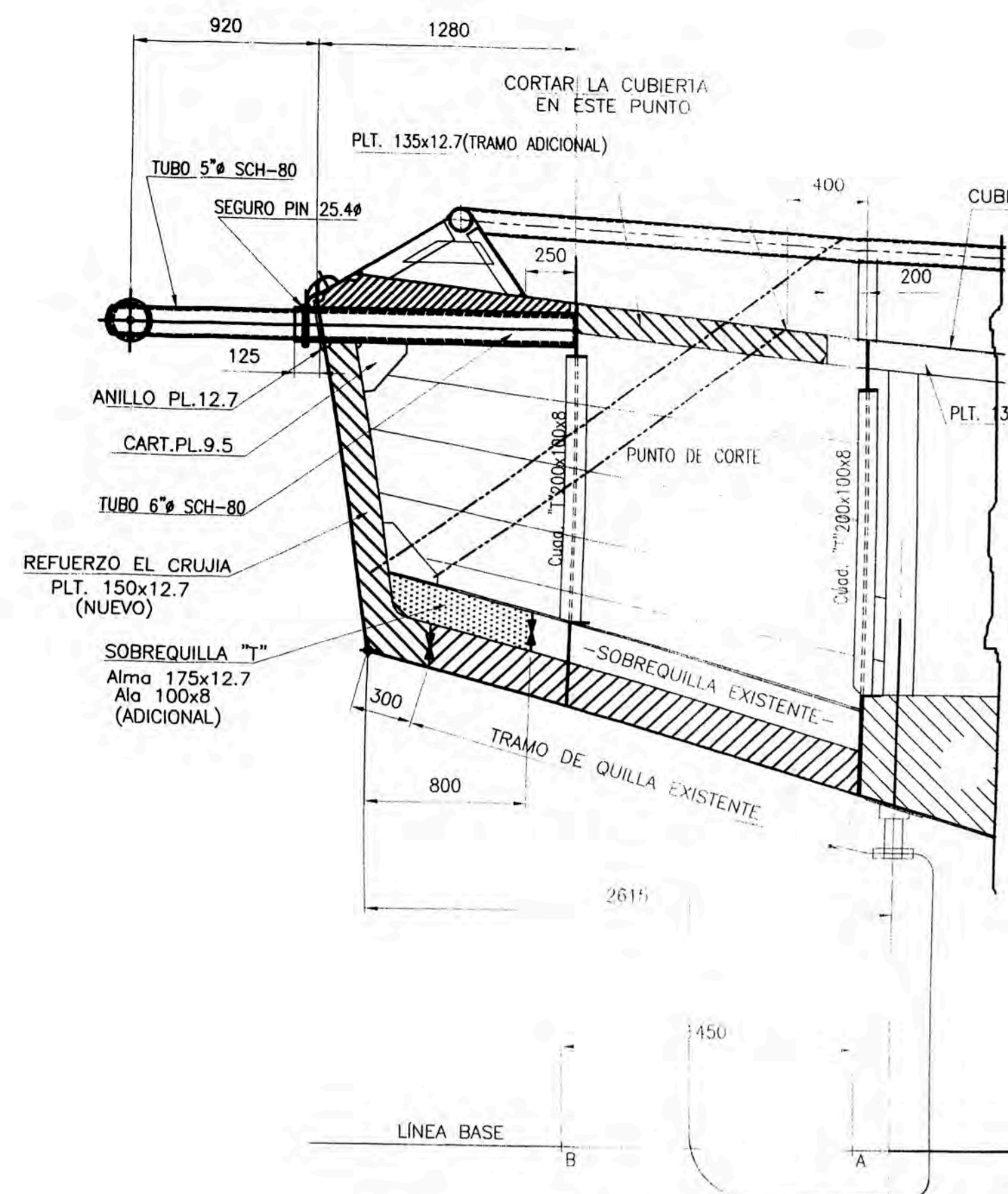
POS.	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL	OBSERV.
4	4	PERNOS CAB/HEX.DE 5/8"x1" LONGT. C/TUERCA		
3	1	TUBO DE 1 1/2" SCH-40 x6000LONGT.	ACA-53	PASAMANO
2	1	PL.DE 5mm.x1200x800 LONGT.(ESTRIADA)	AC.NAVAL.	PELDAÑOS
1	1	PL.DE 8mm.x600x1200 LONGT.	AC.NAVAL.	LARGUEROS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

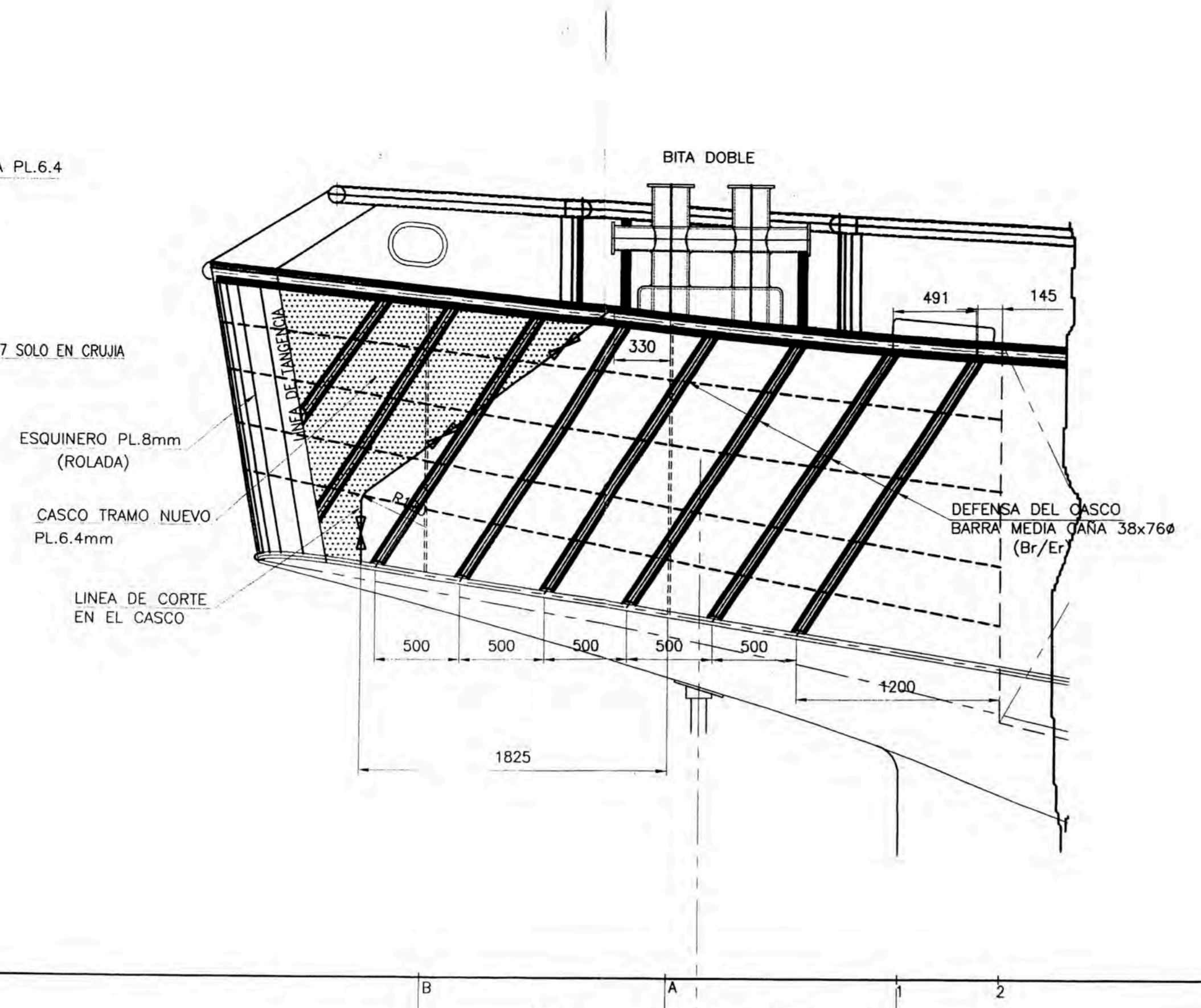
DIBUJADO: EDINSON QUISPE PECHO
APROBADO: ING. RONALD CUEVA

MODIFICACION DE PROA
(EMBARCACION MODIFICADA)

