

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**ALARGAMIENTO DE LA VIDA ÚTIL REMANENTE DE LA  
ESTRUCTURA DEL CASCO DE UN BUQUE MILITAR TIPO  
DESEMBARCO**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

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

**BELTRAN BERNABE MENESES BARRIOS**

**PROMOCIÓN 2009-II**

**LIMA - PERÚ**

**2013**

Dedico este Informe de Suficiencia primeramente a Dios por sembrar en mi fe, esperanza y amor; a mis padres, el Sr. Honorato Meneses Cullanco y la Sra. Pelagia Barrios Huamán, que sin tener grados de estudios sembraron en mi valores q siempre conservare; a todos mis hermanos por apoyarme económicamente, con consejos y oraciones para poder culminar mis estudios; a mi esposa por estar siempre pendiente en realizar este informe y a mi nueva inspiración mi hijo Marcos; a todos ellos les digo:

**!GRACIAS, DIOS ME LOS BENDIGA!**

# INDICE GENERAL

## PROLOGO

1. INTRODUCCION	
1.1. IMPORTANCIA DE LA VIDA ÚTIL.....	2
1.2. SITUACIÓN DE BUQUES MILITARES EN EL PERÚ.....	3
1.3. OBJETIVO.....	5
1.4. ALCANCE.....	6
2. VIDA UTIL	
2.1. CONCEPTOS BÁSICOS.....	7
2.1.1. Vida Total.	
2.1.2. Vida Útil.	
2.1.3. Vida de Servicio.	
2.1.4. Vida Agotada.	
2.1.5. Vida Útil Remanente.	
2.1.6. Vida Media Probable.	
2.2. VIDA ÚTIL EN BUQUES MILITARES.....	15
2.2.1. Vida Útil Económica.	
2.2.2. Vida Útil Física.	
2.2.3. Vida Útil Remanente.	
3. FACTORES QUE AFECTAN LA VIDA UTIL.	
3.1. OBSOLESCENCIA TÉCNICA.....	21
3.2. OBSOLESCENCIA ECONÓMICA.....	23
3.3. OBSOLESCENCIA TÁCTICA.....	24
3.4. OBSOLESCENCIA LOGÍSTICA.....	24
3.5. OBSOLESCENCIA ESTRATÉGICA.....	25
4. INSPECCIÓN VISUAL.	

4.1. FRECUENCIA DE INSPECCIÓN.....	26
4.1.1. Inspecciones anuales.	
4.1.2. Inspecciones intermedias.	
4.1.3. Inspecciones cada 5 años.	
4.2. INSPECCIONES Y ESTADO DE CASCO.....	28
4.2.1. Casco exterior.	
4.2.2. Cubierta.	
4.2.3. Estructura interior.	
4.3. CORROSIÓN.....	33
4.3.1. Tipos de corrosión.	
4.3.2. Desgaste de las estructuras navales de acero.	
4.3.3. División de la estructura en regiones de acuerdo a las tendencias.	
4.3.4. Grados de tendencia.	
4.3.5. Medidas de protección.	
5. RESISTENCIA LONGITUDINAL.	
5.1. INTRODUCCIÓN.....	44
5.2. TIPOS DE CARGA.....	45
5.3. TEORÍA DE LA VIGA ELÁSTICA.....	47
5.3.1. Tipos de vigas.	
5.3.2. Determinación de esfuerzos cortantes y momentos flectores.	
5.3.3. Tensiones en vigas sometidas a flexión pura.	
5.3.4. Deformaciones en vigas sometidas a flexión pura.	
5.4. TEORÍA DE LA VIGA-BUQUE.....	61
5.4.1. Obtención de las curvas de empuje y pesos.	
5.4.2. Obtención de los esfuerzos primarios.	
5.4.3. Calculo de las deflexiones de la viga buque.	
5.5. TEORÍA DE LA OLA TROCOIDAL.....	67
5.5.1. Consideraciones.	
5.5.2. Teoría y construcción de la ola trocoidal.	
6. ANALISIS ECONOMICO.	
6.1. REEMPLAZO DE EQUIPOS.....	75
6.2. DETERMINACIÓN DE VIDA ECONÓMICA.....	80

7.	DESARROLLO	
7.1.	BUQUE A ESTUDIAR.....	82
7.2.	ENSAYO DE TRACCIÓN Y ANÁLISIS METALOGRAFICO.....	85
7.2.1.	Extracción de muestras de casco.	
7.2.2.	Trazabilidad de las muestras ensayadas.	
7.2.3.	Resultados.	
7.3.	INSPECCIÓN VISUAL.....	90
7.3.1.	Casco.	
7.3.2.	Estructura interna.	
7.4.	CALIBRACIÓN DE ESPESORES.....	93
7.4.1.	Casco.	
7.4.2.	Cubierta.	
7.4.3.	Estructura interna.	
7.5.	SOLDADURA.....	95
7.5.1.	Casco.	
7.5.2.	Casco-Estructura.	
7.6.	TIEMPO DE VIDA DEL CASCO.....	98
7.7.	RESISTENCIA LONGITUDINAL.....	99
7.7.1.	Pesos y Desplazamientos.	
7.7.2.	Esfuerzos Vs. Desplazamiento en Quebranto.	
7.7.3.	Esfuerzos Vs. Desplazamiento en Arrufo.	
7.7.4.	Nuevo Desplazamiento de trabajo.	
7.8.	NUEVO DESPLAZAMIENTO DE TRABAJO.....	116
8.	EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL REMANENTE.	
8.1.	VIDA ÚTIL ECONÓMICA.....	121
8.2.	VIDA ÚTIL SECUNDARIA.....	123
8.3.	VIDA ÚTIL FÍSICA.....	123
	CONCLUSIONES.	
	RECOMENDACIONES.	
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS.	

## PROLOGO

La mayoría de los Buques en el Perú tienen más de 30 años de edad, en especial los de tipo militar pertenecientes a la Marina de Guerra de Perú, los cuales son comisionados de países desarrollados después de haber cumplido su vida útil económica, estos buques son operados con bandera peruana en una segunda vida útil por un tiempo de 20 a 30 años dependiendo de la inversión en su mantenimiento y de su valor depreciado como bien activo, al culminar esta segunda vida útil la Marina tiene que elegir si se sigue operando el Buque con una vida remanente o se le da de baja para reemplazarlo por otro Buque comisionado o nuevo.

Siendo el casco el elemento principal de un buque, en este informe se plantea los métodos apropiados para determinar la vida útil remanente de casco y estructuras de un Buque en el Perú, teniendo en cuenta dos aspectos:

El aspecto Técnico, consiste en determinar el estado actual de la estructura, mediante análisis de la resistencia longitudinal de la Viga Buque, corrosión, estado de soldadura y fallas estructurales. Con estos datos se determinara la Vida Útil Física y las restricciones de operación tanto en carga y velocidad en su nueva vida útil.

El aspecto Económico, consiste en proyectar el tiempo de vida útil remanente aplicando los criterios de reemplazo de equipos, donde se compara la depreciación con los gastos de inversión en mantenimiento.

Finalmente se aplica los criterios a un Buque tipo Desembarco, para proyectar su vida útil remanente.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

### **1.1 IMPORTANCIA DE VIDA ÚTIL**

La vida útil de los Buques Militares es un tema de gran importancia que deben tomar en consideración toda Marina de Guerra, al planificar la estructura y composición de sus fuerzas de combate en el mediano y largo plazo, en este caso particular, de Buques de Guerra.

Este es un tema complejo por la gran cantidad de factores involucrados que pueden incluir, entre otros, consideraciones del tipo político, estratégico, económico, táctico, técnico, logístico, demográfico, etc. Por estas razones no existen modelos teóricos a nivel mundial que puedan dar una respuesta definitiva a esta interrogante. En consecuencia las Marinas de Guerra, tomando en consideración su situación político-estratégica, económica, técnica e histórica, deberán resolver en forma particular su propio problema. Cada situación es única y no repetible.

La definición de la vida útil de los Buques Militares es el resultado de un proceso continuo de evaluación no lineal de múltiples factores y está en continua reapreciación en cada Marina de Guerra a medida que evolucionan los factores que intervienen en esta definición. Lo que ayer fue una buena solución, puede que hoy sea una mala solución, y viceversa.

Por otra parte, de la estimación de la vida útil de los Buques Militares se derivan dos grandes planes maestros que cada Armada debe definir:

- a) Un plan destinado a renovar los Buques, ya sea mediante la construcción de nuevas unidades, adquisición de unidades de segunda mano con una vida útil remanente, o mediante la reconstrucción de algunas unidades existentes extendiéndoles su vida útil.
- b) Un plan destinado a mantener, recuperar y modernizar a las unidades que están en servicio para mantenerlas cumpliendo eficientemente las tareas que les han sido asignadas mientras dure la vida útil definida o especificada.

Considerando lo complejo de este tema, en esta informe de Suficiencia se seguirá una metodología de análisis simplificada considerando que la mayoría de los Buques Militares de la Marina de Guerra del Perú son Buques de segunda mano con vida útil remanente, por tanto nos enfocaremos principalmente en los factores técnicos y económicos.

Debe tenerse presente que este tema está en constante evolución a nivel mundial y existen tendencias contrapuestas en la actualidad, como lo son el criterio de la Armada norteamericana que está tendiendo a alargar, a nivel de especificaciones de diseño originales de los Buques, su vida útil esperada, y la tendencia de la Armada Británica que tiene la opción opuesta de reducir la vida útil de sus buques.

## **1.2 SITUACIÓN DE BUQUES MILITARES EN EL PERÚ**

En la Tabla 1.1 se observa las principales unidades de combate de la Marina Peruana, según publicación de la Revista Militar “JANE’S FIGHTING SHIPS 2004-2005”.

Tabla 1.1 Unidades de Combate de la Marina de Guerra del Perú.

<b>UNIDADES DE LA MARINA DE GUERRA DEL PERÚ</b>				
<b>NOMBRE</b>	<b>TIPO</b>	<b>No</b>	<b>LANZADO</b>	<b>EDAD AL 2013(AÑOS)</b>
Angamos	Submarino	SS31	1979	34
Antofagasta	Submarino	SS32	1979	34
Pisagua	Submarino	SS33	1980	33
Chipana	Submarino	SS34	1981	32
Islay	Submarino	SS35	1973	40
Arica	Submarino	SS36	1974	39
Almirante Grau	Crucero Clase Ruyter	CLM 81	1944	69
Carvajal	Fragatas Clase Carvajal	FM51	1976	37
Villavisencio	Fragatas Clase Carvajal	FM52	1978	35
Montero	Fragatas Clase Carvajal	FM 53	1982	31
Mariátegui	Fragatas Clase Carvajal	FM 54	1984	29
Aguirre	Fragatas Clase Lupo	FM 55	1979	34
Palacios	Fragatas Clase Lupo	FM 56	1976	37
Bolognesi	Fragatas Clase Lupo	FM 57	1978	35
Quiñones	Fragatas Clase Lupo	FM 58	1977	36
Velarde	Corbetas Clase PR-72P	CM 21	1980	33
Santilliana	Corbetas Clase PR-72P	CM 22	1980	33
De los héroes	Corbetas Clase PR-72P	CM 23	1980	33
Herrera	Corbetas Clase PR-72P	CM 24	1981	32
Larrea	Corbetas Clase PR-72P	CM 25	1981	32
Sánchez Carrión	Corbetas Clase PR-72P	CM 26	1981	32
Paita	Buque de Desembarco	DT 141	1953	60
Pisco	Buque de Desembarco	DT 142	1953	60
Callao	Buque de Desembarco	DT 143	1953	60
Eten	Buque de Desembarco	DT 144	1953	60

La Marina de Guerra del Perú, cuenta con buques de clase cruceros, lupos, fragatas, corbetas y buques de desembarco; además de contar con seis (6) submarinos de la clase 209 y 1200/1100.

En la Tabla 1.1 se describe a los seis (6) submarinos, los cuales tienen una edad mayor a los 30 años, siendo la edad promedio de 34.3 años, el tiempo de vida útil económica de los submarinos de países desarrollados es de 25 años, por lo cual se observa que los seis (6) submarinos de la Marina de Guerra del Perú ya cumplieron

su vida económica, y estas deberían de ser estudiadas a fin de determinar su vida útil remanente, en caso se desee seguir operándolas.

En el caso de las unidades de superficie, también tienen una edad mayor a lo considerado por los países desarrollados, En este Informe se tomara como buque de estudio uno de los de tipo Desembarco, el cual cuenta con una edad de 60 años al 2013.

### **1.3 OBJETIVO**

Este informe tiene como objetivo plantear métodos apropiados para determinar la vida útil remanente de casco y estructuras de un Buque militar en el Perú, para lograrlo se plantea los siguientes objetivos secundarios:

- a) Determinar el estado actual del casco y estructuras del Buque a analizar.
- b) Determinar la vida útil remanente económica.
- c) Determinar las restricciones de operatividad en su nueva vida remanente, si es que la hubiera.

Para determinar el estado actual de casco y estructuras se realizara un análisis de fatiga de la Viga-Buque, para lo cual se tendrá que realizar calibraciones del casco y estructuras, prueba de tracción y ensayo metalografico a la plancha del casco, análisis de corrosión y fallas estructurales.

Para determinar la Vida remanente económico se aplica la teoría de depreciación, utilizando el método de reemplazo de equipos.

Antes de realizar el estudio de vida útil remanente, el buque ha estado operando con lo proyectado en diseño, es decir a su máximo desplazamiento, en este tiempo el material se ha fatigado, y el factor de seguridad en la viga-buque ha disminuido. En

su nueva vida útil remanente la Viga-Buque debe de mantener su factor de seguridad de diseño, para esto solo existe una solución, disminuir el máximo desplazamiento, lo cual implica restringir la carga.

#### **1.4 ALCANCE**

Un estudio de vida útil remanente de un buque militar, incluye un análisis del casco, maquinaria, equipos y armas; evaluando la obsolescencia técnica, económica, táctica, logística y estratégica a lo cual está sujeto el buque.

La Marina Peruana cuenta en su mayoría con buques comisionados, los cuales cumplen en el Perú una segunda vida útil remanente, sujeto a una depreciación y a un mantenimiento de poca inversión, esta vida dura a lo mucho 30 años. Culminado la segunda vida útil la Marina tiene que determinar si el buque sigue operando o darle de baja. El buque al culminar su segunda vida útil, cuenta con una edad superior a los 40 años, donde la mayoría de las maquinas y armas son obsoletas tácticamente, logísticamente y estratégicamente.

Debido a todo esto, en este informe nos enfocaremos principalmente al estudio de vida útil remanente del casco y estructuras, siendo este la parte principal de un buque, tomando en cuenta solo la obsolescencia técnica y económica, dejando el estudio de las otras obsolescencias para buques que recién inician su segunda vida útil.

Los métodos planteado en este Informe para determinar la vida remanente puede también ser aplicados a todos los buques sujetos solo a obsolescencias técnicas y económicas como buques, cargueros, containeros, tanqueros, etc., se resalta a los buques militares debido a que la Marina tiene gran interés en conocer la situación de sus Buques y qué futuro podrían tener luego de culminar su segunda vida útil.

## **CAPITULO II**

### **VIDA ÚTIL**

#### **2.1. CONCEPTOS BASICOS.**

Previo a la definición del método para estimar la Vida Útil Remanente de un Buque, es necesario aclarar una serie de términos que los valuadores citan en diferentes casos al referirse al estimado de vida de los bienes en general. Con este propósito de integrar esta terminología, se procede a definir los siguientes conceptos:

##### **2.1.1. Vida Total (VT).**

Promedio estadístico que refleja la esperanza de vida de un bien expresada en años, bajo condiciones normales de operación y mantenimiento.

##### **2.1.2. Vida Útil (VU).**

Representa la vida en la que se estima que un bien prestara servicio dentro de los límites de eficiencia económica. Es la vida útil probable futura que se estima tendrán los bienes que se valúan considerando los límites de eficiencia económica y de producción de la empresa, armador o en nuestro caso la Marina, para la cual se está realizando el avalúo.

Según la ASTM E 632 – 82(2), “es el periodo de tiempo después de la construcción durante la cual todas las propiedades esenciales alcanzan o superan el valor mínimo aceptable con un mantenimiento rutinario”. En el caso de Vida útil de Buques, cada país desarrolla sus propios criterios.

El criterio standard de la **Armada norteamericana**, vigente desde hace ya varias décadas, es construir unidades de combate de superficie para una vida útil de 30 años. La tendencia actual es, incluso, aumentar más aún la vida útil de los nuevos destructores y cruceros hasta los 35 y 40 años de vida útil.

Los portaaviones de ataque convencionales construidos durante la década de los años 60, fueron diseñados para una vida útil de 30 años. Debido a diversos problemas con los astilleros constructores y al alto costo de construcción de los portaaviones nucleares de ataque de reemplazo, se resolvió a mediados de la década pasada aplicarle a estas unidades el denominado programa SLEP, el cual es un programa de "reconstrucción" en el cual se han aplicado los siguientes criterios generales:

- a) Reemplazo de toda la maquinaria rotatoria, por maquinaria nueva (turbinas principales, bombas, turbogeneradores, etc.).
- b) Renovación significativa de circuitos y cañerías.
- c) Reemplazo, por maquinaria nueva más eficiente de la mayoría de los equipos auxiliares del buque (compresores, bombas hidráulicas, catapultas, calderas auxiliares, aire acondicionado, agua enfriada, etc.).
- d) Reacondicionamiento de la habitabilidad.

- e) Modernización de los sensores, sistemas de Mando y Control y de armas.
- f) Trabajos mayores y profundos para recuperar o renovar el planchaje del casco y todos los aspectos estructurales del buque que puedan estar deteriorados.

El costo de los programas SLEP es del orden del 25% del costo de un portaaviones nuevo, pero le otorgan a estas unidades una extensión en su vida útil de 15 años más, es decir el 50% más de la vida útil de diseño original.

Se consideró la aplicación de programas similares a las fragatas tipo Knox, las cuales cumplieron en forma masiva los 30 años de servicios a fines de la década de los años 80, pero esta opción fue descartada por no ser costo/rentable debido a que tenía considerado reemplazar la planta de propulsión de vapor de estas unidades por una planta propulsora de turbinas a Gas LM 2500 igual a la de las fragatas tipo Perry. Debido a que no se les ejecutó un programa de reconstrucción SLEP, la totalidad de las fragatas Knox fueron pasadas a la reserva, dadas de baja o transferidas a terceros países a contar de 1990.

El **criterio británico**, a diferencia del norteamericano, ha sido de ir reduciendo la vida útil de sus unidades de superficie en las últimas décadas, manteniendo el mismo criterio norteamericano de 30 años de vida útil para sus portaaviones y buques auxiliares o de apoyo logístico.

Hasta la década de los años 70, el criterio británico era construir buques con una vida útil de 20-25 años. Las fragatas Leander, la clase de buques más numerosa y exitosa de construcción naval británica después de la Segunda

Guerra Mundial, tuvieron en la práctica una vida útil real promedio de 22,6 años de servicios en la Armada británica, terminados los cuales algunas de estas unidades fueron transferidas a otros países y aún están en servicio.

Los destructores antiaéreos tipo 42 fueron diseñados con una vida útil proyectada de 22 años , lo que se cumplirá con la unidad más antigua en servicio el año 1998, sin tener aún las unidades de reemplazo disponibles debido a una serie de atrasos del proyecto tripartito "horizonte". Los destructores 42 Batch I y II fueron construidos casi sin ningún margen de peso, volumen y espacio para modernizaciones futuras, de manera que para instalarles sistemas de hardkill de cañones antimisiles fue necesario desmontar las embarcaciones y pescantes existentes en el centro del buque a ambas bandas, reemplazándolas por botes de goma de quilla rígida. En la batch III de estas unidades se aumentó la eslora de estos buques en 16 metros, rediseñándolos internamente para que la CIC tuviera un espacio más adecuado y aumentar la cantidad de misiles SEADART, quedando espacios y volúmenes disponibles para futuras modernizaciones.

Otro ejemplo de fragatas británicas con un casi nulo margen de peso y espacio para futuras modernizaciones lo constituyeron las fragatas tipo 21, las cuales casi no recibieron ninguna modernización en su vida útil de 18 - 20 años y se dieron de baja en bloque en 1993/1994, siendo transferidas a la Armada paquistaní.

Las fragatas 22 fueron construidas para una vida útil de 20 años. Las 4 fragatas de este tipo Batch I, construidas entre 1979 y 1982, empezaron a ser dadas de baja de la Armada británica a contar de 1996 (con 16 años de edad

como promedio) y fueron vendidas a la Armada de Brasil. Las fragatas 22 Batch II, que tienen un casco alargado en 14 mts., tienen naturalmente una mayor disponibilidad de pesos y volúmenes para futuras modernizaciones.

Las más recientes fragatas inglesas, las fragatas tipo 23, fueron construidas para una vida útil de 18 años de servicios, lo cual es algo notable. De lo anterior se puede deducir que la tendencia británica es opuesta a la norteamericana y lo más probable es que en el futuro las unidades británicas reciban en su vida útil un mínimo de modernizaciones y ciertamente ninguna "reconstrucción", privilegiando de esta manera las nuevas construcciones antes de intentar prolongar

la vida útil de sus unidades escolta, más allá de los 18 a 22 años de vida proyectados.

Como se explico anteriormente los países en desarrollo, como el Perú, la construcción de buques militares nuevos, es muy poca, la mayoría de estos buques son comisionados de países en potencia como Estados Unidos e Inglaterra.

### **2.1.3. Vida de Servicio (VDS).**

La vida de servicio es la base del cálculo de la rentabilidad de un activo. Esta corresponde a la duración de servicio promedio de un activo o de un elemento constructivo de una instalación o de un componente de éste.

### **2.1.4. Vida Agotada (VA).**

La vida agotada puede no ser equivalente a la edad actual. La opinión de "vida agotada" debe emitirse como el resultado de la observación y

consideración de la utilidad del bien, que puede ser influenciada, tanto por la observación como por la edad.

Un bien puede tener una vida normal esperada de 30 años y tener 15 años de edad, pero si por observación revela que no ha sufrido la cantidad normal de deterioro u obsolescencia durante estos años, la vida remanente esperada puede aun ser de 20 años, representando un agotamiento actual de solamente 33.33% de su vida normal. Lo contrario puede también ser cierto y a través de abusos y descuido, el bien puede haberse agotado más de 50% de su vida normal esperada.

#### **2.1.5. Vida Útil Remanente (VUR).**

La vida útil remanente esperada es la que gobierna la determinación del valor de una propiedad.

Se expresa matemáticamente según la siguiente fórmula:

$$V.U.R = \frac{V.U \times VNR}{VRN}$$

Donde:

V.U.R = Vida Útil Remanente

V.U = Vida Útil

VNR = Valor neto de reposición

VRN = Valor de reposición nuevo

El concepto intrínseco de esta fórmula es importante destacarlo, tomando en cuenta que en algunos casos se estima la vida remanente como la diferencia entre la Vida útil y la edad cronológica. Este último concepto, no

necesariamente es correcto, debido a que el restante de vida de un inmueble o mueble, depende de su estado de conservación.

#### **2.1.6. Vida Media Probable (VMP).**

La vida media probable es el valor estadístico obtenido a partir de las curvas de mortalidad para cada bien.

En nuestro país, es común encontrar bienes que han superado ampliamente la Vida Media Probable y aun continúan en explotación económica.

En el caso de querer determinar el periodo de vida útil durante el cual un bien puede seguir prestando servicios, la respuesta es aleatoria, pues se trata de problemas de probabilidad de subsistencia. Esto en parte se soluciona recurriendo al uso de las tablas de mortalidad o de gráficos que representan la frecuencia de los retiros en función de la antigüedad, especialmente en el caso de maquinaria y equipo.

Mediante este mecanismo se puede fijar un valor de Vida Media Probable, que puede llegar a valores que oscilan entre 2 y 3 VMP.

Sin embargo la vida económica de un bien se encuentra íntimamente relacionada con el grado de explotación y es, a su vez, función del adelanto tecnológico.

En algunos casos, cuando un bien llega a su vida media probable (VMP) resulta que es equivalente a su valor final y solo tiene un valor igual al de chatarra o desecho. Ello ocurre con frecuencia en países de gran desarrollo industrial. Sin embargo en países de desarrollo relativo, el bien sigue siendo rentable y continua productivo, prestando servicios en industrias con menores

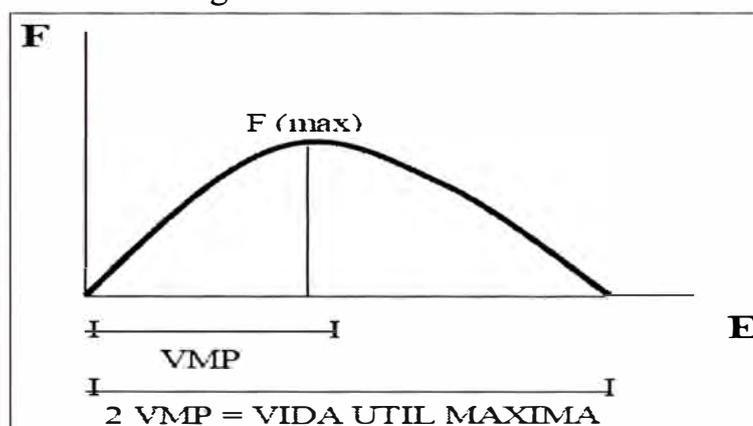
exigencias de exactitud y calidad en los productos a procesar, es decir, que su valor de VMP será apreciable y superior al de desecho.

En el cálculo de la Vida Media probable, se analiza el comportamiento durante la vida útil de una serie de maquinas para un lote numeroso. Al final del seguimiento se representa sobre un sistema de coordenadas ortogonales, tomando en las abcisas las edades y en las ordenadas las frecuencias de retiro, para cada edad, hasta alcanzar la ultima del lote de ensayo.

$$F(E) = \text{frecuencia de retiro a cada edad} = \frac{\text{Nro Maquinas retiro por año}}{\text{Nro Total del lote ensayado}}$$

Habitualmente, la curva obtenida es comparada con un valor máximo, o valor modal, según se muestra en la figura No.2.1.