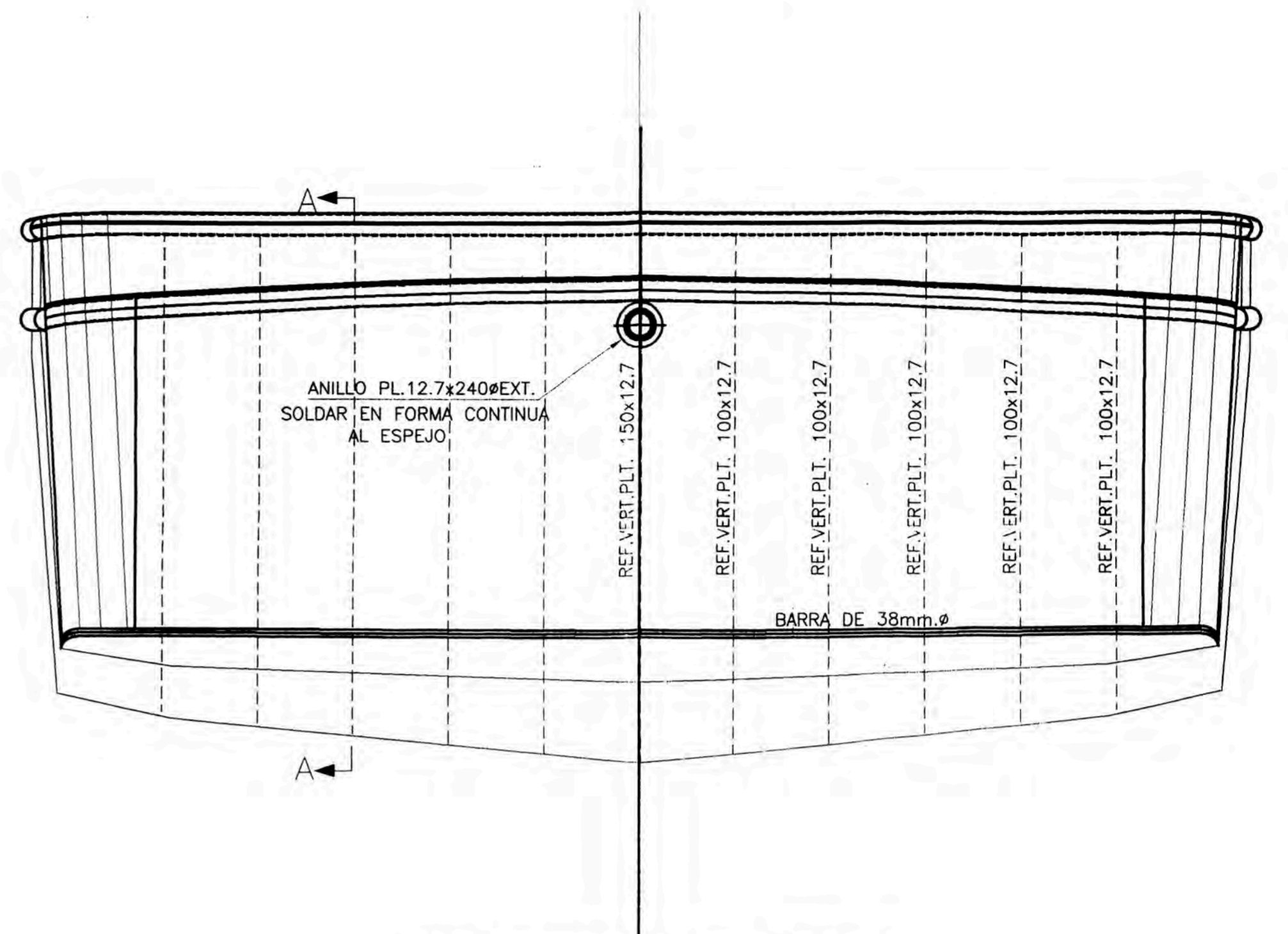
FECHA: 15/03/2012 ANEXO N° EMD-106-MPR ESCALA: 1:25



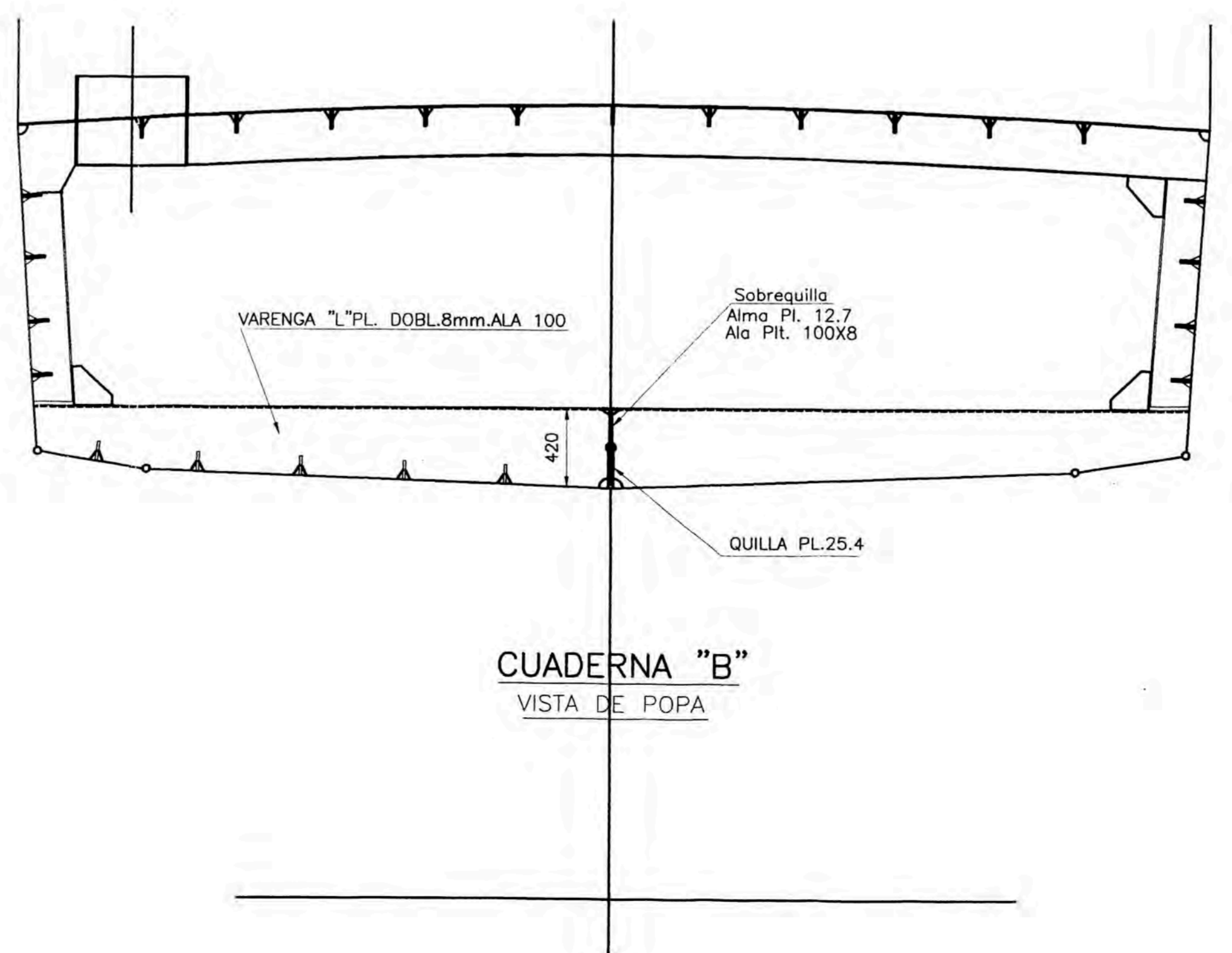
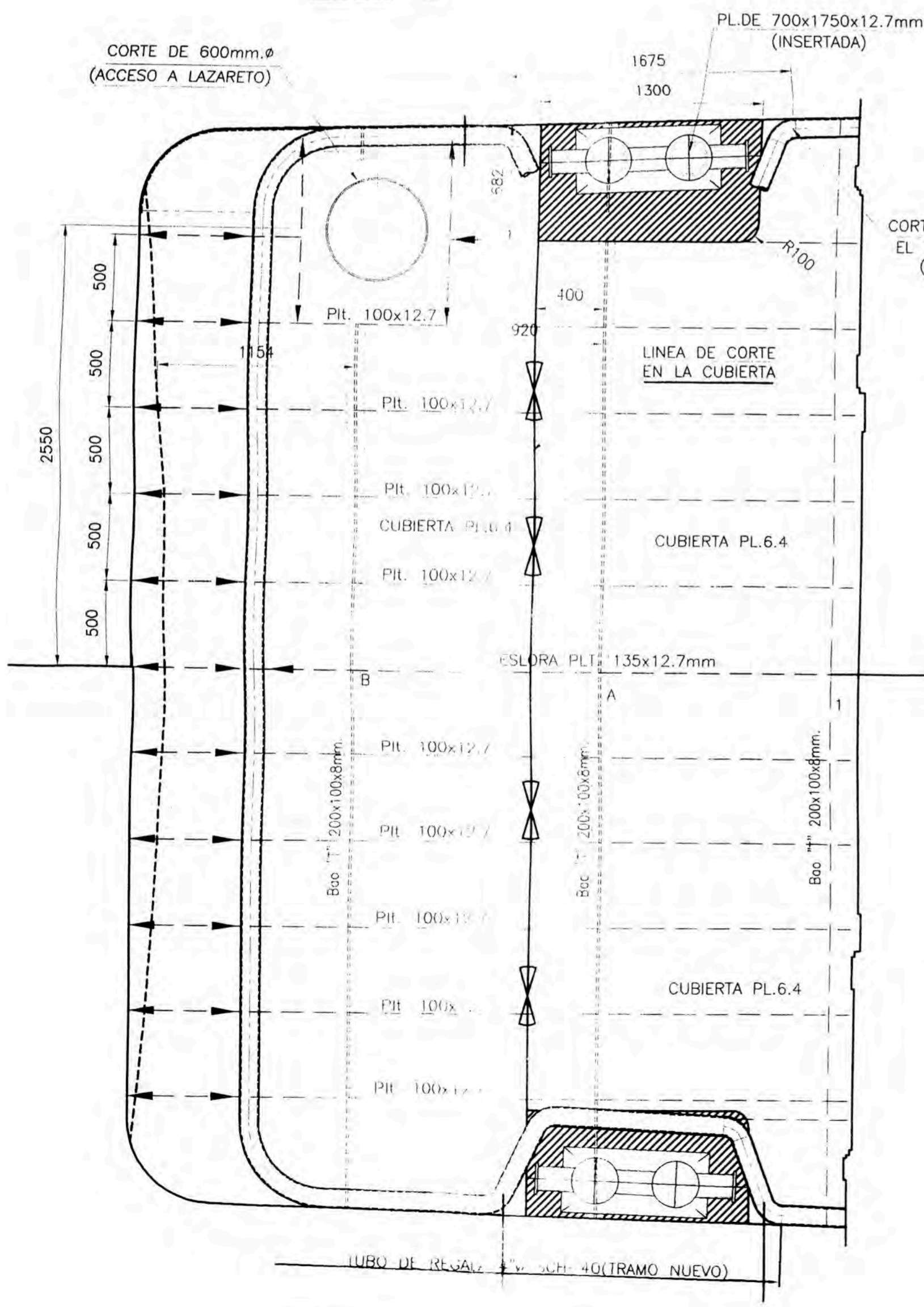
CORTE POR LINEA CENTRAL
ESCALA 1:25



ELEVACION EXTERIOR
MUETRA EL INCREMENTO Y DEFENSAS DEL CASCO
ESCALA 1:25

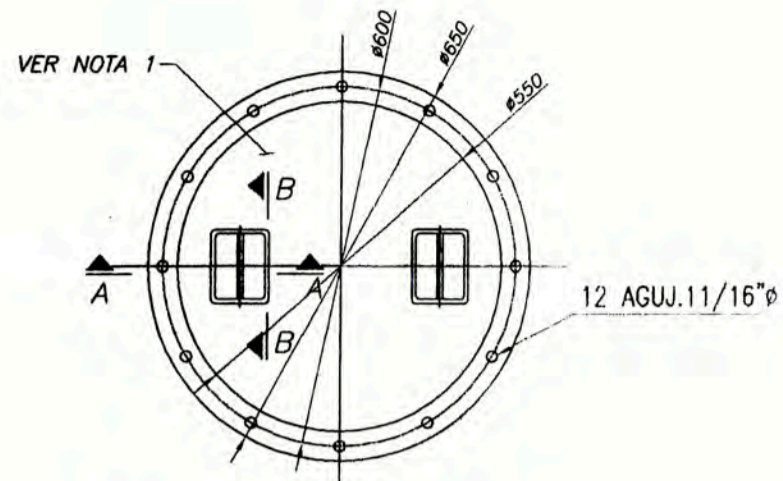


VISTA EXTERIOR DEL ESPEJO
MUETRA EL INCREMENTO Y DEFENSAS DEL CASCO
ESCALA 1:25

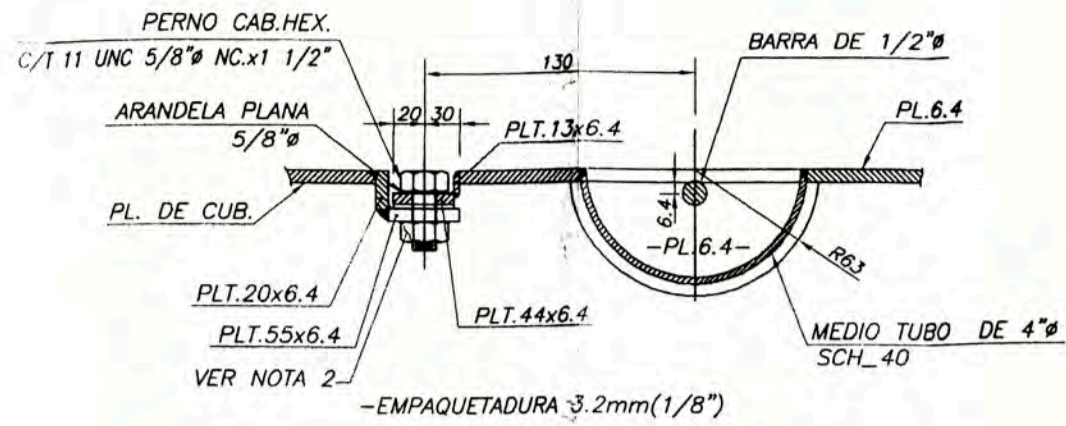


CUADERNA "B"
VISTA DE POPA

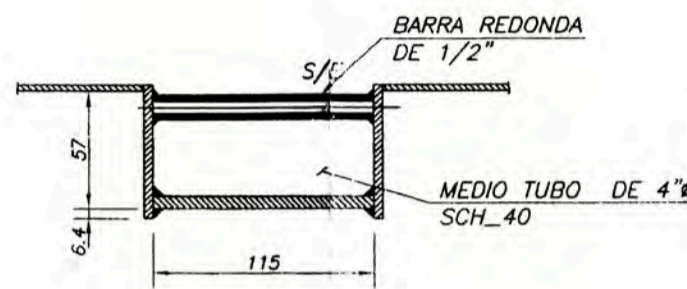
2	4	TUBO DE 4" SCH-40x6000 LONGT.	AC.A-53	
1	2	PL.DE 8mm.x1800x6000 LONGT.	AC.NAVAL.	
POS.	CANT	DESCRIPCION	MATERIAL	OBSERV.
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA				
DIBUJADO: EDINSON QUISPE PECHO		MODIFICACION DE POPA (EMBARCACION MODIFICADA)		
APROBADO: ING. RONALD CUEVA				
FECHA:	15/03/2012	PLANO N°	EMD-107-MPP	ESCALA: 1:25



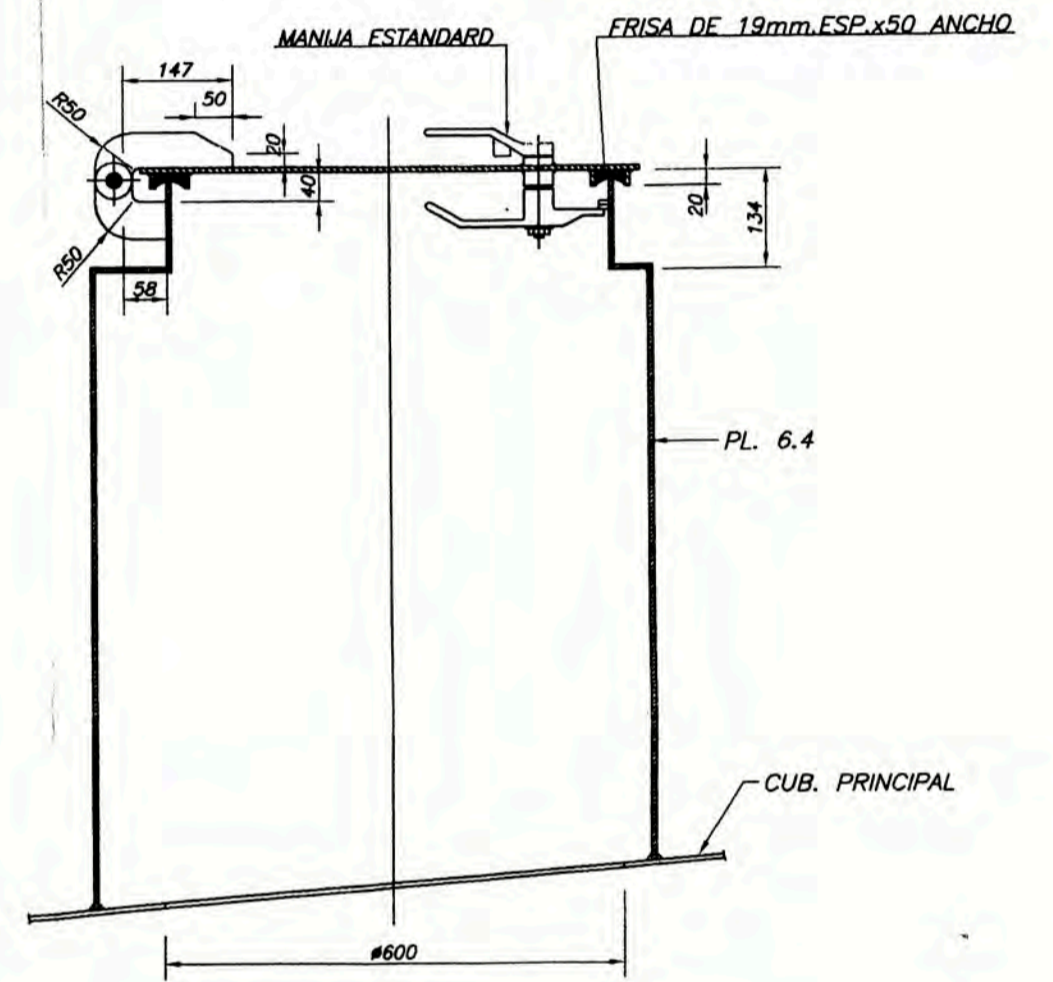
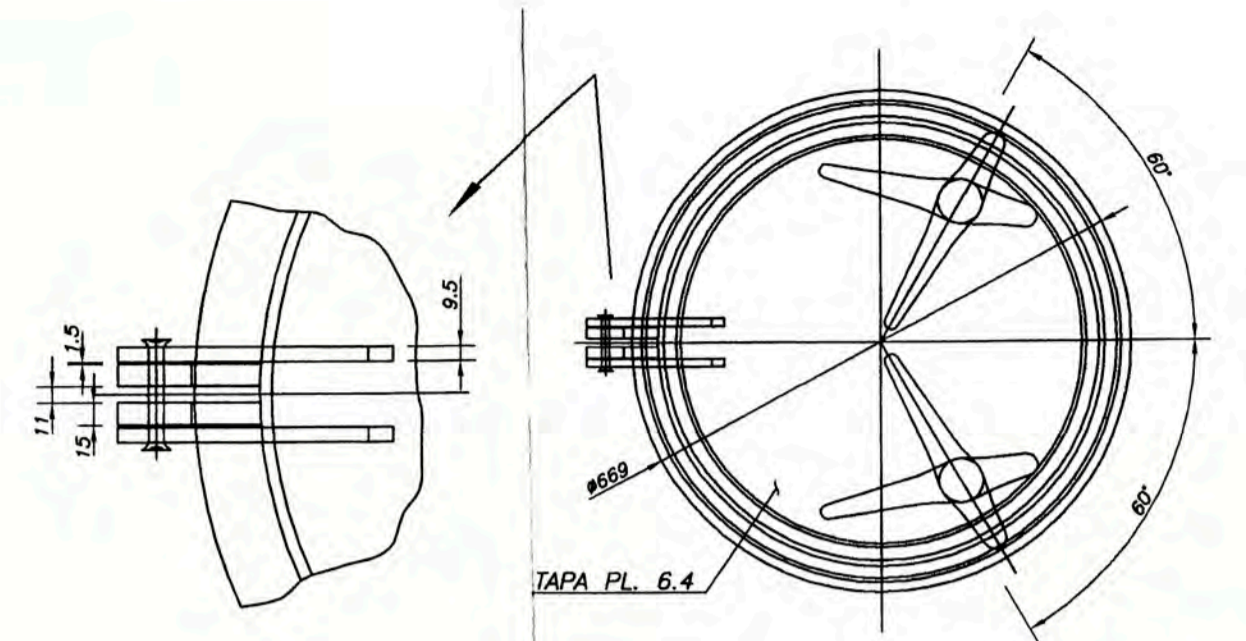
TAPA DE REGISTRO N° 1
ESCALA 1:12.5