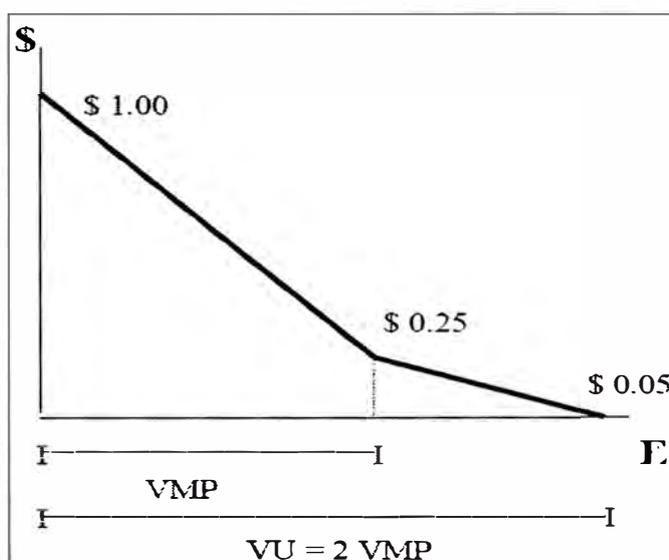
Fig. 2.1.-Frecuencia de retiro



Para la mayor parte de los equipos y maquinas de uso corriente, esta curva es de tipo simétrica respecto del valor modal, por lo que se deduce que para estos casos la vida útil y máxima de un bien es igual al doble de la vida media probable (2VMP). Este hecho permite simplificar la confección de la tabla de depreciación por antigüedad, admitiendo que al finalizar su VMP el valor residual es igual a 0.25 y al finalizar su vida útil (segundo uso) el valor final

de 0.05 (valor chatarra o desecho) corresponde a dos veces su vida media probable, tal como se indica en la figura No.2.2. Para edades o antigüedades superiores a  $2VMP$ , se mantiene el valor de 0.05 establecido (la curva se hace asintótica al eje de las abscisas).

Fig. 2.2.-Vida Media Probable



Es recomendable que en corto plazo, este tipo de aplicación sea aplicada a las edificaciones, pudiendo obtenerse una mejor concepción de la vida útil de las edificaciones de una forma más científica.

## 2.2. VIDA UTIL EN BUQUES MILITARES.

Para encontrar la base de la vida útil de los buques, debemos recurrir a la Economía y Política que practican los países desarrollados en materia de Defensa Nacional y Desarrollo Nacional.

En materia de defensa Nacional los países desarrollados planean y programan sus operaciones de defensa sobre la base de disponer de los medios materiales nuevos,

modernos y de inaugurales performances, conformando un Ejército, Aviación y Marina capaces de participar en una conflagración mundial.

En materia de Desarrollo Nacional los países avanzados invierten altos montos en sus presupuestos para la ejecución de sus programas de investigación científica y tecnológica, a fin de fabricar y disponer de los medios materiales novísimos con performances no habidas en el mercado y así mantener el liderazgo, con lo que plantean nuevos problemas táctico estratégicos que requieren de nuevas soluciones y así sucesivamente.

Al trastocar la ciencia de la economía nos encontramos con la teoría de la evaluación económica de los proyectos, que establece los:

Métodos de depreciación y

Análisis de Reposición.

Los parámetros de los bienes activos (materiales y equipos que generen ganancias) definen y fijan la vida de servicio.

Los tratadistas de este campo de la economía aplicada a la ingeniería naval, han establecido criterios de evaluación económica de buques, destacándose entre figuras de nivel mundial los trabajos del:

- a) Dr. TUTIN, que ya en 1922 estableció el método de los factores de importancia para evaluar la factibilidad de una adquisición naval.
- b) Profesor Harry BENFORD de la Universidad de Michigan con cuatro(4) métodos de evaluación de las adquisiciones navales, actualmente en uso en USA y Europa.
- c) Dr. Ing. H. VOLKER de la Universidad de Viena, con su método de “costos marginales” aplicando la técnica de la “investigación operacional”

estableciendo modelos matemáticos que incorpora la influencia de los factores individuales sobre los ciclos de trabajo probable de una Unidad Naval.

- d) Economista Norteamericano JOEL DEAN con su método de rendimiento interno y método de valor neto y otros mas, cuyos criterios se basan en la teoría de la evaluación económica de los proyectos que diferencia las siguientes definiciones:

### **2.2.1. Vida Útil Económica (VUE).**

Es el periodo desde la fecha de construcción hasta la fecha en la que se retira del servicio primario. Dentro de esta etapa de vida económica el buque en perspectiva trabaja a su máxima performance y su material en la escala de seguridad se encuentra en el rango “seguro”. Su retiro se caracteriza porque el valor anual de la inversión para mantenimiento en perspectiva, se vuelve mayor que el valor anual de retener el buque actual (buque usado) por más años. El retiro consiste en la enajenación o en destinar al buque a un servicio de grado inferior o menos útil que aquel para el cual se destino originalmente.

En los países desarrollados como Estados Unidos e Inglaterra, se optan por colocar en reserva a los buques que hayan cumplido el tiempo de vida económica, esto no quiere decir que estos buques se encuentren en mal estado, al contrario comúnmente se encuentran en un estado regular. Por esto los países en proceso de desarrollo como el Perú optan por comprar estos buques, con el fin de operarlos en una nueva vida útil.

### **2.2.2. Vida Útil Secundaria (VUS).**

Es el periodo desde la fecha de reutilización de buque luego de culminar su vida económica hasta la fecha que se retira de su vida secundaria. En este periodo el buque puede ser usado en servicios secundarios hasta que se degrada a performances inferiores y los costos de mantenimiento no justifican continuar usándolo, en razón que su material esta en el límite “marginal” de la escala de seguridad, reduciéndose su disponibilidad operativa.

En la Marina Peruana la mayoría de los Buques comisionados, vienen de cumplir una vida útil económica en su país de origen, debido a esto la Marina deberá evaluar todas las obsolescencias a lo cual está sujeta, a fin de determinar la rentabilidad de misión del Buque.

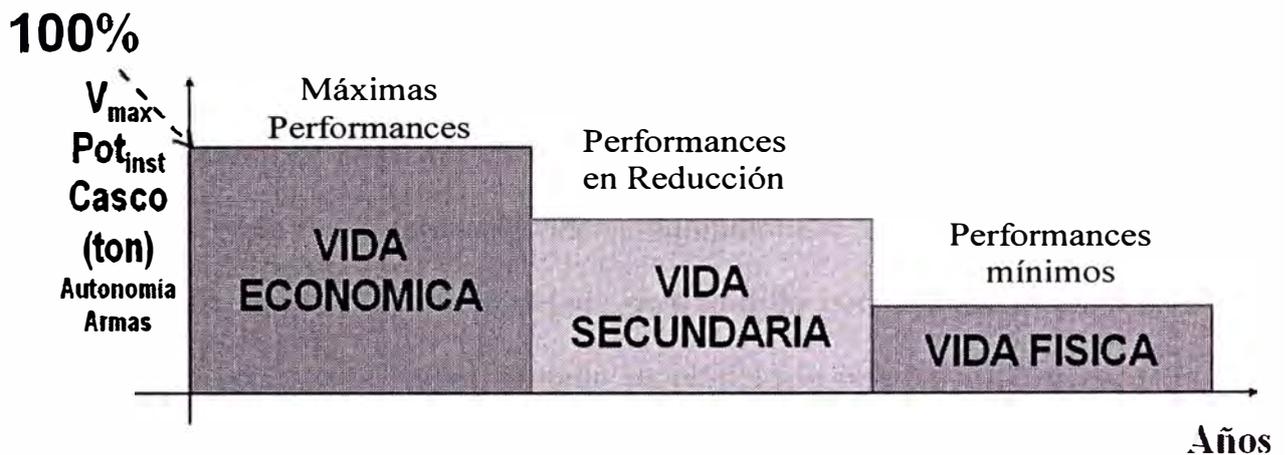
En el Perú este periodo abarca entre 20 a 30 años, considerando que la frecuencia de operación del buque es poca, debido al tiempo de paz que el país goza.

### **2.2.3. Vida Útil Física (VUF).**

Es el periodo desde la fecha de construcción hecha por el propietario original hasta que el propietario final del buque (buque usado) se desprende definitivamente. Esta etapa corresponde a la diferencia entre la vida material y la vida secundaria dentro de la cual, se va usar las instalaciones en usos auxiliares, diferentes a su destino original, cuyo material en la escala de seguridad se encuentra en el límite “critico” a pesar de tratar de mantenerlo, hasta su desgaste total al final del cual ira al desguace.

Para una mayor comprensión se observa la fig.2.3 donde se observa la Vida útil Total del buque y los niveles de performances en cada etapa de su vida.

Fig. 2.3. Vida útil total de un Buque Militar.



Por otro lado, la política seguida por los países desarrollados establece los siguientes conceptos:

La vida útil termina, cuando culmina su vida económica, época en que los soportes logísticos de sus partes y componentes quedan fuera de la línea de producción de sus Centros Industriales y Confecciones. Las partes y componentes son manufacturados por series y modelos, es decir, de generación en generación, que van desde diez a veinte años. Dentro de estos periodos, los Centros de Manufactura tienen organizada toda su producción utilizando materiales, maquinas, herramientas y mano de obra para trabajar en serie ininterrumpida. Mientras tanto los centros de investigación tecnológica y científica van mejorando e innovando el diseño de aquellas manufacturas, que serán introducidas como, modificaciones para dar como resultado

a la siguiente generación la que entrará en producción en reemplazo de la generación vigente.

Mientras tanto estos países también han preparado nuevos diseños de buques para desarrollar mejores performances en los cuales instalaran el equipamiento de manufactura de la nueva generación, planteando nuevos juegos de guerra a sus oponentes.

Por las razones anteriores, para un país desarrollado, la vida útil de su buque termina cuando termina el ciclo de la generación de su equipamiento y necesariamente tiene que desaparecer de su flota. El vacío dejado será llenado por una nueva unidad de equipamiento con generación actual. Basado en el ciclo vegetativo de buques, para un país desarrollado, la vida útil de sus buques de Guerra responden a periodos de vida preestablecidos, tal como lo indica por ejemplo el Nav. Mat. I. 4000.20 Protección logística Integrada, de la Marina Norteamericana, que se define como la composición de los elementos necesarios para asegurar la eficiencia y protección económica de los sistemas o equipos de las Unidades Navales a todos los niveles de mantenimiento, para los ciclos de vida programada.

De acuerdo a tales programas y a lo que se puede observar de la publicación JANE'S FIGHTING SHIPS de las dos últimas décadas, la vida útil de los buques de Guerra de los países desarrollados, es como sigue:

Cruceros y buques similares	25años
Destroyers, buques similares y Submarinos	20años
Patrulleras y buques livianos	15años

## **CAPITULO III**

### **FACTORES QUE AFECTAN LA VIDA ÚTIL**

Los factores que afectan la vida útil de un buque cualquiera son: la obsolescencia técnica, económica y logística, y para el caso de Buques Militares, además de las anteriores se debe considerar la obsolescencia táctica y estratégica. A continuación se expone.

#### **3.1 OBSOLESCENCIA TÉCNICA.**

Es uno de los principales factores que afectan la vida útil de los Buques militares, debido a los requerimientos de alto nivel y especificaciones de construcción, los cuales son incorporados en el proceso de diseño de la nueva unidad. Derivado de lo anterior, se establecen los parámetros fundamentales en el diseño del buque.

La vida útil del Buque determinará el tipo de estructuras, los materiales a emplear y la resistencia de Viga-Buque, con el propósito de asegurar la vida útil del Buque prevista y que éste no tenga que ser dado de baja prematuramente por razones estructurales tales como grietas, daños en la Viga-Buque u otros defectos equivalentes. En este aspecto deberá considerarse, por ejemplo, los tipos de

cuadernas, distancias entre ellas, tipo y espesor de las planchas a utilizar, tipo de diseño y peso total del casco, etc.

Se debe definir también cual será el margen de futuros aumentos de pesos para modernizaciones o instalaciones de nuevos sistemas de armas. A mayor vida útil esperada del buque deberá existir una mayor cantidad de peso y volumen reservados para futuras modernizaciones.

Lo anterior también relaciona la capacidad del buque de abastecer energía eléctrica para los servicios de aire acondicionado, accionamiento de electrobombas, alumbrado, etc., y los nuevos sistemas de armas que sean instalados durante la vida útil del buque. Varios sistemas de los buques que están en construcción quedan obsoletos antes de salir el buque al servicio, por el gran avance tecnológico existente, lo cual ha mantenido una tendencia constante de acelerar los cambios, superando continuamente la performance y capacidades de los sistemas diseñados con anterioridad.

Este efecto puede ser mayor si estamos hablando de construir el último buque de una clase, salvo que el diseño original haya sido modificado o modernizado.

Para determinar la Vida útil Remanente de un Buque por “obsolescencia técnica”, se tiene que evaluar lo siguiente:

- a) Estado actual del casco y estructuras, lo cual implica evaluar la corrosión del material, Esfuerzos de la Viga Buque, fallas estructurales y situación de la soldadura.
- b) Estado Actual de la Maquinaria, implica determinar los performances del motor principal y sistemas auxiliares.

Con estos datos el Evaluador o Perito, podrá proyectar la Vida Remanente.

### 3.2 OBSOLESCENCIA ECONÓMICA.

Esta obsolescencia se produce cuando los costos de operación de una determinada unidad (costos de la dotación, del combustible, de la munición, repuestos, de las reparaciones, del mantenimiento, etc.), dejan de ser rentables al compararlos con el reducido aporte a la capacidad de una Fuerza naval que entrega la unidad en cuestión, o cuando existen otras unidades u otros medios que pueden cumplir esas mismas funciones, incluso con una mayor eficiencia, pero a un costo más reducido.

En las marinas más desarrolladas el costo del personal está siendo cada vez más importante para determinar dar de baja una unidad o acortarle su vida útil por constituir este acápite el principal factor de orden económico en el costo de operación de la unidad.

También puede determinarse que una unidad llegó al nivel de una "obsolescencia económica" cuando sus costos de modernización o de recuperación superan el costo de la adquisición de una unidad con capacidades superiores a la unidad afectada. Este fue el caso cuando se llegó a que el costo del mantenimiento y modernización de las últimas fragatas Leander inglesas de la clase batch III (broad beam Leander), las cuales fueron modernizadas al standard Seawolf + Exocet MM-38 en la década de los años 80, refit que superó los 80 millones de libras esterlinas de costo (equivalentes a US\$ 120.000.000), y por cuyo valor se dispuso la construcción de buques nuevos, los que constituyeron las fragatas tipo 23.

### **3.3 OBSOLESCENCIA TÁCTICA.**

Esta obsolescencia se origina fundamentalmente cuando los sistemas y armas que tiene una determinada unidad han sido superados en su performance original por otras capacidades de las unidades o sistemas de armas del enemigo, siendo el buque ineficaz para cumplir con sus funciones originales, no contribuyendo mayormente a la potencia ofensiva, capacidad defensiva y capacidades de Mando y Control de una Fuerza Organizada. Este es el caso, por ejemplo, de unidades de superficie diseñadas durante la década de los años 70 sin misiles antibuque y sin la capacidad para operar helicópteros.

Parte de la "obsolescencia táctica" también se produce por la dificultad de cambiarle la firma de emisiones del buque en cuestión, tales como: las emisiones de ruido acústico, emisiones infrarrojas, área reflectora de radar, etc. lo que es crecientemente utilizado por las plataformas enemigas que tienen sensores y sistemas de armas más modernos, haciendo vulnerable al buque propio.

### **3.4 OBSOLESCENCIA LOGÍSTICA.**

Se produce cuando no es posible mantener o reparar los sistemas existentes en las unidades de superficie fundamentalmente por carencia de repuestos que no se fabrican más y también por cambios de tecnologías, quedando discontinuados los repuestos relacionados con los sistemas existentes a bordo. Este proceso se agrava naturalmente cuando las unidades afectadas son las últimas de su clase en servicio.

La "obsolescencia logística" termina afectando a la confiabilidad y disponibilidad general del buque, haciendo también cada vez más difícil, costoso y lento sus procesos de reparación debido a que numerosas fallas deben ser consideradas como

casos especiales porque quizás no existen los repuestos originales disponibles para su reparación.

### **3.5 OBSOLESCENCIA ESTRATÉGICA**

Se produce cuando aparecen nuevas plataformas o sistemas capaces de cumplir en forma más eficiente y económica las tareas asignadas a un buque de superficie determinado. Como ejemplo podemos citar a los acorazados construidos previa y durante la Segunda Guerra Mundial, los cuales quedaron estratégicamente obsoletos al terminar ese conflicto, siendo reemplazados en la mayoría de sus funciones por los portaaviones, obligando a las marinas poseedoras de estas unidades a darlas de baja en forma acelerada o anticipada.

Integrando las obsolescencias mencionadas anteriormente podemos llegar a lo que se denomina como la "obsolescencia total", es decir una unidad de superficie que es antieconómica, está obsoleta logística y tácticamente y que está también obsoleta a nivel estratégico.

La capacidad industrial de un país, particularmente en lo que se refiere a la industria de defensa y de construcción naval es también un factor de gran importancia cuando llega el momento de definir la vida útil de las unidades. No cabe duda que aquellos países con un mayor desarrollo y base industrial tienen una mayor capacidad de modificar o alargar la vida útil de las unidades de superficie, que aquellos países en que su industria naval no ha sido desarrollada o es inexistente.

## **CAPITULO IV**

### **INSPECCIÓN VISUAL**

#### **4.1 FRECUENCIA DE INSPECCIÓN**

El plan de inspección y mantenimiento de casco para buques de guerra depende del criterio que cada Marina defina. No obstante cabe mencionar lo estipulado por las casas clasificadoras, debido a que el análisis de vida útil del casco involucra a todos los buques.

La clasificadora AMERICAN BUREAU OF SHIPPING (ABS) en su norma “Guide for Hull Inspection and Maintenance Program” recomienda los siguientes intervalos de inspección:

##### **4.1.1 Inspecciones Anuales**

Este tipo de inspección se realiza a flote, evaluando la condición de todos los espacios accesibles. En general, la frecuencia de las inspecciones anuales es de 12 meses. En ningún caso esta frecuencia se extienda más allá de 18 meses desde la fecha de finalización de la última inspección.

En esta inspección se evalúa lo siguiente:

- a) Área estructural de la cubierta.
- b) Estado de la estructura y revestimiento de los tanques de lastre y carga/lastre incluyendo los piques.

- c) Las tapas de escotilla, las escotillas y sus dispositivos de cierre.
- d) Equipos de cubierta, accesorios de cubierta y helipuertos.
- e) Tuberías y sus apoyos.
- f) Superestructuras y Casetas incluyendo puertas y sus dispositivos de cierre.
- g) Planchaje de casco por encima de la línea de flotación.
- h) Bodegas de carga, tanques de carga y espacios.
- i) Tanques vacíos y/o cofferdam.
- j) Conductos de tuberías y túneles.
- k) Vigas longitudinales, transversales y Baos de cubierta.
- l) Otros espacios accesibles.
- m) Conexiones y descargas a mar por la borda.

#### **4.1.2 Inspecciones Intermedias**

Este tipo de inspección se realiza en dique seco, dique flotante o varadero, evaluando la condición de todo el casco y estructuras. En general, la frecuencia de las inspecciones intermedias ha de ser entre 24 a 36 meses. En ningún caso esta frecuencia se extienda más allá de 36 meses desde la fecha de finalización de la última inspección.

En esta inspección se evalúa lo siguiente:

- a) Todas las requeridas en las inspecciones anuales.
- b) Condición externa de todo el planchaje debajo de la línea de flotación.
- c) Condición interna de todo el contorno del planchaje de casco, mamparos, cuadernas, vigas longitudinales y todos los refuerzos

miembros de todos los tanques que formen parte de la sentina o contengan lodos (agua mas aceite) y de espacios secos como: espacios vacios, despensas y cofferdams.

#### **4.1.3 Inspección cada 5 años**

Este tipo de inspección consiste en realizar un análisis especial a todo el casco, el cual implica realizar calibraciones de espesores, análisis de falla, etc. La frecuencia de las inspecciones de los 5 años no debe exceder de 60 meses a partir de la fecha de la inspección anterior.

En esta inspección se evalúa lo siguiente:

- a) Todo lo indicado en la inspección anual e intermedia.
- b) Condición interna de todo el contorno del planchaje de casco, mamparos, cuadernas, vigas longitudinales y los refuerzos miembros de los tanques que transportan líquidos distintos del agua salada, tales como: tanque de agua dulce, petróleo, aceite lubricante y todos los tanques no requeridos por la inspección anual e intermedia.

## **4.2 INSPECCIONES Y ESTADO DE CASCO**

Varios son los interesados en el estado del casco, como lo son el Inspector de la compañía de Pinturas, el representante del armador, el Astillero donde se realizara las labores y a los representantes de las Sociedades Clasificación.

Se observa que si se deben cambiar algunas planchas, sanear alguna soldadura, etc., sólo después de haber hecho todas estas consideraciones se puede determinar con exactitud el trabajo a realizar.

En la inspección de carena del casco se consideran diferentes aspectos, tales como el casco exterior, cubierta, timón, hélice, estructura interior, etc. El desarrollo del presente Informe está orientado en el plano netamente estructural, la preocupación básica son las inspecciones del casco exterior, cubierta y estructura interior, además se observara el estado en que se encuentren las capas de pintura del buque.

De esta manera el estado real del casco determinara el orden de trabajos a realizar y además en cierta medida, la elección del material abrasivo con el que se efectúe la limpieza del casco, especificando la calidad de ese trabajo según la norma utilizada.

Como se menciono anteriormente la norma a utilizar en la inspección y reparación de los buques militares, va depender básicamente del criterio de cada Marina. En esta tesis se recomienda tener en cuenta la norma: “ Shipbuilding and Repair Quality Standard” del IACS, Parte B, para recomendaciones de reparación de casco y estructuras.

#### **4.2.1 Casco exterior**

##### **4.2.1.1. Deformaciones y abolladuras:**

En primer lugar se debe verificar si existen deformaciones y abolladuras de importancia tanto en el casco como en el espejo de la nave, considerándose a toda abolladura o deformación con flecha igual o superior al doble del espesor del planchaje inaceptable, por lo que debe ser reparado, renovando el planchaje dañado, especialmente aquellos que comprometan la estructura interior.

Cualquier deformación que afecte al planchaje del trancanil o del pantoque, la flecha máxima de deformación admisible no debe exceder el valor del espesor del planchaje de la zona afectada.

En el caso en que las deformaciones afecten a miembros estructurales del casco, tales como cuadernas, mamparos, varengas y baos su flecha máxima no debe exceder de 1.54 veces el espesor del planchaje.

Vale señalar que todos los límites de las deformaciones aceptables por la autoridad marítima o Marina, estarán en concordancia con lo establecido por las Sociedades Clasificadoras.

#### **4.2.1.2. Socavaciones y corrosión:**

Se deberá verificar si existen grandes socavaciones de importancia sobre las planchas del casco, y determinar el grado de corrosión en que se encuentren. Si estas socavaciones y/o erosión se localizan puntualmente en un área no mayor a 4 pulgadas cuadradas de una plancha, se puede aceptar un desgaste de hasta un 40%, siempre que dicha corrosión, no se localice en el lugar o inmediatamente bajo puntos de succión de sentinas y aspiración de tanques de lastre o de agua dulce.

#### **4.2.1.3. Calibración de planchaje:**

Cuando se realiza las inspecciones intermedias, esto se realiza en zonas especiales como tanques de lastre, agua y zonas sujetas a corrosiones considerables, y se llevara estrictamente en las

inspecciones cada 5 años, donde se realiza una calibración de todo el planchaje de casco (obra viva y obra muerta), además de incluir la cubierta. Todo esto puede ser evaluado y modificado según criterio de cada Marina.

#### **4.2.2 Cubierta**

En cuestión a deformaciones en cubierta se aplica lo indicado para el planchaje de casco.

Todos los medios de cierre que posea la cubierta tales como puertas estancas, escotillas, cierres de ventilación deberán ser estancos, además no se debe permitir aberturas de descarga del sistema sanitario en los mamparos de casetas, castillos y superestructuras de la cubierta principal.

#### **4.2.3 Estructura interior**

##### **4.2.3.1. Inspección:**

La estructura interior del buque como son los baos, cuadernas, longitudinales, varengas, etc.; se calibraran al realizarse la inspección de 5 años, donde deberán renovarse todo el material que presente desgaste igual o superior a un 20%. Además todos estos elementos estructurales deberán encontrarse en buenas condiciones, sin deformaciones, ni desgaste excesivo y sus soldaduras de unión al casco, mamparos y cubierta en buenas condiciones.

#### **4.2.3.2. Pruebas hidráulicas:**

Se efectuaran pruebas de estanqueidad a compartimentos cerrados mediante el método metro columna de agua cuando se realiza la inspección de cada 5 años. La presión de prueba que se deberá aplicar corresponde a, por lo menos una columna de agua hasta el punto más alto de los tubos de venteo.

Por otra parte los mamparos serán probados en su estanqueidad cada cinco años mediante el método de chorro de agua a presión.

#### **4.2.3.3. Calibración de planchaje:**

Se establece que cada 5 años se deberá calibrar el casco, si se observa zonas debajo de lo permisible deberá renovarse todos los miembros estructurales (planchaje de casco, cubierta, mamparos, refuerzos, etc) que presenten desgastes por encima de lo permitido por la sociedad clasificadora.