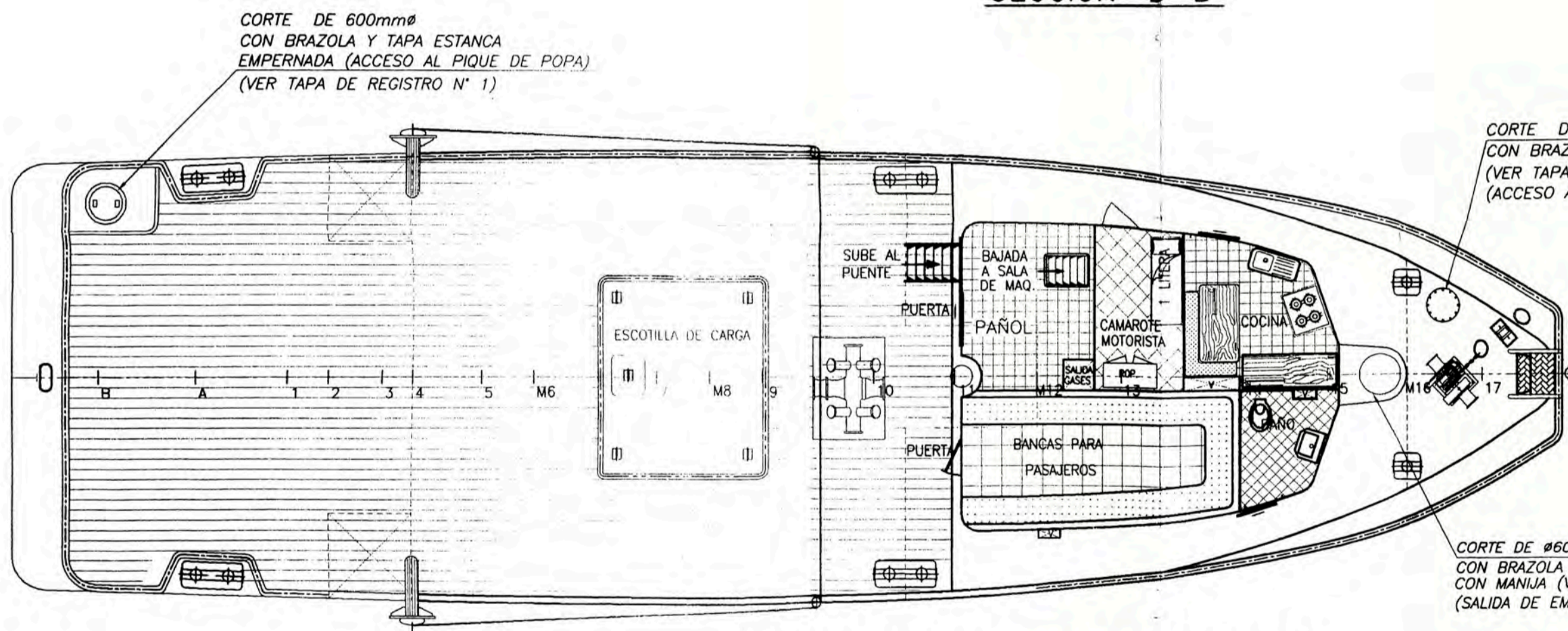
SECCION "A-A"
S/E



SECCION "B-B"



TAPA DE REGISTRO N° 2
ESCALA 1:10

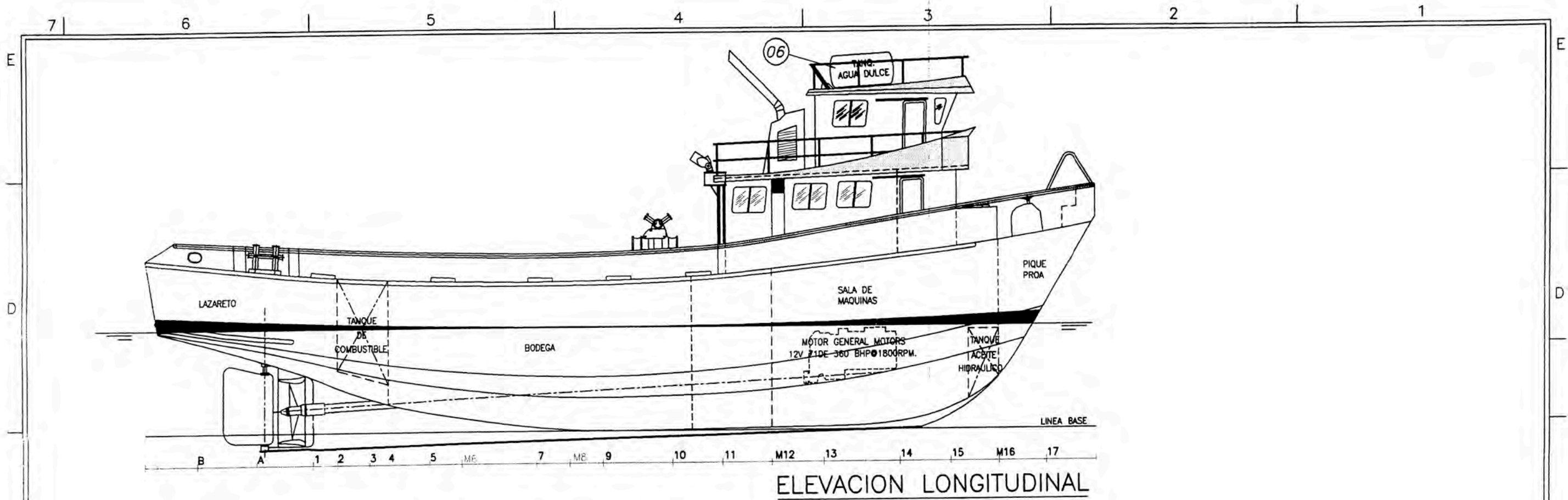


VISTA EN PLANTA CUBIERTA PRINCIPAL

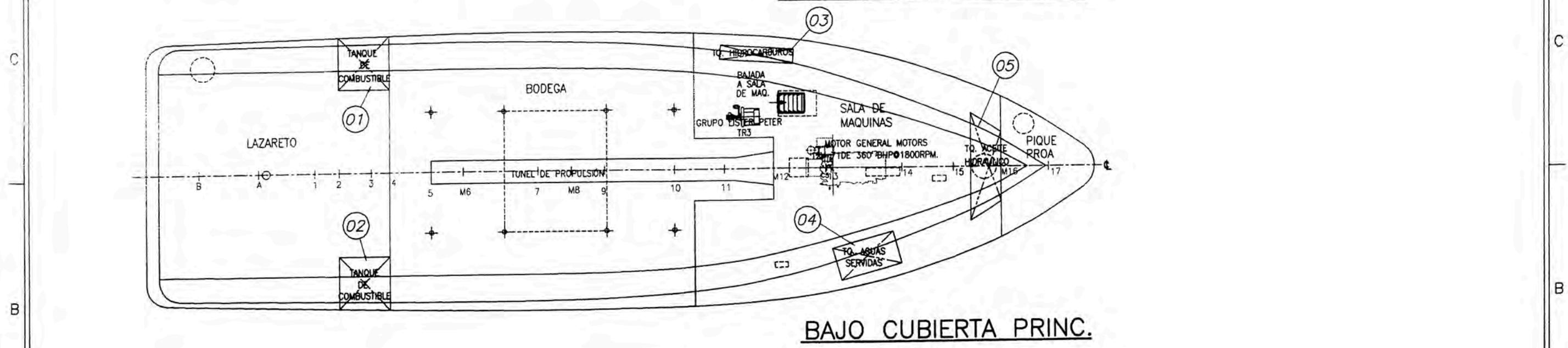
NOTAS:

- 1.- EL ESPESOR DE LA PLANCHA DE LA TAPA DE REGISTRO SERÁ IGUAL AL ESPESOR DE LA CUBIERTA O MAMPARO DONDE IRA INSTALADA.
- 2.- APUNTALAR LA TUERCA.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		
DIBUJADO: EDINSON QUISPE PECHO	SISTEMA DE CIERRE DE ESCOTILLA Y ACCESOS EN CUBIERTA	
APROBADO: ING. RONALD CUEVA		
FECHA: 15/03/2012	PLANO N° EMD-108-SCE	ESCALA: INDICADA



ELEVACION LONGITUDINAL



BAJO CUBIERTA PRINC.

POS.	TANQUE	CAPACIDAD m ³	(galones US)
01	COMBUSTIBLE Br.	3.215 m ³	849 Gls.
02	COMBUSTIBLE Er.	3.215 m ³	849 Gls.
03	HIDROCARBUROS	0.48 m ³	127 Gls.
04	AGUAS SERVIDAS	1.74 m ³	460 Gls.
05	ACEITE HIDRAULICO	0.83 m ³	219 Gls.
06	AGUA DULCE	0.73 m ³	193 Gls.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

CAPACIDAD DE TANQUES

(EMBARCACION MODIFICADA)

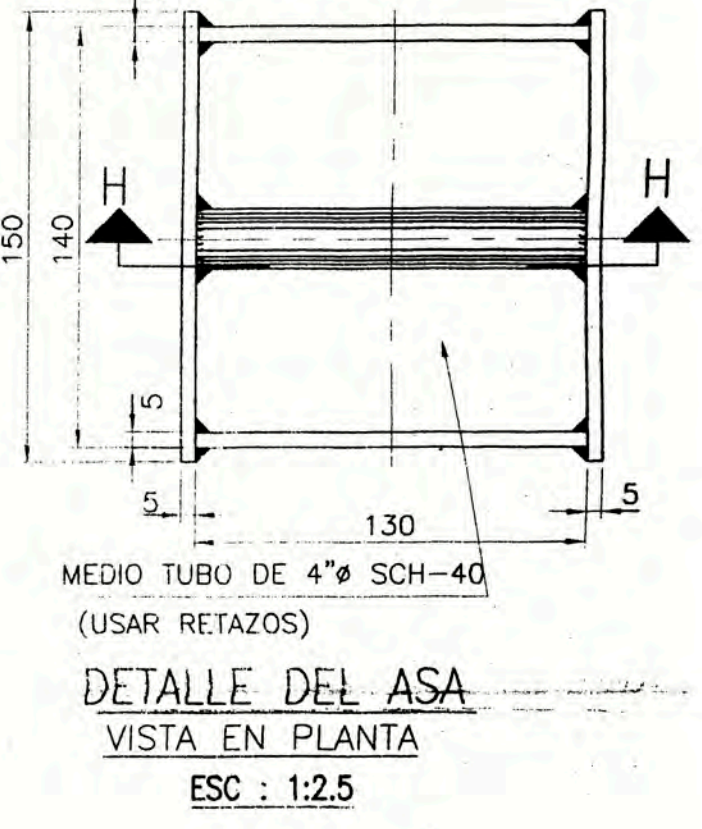
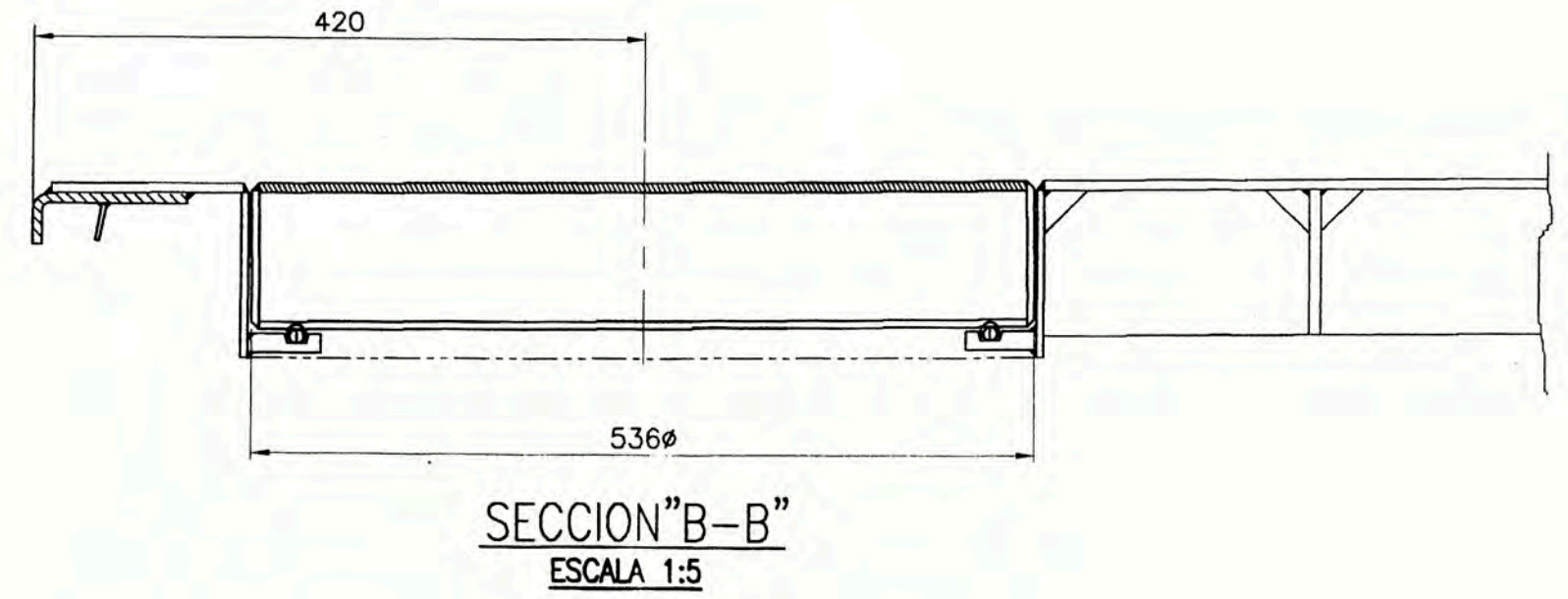
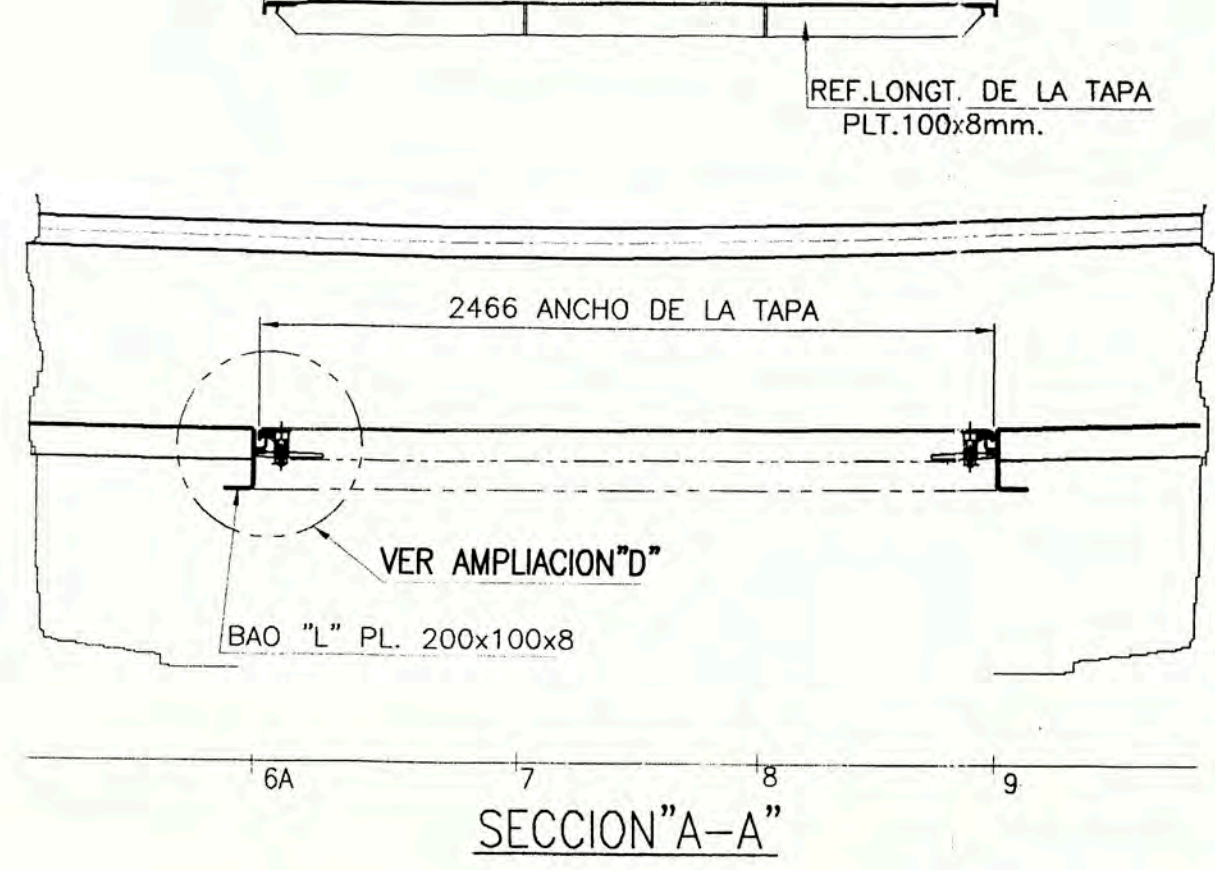