Antes de realizar la medición de espesores de planchas debe realizarse una exhaustiva limpieza de los lugares a medir, y se deben tomar tantos puntos como sean necesarios para determinar en forma global el estado del casco.

Cabe resaltar que la frecuencia de inspección y los criterios de reparación pueden ser variados por la Marina o casa clasificadora, según la frecuencia de operatividad de la nave u otras circunstancias que estas convengan.

### 4.3 CORROSIÓN

Se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico en su entorno, en el que intervienen como elementos principales:

Metal - Oxígeno - Agua

Consistente en el arco voltaico por la diferencia de potenciales eléctricos de metales en presencia de un electrolito. En el caso del Buque, el planchaje de acero, la hélice de bronce y el agua salada forman el arco voltaico que al no ser evitado debe instalarse otro metal de menor potencial eléctrico que haga de ánodo de sacrificio como el zinc.

La estructura del Buque sufre un desgaste progresivo de carácter mecánico y envejece gradualmente. Su duración queda únicamente determinada por la magnitud que causa la corrosión, o el desgaste progresivo por uso o fatiga del material.

#### 4.3.1. Tipos de corrosión.

##### **Corrosión atmosférica:**

La que se produce debido a la agresión atmosférica ambiental, con presencia de oxígeno, humedad y productos químicos.

##### **Corrosión por inmersión:**

Ocurre al estar en completa inmersión. Se caracteriza por la agresividad del líquido, que contiene sales disueltas y animales o vegetales adheridos (que rayan o diluyen los revestimientos), aparte de la abrasión que produce el movimiento del líquido.

##### **Corrosión galvánica:**

Disolución de un metal (ánodo), por estar en contacto con un elemento catódico: meta-les distintos, diferencias de concentración, etc.

**Corrosión química:**

La que se produce por disolución del metal debido al ataque de productos químicos.

**Corrosión mecánica:**

Desgastes por roces y abrasión, cavitación, tensiones mecánicas, etc.

**4.3.2. Desgaste de las estructuras navales de acero.**

Existen métodos que determinan las velocidades lineales de corrosión (pérdidas de material por unidad de tiempo) en las distintas partes de la estructura de un Buque.

Las Sociedades de Clasificación de Buques establecen los periodos a los que un Buque debe entrar a dique, para Buques nuevos es de CUATRO (4) años; para los Buques existentes son periodos más cortos. Hoy es posible comprobar mediante equipos de ultrasonidos el espesor existente en partes importantes del Buque, tales como el planchaje de la obra viva.

Los Buques están sometidos a procesos de corrosión durante su Vida Útil. La velocidad de esta depende de las características de las aguas que con más frecuencia navega. Pero sobre todo tienen gran importancia la previsión tomada para su conservación y frecuencia con que se realiza los trabajos de mantenimiento.

Es importante diferenciar las distintas partes de la estructura con respecto a su tendencia a la corrosión. Para obtener cifras de validez general se han

realizado investigaciones en serie, sobre un gran número de Buques. Los números que daremos tienen la ventaja de que se determinaron en Buques viejos o muy viejos, y precisamente se comprobó el grado de corrosión de las partes más importantes al realizar la inspección y calibración del planchaje, para ver si era necesario desmontarlas y renovarlas o solo repararlas. Dichas investigaciones fueron hechas por la Marina de Guerra Alemana, que posteriormente ha servido para el estudio en Buques de carga seca.

Según el grado de tendencia a la corrosión de las distintas partes de la estructura se encontraron velocidades lineales de corrosión referidas a las dos caras, de entre 0,025 a 0,125 mm/año. Estos valores solo se refieren a la corrosión superficial uniforme originada por la corrosión atmosférica e inmersión y no a las picaduras localizadas. Este último tipo de corrosión localizada no es tan impactante como la corrosión sobre la superficie completa de una plancha. Es más fácil reparar una picadura que sustituir una plancha completa. Por esta razón en el presente estudio técnico nos ocuparemos principalmente de la corrosión superficial uniforme y solo se incluirá los daños por picadura que se acumulan en zonas limitadas o perjudiciales a los elementos de unión de los elementos constructivos.

A partir de los valores medios citados, calculados después de decenas de años de servicio, no se pueden obtener conclusiones sobre el curso de la corrosión en periodos más cortos de tiempo y, especialmente, en los primeros tiempos de la entrada en servicio. Al principio es eficaz el efecto protector de todas las medidas de conservación (pinturas y ánodos de zinc) y a medida que el buque envejece la medida de conservación se presenta con mas frecuencia, pero es

posible que ya no se obtenga el mismo efecto protector que con las pinturas aplicadas al construir el buque. Pero los valores medios sirven para establecer conclusiones abundantes con relación a la relativa tendencia a la corrosión y a la vida media o, mejor, la duración útil de la estructura de un buque.

#### **4.3.3. División de la estructura en regiones de acuerdo a las tendencias de corrosión.**

El casco se corroe más bajo la línea de máxima carga y en la franja de flotación. Un estudio hidrodinámico preciso demuestra que se superponen varios efectos (mareas, turbulencias, emersión de hélice, etc.) que en total contribuyen al acceso del oxígeno. Estos efectos son especialmente intensos en la parte de popa.

Además se observa corrosión muy fuerte en las zonas de descargas de agua de refrigeración. En la obra viva después de poco tiempo de navegación se produce incrustaciones que se alojan en la superficie dañando las pinturas anticrustantes. Las pinturas venenosas (anticrustantes. Antifouling) contienen constituyentes metálicas, que al no estar intacta la capa de fondo pueden favorecer la formación de corrientes galvánicas.

Los Buques que con frecuencia se detienen en aguas turbias por desagües industriales o por aguas cenagosas sufren daños de corrosión intensa.

En la popa del Buque puede originarse corrosión intensas por cavitación (erosión-corrosión) que exceden en mucho a la corrosión galvánica.

La zona de la **franja de flotación** entre el mínimo y máximo calados, está expuesta a la **oxigenación variable**, tal que, la película de pintura que la

protege se deteriora con rapidez y el acero queda a merced de la intemperie, esto se produce en Buques y artefactos que permanecen fijos que por efecto del cambio de marea tal oxigenación se produce con intensidad.

La zona del casco que queda sobre la línea de flotación está sometida a los efectos de la intemperie marina saturada de humedad. En investigaciones no se observaron condiciones intensas de la corrosión en estas zonas. Los cuidados que por razones de estética se tienen respecto a la conservación de estas zonas estarían mejor empleados en otra más expuestas del Buque de mayor prioridad.

Las condiciones corrosivas de las superficies de los compartimientos son diversas y dependen del empleo que se da a los espacios interiores. En todos los compartimientos directos o indirectamente en contacto con el medio ambiente, el mayor peligro proviene de la condensación de la humedad. Especialmente en salas de máquinas y en los camarotes la condensación en el casco es considerable, ya que se encuentra refrigerado por el viento y el contacto con el agua en movimiento relativo durante la navegación. Los camarotes, por razones sanitarias, se aíslan relativamente del aire, con lo que también se disminuye los efectos corrosivos.

El peligro sobre las cubiertas y los mamparos depende de la naturaleza del compartimiento que limitan. Se pueden aplicar juiciosamente las consideraciones hechas respecto del casco. Debe tenerse en cuenta que hay que considerar la corrosión en superficies externas a la intemperie y en superficies internas.

#### **4.3.4. Grados de tendencia a la corrosión.**

Los grados de tendencia a la corrosión de las distintas partes de un Buque destinado a transportar cargas secas, tienen la siguiente significación de tendencia a la corrosión:

1. Ligera.
2. Moderada.
3. Fuerte.
4. Muy fuerte.
5. Fortísima.

L. Posibilidad adicional de fuertes picaduras localizadas.

Cuando la tendencia a la corrosión es distinta por ambas caras, como ocurre, en los cascos, se da un valor suma de los desgastes, se subdivide en corrosión intensificada y corrosión normal. La primera es simplemente más intensa, ocurre en las regiones (limitadas) del casco que quedan detrás de los puntos descarga del sistema de refrigeración.

Las velocidades lineales de corrosión se pueden relacionar con las cifras anteriormente mencionadas sobre la tendencia de la corrosión. Al grado 1 puede corresponder 0,022 mm/año, al grado 2 puede corresponder 0,05 mm/año, al grado 3 puede corresponder 0,075 mm/año, al grado 4 puede corresponder 0,1 mm/año y al grado 5 puede corresponder 0,125 mm/ año. Esos daños causados por picaduras pueden ser de gravedad muy variable.

Las cifras que acabamos de citar para equivalencias deben tomarse como límites inferiores. Estos datos proceden de la Marina Alemana, y como son largas las permanencias en zonas climáticas moderadas y la conservación

muy cuidadosa, debe considerarse que en los Buques las condiciones de corrosión son mínimas, sobre un límite superior para condiciones climáticas duras y mala conservación no se puede dar una estimación exacta. Sin embargo puede pensarse que multiplicando los valores por 1,5 se obtienen cifras que sólo serán superadas en casos excepcionales.

#### **4.3.5. Medidas de protección contra la corrosión.**

##### **4.3.4.1. Mejora de los aceros de construcción naval**

La introducción del acero como material para la construcción de Buques dio lugar a una tenaz lucha contra los daños de la corrosión. Sólo tuvo éxito cuando pudieron emplearse los medios de protección contra la corrosión. Hace ya más de 100 años que el acero es el material fundamental de las construcciones navales. Los elementos de aleación se añadieron pensando en la resistencia mecánica necesaria, en la facilidad de trabajarlos, en la soldabilidad y el precio.

Al iniciarse la construcción de Buques de hierro se emplearon los hierros forjados obtenidos por pudelado. Las estructuras de estos Buques se corroían mucho menos que los hoy fabricados de acero. Sobre la causa de esta mejor resistencia a la corrosión de los materiales antiguos difieren mucho las opiniones.

Pero en los ensayos se ha reconocido muchas veces que la tendencia a la corrosión bajo tensiones aumenta con el contenido de carbono, y puesto que el llamado hierro forjado contiene menos carbono que los aceros suaves sería a ella la mayor resistencia a la corrosión de los

hierros forjados. Como el acero sólo presentaba ventajas frente al hierro forjado, desde 1,880 casi sólo se trabajó con el nuevo material (barcos de acero = proceso Martin-Siemens).

Entre los resultados, en parte sorprendentes, se encontró que las muestras que contenían cobre eran más resistentes al medio marítimo que las de los aceros sin cobre. El cobre por tanto sólo actúa condicionalmente como adición favorable contra la corrosión en los aceros de construcción naval. Respecto a los demás elementos de aleación no hay ninguna particularidad notable. El empleo de los aceros inoxidable al cromo-níquel es prohibitivo por causa de su precio, salvo casos especiales.

Por lo que respecta a los materiales empleados en la construcción naval, no se puede esperar ninguna mejora esencial en la reducción de la corrosión.

#### **4.3.4.2. Empleo de metales ligeros en la construcción naval**

Se emplean en Buques pasajeros, Buques de guerra, yates de lujo, en los que es importante ahorro de peso y están menos expuestas a la corrosión. Tales son, p. ej. Las partes elevadas muy por encima de la línea de flotación chimeneas, botes de salvamento, mástiles, marcos de ventanas, herrajes, etc. En forma de hojas se emplean también como material aislante.

De entre múltiples aleaciones ligeras se han mostrado satisfactorios las de aluminio-magnesio y aluminio-magnesio-silicio, y malas, por el contrario las que contienen cobre.

#### **4.3.4.3. Seguridad contra la corrosión de los elementos de unión**

Las diferentes partes de acero o metales ligeros, una vez listas se unen mediante remaches o soldadura. El material del cordón de soldadura presenta ciertamente otros elementos de aleación que el material que lo rodea, pero ello parece que no causa diferencias peligrosas de potencial. Sólo si se emplean electrodos de baja calidad (desnudos) o se trabaja mal (inclusiones de escoria en el cordón) se han observado hasta ahora daños serios por corrosión. Pero estas circunstancias desfavorables deben evitarse también por razones de resistencia mecánica. Las conocidas tensiones de soldadura tampoco producen corrosión, al parecer siempre desaparecen progresivamente.

#### **4.3.4.4. Protección de la corrosión por recubrimientos**

Es importante para el efecto protector es decir la conservación de la pintura, la preparación cuidadosa de la superficie que se ha de pintar. Las planchas y perfiles para la construcción naval salen del taller de laminación con cierto recubrimiento, su presencia significa un ennoblecimiento de la superficie y, mientras no se dañe, ejerce un efecto protector contra la corrosión. Pero en la construcción naval siempre sufre deterioros, debido al transporte, los bordes cortados, las

zonas deformadas en frío, etc. En los lugares del deterioro, y por diferencia de potencial existente entre el acero y la cascarilla, se originan corrosiones localizadas y picaduras. Por esta razón es preciso eliminar totalmente la cascarilla. Esto se puede lograr en las construcciones navales con el chorro de arena o por decapado. Para que las pinturas cumplan su función, deben ser aplicadas previa preparación adecuada de la superficie a aplicarse. Naturalmente esta condición también se cumple para la renovación de las pinturas antiguas, pero precisamente en este caso no se puede lograr siempre. Es desagradable que esto ocurra especialmente en lugares en los que ya de por sí es mayor el peligro de corrosión.

La pintura no sólo tiene que ser una protección contra la corrosión sino también para las incrustaciones. Es esencial indicar que la pintura sólo en muy pocos casos proporciona una protección completa contra la corrosión, pero amortiguan considerablemente los daños producidos por ella. Es de la máxima importancia la buena preparación de las superficies y la elección de la mejor pintura. Esto es aún más importante porque el precio de la pintura no está en relación con los costos de preparación de la superficie y aplicación. Aunque se han hecho muchos ensayos todavía no se logrado encontrar ninguna pintura adecuada para la protección de los depósitos de aceites de los Buques.

#### 4.3.4.5. Protección catódica

La protección catódica dentro del medio marino y otros medios acuáticos, en el casco de un Buque se realiza con ánodos; toda la superficie a proteger debe comportarse como cátodo, mientras que normalmente sobre ella existen regiones anódicas y regiones catódicas. Esto significa que se impide la existencia de muchas de las pilas locales que contribuyen a la destrucción del acero de construcción naval. Hace ya decenas de años que muchos armadores emplean ánodos de zinc y magnesio. Que preferentemente se aplican a la popa y se conectan eléctricamente, formando fuertes pilas galvánicas que se activan hasta la total destrucción de zinc. Pero con frecuencia se forma sobre la superficie del zinc una capa pasivante de óxido. Por esta razón se ha recurrido al empleo del magnesio como ánodo galvánico, porque sobre este material no tiene lugar ningún efecto pasivo. Otro grado de desarrollo de la protección catódica es el empleo de corrientes impresas. Estos ánodos pueden ser de acero o grafito y se conectan a una fuente de corriente que difiere en intensidad de lugar. En un Buque en navegación es mayor que en uno anclado y amarrado en puerto, y se necesita tanto más energía cuanto peor es el estado de conservación. Este método parece tener más éxito en los Buques que deben estar mucho tiempo parados.

## **CAPITULO V**

### **RESISTENCIA LONGITUDINAL**

#### **5.1. INTRODUCCIÓN.**

Al momento de diseñar un buque el tamaño y las características principales están definidos en su mayoría por el perfil de misión que tendrá la embarcación, el cual impondrá otras consideraciones, como estabilidad, resistencia al avance y eficiencia propulsiva, las que a grandes rasgos se contraponen entre sí. Por esto, lograr un equilibrio entre todos estos requerimientos requiere de un estudio muy acabado, lo que deja muchas veces, en un segundo plano la estructura, la que tendrá que “acomodarse” a los demás puntos ya estudiados, además de tener que soportar cargas producidas por un ambiente tan variable como la superficie del mar. Todo esto hace que la estructura de una embarcación posea características que no se encuentran en otras estructuras creadas por el hombre.

En contraste con la mayoría de las estructuras terrestres, los diferentes componentes estructurales de un barco están diseñados para desarrollar una multiplicidad de funciones, como por ejemplo, el casco, que además de ser el mayor miembro estructural soportante, es la envoltura estanca del barco y tiene una forma tal que entrega una estabilidad adecuada y una baja resistencia al avance. Así como el casco, la mayoría de las estructuras internas cumplen una doble función.

Debido a la gran complejidad de las estructuras navales, es necesario, durante el diseño de éstas, tener herramientas que nos ayuden a calcularlas lo más fidedignamente, para eso es necesario, primero, tener una buena estimación de las cargas a las que estarán sometidas.

## 5.2. TIPOS DE CARGA.

La estructura del buque está sometida a distintas condiciones de cargas, las que se clasifican en cuatro categorías:

- a) *Cargas estáticas*, varían sólo cuando el peso total del barco sufre algún cambio, como la estiba de la carga, cargas puntuales producidas por la varada, etc.
- b) *Cargas dinámicas de baja frecuencia*, son cargas que varían a lo largo del tiempo con periodos desde segundos hasta minutos, entre estas cargas se encuentran las producidas por las olas.
- c) *Cargas dinámicas de alta frecuencia*, son cargas que varían en el tiempo con una frecuencia lo suficientemente alta como para inducir vibraciones en la estructura del barco, como las vibraciones inducidas por máquinas rotativas, etc.
- d) *Cargas de impacto*, como lo son las cargas resultantes del fenómeno de “Slamming”, o de golpes por efecto de armas a bordo, en el caso de la embarcaciones con propósitos militares.

En este caso, se estudiarán las cargas estáticas y las cargas dinámicas de baja frecuencia producidas por olas.

Las cargas de origen estático se producen debido a dos fuerzas que se contraponen, la fuerza de empuje producidas por las presiones hidrostáticas que actúan en el volumen sumergido del casco y la fuerza de gravedad o pesos del buque y su contenido, que se aplican a lo largo de todo el buque. Las cargas de origen dinámico de baja frecuencia se producen cuando el buque atraviesa un tren de olas de longitud de onda igual o superior a la eslora del buque.

Debido a la gran dificultad de realizar un estudio dinámico, es posible estudiar las cargas dinámicas de baja frecuencia como si éstas fueran cargas estáticas. Debido a las fuerzas producidas por estas olas el buque tiende a flectarse ya sea en arrufo o en quebranto por lo que el estudio de la resistencia longitudinal pasa a ser un punto importante al momento de calcular las estructuras.

Para el cálculo de la resistencia longitudinal existen diversas maneras de obtener respuestas fiables, la más rápida consiste en calcularla mediante Reglamentos proporcionados por las Casas de Clasificación, las que se basan en fórmulas empíricas obtenidas por estos organismos, otra forma de cálculo es considerar la totalidad de la estructura primaria del buque como una sola viga de sección transversal variable, sometida a diversas cargas producidas por los empujes y los pesos, la que se puede calcular mediante métodos numéricos, como la ecuación de Navier, para obtener los esfuerzos. Otro método de cálculo es mediante elementos finitos en el que se puede estudiar el buque como una viga simplemente apoyada, con las propiedades geométricas y de los materiales similares a la del buque, utilizando la teoría de la viga-buque, o como un modelo global del buque, con elementos de placa, con los pesos y las presiones hidrostáticas aplicadas como cargas.

### 5.3. TEORÍA DE LA VIGA ELÁSTICA.

Una viga es un elemento estructural diseñado principalmente para soportar cargas aplicadas perpendicularmente el eje de ésta, produciendo esfuerzos cortantes y momentos flectores, y en las cuales la dimensión predominante es el largo con respecto a las otras dos dimensiones, otra característica importante es la sección transversal de ésta, puesto que los esfuerzos que pueda soportar la viga están en directa proporción con la forma de esta sección transversal.

Se dice que una viga se encuentra sometida a *flexión pura* cuando la suma de las fuerzas situadas al lado de la misma es nula y el vector momento resultante está contenido en dicha sección, esta es *flexión pura asimétrica* (Fig. 5-1) cuando el momento flector  $M_F$  tiene componentes  $M_y$  y  $M_z$ , según los ejes principales de inercia de la sección transversal, y *flexión pura simétrica* (Fig. 5-2), si el vector del momento tiene componente solamente en uno de esos ejes.

Fig. 5-1, Flexión Pura Asimétrica

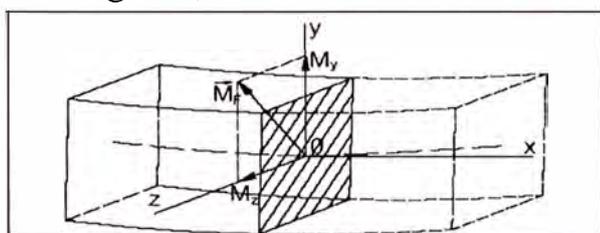
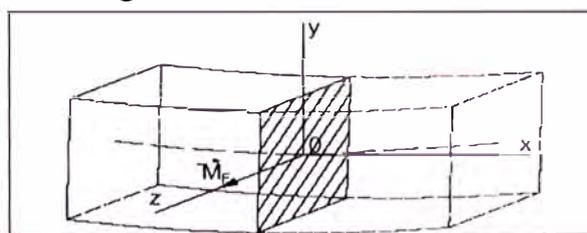


Fig. 5-2, Flexión Pura Simétrica.



Si junto al momento flector  $M_F$  actúan esfuerzos cortantes  $T$  se dice que la viga está sometida a *flexión simple* (Fig. 5-3), que puede ser flexión simple como tal cuando el  $M_F$  tiene la dirección de los ejes principales de inercia, o *flexión desviada* (Fig. 5-4) cuando el momento flector  $M_F$  tiene componentes en los ejes principales de inercia

Fig. 5-3, Flexión Simple

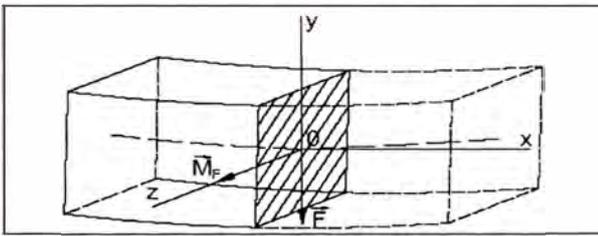
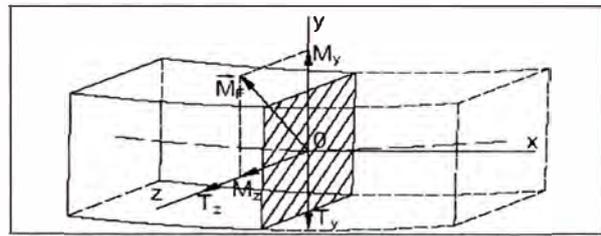
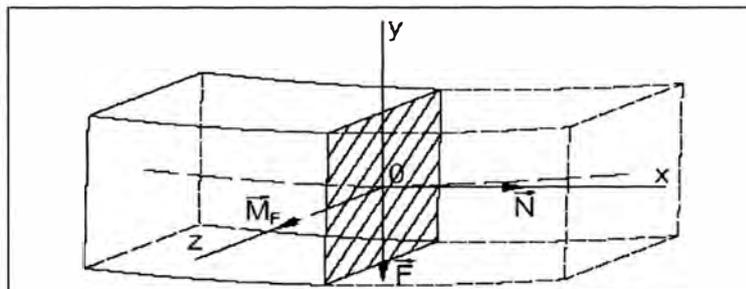


Fig. 5-4, Flexión desviada.



Si además a la flexión pura o a la flexión simple se le agrega un esfuerzo normal  $N$ , que actúe simultáneamente, se dice que la viga está sometida a *flexión compuesta* (Fig. 5-5).

Fig. 5-5, Flexión compuesta



Para el caso en estudio, el de la viga-buque, se encuentra sometida sólo a flexión simple, puesto que se encuentra bajo la acción de distintas fuerzas, ya sea de presiones hidrostáticas o producidas por los pesos sobre el buque, aquí no se puede tener flexiones puras, ni compuestas, debido a que las fuerzas que se apliquen paralelas al plano de flotación son anuladas puesto que el barco se encuentra sobre un fluido que no opone resistencia en esas direcciones.

El cálculo y diseño de una viga, en general, está dividido en tres partes, en la primera se determinan cuáles son las cargas, los esfuerzos cortantes y momentos flectores a los que está sometida, la segunda parte trata de encontrar un perfil transversal que sea capaz de soportar los esfuerzos cortantes y los momentos flectores aplicados, y la tercera parte trata sobre encontrar las deflexiones a las que estará sometido la viga.

### 5.3.1. Tipos de vigas.

Las vigas se clasifican según los tipos de apoyos en los que se encuentran sustentados, los que originan dos tipos de viga: las estáticamente determinadas y las vigas estáticamente indeterminadas. La distancia  $L$  entre los apoyos se denomina *luz*, los tipos de vigas son los siguientes:

#### 5.3.1.1. Vigas estáticamente determinadas.

Son aquellas vigas a las que se pueden calcular las reacciones en los apoyos mediante las ecuaciones de la estática, es decir que estas reacciones o incógnitas no sean más de tres. Los casos más comunes de vigas estáticamente determinadas son las siguientes:

- **Viga simplemente apoyada** (Fig. 5-6), es aquella viga que tiene sus dos extremos apoyados en soportes articulados que permiten la rotación en los extremos de la viga, y se supone que uno de los apoyos puede desplazarse libremente en el eje horizontal.
- **Viga apoyada y con voladizo** (Fig. 5-7), esta viga es similar a la anterior sólo que uno de los apoyos se encuentra desplazado hacia el centro, lo que produce un voladizo en tal extremo.
- **Viga en voladizo o ménsula** (Fig. 5-8), un extremo de la viga se encuentra empotrado, y el otro está libre.

Fig. 5-6, Viga simplemente Apoyada.

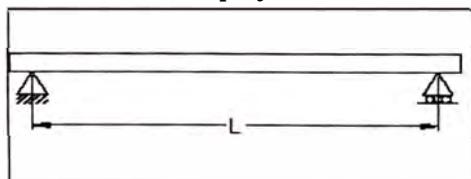


Fig. 5-7, Viga apoyada y con Voladizo.