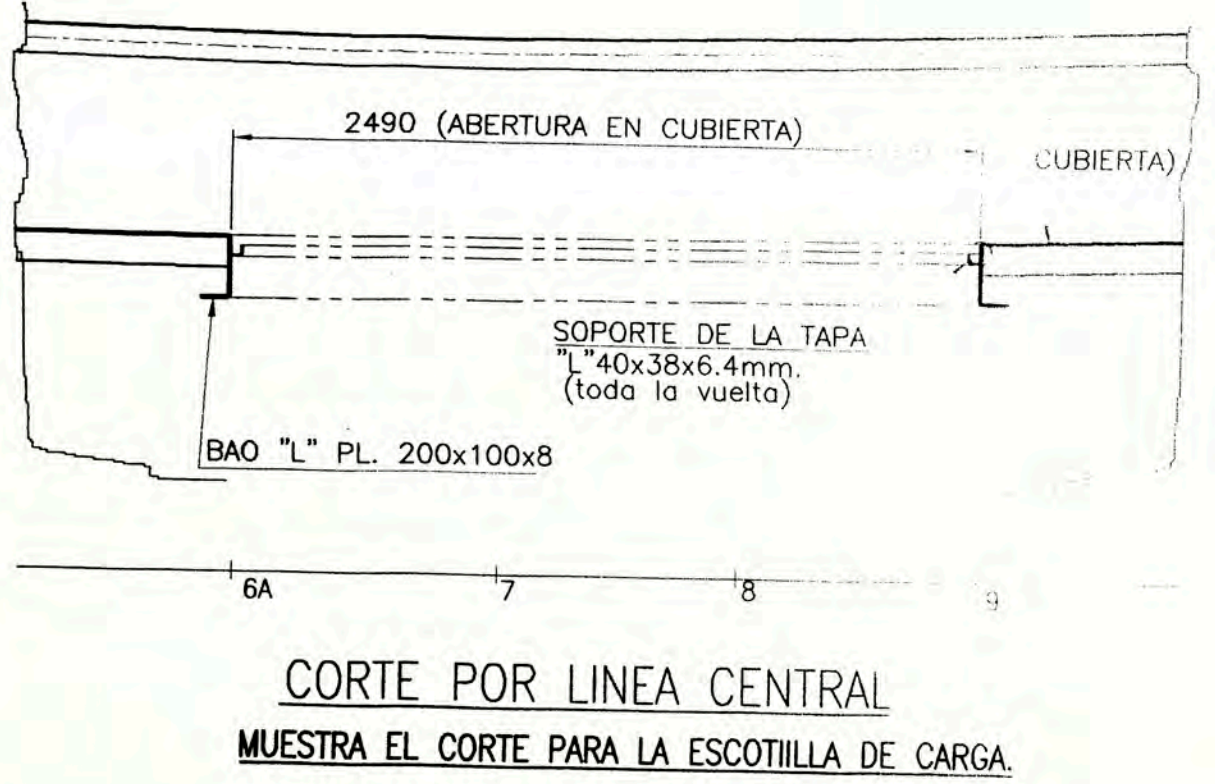
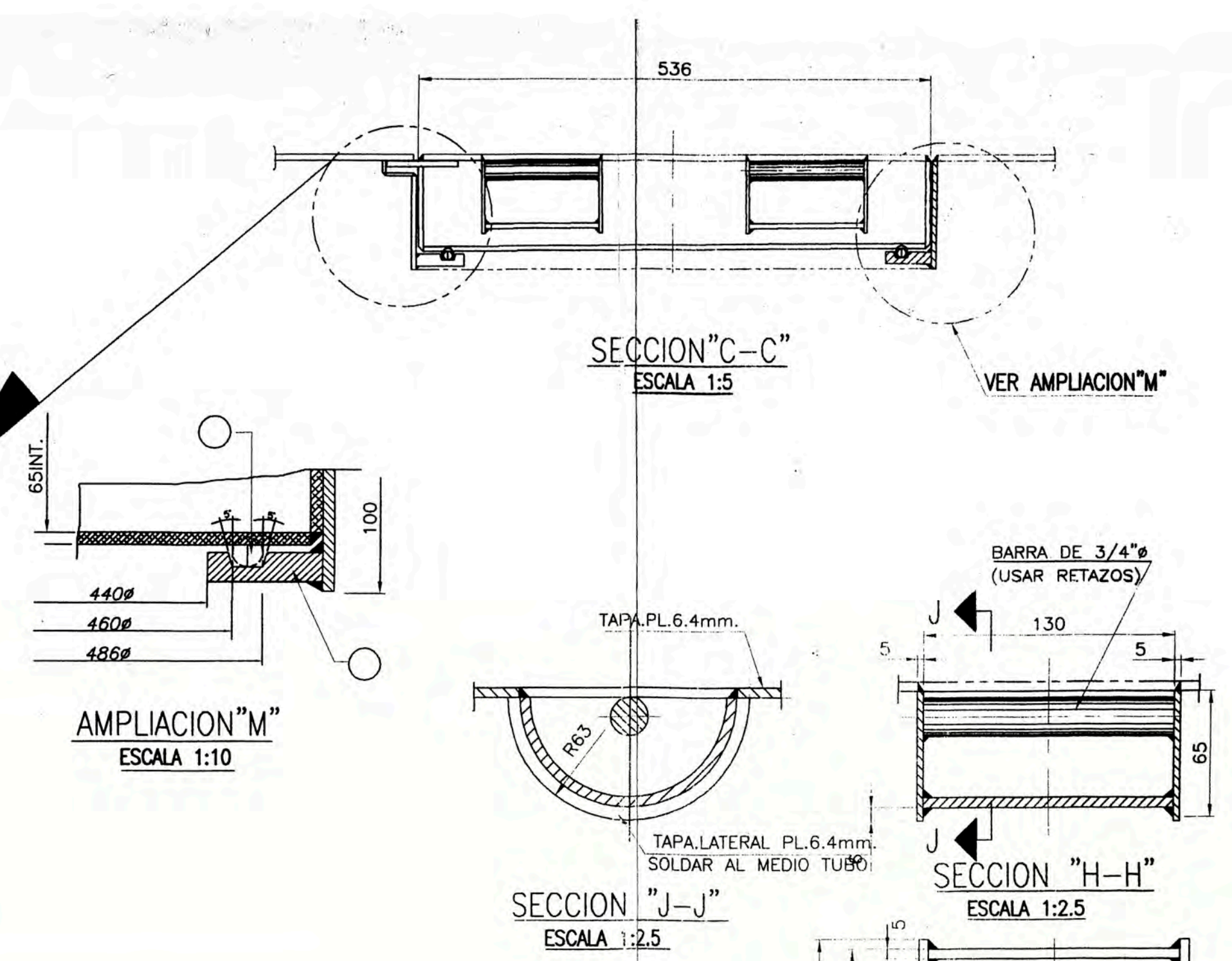
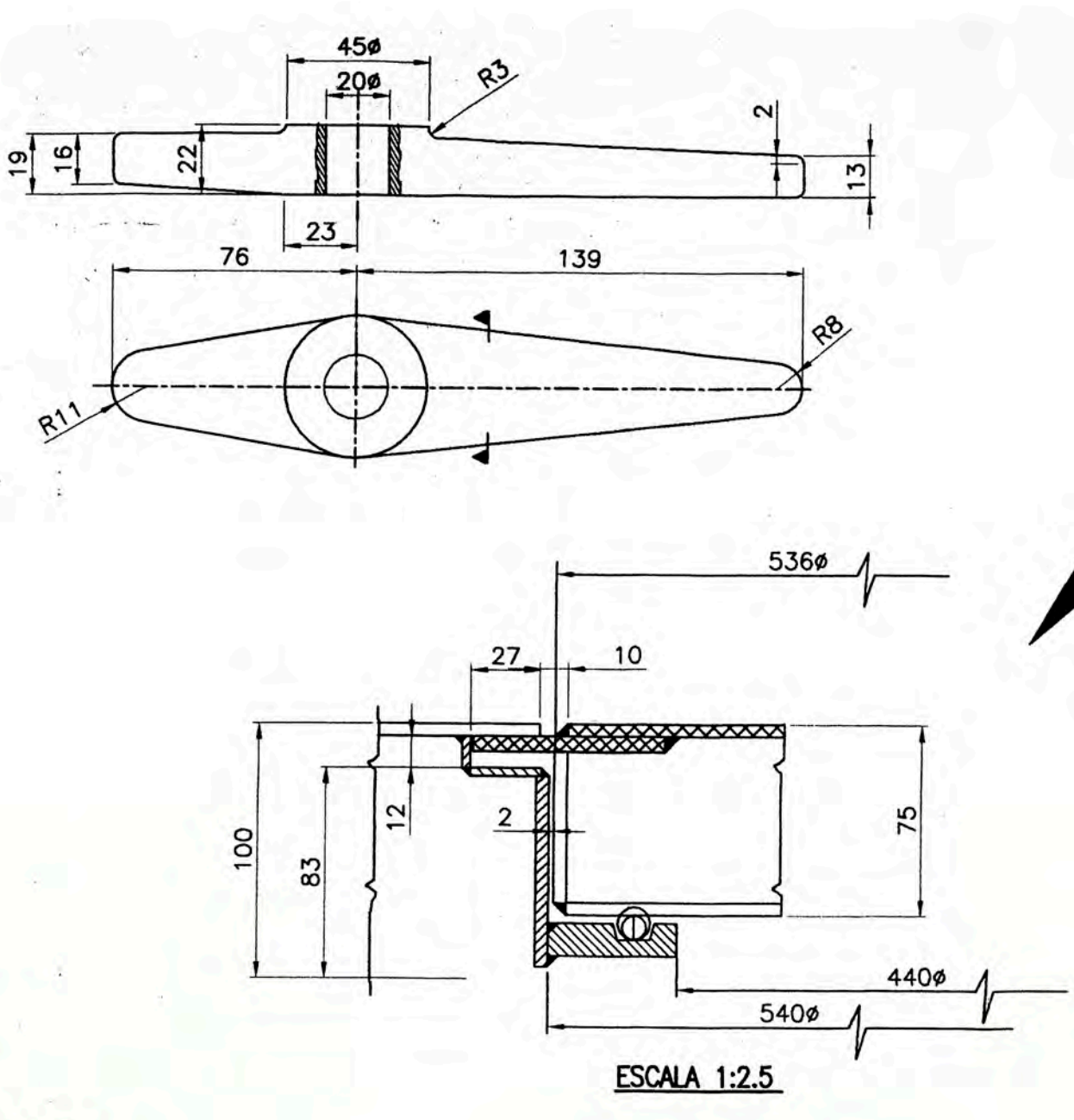
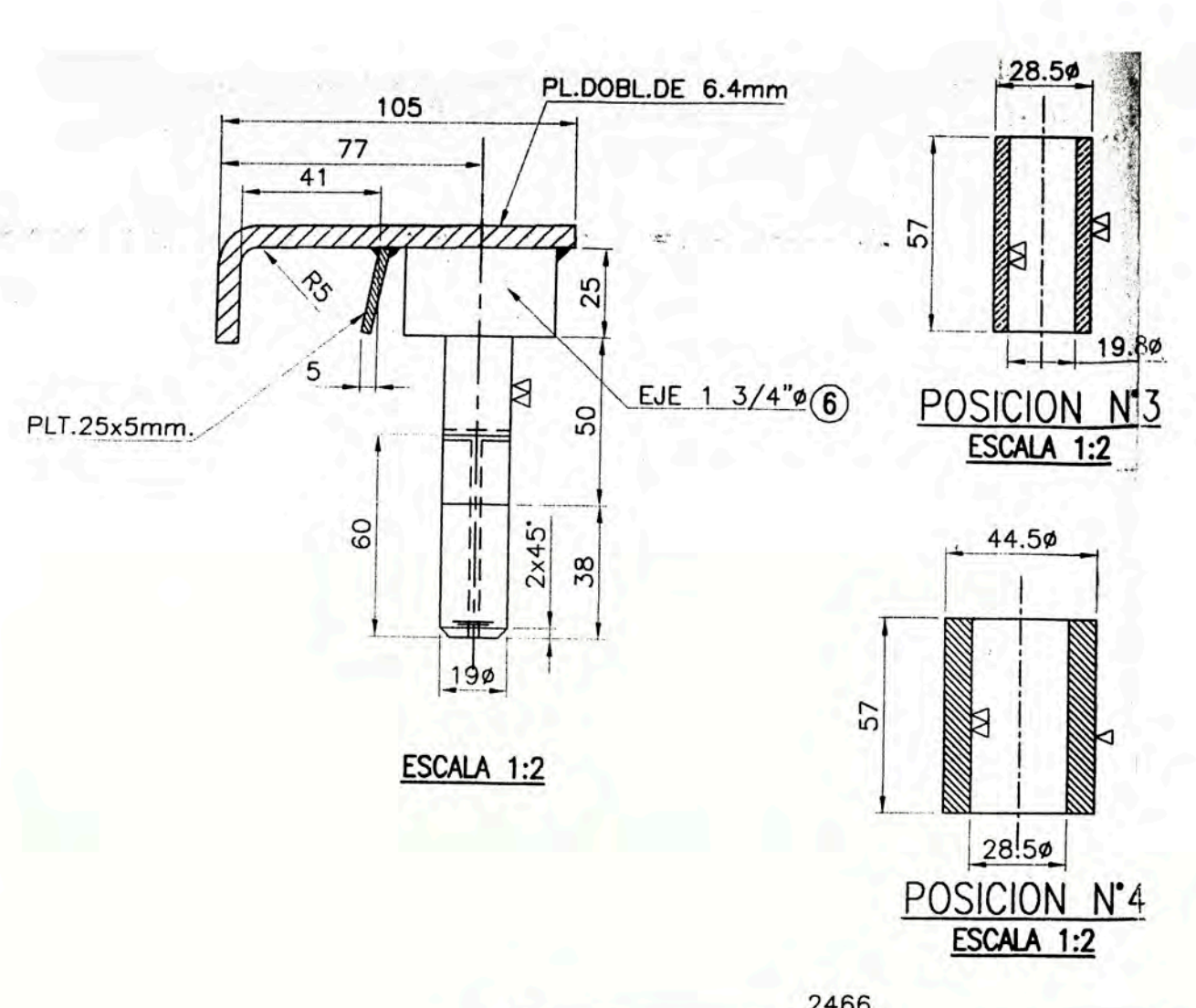
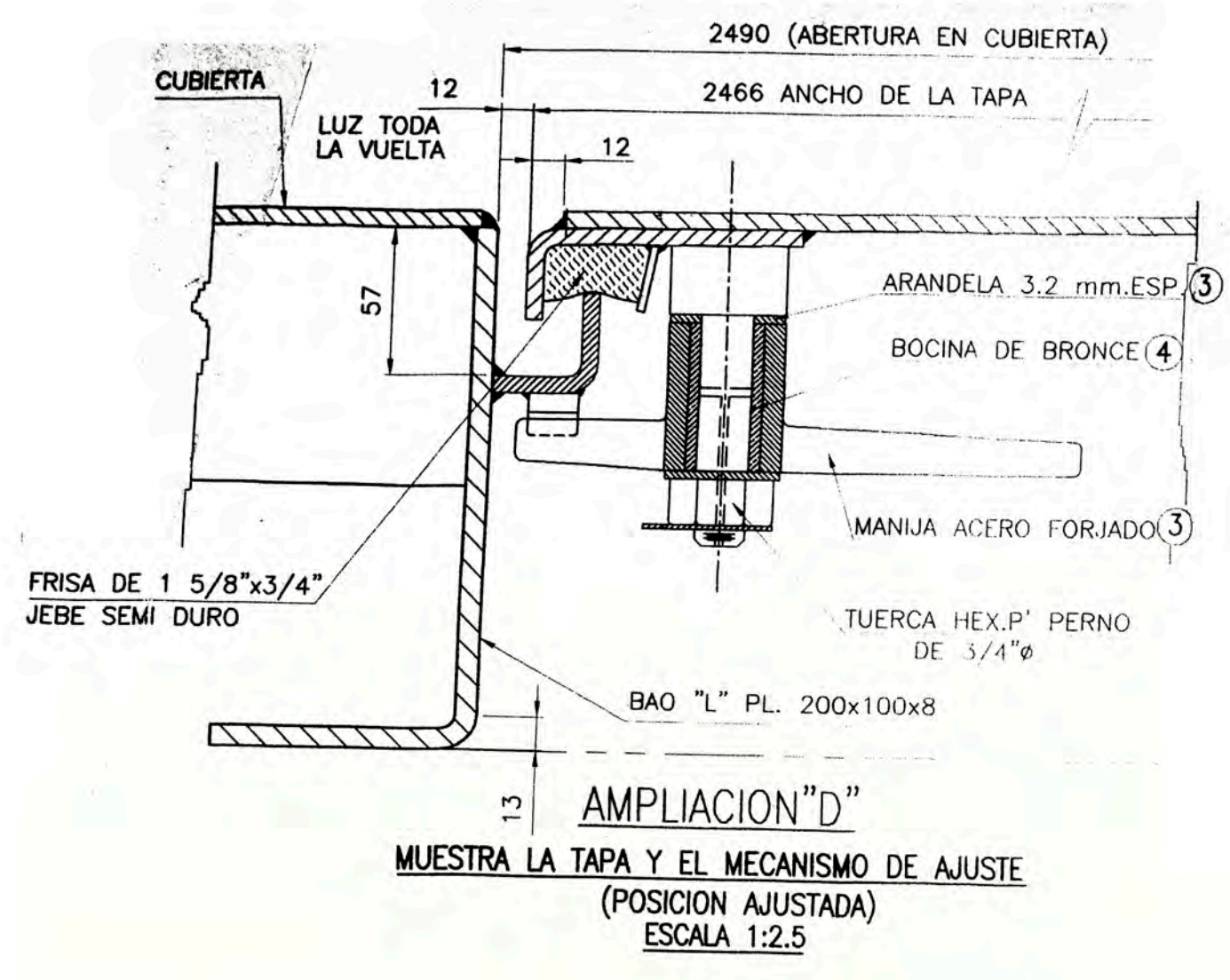
DIBUJADO:
EDINSON QUISPE PECHO