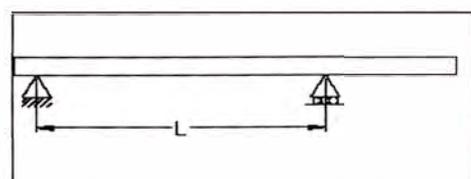
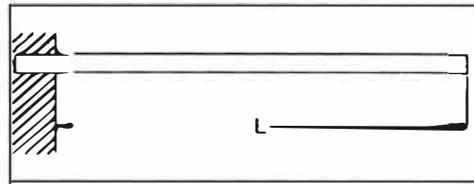


Fig. 5-8, Viga en voladizo



De estas vigas solamente se estudiará la viga simplemente apoyada puesto que es la que mejor se asemeja al buque en un fluido.

### 5.3.1.2. Vigas estáticamente indeterminadas.

Son aquellas vigas cuyos soportes tienen más de tres incógnitas, por lo que no es posible obtenerlos mediante las ecuaciones de la estática, para resolverlas se necesitan otras metodologías. Algunos ejemplos de este tipo de vigas son:

- **Vigas continuas** (Fig. 5-9), son aquellas vigas que tiene varios apoyos, ya sean simples o empotrados.
- **Viga empotrada – Simplemente apoyada** (Fig. 5-10), son vigas que están empotradas en un extremo y apoyada en el otro.
- **Viga Bi-empotrada** (Fig. 5-11), es aquella con ambos extremos empotrados.

Fig. 5-9, Viga simplemente apoyada.

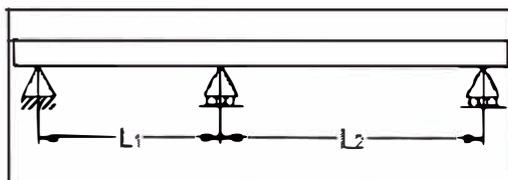


Fig. 5-10 Viga empotrada.

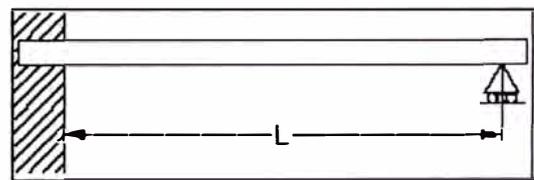
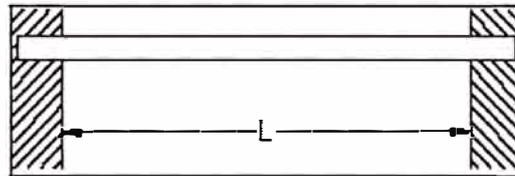


Fig. 5-11, Viga biempotrada.

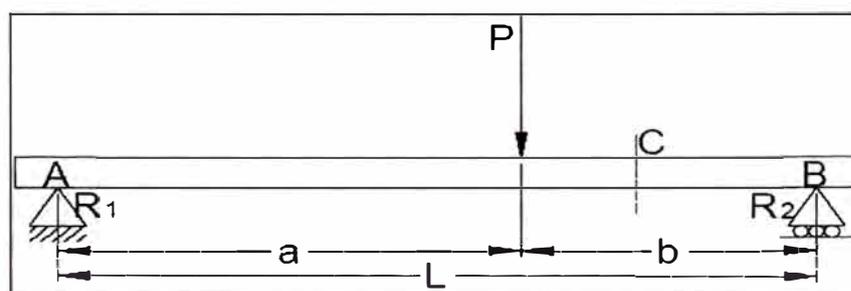


### 5.3.2. Determinación de esfuerzos cortantes y momentos flectores.

Como ya se explicó anteriormente sólo se estudiará la viga simplemente apoyada, puesto que es la que se utiliza en el modelo de la viga-buque.

Una viga puede estar sometida a cargas puntuales,  $P$ , las que están repartidas a lo largo de la viga, están representadas en unidades de fuerza como Newtons, Kilogramos fuerzas, Kilopondios o Libras, o pueden estar sometidas a cargas distribuidas,  $w$ , las que se encuentran en unidades de fuerza sobre unidades de longitud, como,  $N/m$  o  $lb/ft$ . Cuando las cargas distribuidas son constantes se denominan cargas distribuidas uniformemente.

Fig. 5-12, Viga simplemente apoyada



En una viga simplemente apoyada sometida a una carga puntual  $P$  como la de la figura 5-12, se pueden obtener las reacciones en los apoyos  $A$  y  $B$  aplicando las ecuaciones de la estática, al igualar los momentos producidos por las fuerzas en torno al punto  $B$ , es decir:

$$\sum M_A = \sum M_B = R_1 L - Pb = 0 \quad (5-1)$$

De donde.

$$R_1 = \frac{Pb}{L} \quad (5-2)$$

Del mismo modo, tomando los momentos con respecto al punto A tenemos que:

$$R_2 = \frac{Pa}{L} \quad (5-3)$$

Para obtener los momentos y los esfuerzos cortantes en el punto  $C$  se divide la viga en ese punto y se obtienen los diagramas de cuerpo libre de cada pieza, podemos determinar el valor de los esfuerzos cortantes y los momentos flectores en el punto  $C$ .

Según el ejemplo, el valor del esfuerzo cortante en el punto  $C$  va a estar dado por la suma de todas las fuerzas exteriores actuando en el tramo  $\overline{AC}$ ,

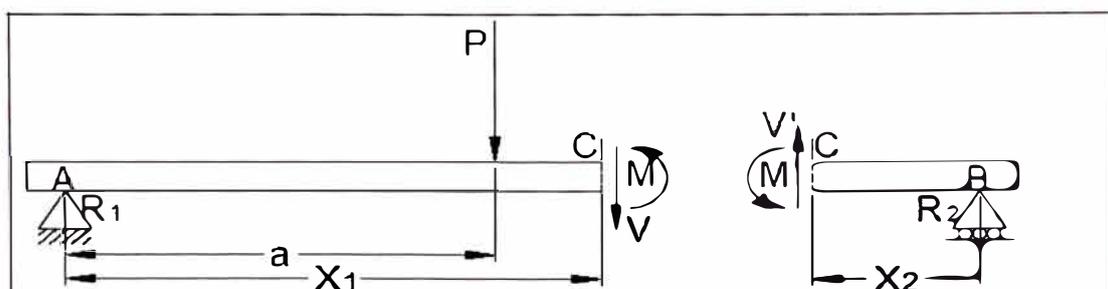
$$V = R_1 - P \quad (5-4)$$

El valor del momento flector es:

$$M = R_1 x_1 - P_1(x-a) \quad (5-5)$$

Y está dado por la suma de los momentos producidos por las fuerzas externas con respecto al punto  $C$ .

Fig. 5-13, diagramas de cuerpo libre



Como se puede apreciar, en la figura 5-13, los valores de momentos y cortantes en cada parte de la viga son de igual valor numérico, pero con signos o direcciones opuestas, es por esto que utilizaremos una convención de signos para tener un mayor orden en la obtención de estos valores. El valor del esfuerzo cortante será positivo según se muestra en la figura 5-14. El valor del momento flector será positivo cuando al aplicarlo a una viga tienda a curvar a ésta hacia abajo en el centro y hacia arriba en los extremos como se ve en la figura 5-15.

Fig. 5-14, Esfuerzo cortante positivo

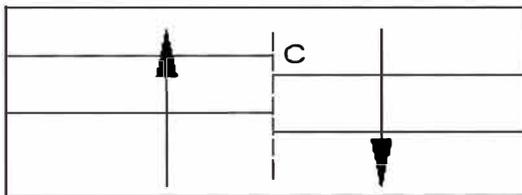
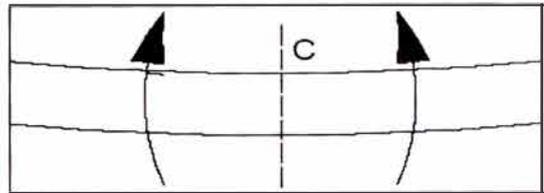


Fig. 5-15, Momentos positivos



Si consideramos dos secciones,  $C$  y  $C1$ , separadas una distancia  $dx$ , y hacemos un balance de las fuerzas internas en ambas secciones, tenemos que, si no actúa ninguna fuerza externa en la sección los esfuerzos cortantes en ambos puntos son iguales, pero los momentos, para que exista un equilibrio en la sección, deben ser distintos, por lo que el incremento de momentos,  $dM$ , está dado por el par producido por las fuerzas cortantes.

$$dM = Vdx, \text{ es decir}$$

$$V = \frac{dM}{dx} \quad (5-6)$$

Por lo tanto, la fuerza cortante es la derivada del momento con respecto a  $x$ .

Si consideramos ahora una carga repartida  $q$ , que actúa entre las secciones  $C'$  y  $C1$ , al hacer el equilibrio de las fuerzas cortantes entre un punto y otro, tenemos que se produce un diferencial que está dada por:

$$dV = -qdx, \text{ es decir}$$

$$q = -\frac{dV}{dx} \quad (5-7)$$

Por lo tanto el valor de la carga, es igual a la derivada de la fuerza cortante con signo negativo.

Luego de encontrado el esfuerzo cortante y el momento flector en un punto específico, es posible obtener estos valores para todo el largo de la viga, una vez obtenidos, se pueden graficar en los diagramas de cortantes y en el de momentos flectores. El ejemplo es para una carga puntual  $P$ , pero se puede extender en forma análoga, para cualquier tipo de apoyos y de cargas, siempre y cuando la viga sea estáticamente determinada.

Fig. 5-16, Diagrama de Esfuerzos cortantes

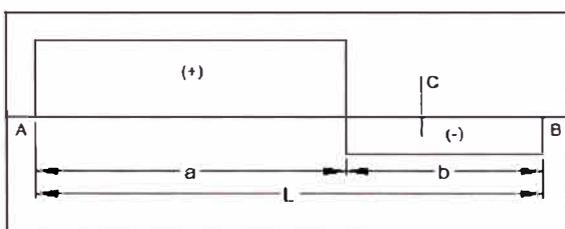
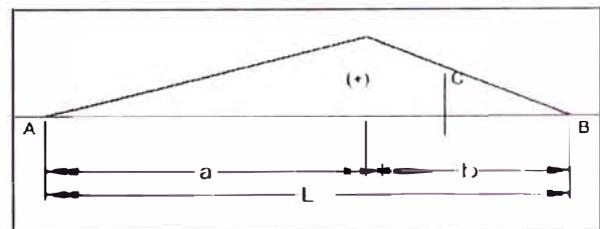


Fig. 5-17, Diagrama de momentos flectores



Después de obtenidos los diagramas es posible saber los valores de cortantes y momentos en cualquier lugar de la viga, con estos valores se obtienen los esfuerzos a los que está sometida la viga.

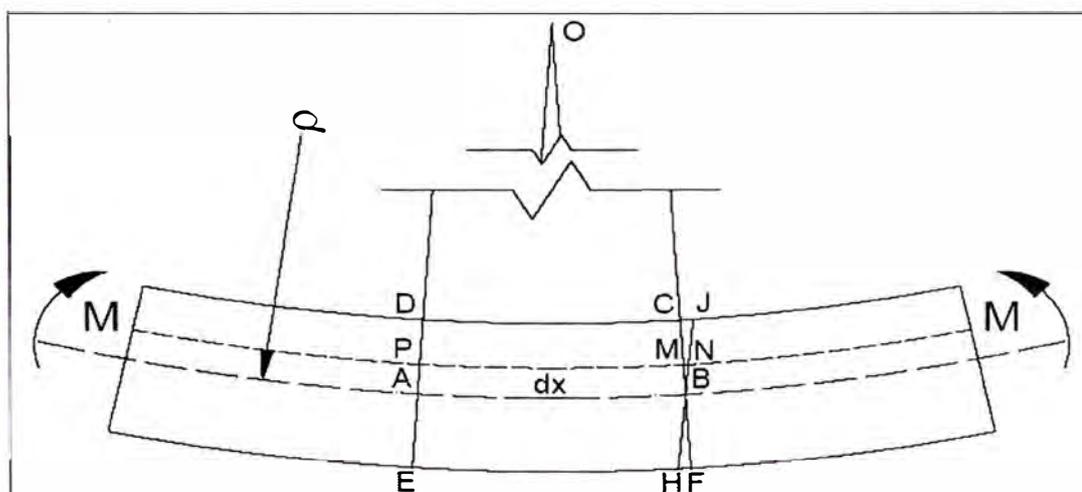
### 5.3.3. Tensiones en vigas sometidas a flexión pura.

Una viga sometida a flexión pura se curva, hacia arriba o hacia abajo, debido a la acción de los momentos aplicados, y se puede notar que existen zonas en la viga que se comprimen y otras que se alargan, además de existir una línea que no se comprime ni se alarga, esta se denomina “*eje neutro*”.

Se puede deducir que las partes de la viga que están comprimidas o alargadas son las zonas que están sometidas a mayores esfuerzos. Para obtener el valor de estos esfuerzos o tensiones ocuparemos la Ley de Navier, la que demostraremos utilizando el método geométrico (también existe el método analítico pero no será expuesto en esta tesis). Durante el estudio admitiremos que la viga es de material homogéneo, continuo e isotrópico, además de encontrarse dentro de los límites elásticos, según la Ley de Hooke.

Para demostrar la Ley de Navier utilizaremos un trozo de viga, de sección transversal prismática, sometida a flexión pura, como la que se observa en la figura 5-18.

Fig. 5-18



Con  $AB$  la línea del eje neutro, que no sufre deformaciones, con un radio de curvatura  $\rho$ , con la línea  $\overline{HJ}$  paralela a  $\overline{EO}$ , tenemos que el ángulo  $MBN \approx AOB$  por lo que podemos escribir que:

$$\frac{\overline{MN}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{MB}}{\overline{AO}} \quad (5-8)$$

Como  $\overline{MN} = \Delta dx$ ,  $\overline{AB} = dx$ ,  $\overline{MB} = y$ ,  $\overline{AO} = \rho$ , se tiene que:

$$\frac{\Delta dx}{dx} = \frac{y}{\rho} \quad (5-9)$$

Según la ley de elasticidad de Hooke,

$$\frac{\Delta dx}{dx} = \varepsilon = \frac{\sigma}{E}, \text{ que se puede escribir como, } \frac{\sigma}{E} = \frac{y}{\rho}$$

O bien.

$$\sigma = -\frac{E}{\rho} y \quad (5-10)$$

El esfuerzo puede ser positivo o negativo, dependiendo de la zona a estudiar, en este caso como los momentos aplicados son positivos, y la zona considerada se encuentra sobre el eje neutro, las fibras estarán sometidas a compresión.

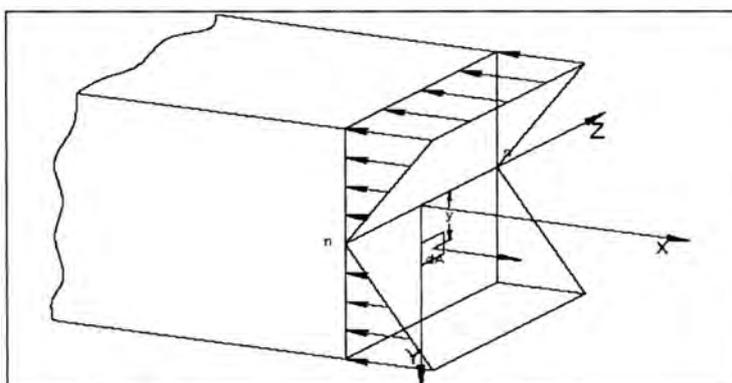
Como el cociente  $E/\rho$  es constante para toda la viga, podemos enunciar la Ley de Navier como:

“En una sección sometida a flexión pura, los módulos de las tensiones que se ejercen sobre las distintas fibras, son directamente proporcionales a sus distancias a la fibra neutra.”

La posición del eje, o la fibra neutra va a ser determinante para obtener los esfuerzos a los que estará sometida la sección.

La posición del eje neutro y el valor del radio de curvatura van a estar dados por las fuerzas internas que se opongan a los momentos producidos por las fuerzas externas. Como la viga está sometida a flexión pura, las fuerzas externas se anulan, por lo que la sumatoria de fuerzas internas tiene que ser igual a cero.

Fig. 5-19, Distribución del esfuerzo



Podemos escribir, que:

$$\int_A \sigma \cdot dA = \int_A \sigma \frac{y}{\rho} = \frac{\sigma}{\rho} \int_A y \cdot dA = \frac{E}{\rho} \int_A y \cdot dA = 0 \quad (5-11)$$

Ahora como ya se explicó, la anulación de las fuerzas no es suficiente para obtener un equilibrio elástico en las secciones de la viga, es necesario comprobar que el momento resultante provocado por las fuerzas axiales tiene que ser igual al momento,  $M_F$ , producido por las fuerzas externas.

$$M_F = - \int_A y \sigma \cdot dA = - \frac{\sigma}{\rho} \int_A y^2 dA = - \frac{\sigma}{\rho} I_Z \quad (5-12)$$

Con este resultado podemos expresar la Ley de Navier en función del momento flector y de las propiedades geométricas de la sección.

$$\sigma = \frac{-M_F}{I_Z} y \quad (5-13)$$

De la ecuación de Navier podemos deducir que el esfuerzo máximo se va a ubicar en la fibra más alejada del eje neutro.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = - \frac{M_F \cdot y_{m\acute{a}x}}{I_Z} \quad (5-14)$$

Como vemos el cociente  $Y_{m\acute{a}x}/I_Z$ , depende exclusivamente de las propiedades geométricas de la sección transversal de la viga, y se le conoce como módulo resistente, y se representa, generalmente por  $W_Z$ , por lo que la ecuación de Navier para el esfuerzo máximo sería:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = - \frac{M_F}{W_Z} \quad (5-15)$$

Una vez obtenidos los momentos y utilizando la ecuación de Navier podemos encontrar un perfil de sección con el cual se obtenga un esfuerzo que sea menor que el esfuerzo admisible para el material con el que se está trabajando. Para el caso de la viga buque, la inercia y el centroide de la sección transversal van a estar dados por los elementos estructurales longitudinales, como el casco, los mamparos longitudinales y esloras, por lo que para obtener estas propiedades es necesario obtener una buena distribución de estos elementos.

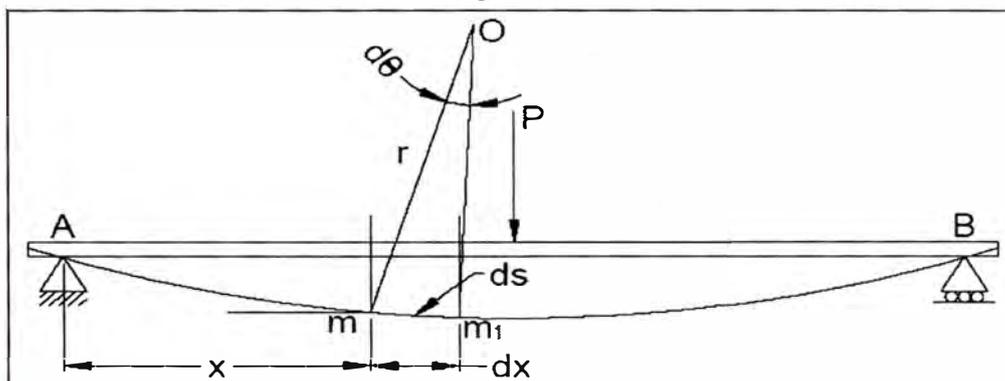
Luego de elegida una sección transversal es posible obtener las deformaciones que las cargas aplicadas producen.

#### **5.3.4. Deformaciones en vigas sometidas a flexión pura.**

Al momento de diseñar una viga, no sólo es necesario saber cuáles son los esfuerzos a los que está sometida, también es necesario saber cuáles son

las deformaciones máximas para que éstas no sobrepasen las deformaciones admisibles, ya sean impuestas por criterios de diseño o deformaciones máximas que restrinjan el material.

Fig. 5-20



Consideraremos una viga de sección prismática sometida a flexión simple, tendremos una fibra neutra, que se deformará pero que no cambiará de longitud, esta curva formada por la fibra se denomina *línea elástica*, o simplemente *elástica*.

Para encontrar la ecuación de la elástica utilizaremos el método de la doble integración. Si consideramos dos secciones rectas,  $m$  y  $m_1$ , muy próximas una de otra separadas por una distancia  $ds$ , que forman un ángulo  $d\theta$  y con un radio  $r$ , luego de producida la deformación. Por consiguiente:

$$ds = r d\theta \quad \text{y} \quad \frac{1}{r} = \frac{d\theta}{ds} \quad (5-16)$$

Debido a que las deformaciones son pequeñas, se pueden hacer las siguientes aproximaciones.

$$ds \approx dx \quad \text{y} \quad \theta \approx \tan \theta = \frac{dy}{dx} \quad (5-17)$$

Si sustituimos los valores aproximados de  $ds$  y  $\theta$  en las ecuaciones (5-16) tenemos que:

$$\frac{1}{r} = \frac{d^2y}{dx^2} \quad (5-18)$$

Como se sabe el radio de curvatura está relacionado directamente con el momento aplicado y las propiedades geométricas de la sección transversal

$$\frac{1}{r} = \frac{M}{EI_z} \quad (5-19)$$

La cual reemplazando en la ecuación (2-19)

$$EI_z \frac{d^2y}{dx^2} = -M \quad (5-20)$$

El signo (-) se debe a la elección de los ejes coordenados, según los cuales el eje Y positivo se mide hacia arriba, y la deformación es hacia abajo.

Si diferenciamos la ecuación (5-18) respecto a  $x$ , y empleando las ecuaciones (5-6) y (5-7) obtenemos que:

$$EI_z \frac{d^3y}{dx^3} = -V \quad (5-21)$$

Y

$$EI_z \frac{d^4y}{dx^4} = q \quad (5-22)$$

Como se puede apreciar de la ecuación diferencial (5-20), se puede obtener el valor de la deflexión al despejar e integrar el valor de  $y$  con respecto a  $x$ . Pero al momento de integrar es necesario incorporar constantes, las cuales dependen de las condiciones de cargas y de contornos de cada viga, es por esto que al momento de resolver una viga más compleja, como la viga-buque, encontrar las constantes se vuelve mucho más complicado.

#### 5.4. TEORÍA DE LA VIGA - BUQUE.

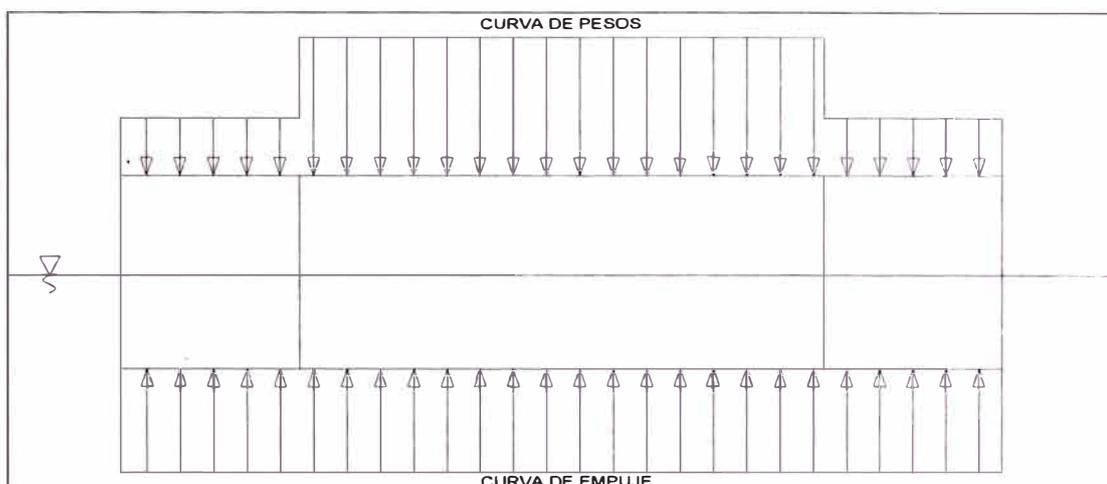
Como ya se explicó calcular la estructura de un buque presenta grandes dificultades, debido a la gran complejidad de ésta y de la obtención de las cargas, es por esto que se puede hacer estimaciones, basándose en estudios probabilísticos y en la experiencia, como lo hacen las casas clasificadoras, haciendo este método de cálculo unos de los más utilizados, por su sencillez y rapidez.

Recordemos que podemos dividir la estructura en primaria, secundaria y terciaria, siendo la primaria el buque como una sola gran pieza estructural, la secundaria se refiere al estudio de paneles, como un mamparo o el doble fondo, y en la terciaria se consideran los elementos componentes de los paneles, como un bao con su placa asociada.

En la teoría de la viga-buque, se asume el buque en su totalidad como una viga simplemente apoyada, con cargas distribuidas aplicadas a lo largo de esta, las que son producidas por las fuerzas de empuje, generadas por el volumen desplazado, y que actúan hacia arriba y las fuerzas de los pesos, producidas por la estructura y la carga transportada, que actúan hacia abajo en el sentido vertical.

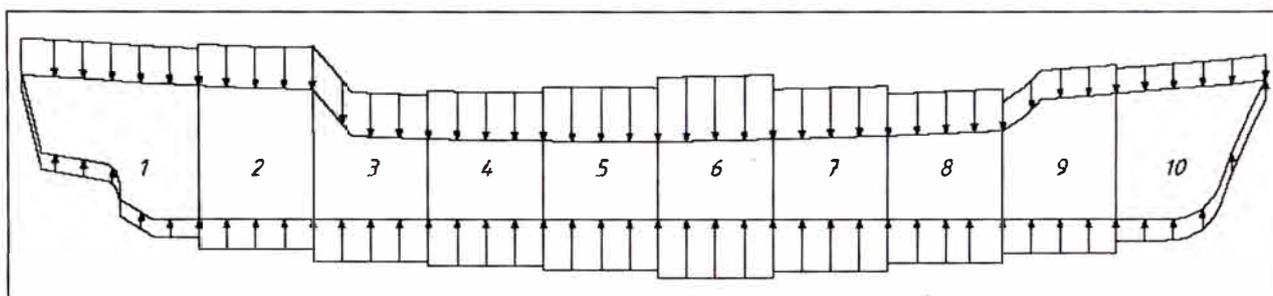
En la figura 5.21 se observa una caja sumergida en aguas tranquilas, subdividida en tres compartimientos estancos y el central con carga a transportar, en este caso la presión del agua genera un empuje uniforme, y los pesos están conformados por el peso en rosca y la carga, siendo el peso variable, mayor en la zona del compartimiento central.

Fig. 5.21.- Distribución de cargas en una caja sumergida



Ese mismo criterio se aplica para un buque sumergido en aguas con olas y con pesos variables en toda su longitud, se observa en la siguiente figura.

Fig. 5-22 Distribución de cargas en un buque sumergido.



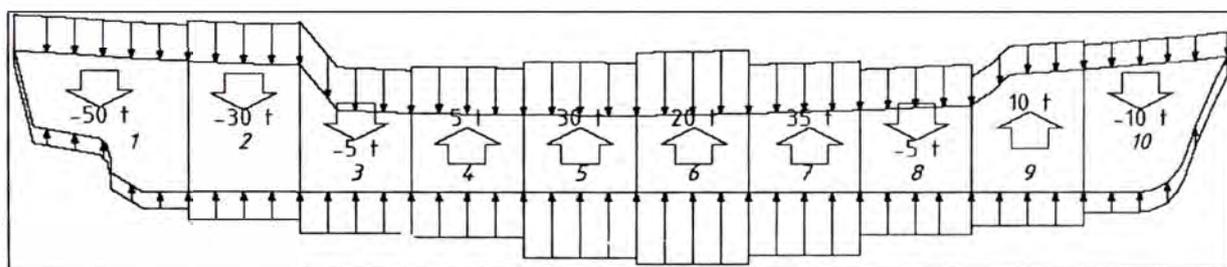
Por lo tanto, para calcular los esfuerzos y deflexiones a las que estará sometida un buque, éste se calculará como una viga, es decir se seguirán los tres pasos, explicados anteriormente, para calcular una viga normal, que son, el cálculo de la cargas, de los esfuerzos y de las deflexiones. Estos pasos se explicarán a continuación.

#### 5.4.1. Obtención de la curva de empuje y de pesos.

En la figura 5-23 se muestra un buque dividido en diez secciones que están sometidas a cargas de empuje, representadas por flechas en el fondo del barco y apuntando hacia arriba y cargas de peso representadas por flechas en

la cubierta apuntando hacia abajo. Las diferencias entre las magnitudes de las cargas en cada sección se debe, en el caso del empuje, a que las formas del fondo del casco no son constantes a lo largo de éste, y en el caso de la cargas de peso, se debe a la distribución de los pesos en el buque, ya sea por el arreglo de la estructura, que es reforzada en los extremos del buque debido a que estas zonas están más expuestas a cargas externas, y debido a la ubicación de la carga transportada.

Fig. 5-23



Las flechas “grandes” representan las diferencias entre las fuerzas de empuje y los pesos de cada sección. Como se puede ver las cargas que apuntan hacia abajo representan un exceso de peso y las flechas o cargas que apuntan hacia arriba representan un exceso de empuje en cada zona. En el ejemplo presentado debido a las formas y ubicación de las cargas la viga se flexionara hacia abajo en los extremos.

Si dividimos el casco en infinitas secciones que están sometidas a cargas de empuje y de peso y las dibujamos en un gráfico obtenemos la curva de pesos,  $w(x)$  y la curva de empuje,  $b(x)$ . Si obtenemos el área debajo de cada una de estas dos curvas obtenemos el peso total del buque y el empuje total generado por el volumen sumergido, estos dos valores son iguales pero con direcciones opuestas, lo que hace que nuestro buque se encuentre flotando y en equilibrio.

Si sumamos estas dos curvas obtenemos la Curva de Cargas,  $q(x)$ , la cual representa la distribución de los pesos y los empujes a lo largo del buque.

Como en cualquier cálculo de vigas, si integramos la curva de cargas, con respecto a la eslora, obtenemos la curva de esfuerzos cortantes, según (5-17).

$$V(x) = \int_0^{x_1} [b(x) - w(x)] dx \quad (5-23)$$

En donde:

$b(x)$  = es el empuje por unidad de longitud.

$w(x)$  = es el peso por unidad de longitud.

Ahora si integramos esta curva, desde 0 a un punto  $x$  en la viga, obtenemos la curva de momentos flectores.

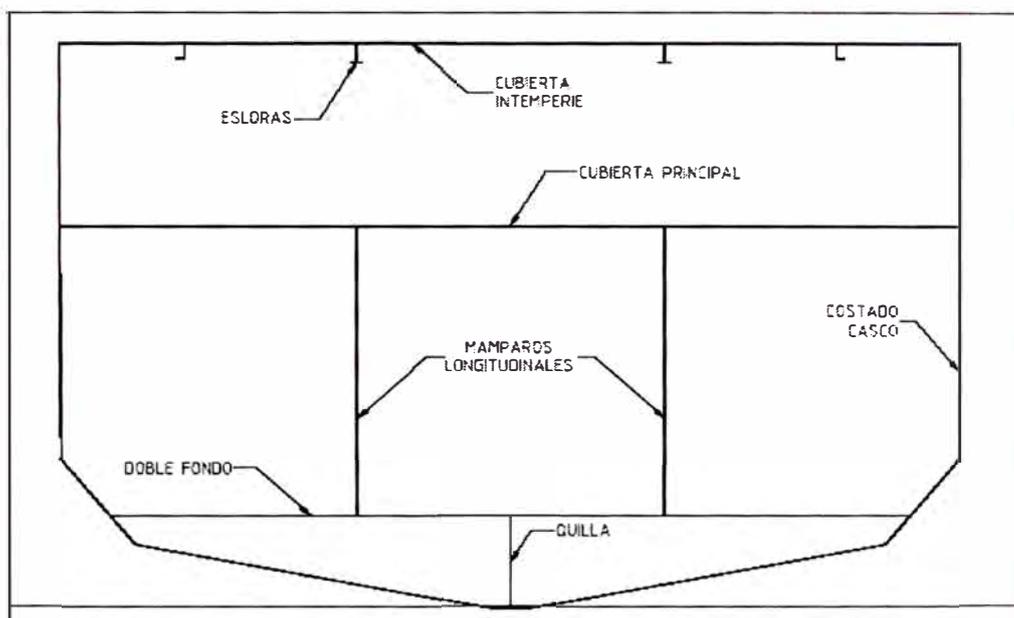
$$M(X_1) = \int_0^{x_1} V(x) dx \quad (5-24)$$

Luego de obtenidas las curvas de carga, esfuerzos cortantes y de momentos, podemos obtener los esfuerzos a los que estará sometida la estructura primaria.

#### 5.4.2. Obtención de los esfuerzos primarios.

Para obtener los esfuerzos primarios, es posible utilizar la Ley de Navier, puesto que el barco, se comporta en su totalidad como una viga sometida a flexión simple. Para esto, como se vio en el punto anterior, es necesario tener las propiedades geométricas de la sección en la cual se quieren obtener los esfuerzos.

Fig. 5-24.-Seccion transversal de Viga-Buque.



Para el cálculo del momento de inercia, ubicación del eje neutro, y por ende del módulo de sección  $SM$ , según los reglamentos, como el Bureau Veritas, definen que deben considerarse los elementos longitudinales que tengan continuidad y que se encuentren debajo de la cubierta resistente, que es definida en el reglamento como la cubierta continua más alta. Entre estos, el principal elemento a considerar es el casco, puesto que el costado de éste es el que contribuye mayormente al momento de inercia. Además se consideran elementos longitudinales, como la quilla, las cubiertas y esloras, siempre y cuando estos tengan una extensión tal que sean capaces de absorber los momentos de la viga en total.

Recordando la Ley de Navier, el esfuerzo en la sección media es:

$$\sigma_{x_0} = \frac{M(x)}{SM} \quad (5-25)$$

Donde.

$M(x)$  = Es el momento flector.

$SM$  = Es el módulo de la sección.

Como se puede ver existen dos módulos de sección, uno superior y otro inferior dependiendo de la ubicación de las fibras más alejadas del eje neutro, por lo tanto existirán dos esfuerzos, uno de tracción y otro de compresión.

Las casas de clasificación, en sus reglamentos, generalmente consideran el cálculo de un módulo de sección mínimo, el cual es comparado con el módulo obtenido de las propiedades geométricas de la sección media, para comprobar si el buque cumple con los requerimientos mínimos de la viga-buque sometida a flexión.

#### **5.4.3. Cálculo de las deflexiones de la viga buque.**

Al igual que en el cálculo del esfuerzo se pueden utilizar las ecuaciones de una viga simple, como las presentadas anteriormente (5-20), (5-21) y (5-22), para obtener las deformaciones a las que estará sometido el buque, éstas se obtienen al resolver las ecuaciones diferenciales.

Como se ve en las ecuaciones mencionadas, la deflexión depende de la geometría de la sección (la inercia,  $I$ ), y de la elasticidad del material usado (módulo de elasticidad,  $E$ ).

Como la flexibilidad es común en estructuras navales, éstas se calculan principalmente para que soporten un esfuerzo admisible, y no para obtener una deflexión mínima.

## **5.5. TEORÍA DE LA OLA TROCROIDAL.**

En la teoría de Viga-Buque, se presento los análisis para un buque que navega en aguas tranquilas. Para obtener los esfuerzos máximos en la Viga-buque, se tiene que analizar al buque en una situación más desfavorable, es decir considerar el efecto de las olas.

En aguas profundas las superficies de las olas han sido observadas y comparadas con diversas curvas, siendo la más parecida la trocoide, en el caso de Buques Militares esta aplicación esta aprobada por la Norma “GENERAL SPECIFICATIONS FOR SHIPS OF THE UNITED STATES NAVY”.

### **5.5.1. Consideraciones.**

Un Buque, con carga o en lastre, en aguas tranquilas o en marejadas, está sometido a una serie de esfuerzos en sentido longitudinal, debido a la distribución de sus pesos que constituyen el desplazamiento y las fuerzas de empuje.

En el centro del Buque, en el cual, mayormente van situados los tanques, bodegas etc., el peso es mayor que el empuje, y en parte de proa y popa donde van maquinarias y compartimientos vacios, el empuje es mayor que el peso, originándose de esta manera una distribución de esfuerzos cortantes y momentos de flexión que requieren ser absorbidos por la estructura longitudinal y transversal.

Para desarrollar los cálculos, al Buque se le considera en ciertas condiciones de carga, las cuales serán exageradamente las mas desventajosas, desde el punto de vista de la resistencia estructural.

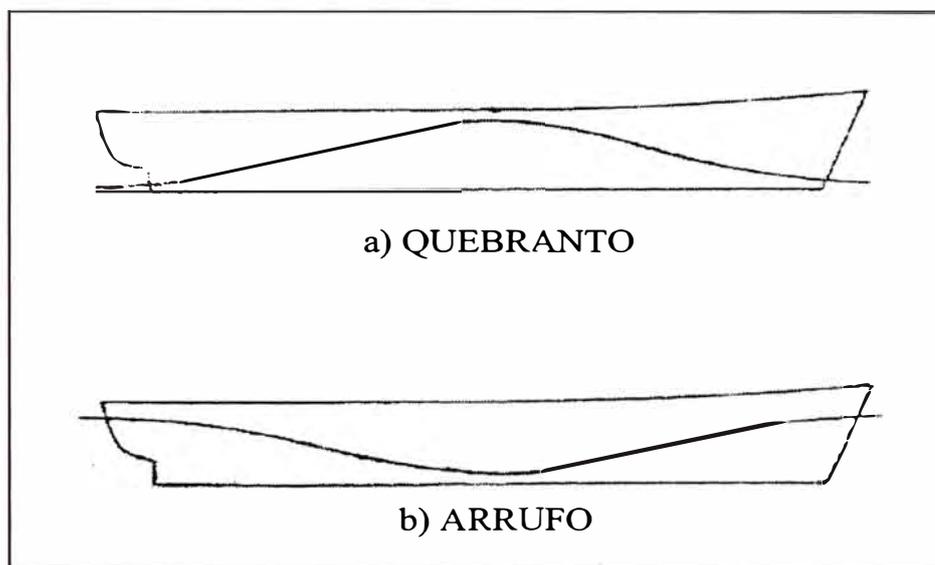
El Buque se considera entonces como una viga apoyada, sobre una ola de longitud igual a la eslora de flotación del Buque (siendo en esta situación donde se genera los máximos esfuerzos en el buque) y cuya cresta está en la sección media, en el caso de **QUEBRANTO** y la otra situación es que el Buque está apoyado, tal que el seno de la ola está en la sección maestra y sus crestas a proa y popa denominándose como **ARRUFO**.

Representándose gráficamente en la figura 5.25, en estas dos situaciones del Buque, existen fuerzas de muy diversas magnitudes y sentidos opuestos, como son los pesos gravitatorios y la fuerza de empuje.

Los pesos actúan en dirección de la gravedad, y lo componen: la estructura, maquinaria, peso muerto, armamento, etc., y los empujes que actúan en sentido contrario cuya magnitud depende de las formas del Buque, siendo, por lo tanto la forma de su distribución más continúa. Al ser fuerzas de sentido contrario en todo momento su sumatoria son iguales y de sentido contrario. Al ser su distribución diferente.

Esta diferencia da origen al diagrama de cargas específicas, con las que se trabajaran los cálculos.

Fig. 5.25



Una vez obtenidos los diagramas de momento de flexión y fuerza cortante, se debe conocer detalladamente los elementos de la estructura longitudinal que participan en la resistencia. Estos elementos tienen que ser, necesariamente, todos aquellos dispuestos longitudinalmente y continuos, es decir, todos los que contribuyan directamente a la resistencia longitudinal, dentro de una zona límite, en que el momento de flexión tiene poca variación. Esta zona varía, según el criterio de varios autores, entre los  $2/3$  y  $1/3$  de la eslora; pero, sin embargo, estadísticamente se elige los dos tercios de la eslora, respecto al centro del Buque, es decir, dos sextos de la eslora a cada lado de la maestra.

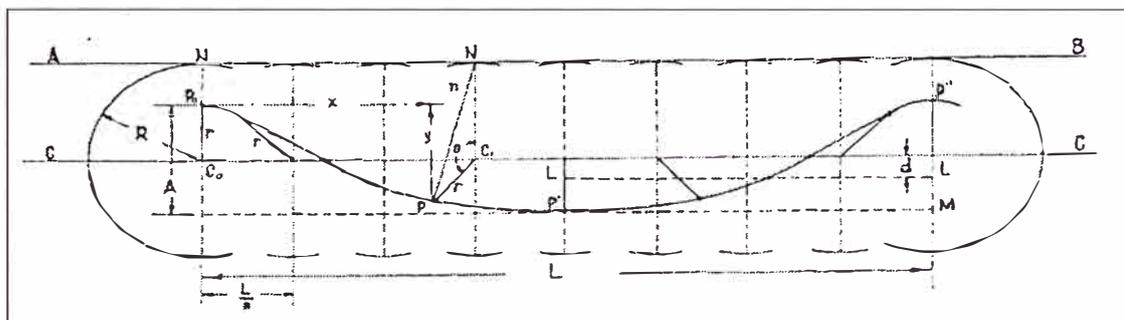
El Bureau of Ships Americano propone que, para la condición de **QUEBRANTO**, los pesos que deben incluirse son los comprendidos en los compartimientos extremos situados fuera del  $35\% L$  respecto al centro del Buque, y para **ARRUF0** se cargaran los espacios comprendidos en los

compartimentos centrales, situados dentro del 45% L respecto al centro del Buque.

### 5.5.2. Teoría y construcción de la ola trocoidal.

En la figura 5.26, se indica el desarrollo de una trocoide; el círculo de radio R rueda sobre la recta AB, y el punto P traza una curva P PP'P'', que se denomina la trocoide.

Fig. 5.26



Las fórmulas de la trayectoria de la trocoide son las siguientes:

$$x = R \cdot \theta - \text{sen } \theta \quad (5.26-a)$$

$$y = r - \theta \quad (5.26-b)$$

Y llamando L a la longitud de la trocoide y A su altura, las formulas se transforman en:

$$x = \frac{L}{2\pi} \theta - \frac{A}{2} \text{sen } \theta \quad (5.27-a)$$

$$y = \frac{A}{2} (1 - \text{COS } \theta) \quad (5.27-b)$$

A la línea recta CC se llama línea de centro de las orbitas, y existe otra línea horizontal que se llama de aguas tranquilas, y es una línea tal que si el mar,

con olas de cierta longitud y altura, permaneciese tranquilo, el nivel del mar se confundiría con dicha línea.

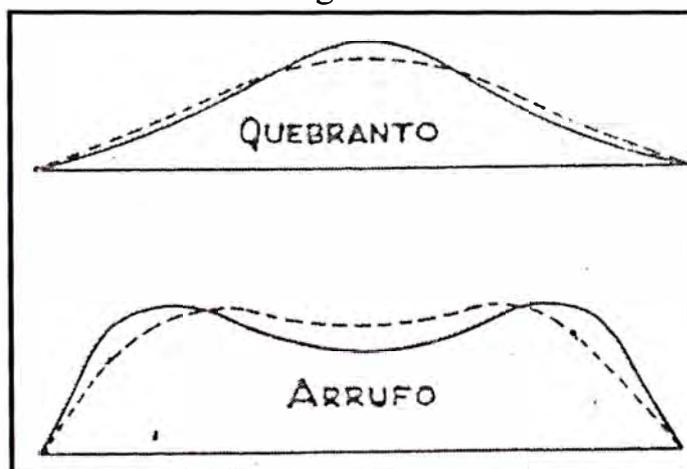
Si en la figura 5.26 trazamos una línea LL tal que el área P'P''M sea igual a LLMP', esta línea es la de aguas tranquilas. La distancia  $d$  entre las dos líneas se deduce con la fórmula.

$$d = \frac{r^2}{2R} \quad (5.28)$$

Otra de las propiedades muy importantes de la ola trocoidal es: la presión en cualquier punto del perfil de una ola trocoidal es la misma que la del punto correspondiente en aguas tranquilas.

Esta es la propiedad en que se basa la corrección de Simith; es decir, en la cresta, las presiones son menores que las que se suponen, y en el seno, mayores, originando así unas curvas de empujes mas aplastadas en el centro y mas llenas en los extremos, en el caso de QUEBRANTO; y mas llena en el centro y aplastada en los extremos, en el caso de ARRUFOS; la forma de estas curvas se indica en la figura 5.27.

Fig. 5.27



Esta corrección no se lleva a cabo en la mayoría de los casos, ya que origina una excesiva labor. Además, que reduce los esfuerzos, estando en el lado seguro al no corregirlas.

Para determinar los esfuerzos a que está sometida la estructura longitudinal de un Buque, se le considera soportado por una ola, bien en la cresta (QUEBRANTO) o en el seno (ARRUFO),

La longitud de la ola es igual a la eslora en la flotación del Buque. Los ingleses consideran hasta la perpendicular de popa en la mecha del timón, siendo la eslora de menor longitud.

La altura de la ola es  $1/20$  de longitud, y el trazado es el correspondiente a la trocoide. En la actualidad, y en Buques de guerra, se suele tomar una altura de ola de  $0.605\sqrt{L}$  (L en m.), que corresponde más a las observaciones hechas por diversos institutos meteorológicos.

Para el caso de nuestra tesis se va a desarrollar una curva de esfuerzo vs desplazamiento, tanto para ARRUFO y QUEBRANTO, iniciando el análisis desde la condición de liviano hasta el desplazamiento de máxima carga, tomando en cuenta la variación de calado y eslora de flotación para cada desplazamiento.

En la condición de QUEBRANTO se comenzara añadiendo pesos desde los extremos al centro del Buque hasta llegar el desplazamiento de máxima carga.

En condición de ARRUFO se comenzara añadiendo pesos desde el centro del Buque hacia los extremos hasta llegar al desplazamiento de máxima carga.

En cada uno de las condiciones analizadas, se determinara, los cuadros de pesos, el peso total y el centro de gravedad longitudinal, para conocer la distribución longitudinal de los mismos.

Una vez terminado el cálculo, se dibuja las curvas por metro de longitud, calculando el peso por metro, desarrollándolo en una curva y añadiendo los diversos pesos en el sitio correspondiente, y de tal forma que la curva dibujada tenga el área y el centro de gravedad igual a los determinados anteriormente.

Para determinar la curva de empujes, dibujamos un perfil del Buque con las curvas de Bonjean, y, a la misma escala, los perfiles de la ola, tanto para ARRUF0 y QUEBRANTO. Se coloca el perfil de la ola sobre el del Buque, en una posición tal que este se encuentre en equilibrio, para lo cual, en la intersección de cada cuaderna con el perfil de la ola, trazamos una horizontal y tomamos el área de la cuaderna, e, integrándolas por Simpson, determinamos los desplazamientos y el C. de G. longitudinal, que tienen que ser iguales a los pesos y C. de G. determinados anteriormente; en caso contrario, se debe mover la ola y repetir la operación hasta que los desplazamientos sean iguales a los pesos y el C. de G. y se situé en la misma vertical que el de empuje, en las dos condiciones de ARRUF0 y QUEBRANTO. Una primera aproximación del calado a que se debe colocarse la ola es como sigue:

QUEBRANTO = Calado desde la quilla al eje de la ola en la maestra =  $4/5T$ .

ARRUF0 = Calado desde la quilla al eje de la ola en la maestra =  $5/4 T$ .

Siendo T el calado medio correspondiente en aguas tranquilas, tomado de las curvas hidrostáticas.

Una vez obtenida la curva de pesos y la curva de empujes, en la misma escala se realiza la diferencia de estos valores por metro en cada sección, y nos da la curva de cargas específicas a que está sometida la estructura del Buque.

Integrando esta curva, nos dará la curva de esfuerzos cortantes, que, integrada a su vez, nos proporciona la de momentos de flexión. Estas integraciones pueden hacerse comenzando desde cualquier extremo del buque. Al terminar la integración, tanto el esfuerzo cortante como el momento de flexión deben ser cero. El error de cierre no debe exceder al 0,2% de la ordenada máxima de la curva.

El momento de flexión puede aproximarse mediante la fórmula.

$$M = \frac{\Delta \cdot L}{K} \quad 5.29$$

Donde:

M= Momento de flexión en tonelámetros.

$\Delta$ = Desplazamiento de toneladas.

L= Eslora en metros.

K= Coeficiente que varía según los tipos de Buques.

## **CAPITULO VI**

### **ANALISIS ECONOMICO**

Al determinar la vida útil remanente de un buque, es fundamental desarrollar un análisis económico, a fin de determinar si es viable económicamente continuar operándolo o proceder al reciclaje de esta y reemplazarla por otro buque nuevo o comisionado.

En este capítulo, se aplicara los principios fundamentales de la evaluación económica y toma de decisiones en el caso especial de situaciones de reemplazo de equipos, donde la razón que origina la situación de reemplazo pudiera ser el deterioro, obsolescencia o capacidad inadecuada del equipo.

#### **6.1. REEMPLAZO DE EQUIPOS.**

En la forma más general, el reemplazo se puede definir como el desplazamiento de una actividad por otra. Por ejemplo:

- a) Reemplazo de una inversión en acciones por una inversión en bonos.
- b) Reemplazo de un proceso manual por un proceso automático.
- c) Reemplazo de un equipo instalado por un equipo nuevo.

Sin embargo, aun cuando existe esta concepción tan amplia de reemplazo este capítulo se concentra en el caso de reemplazo de equipos.

### 6.1.1. Causas.

Los equipos se reemplazan por:

- Obsolescencias
- Debido a fallas.
- Por razones económicas.

La posibilidad de reemplazar un equipo debido a falla se detecta fácilmente, ya que, cuando esta última ocurre el equipo no presenta las condiciones normales de operación y, por tanto, habrá que repararlo o reemplazarlo. En el caso de buques se realiza un análisis de falla y deterioro de todo el casco y estructuras, como se explico en capítulos anteriores.

Realizar análisis de reemplazo por fallas involucra generalmente la aplicación de modelos probabilísticos en virtud de la causa que origina el problema. Básicamente, se estudia si los equipos deben ser reemplazados preventivamente o una vez que fallan, en función de los costos asociados con cada una de las situaciones.

El reemplazo de equipos por razones económicas es más difícil de detectar a simple vista, ya que el equipo aparentemente reúne las condiciones normales de operación y lo hace regularmente. En este caso, se hace necesario determinar si el equipo instalado esta en las condiciones más favorables, desde el punto de vista económico, en relación con otros equipos existentes. En conclusión, un equipo instalado se reemplaza por razones económicas cuando se comprueba la existencia de una mejor alternativa de inversión. La realización de este tipo de análisis constituye el objetivo de este capítulo.

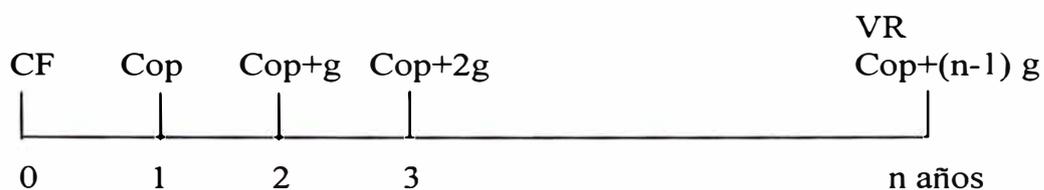
### 6.1.2. Reemplazo por razones económicas.