APROBADO:
ING. RONALD CUEVA

FECHA:
15/03/2012

PLANO N°
EMD-109-CT

ESCALA:
1:100

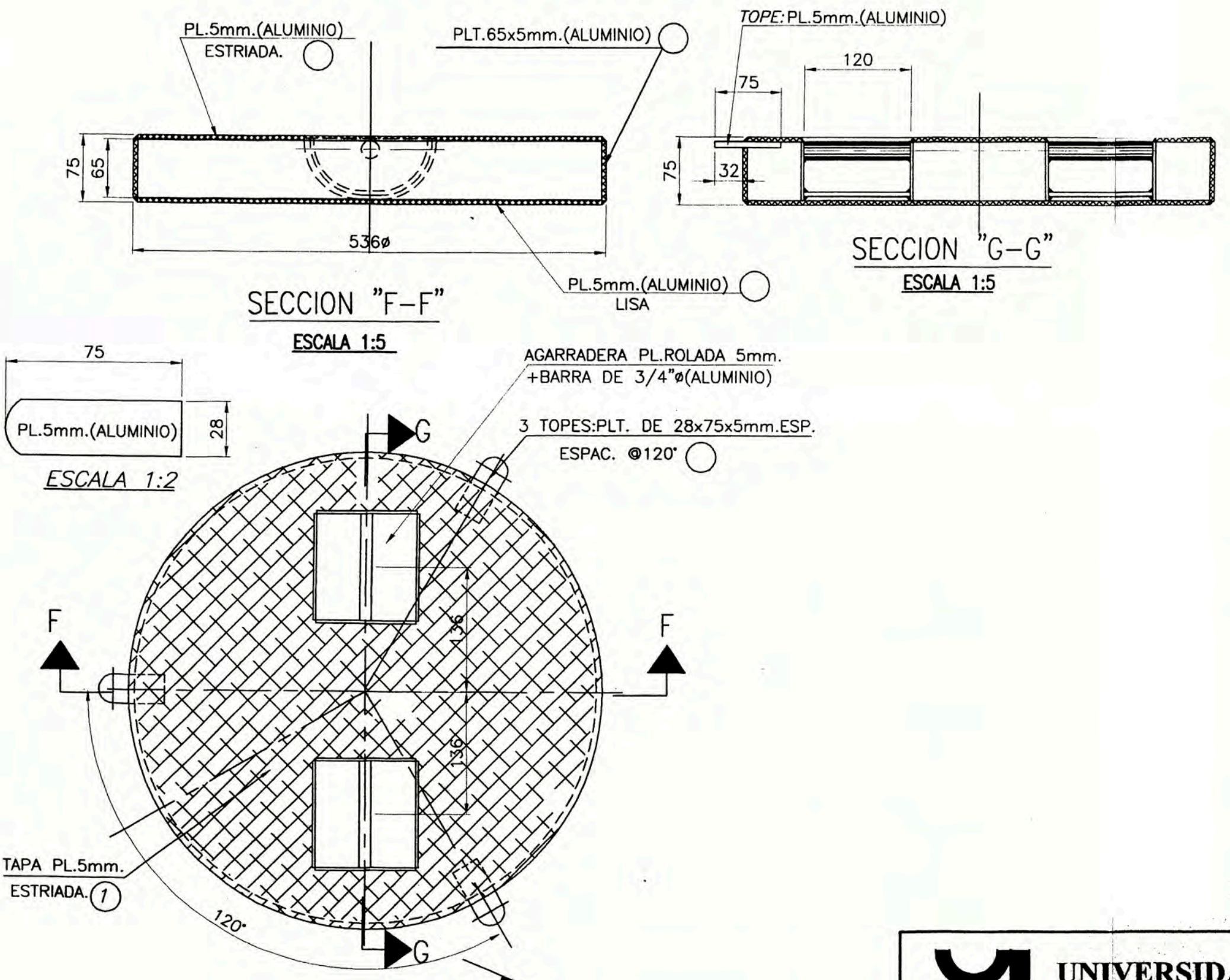
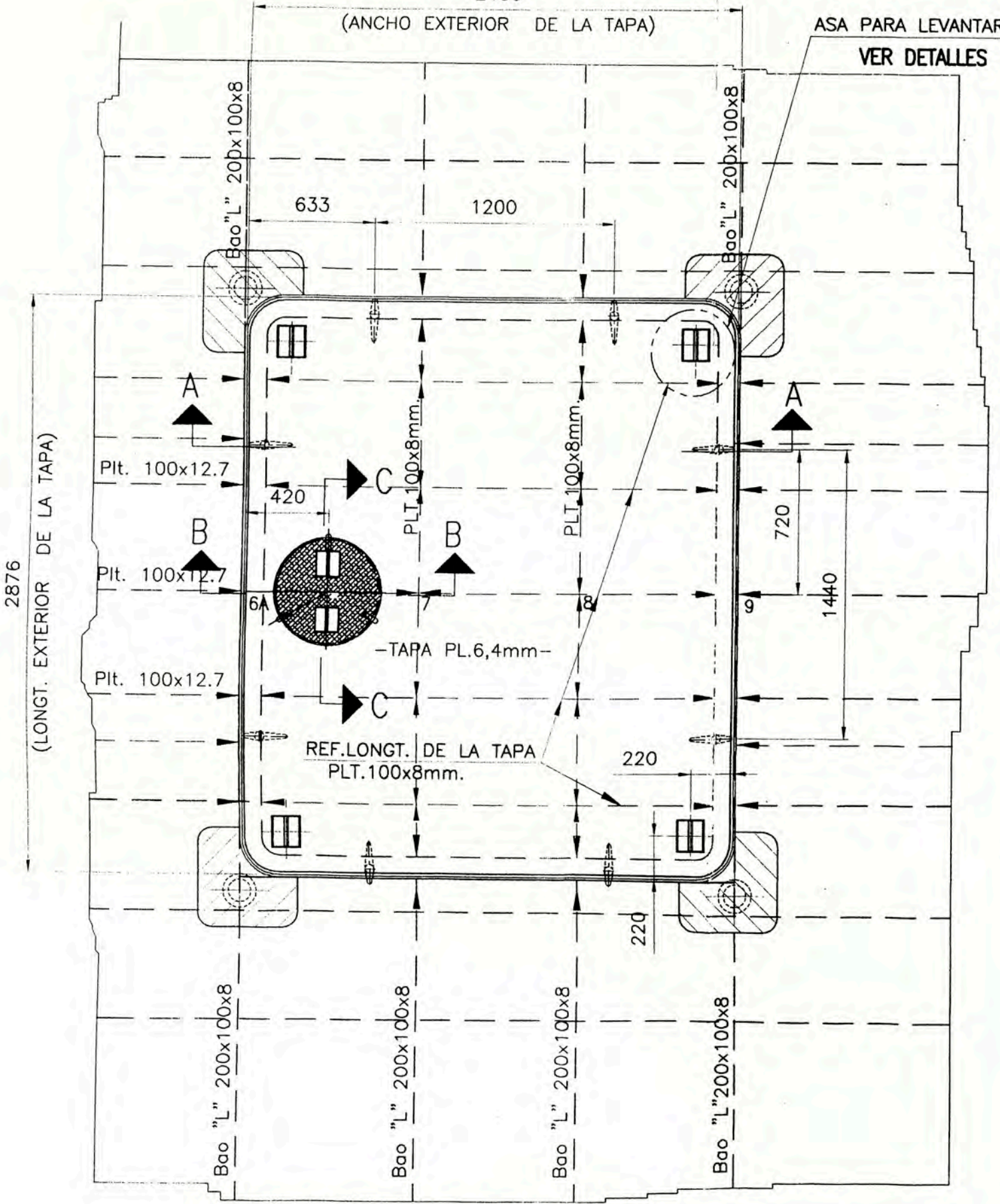
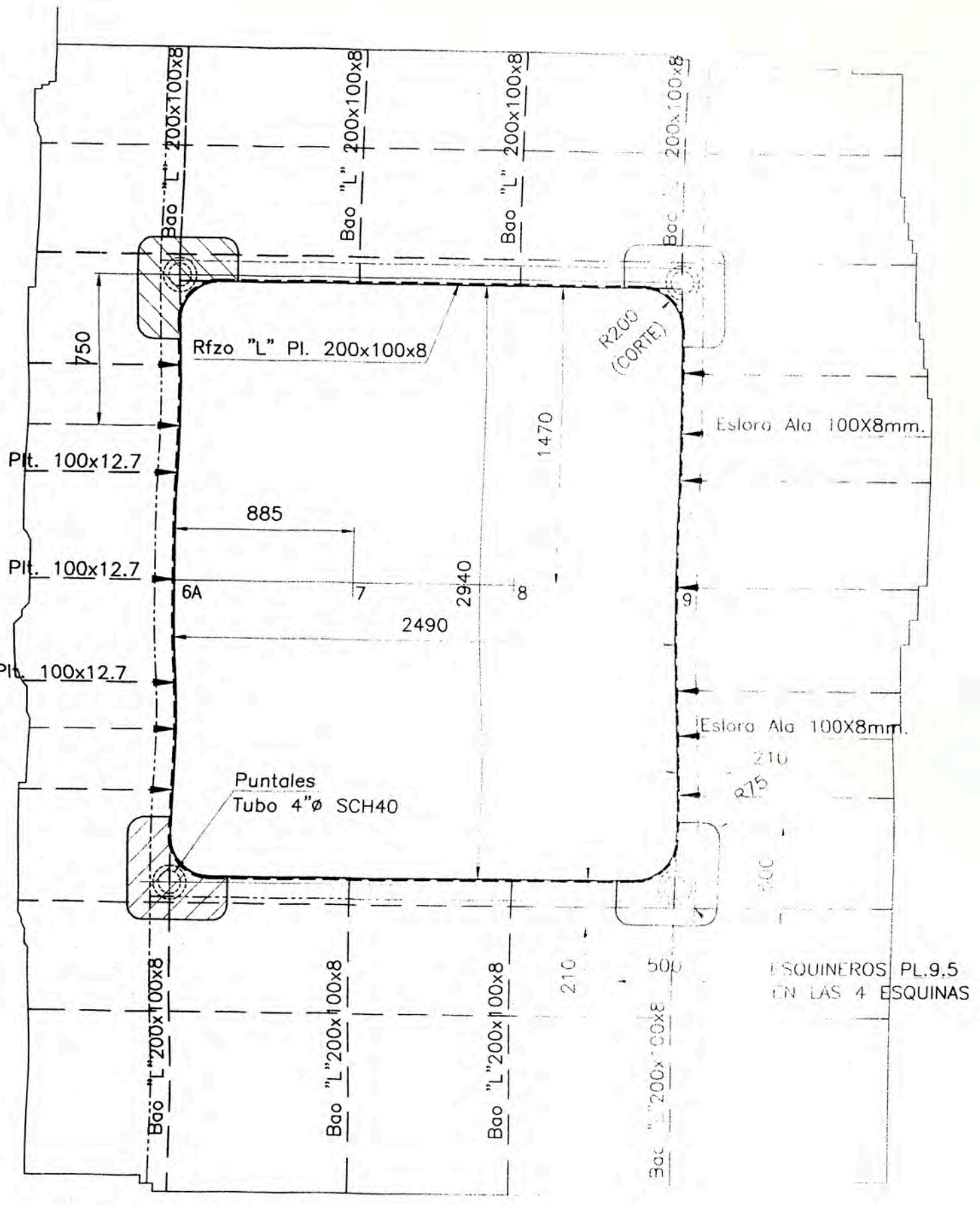


CORTE POR LINEA CENTRAL
MUESTRA EL CORTE PARA LA ESCOTILLA DE CARGA

SECCION "A-A"
ESCALA 1:5

SECCION "B-B"
ESCALA 1:5


DETALLE DEL ASA
VISTA EN PLANTA
ESC : 1:2.5



CUBIERTA PRINCIPAL VISTA EN PLANTA
MUESTRA EL CORTE PARA LA ESCOTILLA DE CARGA
ESCALA 1:25

CUBIERTA PRINCIPAL VISTA EN PLANTA
MUESTRA LA TAPA DE LA ESCOTILLA DE CARGA
ESCALA 1:25

TAPA DE REGISTRO
DETALLES DE CONSTRUCCION
ESCALA 1:5

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
DIBUJADO: EDINSON QUISPE PECHO	TAPA DE ESCOTILLA - DETALLES
APROBADO: ING. RONALD CUEVA	(EMBARCACION MODIFICADA)
FECHA: 15/03/2012	PLANO N° EMD-110-TPE
	ESCALA: 1:25