De acuerdo con lo que se expresa en la sección 6.1.1, este tipo de reemplazo se realiza cuando existe otro equipo o proceso disponible capaz de realizar la misma actividad de forma más económica.

Las razones por las cuales un equipo en operación se hace antieconómico son las mismas que originan la depreciación: el deterioro, la obsolescencia y la capacidad inadecuada. Las causas anteriormente mencionadas suelen ocasionar una pérdida de eficiencia técnica del equipo, que a su vez se traduce en una disminución de su valor y en un aumento en los costos de operación (ver Fig. 6.1)

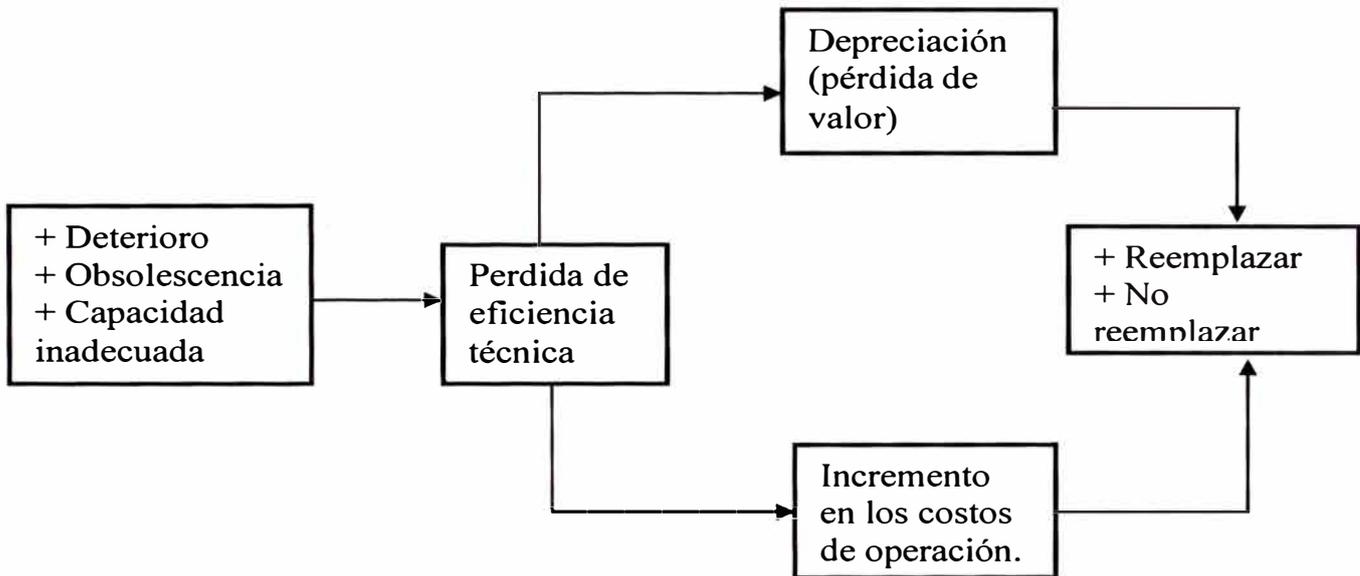
Este último significa que los elementos mencionados se reflejan directamente en los flujos monetarios asociados con un equipo y es por ello, que una decisión de reemplazo, en esta situación, amerita un análisis de tipo económico.

Si se toma el caso de un equipo que experimenta un deterioro tal que incrementa sus costos de operación en forma constante, sobre una escala de tiempo se tiene:



Donde:

Fig 6.1 Causas del reemplazo de un equipo por razones económicas.



CF = inversión en capital fijo

VR = valor residual al final de su vida

Cop = costos operacionales

g = incremento anual en los costos operacionales debido al deterioro

y si se determina su equivalencia anual.

$$EA(i) = CF \left( \frac{R}{P_{i,n}} \right) - VR \left( \frac{R}{S_{i,n}} \right) + Cop + g \left( \frac{R}{g_{i,n}} \right) \quad (6.1)$$

Los dos primeros términos de la expresión (6.1) representan el costo anual de la inversión hecha en el equipo y los dos últimos el equivalente anual de los costos de operación, o sea:

$$EA_{\text{inversión}} = CF \left( \frac{R}{P_{i,n}} \right) - VR \left( \frac{R}{S_{i,n}} \right) \quad (6.2)$$

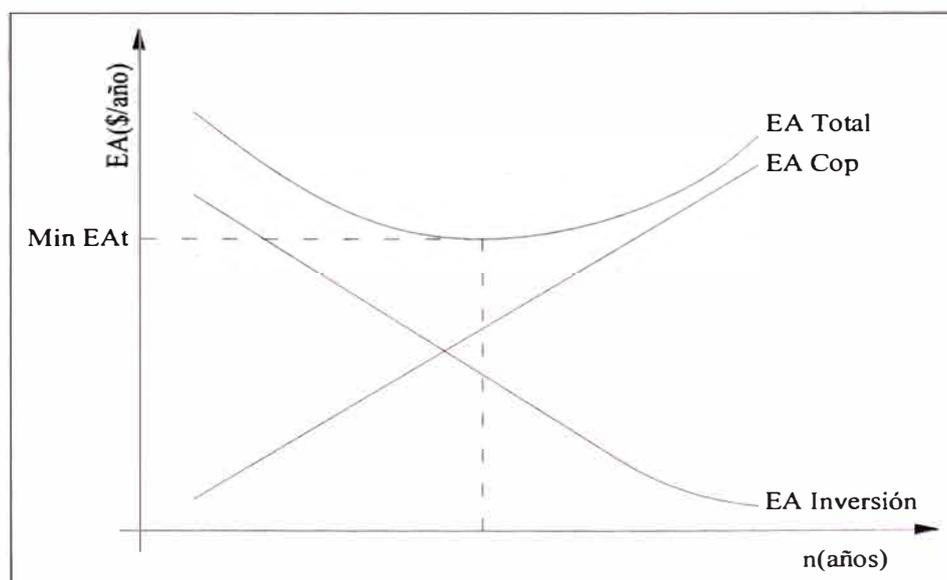
$$EA_{\text{costos de operación}} = Cop + g \left( \frac{R}{g_{i,n}} \right) \quad (6.3)$$

Si se analizan estos dos componentes del equivalente anual total en función de la vida del equipo, se puede constatar que, un aumento en el valor de  $n$  ocasiona una disminución del costo anual de la inversión y un aumento en el equivalente anual de los costos de operación.

Este comportamiento característico de los costos asociados con un equipo que experimenta deterioro determina una función de equivalente anual total que disminuye al comienzo de la vida del equipo, alcanza un mínimo y luego aumenta. La Fig 6.2 ilustra esta situación.

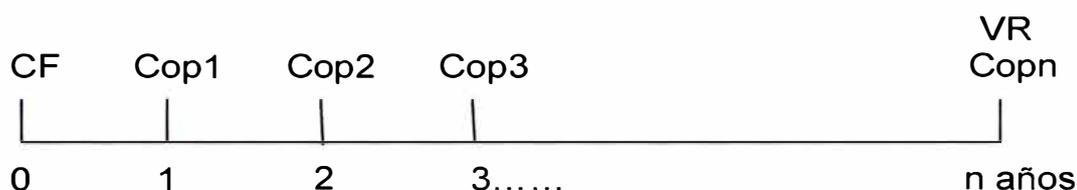
Al observar la grafica se puede apreciar que existe un punto mínimo de la curva de equivalente anual total, quiere decir que dicho equipo tiene un periodo óptimo de funcionamiento ( $n$ ), que es lo que se conoce como vida económica del equipo.

Fig. 6.2 Equivalente anual.



## 6.2. DETERMINACIÓN DE VIDA ECONÓMICA.

La vida económica es el periodo durante el cual un equipo presta un servicio determinado con el menor costo anual equivalente. Dados los siguientes costos asociados con un equipo:



El equivalente anual total es:

$$EA(i) = CF \left( \frac{R}{P_i, n} \right) - VR_n \left( \frac{R}{S_i, n} \right) + \sum_{t=1}^n Copt \left( \frac{P}{S_i, t} \right) \left( \frac{R}{P_i, n} \right) \quad (6.4)$$

Si se desea conocer la vida económica de este equipo es necesario determinar el valor de  $n$  que minimiza la ecuación (5.4).

El procedimiento que se sigue es el siguiente:

- a) Se calcula el equivalente anual total para diferentes valores de  $n$ , sustituyendo los flujos monetarios en la ecuación (5.4). cabe destacar que el equipo tendrá diferentes valores residuales dependiendo de su tiempo de funcionamiento, es decir:

$n(\text{años})$	1	2	....	$n$
$VR(\$)$	$VR_1$	$VR_2$	...	$VR_n$

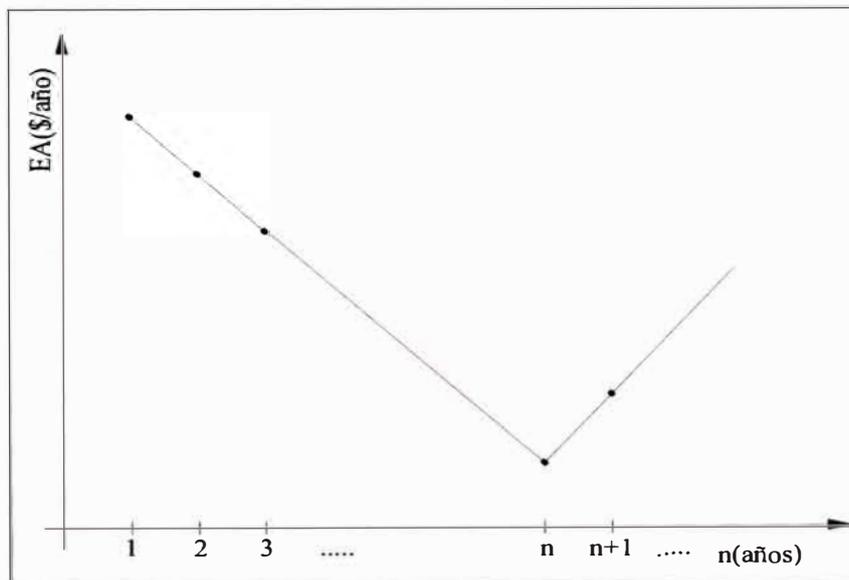
- b) El paso (a) se repite tantas veces como sea necesario para alcanzar el valor mínimo de la ecuación (5.4), lo cual se traduce en los siguientes resultados:

$n(\text{años})$	1	2	....	$n$	$n+1$	....
$EA(\$)$	$EA_1$	$EA_2$	....	$EAn$	$VR(n+1)$	....

⏟
↓
⏟  
 disminuye                      mínimo                      aumenta

Estos valores se representan gráficamente en la Fig. 6.3.

Fig. 6.3. Función EA Total –vs-n para un equipo sometido a deterioro



## **CAPITULO VII DESARROLLO**

### **7.1. BUQUE A ESTUDIAR**

El Buque que se utilizara durante el estudio es un Buque militar tipo Desembarco, el cual pertenece actualmente a la Marina de Guerra del Perú. Con 60 años de servicio al 2013, ha cumplido su vida útil económica en su Marina de origen, y acaba de culminar su segunda vida útil en la Marina Peruana. Es por esto que es necesario estudiar la situación actual del casco, es decir su resistencia longitudinal, además de evaluar si económicamente es factible seguir operándolo como buque desembarco o asignarle otra función, o simplemente reciclarlo. Las características principales del Buque son las siguientes:

Tipo de Buque (diseño original)	: BUQUE DESEMBARCO
Año de puesta de quilla	: 1951.
Año de Comisionamiento US Navy	: 1953.
Año de Comisionamiento MGP	: 1985.
Dotación	: 500 personas.
Eslora total	: 384' (117.04 m).
Eslora entre perpendiculares	: 370' (112.776 m).
Manga moldeada	: 55'-6" (16.916 m).
Puntal moldeado	: 29'-11 ¾" (9.138 m).
Calado de Diseño	: 13' (3.962 m) respecto a la LB.

Motor principal	: 4 unidades: GENERAL MOTORS.
Potencia Máxima a 750 R.P.M.	: 1700 HP C/U.
Ejes propulsores de diseño	: Dos (02) hélices de paso variable.
Autonomía	: 30 días.
Velocidad Máxima	: 14 Nudos.
Desplazamiento Liviano	: 2590 toneladas.
Desplazamiento de lastre o desembarco	: 3147 toneladas.
Desplazamiento de Diseño	: 4660 toneladas.
Desplazamiento de Máxima Carga	: 6225 toneladas.
Casco	: Material acero naval.

El Buque Desembarco de Tanques de Guerra (DT); inicio su construcción el 31 de Mayo de 1951 por el Astillero Ingalls Shipbuilding Corp. en la ciudad de Pascagoula (Misisipi), terminado el 22 de Setiembre de 1952, lanzado a la mar el 15 de Mayo de 1953 y comisionado en la Marina Norteamericana el 26 de Octubre del mismo año con el nombre de USS LST-1164 y renombrado como USS Walworth County (LST-1164) el 01 de julio de 1955.

Participó en el primer desembarco de Infantes de Marina en el Líbano. En Octubre de 1962 participó en el bloqueo de Cuba. El 05 de Octubre de 1964 participó en el más grande ejercicio de Desembarco Anfibio efectuado en Europa desde la Segunda Guerra Mundial. En 1970 transportó ayuda para los damnificados del terremoto en el Perú. El 02 de Abril de 1971, a 20 años de su construcción, paso a la Reserva Naval. El 19 de Junio 1974, el Walworth County fue entregado a la Administración Marítima y atracado en la bahía de Suisun como parte de la flota de reserva de la Defensa Nacional.

El 07 de Agosto de 1984, al terminar su Vida Útil Económica, a 31 años de su construcción, dentro de su Vida Útil Secundaria, el Walworth County y tres de sus gemelos USS Traverse County (LST-1160), USS Waldo County (LST-1163), y USS Washoe County (LST-1165) fueron arrendadas al Perú en Agosto de 1984, y Walworth County fue comisionado en servicio en la Marina de Guerra peruana como B.A.P “PAITA” (DT-141) el 04 de Marzo de 1985. Perú renovó el contrato de arrendamiento de los cuatro Buques en Agosto de 1989 y Agosto de 1994. Los Estados Unidos vendieron las cuatro unidades al Perú el 26 de Abril de 1999, bajo el Programa de Asistencia de Seguridad, a 48 años de su construcción. En el Perú participó en UNITAS XXV el 2 de Agosto de 1985. El 09 de Diciembre de 1985 participó en el Operativo ORION en el cual realizó ejercicios de varado en la playa Colán, desembarcando vehículos anfibios de Infantería de Marina. Ha participado en diversos operativos habiéndose efectuado hasta la fecha más de 12 varadas en las playas de nuestro litoral, sin embargo, los mecanismos de sus portalones no prestan la seguridad de su operatividad.

En el año 2010 a sus 53 años de edad, la marina decide practicarle un análisis de casco y estructura a fin de determinar su estado actual, y definir su situación operacional en los años siguientes, para lo cual emitió una licitación, siendo la empresa EGIAN E.I.R.L, la elegida para determinar el estado actual y proyectar su vida útil remanente.

El Autor de este Informe, participo enteramente en la elaboración de este estudio.

## 7.2. ENSAYO DE TRACCIÓN Y ANALISIS METALOGRAFICO

### 7.2.1. Extracción de muestras del casco.

Durante la estadía del Buque en dique flotante, se inspeccionó, eligió y marcó seis (06) zonas del forro del casco, correspondientes al fondo del Buque según la siguiente ubicación.

Tabla 7.1 Muestras del fondo del casco.

<b>POSICION DE LAS MUESTRAS DEL CASCO</b>			
<b>MUESTRA #</b>	<b>UBICACIÓN</b>		
	<b>BANDA</b>	<b>CUADERNA</b>	<b>TRACA</b>
1	Babor	C22-C23	B
2	Estribor	C22-C24	B
3	Babor	C29-C30	B
4	Estribor	C29-C30	B
5	Babor	C37-C38	B
6	Estribor	C37-C38	B

Las dimensiones de las muestras fueron de 900 x 450 mm c/u, las cuales fueron extraídas por oxicorte y llevadas al Laboratorio de Maquinas y Herramientas de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería para ensayos de tracción y análisis metalográfico.

Para los ensayos de tracción, se confeccionó seis (06) probetas; una de cada muestra, en el sentido longitudinal del Buque, porque en este sentido los esfuerzos presentan los puntos más críticos en condiciones operacionales del Buque como son QUEBRANTO (tracción) y ARRUF0 (compresión).

Para el análisis metalográfico se eligieron las **Muestras N° 3 y 4**, por ser las más críticas, al pertenecer a la zona de tanque de lastre, en el cual está sometido a un ambiente altamente corrosivo. Ver Anexos A.

## 7.2.2. Trazabilidad de las Muestras Ensayadas

### 7.2.2.1. Ficha técnica de acero ASTM 131 Grado A.

Tabla 7.2 Norma Técnica de acuerdo a ASTM A6/A6M-02.

Calidad de Acero	Norma (Tipo de Acero)	Características y Usos
Comercial	Similar a SAE 1009	Cubiertas de equipos, maquinarias y piezas de exigencias menores.
Estructural	ASTM A36-01	Construcciones de puentes, estructuras industriales, edificios, torres y propósitos estructurales en general.
Estructural de Alta Resistencia y Baja Aleación	ASTM A572-01 Grado 50 ASTM A709 G.345	Este acero es microaleado con el fin de obtener elevadas propiedades mecánicas. Es usado en estructuras industriales, puentes, edificios, torres y en propósitos estructurales en general.
Naval	ASTM A131-01 Grado A	Embarcaciones navales y aplicaciones estructurales. Las planchas de calidad naval, pueden suministrarse con certificado de calidad expedido por Lloyd's Register of Shipping a requerimiento del cliente.

Tabla 7.3 Composición Química -SIDER PERÚ.

Calidad de Acero	C máx.	Mn	P máx.	S máx.	Si máx.
Estructural	0.25	1.20 máx.	0.04	0.05	0.40
Estructural de Alta Resistencia y Baja Aleación	0.23	1.35 máx.	0.04	0.05	0.40
Naval	0.21	2,5 x % C mín.	0.035	0.035	0.50

Tabla 7.4 Propiedades Mecánicas -SIDER PERÚ.

Calidad de Acero	R	F	%A Lo = 200 mm
	MPa (kgf/mm <sup>2</sup> )	MPa (kgf/mm <sup>2</sup> )	
Estructural	400-550 (40,8-56,1)	250 mín. (25,5 mín.)	18 mín.
Estructural de Alta Resistencia y Baja Aleación	450 mín. (45,9 mín.)	345 mín. (35,2 mín.)	16 mín.
Naval (A131)	400-520 (40,8-53,0)	235 mín. (24,0 mín.)	18 mín.

R: resistencia a la tracción; F: Límite de Fluencia; %A; Porcentaje de alargamiento; Lo: longitud calibrada de la probeta de ensayo; e: espesor.

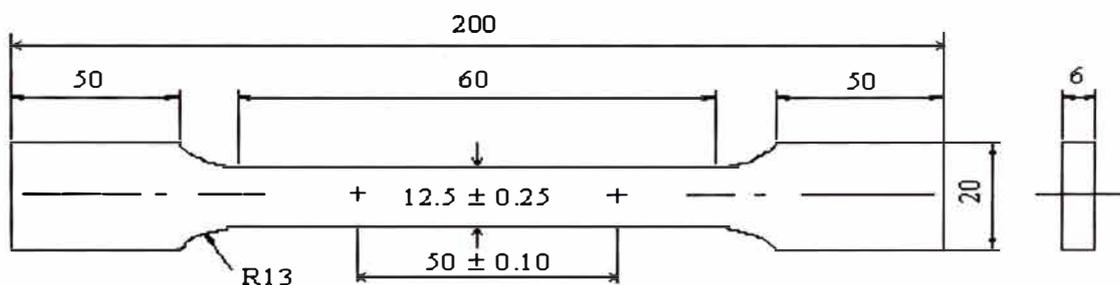
#### 7.2.2.2. Norma empleada en el ensayo de Tracción

El ensayo desarrollado por el Laboratorio de Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería, empleo el procedimiento de la siguiente norma:

#### ASTM A370 (Ensayo de Tracción)

Norma en la que se dan las dimensiones de las probetas (en este caso planas) a ser ensayadas, como se muestra en la grafica siguiente:

Figura.7.1 Probeta para Ensayo de Tracción



También se muestran las dimensiones que se tuvieron en cuenta para los ensayos de tracción respectivos:

Tabla 7.5 Dimensiones de las probetas ensayadas.

MUESTRAS	ESPESOR	ANCHO	LONG. INICIAL	LONG. FINAL	FUERZA DE FLUENCIA	FUERZA ROTURA
#1	7.51	11.99	50.8	57.58	2600	4220
#2	9.5	12.89	50.8	59.1	2980	4680
#3	10.29	12.9	50.8	62.39	2600	4960
#4	9.5	12.73	50.8	63.6	3260	5340
#5	10.12	12.96	50.8	68.54	3350	5900
#6	10.1	12.62	50.8	68.35	3250	5310

Como se puede verificar, las probetas extraídas y ensayadas cumplen con la Norma establecida; para este tipo de ensayos.

### 7.2.3. Resultados

Del informe técnico presentado por el Laboratorio de Mecánica, mostrada en el ANEXO A, correspondiente al ENSAYO DE TRACCION Y ANALISIS METALOGRAFICO A PLANCHAS DE ACERO NAVAL, se obtiene la siguiente tabla de resultados:

Tabla 7.6 Resultados de las probetas ensayadas.

PROBETA	MUESTRA	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO MÁXIMO	ELONGACION (%)
1	Nº 1	22.4 Kg/mm <sup>2</sup> (220 Mpa)	34.9 Kg/mm <sup>2</sup> (342 Mpa)	13.3
2	Nº 2	24.3 Kg/mm <sup>2</sup> (238 Mpa)	38.2 Kg/mm <sup>2</sup> (375 Mpa)	16.3
3	Nº 3	19.6 Kg/mm <sup>2</sup> (192 Mpa)	37.4 Kg/mm <sup>2</sup> (366 Mpa)	22.8
4	Nº 4	27.0 Kg/mm <sup>2</sup> (264 Mpa)	44.2 Kg/mm <sup>2</sup> (433 Mpa)	25.2
5	Nº 5	25.5 Kg/mm <sup>2</sup> (250 Mpa)	45 Kg/mm <sup>2</sup> (441 Mpa)	34.9
6	Nº 6	25.5 Kg/mm <sup>2</sup> (250 Mpa)	41.7 Kg/mm <sup>2</sup> (408 Mpa)	34.5

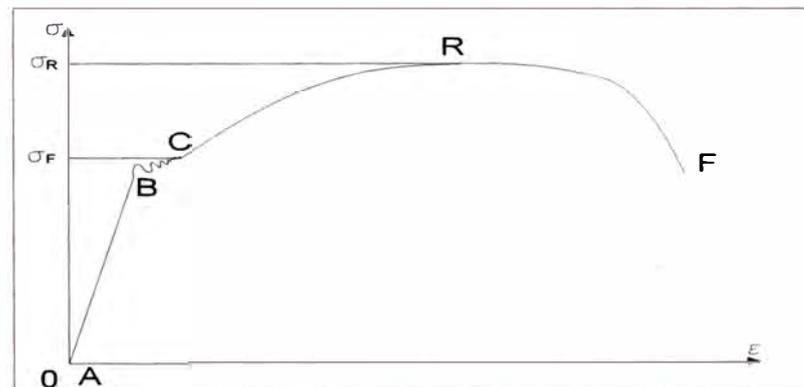
Estos resultados los plasmamos en la conocida Ley de Hooke, para aceros ASTM A131, según se muestra en la figura 7.2.

Donde en la primera parte de la curva (segmento AB) es prácticamente una recta, que muestra la proporcionalidad entre deformación con respecto a la fuerza aplicada. Si en cualquiera de los puntos entre A y B se anula el esfuerzo, el acero recobra sus dimensiones iniciales por ello, la tensión

correspondiente al punto B,  $\sigma_p$  se denomina límite de alargamiento proporcional.

El final de la línea oscilante BC, representa el límite de fluencia o límite aparente de elasticidad, y determina el valor  $\sigma_F$ . Desde C hasta R los alargamientos se reparten uniformemente en toda la probeta. Para tensiones superiores a  $\sigma_R$ , el alargamiento se produce de una manera rápida, con una fuerte reducción de la sección de la probeta, y rotura cuando se alcanza el valor  $\sigma_U$  (punto F), siempre inferior a  $\sigma_R$ .

Figura 7.2 Diagrama de Hooke del ASTM 131.



Con respecto al análisis metalográfico, el cual se encuentra incluido en el informe mencionado, se obtiene la siguiente tabla de resultados:

Tabla 7.7 Resultados de Análisis Metalografico

PLANCHA	ESTADO MICROESTRUCTURAL	TAMAÑO O GRANO ASTM	FOTO MICROG RAFÍA
3	• Matriz ferrítica de grano cristalino equiaxial, conteniendo perlita masiva y laminar en los límites de grano ferríticos y compuestos intermetálicos dispersos.	7	1,2
4	• Matriz ferrítica-perlítica masivas, conteniendo compuestos intermetálicos dispersos.	8	3,4

De los resultados mostrados, concluyen:

- a) Las citadas planchas son producto del proceso de laminación en caliente, las mismas que difieren en los tratamientos térmicos aplicados.
- b) Tales estados microestructurales confieren baja resistencia a la corrosión.
- c) El material, al presentar una distribución constante, es decir sin encontrarse agrietamientos ni sopladuras (zonas blancas), en su estructura interna, nos indica una buena cohesión entre sus componentes. Lo que le da buenas propiedades al material.

### **7.3. INSPECCIÓN VISUAL**

#### **7.3.1. Casco.**

Durante la inspección en dique flotante se observó la obra viva del forro del casco y la cubierta. Se puede observar que el Buque cuenta con su rampa de desembarco en proa, con fondo plano, con pantoque de aproximadamente 500 mm de radio en la parte central del Buque, con espejo de popa, con 2 Hélices, 2 Timones, etc. En cuanto al estado de la obra viva del casco y cubierta se observó lo siguiente:

- a) Se contabilizó 2000 metros lineales de cordón de soldadura, de las cuales aproximadamente 80 metros lineales presentan desgaste superficial.
- b) El forro del fondo del casco con 1200 m<sup>2</sup> de superficie, presenta desgaste del material por corrosión del tipo superficial en toda su extensión, que es el 0.01% del espesor de la plancha.
- c) 15 huecos puntuales en el fondo y bandas del casco.

- d) Sobreplanchas antiguas en las bandas del casco (aproximadamente en 1% del total del área de las bandas).
- e) 22 huecos puntuales en la cubierta principal debido a la corrosión.
- f) Sobreplanchas antiguas en el fondo del casco (aproximadamente en 5% del total del área del fondo).

Las observaciones anteriores se pueden observar en el plano de calibraciones y en las fotos de los ANEXOS B y C.

### **7.3.2. Estructura Interna.**

Se observo que la estructura interna del casco es de diseño longitudinal la cual está conformado por: Estructura principal (longitudinales de cubierta, banda, fondo y mamparo longitudinal con refuerzos verticales), Estructura secundaria (bulárcama), mamparos transversales con refuerzos verticales y dos cubiertas adicionales a la cubierta principal denominadas como segunda cubierta y tercera cubierta.

El Buque cuenta con los compartimentados mostrados en el plano de Disposición General. Ver ANEXO D.

El Buque cuenta con setenta y dos (72) bularcamas distribuidas desde la perpendicular de proa (FP ó 0) hasta la cuaderna 71 coincidente con la perpendicular de popa; además se tiene las cuadernas de proa designadas como "A", "B", "C", "D", "E". El espacio entre las cuadernas "E" a la "A" es de 2 ft, el espacio entre las bulárcamas 0 a la 11 es de 2 ft, el espacio entre bulárcamas 11 a la 49 es de 8 ft, y el espacio entre las bulárcamas 49 a la 71 es de 2 ft. Se desarrollo una inspección minuciosa de las bulárcamas

encontrándose, que de las 72 bulárcamas, solo se encuentran en mal estado los siguientes:

- a) Baos de la tercera cubierta (cielo de tanques) de los tanques 5-27-0-FF y 5-24-0-FF, en mal estado, totalmente destrozados, inclusive en el tanque 5-27-0-FF se observo puntales provisionales de madera. Ver ANEXO C.
- b) Algunas Cuadernas y Varengas corroídas, en particular los pertenecientes a los tanques de Agua. Ver ANEXO C.

Además cuenta con un mamparo de colisión a popa en la cuaderna 61, un mamparo de colisión a proa en la cuaderna 6, catorce (14) mamparos transversales resistentes, dos (2) mamparos longitudinales resistentes y un mamparo longitudinal no resistente ubicada en crujía; todos estos mamparos cuentan con refuerzos verticales con sección "T". En la inspección de los mamparos se encontró:

- a) Refuerzos de los mamparos transversales 27 y 30 totalmente destrozados por efectos de la corrosión. Ver ANEXO C.
- b) Huevo y Rajadura en el mamparo transversal 27. Ver ANEXO C.
- c) En el tanque 5-24-0-FF, el mamparo longitudinal no resistente ubicada en crujía, totalmente destrozada por efectos de la corrosión. Ver ANEXO C.

La segunda cubierta se encuentra en buen estado, pero la tercera cubierta si cuenta con diversos problemas:

- a) Huecos en la tercera cubierta, situados en su mayoría junto a los mamparos longitudinales resistentes. Ver ANEXO C.
- b) Longitudinales destrozadas por efectos de la corrosión en los tanques 5-27-0-FF y 5-24-0-FF. Ver ANEXO C.

## 7.4. CALIBRACIONES DE ESPESORES.

### 7.4.1. Casco.

Para el presente Estudio de Vida Útil Remanente del Buque Desembarco se realizó las calibraciones detalladas de la Obra Viva y Muerta, específicamente de:

- a) Fondo del Casco y Bandas.
- b) Cubierta Principal.
- c) Tercera Cubierta

Con las calibraciones realizadas y que se muestran en los planos de calibración (Ver ANEXO B), en lo concerniente al planchaje del fondo y bandas y tomando en cuenta los requerimientos de las Normas para la construcción de Buques capitales (American Bureau of Shipping) la que requiere y exige espesores mínimos para el planchaje del Casco y que en su diseño original se tienen los siguientes:

- a) Fondo                    9.50 mm
- b) Pantoque                9.50 mm
- c) Bandas                   11.10 mm

Estos espesores al ser contrastados con los obtenidos en la calibración realizada (la que nos da un espesor promedio de 9.0mm), nos hace ver una disminución en el espesor del planchaje. Esta disminución es de 5.26% con respecto al espesor original, debido a la corrosión principalmente. El espesor actual del Buque es aceptable para su edad y le permite un remanente de Vida Útil.

#### **7.4.2. Cubierta.**

Se realizó la calibración de la cubierta principal, los resultados se muestran en el ANEXO B, encontrándose un promedio de espesor de 9.5mm en casi toda la cubierta, excepto en las bandas, en donde se encontraron espesores en promedio de 10.5mm. También se encontraron concentraciones de espesores entre 2.0 y 4.0mm en zonas puntuales, inclusive agujeros, las cuales pueden ser reparadas injertando planchas en esas zonas.

Los espesores originales tienen un valor de 9.5mm de espesor, estos espesores al ser contrastados con los obtenidos en la calibración realizada (la que nos da un espesor promedio de 9.5mm), nos hace ver que no ha habido un desgaste significativo a excepción de los huecos y pequeños espesores focalizados.

#### **7.4.3. Estructura Interna.**

En este punto se realizó la calibración de la totalidad de bulárcamas y mamparos que componen la estructura transversal del Buque, esto con la finalidad de comprobar el estado de las estructuras que componen los anillos estructurales y los mamparos estancos en la zona del fondo, principalmente los correspondientes a los mamparos de colisión y los mamparos en la zona de tanques de lastre, combustible y agua dulce.

Los valores encontrados se muestran en el anexo B, los cuales difieren de los valores originales en un 5% en promedio.

## 7.5. SOLDADURA

### 7.5.1. Casco.

Durante la estadía del Buque en Dique, se realizó la inspección de la soldadura en el exterior e interior de la Casco, encontrándose en su mayoría, como se observa en las figuras del ANEXO C.

En el exterior del casco, se observa el cordón de soldadura desgastada, disminuyendo así la garganta del perfil de cordón. Este desgaste abarca en su mayoría en el fondo del casco y algunas zonas en las bandas, así como se describe en la tabla 7.8.

Tabla 7.8 Inspección de Cordones de Soldadura en Obra Viva.

UBICACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIONES
	metros lineales	
Traca central (Quilla)	2	El 80 % se encuentran ubicados desde la cuaderna 25 a proa, 15 % en popa y la diferencia en la parte central. Todos estos cordones tienen problemas por disminución de garganta (desgaste superficial), además de haberse encontrado 3 huecos puntuales en el cordón.
Traca A (Estribor)	4	
Traca A (Babor)	4	
Traca B (Estribor)	11	
Traca B (Babor)	9	
Traca C (Estribor)	15	
Traca C (Babor)	5	
Traca D (Estribor)	7	
Traca D (Babor)	1	
Traca E (Estribor)	4	
Traca E (Babor)	3	
Traca F (Estribor)	2	
Traca F (Babor)	4	
Traca G (Estribor)	2	
Traca G (Babor)	1	
<b>Total</b>	<b>74</b>	

En la Obra viva se tiene aproximadamente un total de 2000 metros lineales de cordón de soldadura (cordones longitudinales y transversales). En la TABLA 7.8, nos da como resultado un total de 74 metros lineales, con problemas de

disminución de garganta, la cual representa un 3.7 % del total, siendo esta una proporción pequeña. Respecto a la inspección por interior del casco, se observo:

- a) **Soldadura en las bandas**, estos en su mayoría se encuentran en buen estado, debido a que el casco en el interior, entre la cubierta principal y tercera cubierta, se encuentran protegidos por una capa de pintura de 25 mils en promedio y forrados, teniendo acceso solo a algunas zonas, observándose que el cordón de soldadura se encuentra en buenas condiciones.
- b) **Soldadura en el fondo**, al igual que en las bandas estos también se encuentran en buen estado, a excepción de los cordones de casco ubicados en los tanques de lastre, que debido al contacto con el agua de mar, presentan oxido, siendo esta de menor consideración en comparación a una corrosión.

Tomando en cuenta la inspección del casco, tanto en el exterior como interior, se puede deducir que el estado del cordón de soldadura de los 74 metros lineales observados en la TABLA 7.8, se encuentran como se indica en la Figura 7.3, y el resto se encuentra buenas condiciones, como se observa en la Figura 7.4.

Fig. 7.3. Estado de los 74 ml observados en la inspección.

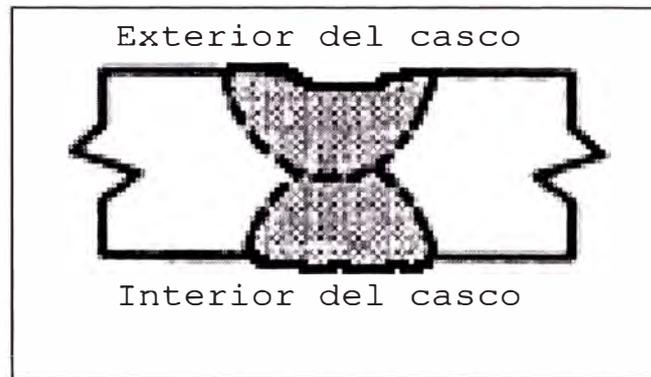
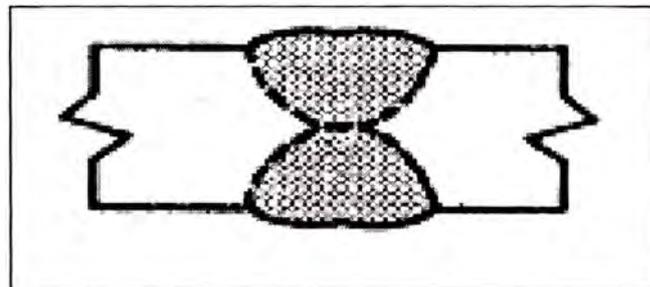


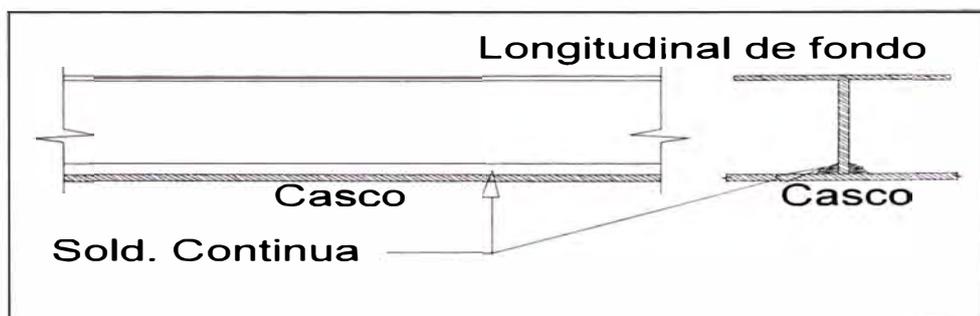
Fig. 7.4. Cordón de soldadura en buen estado



### 7.5.2. Casco-Estructura.

Los cordones entre casco y estructura son totalmente continuos como se indica en la figura 7.5.

Figura 7.5. Cordón de soldadura entre casco-estructura



Las soldaduras inspeccionadas en cubierta principal y tercera cubierta, se encuentran en buen estado, debido a que se encuentran pintados y forrados,

teniendo acceso solo algunas zonas, donde se observo el cordón en perfectas condiciones, como lo muestra en el ANEXO C.

Solo en los tanques de lastre se pueden encontrar algunos cordones de soldadura con problemas de oxido y reducción de cateto, se aproxima que estos problemas son del 3% de la cantidad de soldadura existentes en cada tanque de lastre, lo cual es una cantidad manejable, en caso de realizar reparación de soldadura.

De las inspecciones de soldadura tope en casco y casco-estructuras, se concluye que estas no afectan de manera considerable al estudio de Vida útil, estando en su mayoría en buenas condiciones, además se sabe que por diseño el esfuerzo a la tensión del cordón de soldadura es mayor que las planchas a unir, debido a esto la concentración de esfuerzos en una zona especifica, altera en mayor grado a la plancha que al cordón de soldadura.

#### **7.6. TIEMPO DE VIDA DEL CASCO.**

Considerando una corrosión homogénea y lo mencionado en el capítulo 5.3, se calculan el tiempo de vida del material de acero empleado para el casco. Teniendo en cuenta que este Buque es un del tipo Desembarco y no un Buque comercial destinado a realizar cargas secas, expuestas a sustancias corrosivas y esfuerzos mecánicos frecuentes que dañen los recubrimientos de protección, entonces comprende que el grado de la velocidad de corrosión estará muy por debajo de 0.022 mm/año. Pero para efectos de cálculo, se considerará una velocidad de corrosión igual a 0,022 mm/año correspondiente a velocidad de corrosión ligera, y el cálculo se realiza como se muestra a continuación:

$$t_v = \frac{e_c}{v_c} \quad (7.1.a)$$

$$e_c = 0.25 * e \quad (7.1.b)$$

Donde:

$t_v$  : Tiempo de vida del material.

$e_c$  : Espesor desgastado por corrosión del material.

$v_c$  : Velocidad de corrosión del material.

$e_C$  : Espesor del material original.

Los resultados para elementos de casco son los que se muestran en la tabla 7.9 siguiente:

Tabla 7.9.-Tiempo de vida normal del casco.

<b>Elementos principales de estructura del casco.</b>	<b>e (mm)</b>	<b><math>e_c</math> (mm)</b>	<b><math>v_c</math> (mm/año)</b>	<b><math>t_v</math> (años)</b>
Planchaje de cubierta	11.1	2.775	0.022	126.1
Planchaje de fondo	9.5250	2.3813	0.022	108.2
Planchaje de las bandas	11.1	2.775	0.022	126.1

Se puede observar, que la Vida Útil del casco no está estrictamente relacionada con la velocidad de corrosión, ya que esta es muy lenta y su efecto es despreciable.

## 7.7. RESISTENCIA LONGITUDINAL.

En esta parte se evaluara los esfuerzos críticos a diferentes desplazamientos tanto en Arrufo como en Quebranto, a fin de evaluar si la Viga-Buque mantiene su factor de seguridad de diseño, en caso exista una reducción se buscara el desplazamiento limite adecuado que cumpla con dicho factor.

Como se menciona en el Capítulo 5.5.1 El Bureau of Ships Americano propone que, para la condición de QUEBRANTO, los pesos que deben incluirse son los comprendidos en los compartimientos extremos situados fuera del 35% L respecto al centro del Buque, y para ARRUFO se cargaran los espacios comprendidos en los compartimientos centrales, situados dentro del 45% L respecto al centro del Buque.

Todas estas consideraciones para el análisis de esfuerzos se aplicaran al Buque Desembarco, conociendo que este Buque cuenta con tanques de combustible, tanque de lastre, tanque de trimado y carga neta, como pesos muertos más la estructura y maquinaria del Buque.

#### **7.7.1. Pesos y Desplazamientos.**

Para realizar este análisis el Buque nos proporciono el “MANUAL DE OPERACIONES PARA UNIDADES CLASE DT” en la cual menciona diversas condiciones de carga, siendo de nuestro interés la condición de máxima carga. De acuerdo a la TABLA 7.10 el desplazamiento de máxima carga lo componen:

- a) **Desplazamiento en Rosca**, conocido como Buque ligero, esta condición está compuesta por la suma de los pesos del casco, estructuras, maquinarias, equipos, habitación y armas; sin considerar la tripulación, combustible, municiones y ningún tipo de carga. En el caso del Buque Desembarco el desplazamiento en Rosca es de 2590 Ton.
- b) **Agua Dulce**, para consumo humano, se tiene un total de 176.73 Ton.

- c) **Petróleo Diesel (Diesel Oil) o Lastre**, se considera la cantidad necesaria para una autonomía de 30 días, distribuida en 15 tanques, con un peso total de 881.55 Ton.
- d) **Carga líquida**, combustible diesel transportada como carga, con un peso total de 639.72 Ton.
- e) **Aceite lubricante**, con un total de 25.09 ton.

Todas estas cargas incluyendo el FOG OIL, munición, víveres y el completo (tripulantes y pasajeros) conforman el **desplazamiento de máxima carga, el cual es de 6228 Ton.**

Para determinar los esfuerzos tanto en QUEBRANTO, como ARRUFO, se debe realizar la carga distribuida longitudinal de los pesos, para esto se necesita conocer el centro de gravedad y la extensión longitudinal de todos los pesos.

Para el caso del Buque Desembarco, se hace un desglose de todos los pesos que participan en la condición de máxima carga, mencionadas en la TABLA 7.10.

#### **7.7.2. Esfuerzos Vs. Desplazamiento en QUEBRANTO.**

Para realizar esta grafica, se necesita tener como mínimo 5 puntos, para ello se tomara varias condiciones de carga: rosca, máxima carga y 3 condiciones intermedias. Para determinar los esfuerzos se necesita conocer:

- a) **La curva de Momento Flector**, para determinar el momento máximo. Se procederá a realizar todos los pasos sugeridos en el 5.4
- b) **Modulo de la sección maestra**, la cual se determinara del resultante de todos los módulos de sección de la estructura longitudinal. Se procederá a realizar todos los pasos sugeridos en 5.4.2. Ver anexo D.
- En los siguientes cuadros se muestran la distribución de pesos de las cinco condiciones de carga para el caso de Quebranto.

Tabla 7.10 Distribución de pesos en Rosca en Quebranto.

DESCRIPCION	PESO	XG	LIMITE A POPA	LIMITE A PROA	ZG	Carga lineal prc medio
	Ton	m	m	m	m	ton/m
Casco y Estructuras	2100.00	-0.24	-56.39	56.39	6.22	18.62
Planta Propulsora	160.00	-24.69	-38.11	-11.28	2.50	5.96
Planta Eléctrica	70.00	-23.49	-33.23	-13.75	2.60	3.59
sistemas auxiliares	130.00	-33.23	-42.98	-23.48	2.80	6.67
equipos y Habitación	110.00	-19.21	-53.50	15.16	9.00	1.60
Armas	20.00	1.61	-56.39	56.39	8.00	0.18
<b>LIGHT SHIP</b>	<b>2590.00</b>	<b>-4.824</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5.853</b>	

Tabla 7.11.- Distribución de pesos Segunda condición en Quebranto.

DESCRIPCION		PESO	XG	LIMITE A POPA	LIMITE A PROA	ZG	Carga lineal promedio
		Ton	m	m	m	m	ton/m
Casco y Estructuras		2100.00	-0.24	-56.39	56.39	6.22	18.62
Planta Propulsora		160.00	-24.69	-38.11	-11.28	2.50	5.96
Planta Eléctrica		70.00	-23.49	-33.23	-13.75	2.60	3.59
Sistemas Auxiliares		130.00	-33.23	-42.98	-23.48	2.80	6.67
Equipos y Habitación		110.00	-19.21	-53.50	15.16	9.00	1.60
Armas		20.00	1.61	-56.39	56.39	8.00	0.18
Complemento		63.00	-3.13	-56.39	50.00	7.63	0.59
Munición		61.00	3.93	-56.39	48.50	5.95	0.58
Viveres		107.80	-21.82	-25.70	-17.97	5.88	13.95
Petróleo Diesel Ser. Diar.	4-44-2-F	4.80	-31.39	-32.00	-30.78	4.05	3.93
Petróleo Diesel Ser. Diar.	4-44-1/2-2-F	4.69	-32.61	-33.22	-32.00	4.08	3.84
FOG OIL	5-49-2-F	6.69	-43.59	-44.20	-42.97	3.96	5.44
Aceite lubricante	4-44-1/2-1-F	12.91	-31.68	-33.22	-30.78	3.44	5.29
Carga a popa		209.50	-28.66	-33.30	-24.03	7.63	22.60
Carga a proa		209.50	36.23	31.59	40.86	7.63	22.60
<b>TOTAL</b>		<b>3269.89</b>	<b>-4.35</b>			<b>6.10</b>	

Tabla 7.12.- Distribución de pesos Tercera condición en Quebranto

DESCRIPCION		PESO	XG	LIMITE A POPA	LIMITE A PROA	ZG	Carga lineal promedio
		Ton	m	m	m	m	ton/m
Casco y Estructuras		2100.00	-0.24	-56.39	56.39	6.22	18.62
Planta Propulsora		160.00	-24.69	-38.11	-11.28	2.50	5.96
Planta Eléctrica		70.00	-23.49	-33.23	-13.75	2.60	3.59
Sistemas Auxiliares		130.00	-33.23	-42.98	-23.48	2.80	6.67
Equipos y Habitación		110.00	-19.21	-53.50	15.16	9.00	1.60
Armas		20.00	1.61	-56.39	56.39	8.00	0.18
Complemento		63.00	-3.13	-56.39	50.00	7.63	0.59
Munición		61.00	3.93	-56.39	48.50	5.95	0.58
Viveres		107.80	-21.82	-25.70	-17.97	5.88	13.95
Agua Fresca	5-41-1-W	88.20	-25.33	-28.35	-22.25	3.05	14.47
Agua Fresca	5-41-2-W	88.20	-25.33	-28.35	-22.25	3.05	14.47
Petróleo Diesel Ser. Diar.	4-44-2-F	4.80	-31.39	-32.00	-30.78	4.05	3.93
Petróleo Diesel Ser. Diar.	4-44-1/2-2-F	4.69	-32.61	-33.22	-32.00	4.08	3.84
FOG OIL	5-49-2-F	6.69	-43.59	-44.20	-42.97	3.96	5.44
Carga líquida(petróleo Diesel)	5-21-1/2-0-FF	182.30	21.00	17.98	24.08	3.23	29.89
Aceite lubricante	4-40-2-F	13.18	-21.35	-22.25	-18.59	3.41	3.60
Aceite lubricante	4-44-1/2-1-F	12.91	-31.68	-33.22	-30.78	3.44	5.29
Carga a popa		419.00	-24.03	-33.30	-14.76	7.63	22.60
Carga a proa		419.00	31.59	22.32	40.86	7.63	22.60
<b>TOTAL</b>		<b>4060.77</b>	<b>-3.36</b>			<b>5.99</b>	

Tabla 7.13.- Distribución de pesos Cuarta condición en Quebranto

DESCRIPCION		PESO	XG	LIMITE A POPA	LIMITE A PROA	ZG	Carga lineal promedio
		Ton	m	m	m	m	ton/m
Casco y Estructuras		2100.00	-0.24	-56.39	56.39	6.22	18.62
Planta Propulsora		160.00	-24.69	-38.11	-11.28	2.50	5.96
Planta Eléctrica		70.00	-23.49	-33.23	-13.75	2.60	3.59
Sistemas Auxiliares		130.00	-33.23	-42.98	-23.48	2.80	6.67
Equipos y Habitación		110.00	-19.21	-53.50	15.16	9.00	1.60
armas		20.00	1.61	-56.39	56.39	8.00	0.18
complemento		63.00	-3.13	-56.39	50.00	7.63	0.59
Munición		61.00	3.93	-56.39	48.50	5.95	0.58
Viveres		107.80	-21.82	-25.70	-17.97	5.88	13.95
Agua Fresca	5-41-1-W	88.20	-25.33	-28.35	-22.25	3.05	14.47
Agua Fresca	5-41-2-W	88.20	-25.33	-28.35	-22.25	3.05	14.47
Petróleo Diesel o Lastre	5-36-2-F	60.30	-13.72	-16.16	-11.28	2.96	12.36
Petróleo Diesel o Lastre	5-36-1-F	50.61	-13.81	-16.16	-11.28	2.74	10.37
Petróleo Diesel Tq. Asentam	4-35-2-F	16.33	-10.06	-11.28	-8.84	3.41	6.69
Petróleo Diesel Tq. Asentam	4-35-1-F	16.33	-10.06	-11.28	-8.84	3.41	6.69
Petróleo Diesel Ser. Diar.	4-36-1-F	4.84	-11.89	-12.49	-11.28	4.02	4.01
Petróleo Diesel Ser. Diar.	4-36-1/2-1-F	4.84	-13.11	-13.72	-12.49	4.02	3.93
Petróleo Diesel Ser. Diar.	4-44-2-F	4.80	-31.39	-32.00	-30.78	4.05	3.93
Petróleo Diesel Ser. Diar.	4-44-1/2-2-F	4.69	-32.61	-33.22	-32.00	4.08	3.84
FOG OIL	5-49-2-F	6.69	-43.59	-44.20	-42.97	3.96	5.44
Carga líquida(petróleo Diesel)	5-21-1/2-0-FF	182.30	21.00	17.98	24.08	3.23	29.89
Carga líquida(petróleo Diesel)	5-24-0-FF	225.20	14.30	10.67	17.98	3.17	30.81
Aceite lubricante	4-40-2-F	13.18	-21.35	-22.25	-18.59	3.41	3.60
Aceite lubricante	4-44-1/2-1-F	12.91	-31.68	-33.22	-30.78	3.44	5.29
Carga a popa		628.50	-19.39	-33.30	-5.49	7.63	22.60
Carga a proa		628.50	26.96	13.05	40.86	7.63	22.60
<b>TOTAL</b>		<b>4858.22</b>	<b>-2.21</b>			<b>5.90</b>	

Tabla 7.14.- Distribución de pesos Máxima Carga.

DESCRIPCION		PESO	XG	LIMITE A POPA	LIMITE A PROA	ZG
		Ton	m	m	m	m
Casco y Estructuras		2100.00	-0.24	-56.39	56.39	6.22
Planta Propulsora		160.00	-24.69	-38.11	-11.28	2.50
Planta Eléctrica		70.00	-23.49	-33.23	-13.75	2.60
Sistemas Auxiliares		130.00	-33.23	-42.98	-23.48	2.80
Equipos y Habitación		110.00	-19.21	-53.50	15.16	9.00
Armas		20.00	1.61	-56.39	56.39	8.00
<b>PESO EN ROSCA</b>		<b>2590.00</b>	<b>-4.82</b>			<b>5.85</b>
Complemento		63.00	-3.13	-56.39	50.00	7.63
Munición		61.00	3.93	-56.39	48.50	5.95
Viveres		107.80	-21.82	-25.70	-17.97	5.88
Agua Fresca	5-41-1-W	88.20	-25.33	-28.35	-22.25	3.05
Agua Fresca	5-41-2-W	88.20	-25.33	-28.35	-22.25	3.05
Petróleo Diesel o Lastre	5-27-2-F	84.11	6.98	3.35	10.67	3.11
Petróleo Diesel o Lastre	5-27-1-F	84.11	6.98	3.35	10.67	3.11
Petróleo Diesel o Lastre	5-30-2-F	80.56	-0.15	-3.96	3.65	2.99
Petróleo Diesel o Lastre	5-30-1-F	80.56	-0.15	-3.96	3.65	2.99
Petróleo Diesel o Lastre	5-33-2-F	89.25	-7.65	-11.28	-3.96	2.96
Petróleo Diesel o Lastre	5-33-1-F	89.25	-7.65	-11.28	-3.96	2.96
Petróleo Diesel o Lastre	5-33-0-F	211.00	-7.25	-11.28	-3.96	2.80
Petróleo Diesel o Lastre	5-36-2-F	60.30	-13.72	-16.16	-11.28	2.96
Petróleo Diesel o Lastre	5-36-1-F	50.61	-13.81	-16.16	-11.28	2.74
Petróleo Diesel Tq. Asentam	4-35-2-F	16.33	-10.06	-11.28	-8.84	3.41
Petróleo Diesel Tq. Asentam	4-35-1-F	16.33	-10.06	-11.28	-8.84	3.41
Petróleo Diesel Ser. Diar.	4-36-1-F	4.84	-11.89	-12.49	-11.28	4.02
Petróleo Diesel Ser. Diar.	4-36-1/2-1-F	4.84	-13.11	-13.72	-12.49	4.02
Petróleo Diesel Ser. Diar.	4-44-2-F	4.80	-31.39	-32.00	-30.78	4.05
Petróleo Diesel Ser. Diar.	4-44-1/2-2-F	4.69	-32.61	-33.22	-32.00	4.08
FOG OIL	5-49-2-F	6.69	-43.59	-44.20	-42.97	3.96
Carga líquida(petróleo Diesel)	5-21-1/2-0-FF	182.30	21.00	17.98	24.08	3.23
Carga líquida(petróleo Diesel)	5-24-0-FF	225.20	14.30	10.67	17.98	3.17
Carga líquida(petróleo Diesel)	5-27-0-FF	232.20	6.98	3.35	10.67	3.11
Aceite lubricante	4-40-2-F	13.18	-21.35	-22.25	-18.59	3.41
Aceite lubricante	4-44-1/2-1-F	12.91	-31.68	-33.22	-30.78	3.44
Carga		1676.00	3.78	-33.30	40.86	7.63
<b>TOTAL</b>		<b>6228.00</b>	<b>-1.49</b>			<b>5.58</b>

El Buque en cada una de estas condiciones de carga presenta las siguientes características:

Tabla 7.15.- Características del Buque en las 5 condiciones de carga.

DESCRIPCIÓN	ROSCA	2DA CONDICIÓN	3RA CONDICIÓN	4TA CONDICIÓN	MAXIMA CARGA
Calado SM (m)	2.75	3.15	3.62	4.08	4.86
Desplazamiento (ton)	259	327	4061	4859	623
Calado en FP (m)	2.58	2.9	3.39	3.97	4.83
Calado en AP (m)	2.91	3.4	3.84	4.19	4.89
Eslora de flotación (m)	109.89	111.33	112.38	112.79	113.18
LCB (m)	-4.84	-4.36	-3.36	-2.22	-1.49
LCF (m)	0.79	0.25	-0.13	-0.35	-0.68
KB (m)	1.89	2.11	2.36	2.6	3.01
KG (m)	5.85	6.1	5.99	5.9	5.57
BMt (m)	13.66	11.12	9.15	7.76	6.17
BML (m)	509.91	427.02	359.27	309.25	251.12
GMt (m)	9.70	7.14	5.52	4.46	3.61
GML(m)	505.95	423.53	355.64	305.95	248.56
TPc (tonne/cm)	16.60	16.94	17.21	17.39	17.64
MTc (tonne.m)	116.20	122.81	128.06	131.81	137.27

Tomando los datos de la carga lineal promedio, se grafica la CURVA DE PESOS en esta condición, tomando en cuenta su extensión longitudinal y la ubicación de su centro de gravedad longitudinal con referencia a la sección media.

Para hallar la resultante de la carga lineal en cada punto de la extensión longitudinal del Buque, se aplica la siguiente ecuación:

$$Pf(x) = \sum_{i=1}^n Pi(x) \quad 7.1$$

Siendo:

Pf(x): Carga distribuida final a una distancia x de la sección media.

$P_i(x)$ : Cargas actuantes a una distancia  $x$  de la sección media, para  $i=1,2,\dots$

Siendo el resultado, como se muestra en los planos de “CONDICIONES EN QUEBRANTO”. Ver anexo D.

Para el análisis de la ola trocoidal, se toma como longitud de ola ( $L_f$ ) la eslora de flotación y para determinar la altura de ola ( $A$ ) :  $0.605\sqrt{L_f}$  ( $L_f$  en m.),

Tabla 7.16.- Longitud y Altura de Ola.

	<b>ROSCA</b>	<b>2DA CONDICIÓN</b>	<b>3RA CONDICIÓN</b>	<b>4TA CONDICIÓN</b>	<b>MAXIMA CARGA</b>
$L_f(m)$ :	109.881	111.33	112.381	112.79	113.182
$A(m)$ :	6.342	6.384	6.414	6.425	6.436

Reemplazando estos valores en la ecuación 5.27-a y 5.27-b se obtiene la ecuación de la ola para cada condición de carga.

Tabla 7.17.- Ecuación de Ola.

	<b>ROSCA</b>	<b>2DA CONDICIÓN</b>	<b>3RA CONDICIÓN</b>	<b>4TA CONDICIÓN</b>	<b>MAXIMA CARGA</b>
$X$ :	$17.49\theta - 3.17\sin\theta$	$17.72\theta - 3.192\sin\theta$	$17.89\theta - 3.207\sin\theta$	$17.95\theta - 3.213\sin\theta$	$18.01\theta - 3.218\sin\theta$
$Y$ :	$3.17(1 - \cos\theta)$	$3.192(1 - \cos\theta)$	$3.207(1 - \cos\theta)$	$3.213(1 - \cos\theta)$	$3.218(1 - \cos\theta)$

Con estos datos se determina la CURVA DE EMPUJES y CURVA DE CARGA DISTRIBUIDA RESULTANTE, resultando de integraciones el DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE y el DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR. En esta última se toma el Momento Flector Máximo (Ver ANEXO D), para determinar los esfuerzos en fondo y cubierta, las cuales se muestra en la siguiente tabla

Tabla 7.18.- Esfuerzos en Quebranto.

CONDICIÓN	UBICACIÓN	M	Ms	$\sigma_{max}$	
		Ton-m	m <sup>3</sup>	ton/m <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>
ROSCA	Tensión en Cubierta	21356	2.94	7270.82	7.27
	Compresión en Quilla	21356	3.08	6943.66	6.94
2da CONDICIÓN	Tensión en Cubierta	26219	2.94	8926.47	8.93
	Compresión en Quilla	26219	3.08	8524.81	8.52
3ra CONDICIÓN	Tensión en Cubierta	28858	2.94	9824.94	9.82
	Compresión en Quilla	28858	3.08	9382.85	9.38
4ta CONDICIÓN	Tensión en Cubierta	27052	2.94	9210.07	9.21
	Compresión en Quilla	27052	3.08	8795.65	8.8
MAXIMA CARGA	Tensión en Cubierta	16629	2.94	5661.48	5.66
	Compresión en Quilla	16629	3.08	5406.73	5.41

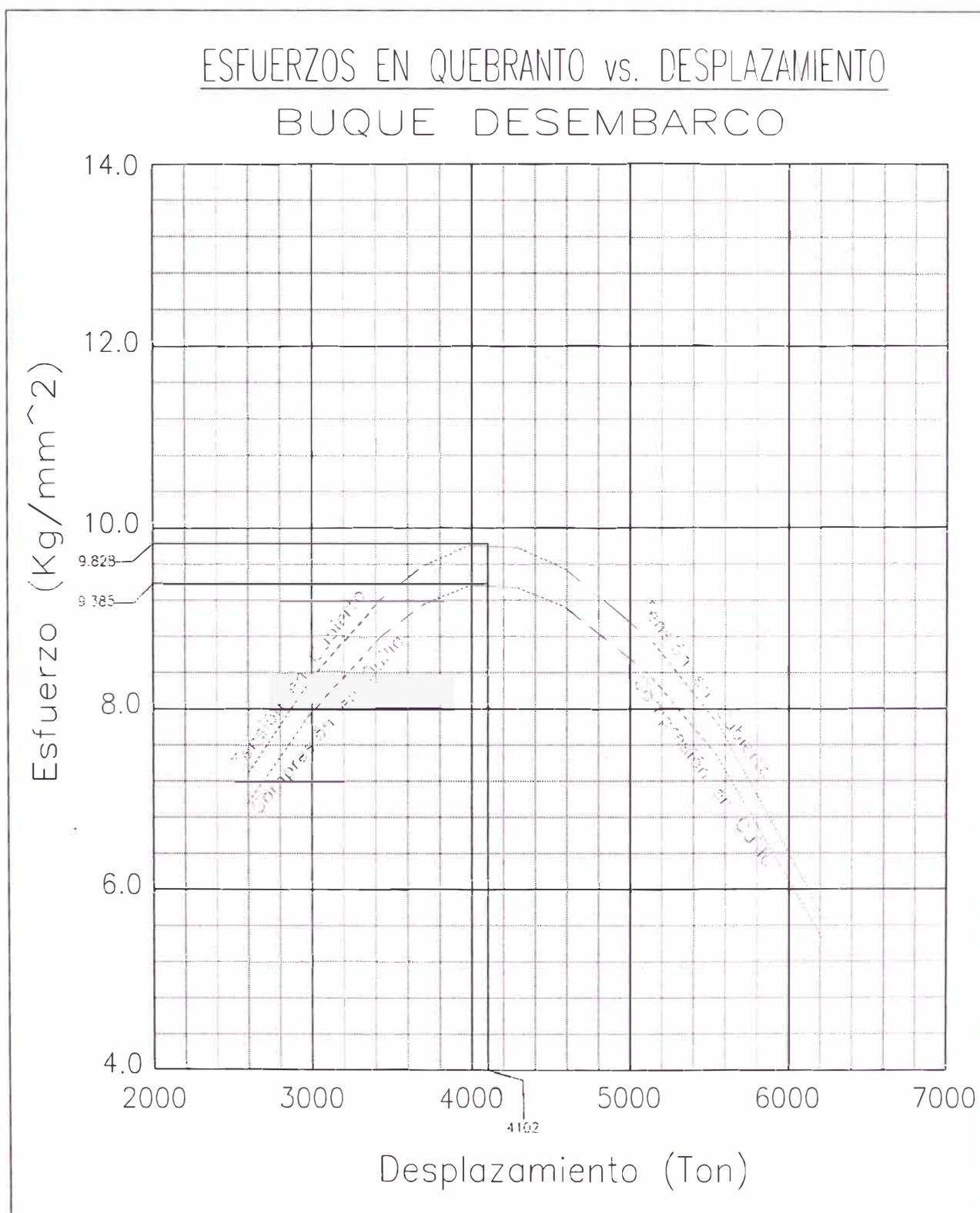
Se agrupa estos datos en función al desplazamiento.

Tabla 7.19.- Desplazamiento Vs. Esfuerzos en Quebranto.

CONDICION	Desplazamiento	Tensión en Cubierta	Compresión en Quilla
	Ton	kg/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>
ROSCA	2590.00	7.27	6.94
2da CONDICIÓN	3269.89	8.93	8.52
3ra CONDICIÓN	4060.77	9.82	9.38
4ta CONDICIÓN	4859.00	9.21	8.80
MAXIMA CARGA	6228.00	5.66	5.41

Graficando estos datos, se puede observar que la curva tiene forma de campana, donde la tensión máxima de cubierta es de 9.828 kg/mm<sup>2</sup> y la compresión máxima en quilla es de 9.385 kg/mm<sup>2</sup>, todo esto a un desplazamiento 4102 ton.

Grafica 7.1 Curva de Esfuerzos en Quebranto vs. Desplazamiento



### 7.7.3. Esfuerzos Vs. Desplazamiento en ARRUF0.

Se desarrolla de la misma manera que se hizo en QUEBRANTO. La diferencia es la cresta de la ola trocoidal, la cual se encuentra ubicada en los extremos, además que en las tres condiciones intermedias se distribuye los pesos de manera desfavorable para este caso.

Tanto la condición Rosca y Máxima Carga para Arrufo tiene la misma distribución que las tablas 7.10 y 7.14, en los siguientes cuadros se muestra la distribución para las condiciones intermedias.

Tabla 7.20.- Distribución de pesos Segunda condición en Arrufo.

DESCRIPCION		PESO	XG	LIMITE A POPA	LIMITE A PROA	ZG	Carga lineal promedio
		Ton	m	m	m	m	ton/m
Casco y Estructuras		2100.00	-0.24	-56.39	56.39	6.22	18.62
Planta Propulsora		160.00	-24.69	-38.11	-11.28	2.50	5.96
Planta Eléctrica		70.00	-23.49	-33.23	-13.75	2.60	3.59
Sistemas Auxiliares		130.00	-33.23	-42.98	-23.48	2.80	6.67
Equipos y Habitación		110.00	-19.21	-53.50	15.16	9.00	1.60
Armas		20.00	1.61	-56.39	56.39	8.00	0.18
Complemento		63.00	-3.13	-56.39	50.00	7.63	0.59
Munición		61.00	3.93	-56.39	48.50	5.95	0.58
Viveres		107.80	-21.82	-25.70	-17.97	5.88	13.95
Petróleo Diesel o Lastre	5-27-2-F	84.11	6.98	3.35	10.67	3.11	11.49
Petróleo Diesel o Lastre	5-27.1-F	84.11	6.98	3.35	10.67	3.11	11.49
Petróleo Diesel o Lastre	5-30-2-F	80.56	-0.15	-3.96	3.65	2.99	10.59
Petróleo Diesel o Lastre	5-30-1-F	80.56	-0.15	-3.96	3.65	2.99	10.59
Petróleo Diesel o Lastre	5-33-2-F	89.25	-7.65	-11.28	-3.96	2.96	12.19
Petróleo Diesel o Lastre	5-33-1-F	89.25	-7.65	-11.28	-3.96	2.96	12.19
Petróleo Diesel o Lastre	5-33-0-F	211.00	-7.25	-11.28	-3.96	2.80	28.83
Carga liquida(petróleo Diesel)	5-27-0-FF	232.20	6.98	3.35	10.67	3.11	31.72
Carga		419.00	3.78	-5.49	13.05	7.63	22.60
<b>TOTAL</b>		<b>4191.84</b>	<b>-3.20</b>			<b>5.41</b>	

Tabla 7.21.- Distribución de pesos Tercera condición en Arrufo.

DESCRIPCION		PESO	XG <sub>r</sub>	LIMITE A POPA	LIMITE A PROA	ZG	Carga lineal promedio
		Ton	m	m	m	m	ton/m
Casco y Estructuras		2100.00	-0.24	-56.39	56.39	6.22	18.62
Planta Propulsora		160.00	-24.69	-38.11	-11.28	2.50	5.96
Planta Eléctrica		70.00	-23.49	-33.23	-13.75	2.60	3.59
Sistemas Auxiliares		130.00	-33.23	-42.98	-23.48	2.80	6.67
Equipos y Habitación		110.00	-19.21	-53.50	15.16	9.00	1.60
Armas		20.00	1.61	-56.39	56.39	8.00	0.18
Complemento		63.00	-3.13	-56.39	50.00	7.63	0.59
Munición		61.00	3.93	-56.39	48.50	5.95	0.58
Viveres		107.80	-21.82	-25.70	-17.97	5.88	13.95
Petróleo Diesel o Lastre	5-27-2-F	84.11	6.98	3.35	10.67	3.11	11.49
Petróleo Diesel o Lastre	5-27.1-F	84.11	6.98	3.35	10.67	3.11	11.49
Petróleo Diesel o Lastre	5-30-2-F	80.56	-0.15	-3.96	3.65	2.99	10.59
Petróleo Diesel o Lastre	5-30-1-F	80.56	-0.15	-3.96	3.65	2.99	10.59
Petróleo Diesel o Lastre	5-33-2-F	89.25	-7.65	-11.28	-3.96	2.96	12.19
Petróleo Diesel o Lastre	5-33-1-F	89.25	-7.65	-11.28	-3.96	2.96	12.19
Petróleo Diesel o Lastre	5-33-0-F	211.00	-7.25	-11.28	-3.96	2.80	28.83
Petróleo Diesel o Lastre	5-36-2-F	60.30	-13.72	-16.16	-11.28	2.96	12.36
Petróleo Diesel o Lastre	5-36-1-F	50.61	-13.81	-16.16	-11.28	2.74	10.37
Petróleo Diesel Tq. Asentam	4-35-2-F	16.33	-10.06	-11.28	-8.84	3.41	6.69
Petróleo Diesel Tq. Asentam	4-35-1-F	16.33	-10.06	-11.28	-8.84	3.41	6.69
Petróleo Diesel Ser. Diar.	4-36-1-F	4.84	-11.89	-12.49	-11.28	4.02	4.01
Petróleo Diesel Ser. Diar.	4-36-1/2- 1-F	4.84	-13.11	-13.72	-12.49	4.02	3.93
Carga liquida(petróleo Diesel)	5-24-0-FF	225.20	14.30	10.67	17.98	3.17	30.81
Carga liquida(petróleo Diesel)	5-27-0-FF	232.20	6.98	3.35	10.67	3.11	31.72
Carga		838.00	3.78	-14.76	22.32	7.63	22.60
<b>TOTAL</b>		<b>4989.29</b>	<b>-2.11</b>			<b>5.42</b>	

Tabla 7.22.- Distribución de pesos Cuarta condición en Arrufo.

DESCRIPCION		PESO	XG	LIMIT E A POPA	LIMITE A PROA	ZG	Carga lineal promedi o
		Ton	m	m	m	m	ton/m
Casco y Estructuras		2100.00	-0.24	-56.39	56.39	6.22	18.62
Planta Propulsora		160.00	-24.69	-38.11	-11.28	2.50	5.96
Planta Eléctrica		70.00	-23.49	-33.23	-13.75	2.60	3.59
Sistemas Auxiliares		130.00	-33.23	-42.98	-23.48	2.80	6.67
Equipos y Habitación		110.00	-19.21	-53.50	15.16	9.00	1.60
Armas		20.00	1.61	-56.39	56.39	8.00	0.18
Complemento		63.00	-3.13	-56.39	50.00	7.63	0.59
Munición		61.00	3.93	-56.39	48.50	5.95	0.58
Viveres		107.80	-21.82	-25.70	-17.97	5.88	13.95
Agua Fresca	5-41-1-W	88.20	-25.33	-28.35	-22.25	3.05	14.47
Agua Fresca	5-41-2-W	88.20	-25.33	-28.35	-22.25	3.05	14.47
Petróleo Diesel o Lastre	5-27-2-F	84.11	6.98	3.35	10.67	3.11	11.49
Petróleo Diesel o Lastre	5-27.1-F	84.11	6.98	3.35	10.67	3.11	11.49
Petróleo Diesel o Lastre	5-30-2-F	80.56	-0.15	-3.96	3.65	2.99	10.59
Petróleo Diesel o Lastre	5-30-1-F	80.56	-0.15	-3.96	3.65	2.99	10.59
Petróleo Diesel o Lastre	5-33-2-F	89.25	-7.65	-11.28	-3.96	2.96	12.19
Petróleo Diesel o Lastre	5-33-1-F	89.25	-7.65	-11.28	-3.96	2.96	12.19
Petróleo Diesel o Lastre	5-33-0-F	211.00	-7.25	-11.28	-3.96	2.80	28.83
Petróleo Diesel o Lastre	5-36-2-F	60.30	-13.72	-16.16	-11.28	2.96	12.36
Petróleo Diesel o Lastre	5-36-1-F	50.61	-13.81	-16.16	-11.28	2.74	10.37
Petróleo Diesel Tq. Asentam	4-35-2-F	16.33	-10.06	-11.28	-8.84	3.41	6.69
Petróleo Diesel Tq. Asentam	4-35-1-F	16.33	-10.06	-11.28	-8.84	3.41	6.69
Petróleo Diesel Ser. Diar.	4-36-1-F	4.84	-11.89	-12.49	-11.28	4.02	4.01
Petróleo Diesel Ser. Diar.	4-36-1/2- 1-F	4.84	-13.11	-13.72	-12.49	4.02	3.93
Carga líquida(petróleo Diesel)	5-21-1/2- 0-FF	182.30	21.00	17.98	24.08	3.23	29.89
Carga líquida(petróleo Diesel)	5-24-0-FF	225.20	14.30	10.67	17.98	3.17	30.81
Carga líquida(petróleo Diesel)	5-27-0-FF	232.20	6.98	3.35	10.67	3.11	31.72
Aceite lubricante	4-40-2-F	13.18	-21.35	-22.25	-18.59	3.41	3.60
Carga		1257.00	3.78	-24.03	31.59	7.63	22.60
<b>TOTAL</b>		<b>5780.17</b>	<b>-1.49</b>			<b>5.58</b>	

El Buque en cada una de estas condiciones de carga presenta las siguientes características:

Tabla 7.23.- Características del Buque en las 5 condiciones de carga.

DESCRIPCIÓN	ROSCA	2DA CONDICIÓN	3RA CONDICIÓN	4TA CONDICIÓN	MAXIMA CARGA
Calado en la sección Media (m)	2.75	3.69	4.15	4.61	4.86
Desplazamiento (ton)	2590.00	4192.00	4990.00	5780.00	623.00
Calado en FP (m)	2.58	3.47	4.05	4.54	4.83
Calado en AP (m)	2.91	3.91	4.26	4.67	4.89
Eslora de flotación (m)	109.88	112.53	112.82	113.04	113.18
LCB (m)	-4.84	-3.20	-2.11	-1.71	-1.49
LCF (m)	0.79	-0.19	-0.39	-0.60	-0.68
KB (m)	1.89	2.40	2.64	2.88	3.01
KG (m)	5.85	5.41	5.42	5.44	5.57
BMt (m)	13.66	8.89	7.57	6.61	6.17
BML (m)	509.91	350.05	302.48	267.50	251.12
GMt (m)	9.70	5.88	4.79	4.06	3.61
GML(m)	505.95	347.04	299.70	264.94	248.56
TPc (tonne/cm)	16.60	17.24	17.42	17.57	17.64
MTc (tonne.m)	116.20	129.00	132.60	135.80	137.27

Para determinar la ecuación de ola, se sigue los mismos pasos empleados en el caso quebranto.

Tabla 7.24.- Ecuación de ola para cada condición en Arrufo.

	ROSCA	2DA CONDICIÓN	3RA CONDICIÓN	4TA CONDICIÓN	MAXIMA CARGA
X :	$17.49\theta - 3.17\sin\theta$	$17.91\theta - 3.209\sin\theta$	$17.96\theta - 3.21\sin\theta$	$17.99\theta - 3.216\sin\theta$	$18.014\theta - 3.22\sin\theta$
Y :	$3.17(1-\cos\theta)$	$3.21(1-\cos\theta)$	$3.21(1-\cos\theta)$	$3.22(1-\cos\theta)$	$3.218(1-\cos\theta)$

Con estos datos se determina la CURVA DE EMPUJES y CURVA DE CARGA DISTRIBUIDA RESULTANTE, resultando de integraciones el DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE y el DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR. En esta última se toma el Momento Flector Máximo (Ver anexo

D), para determinar los esfuerzos en fondo y cubierta, las cuales se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7.25.- Esfuerzos en Arrufo.

CONDICIÓN	UBICACIÓN	M	Ms	$\sigma_{max}$	
		Ton-m	m <sup>3</sup>	ton/m <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>
ROSCA	Compresión en Cubierta	15009	2.94	5109.94	5.11
	Tensión en Quilla	15009	3.08	4880.01	4.88
2da CONDICIÓN	Compresión en Cubierta	33220	2.94	11310.02	11.31
	Tensión en Quilla	33220	3.08	10801.1	10.8
3ra CONDICIÓN	Compresión en Cubierta	38152	2.94	12989.16	12.99
	Tensión en Quilla	38152	3.08	12404.69	12.4
4ta CONDICIÓN	Compresión en Cubierta	39408	2.94	13416.77	13.42
	Tensión en Quilla	39408	3.08	12813.06	12.81
MAXIMA CARGA	Compresión en Cubierta	38019	2.94	12943.88	12.94
	Tensión en Quilla	38019	3.08	12361.44	12.36

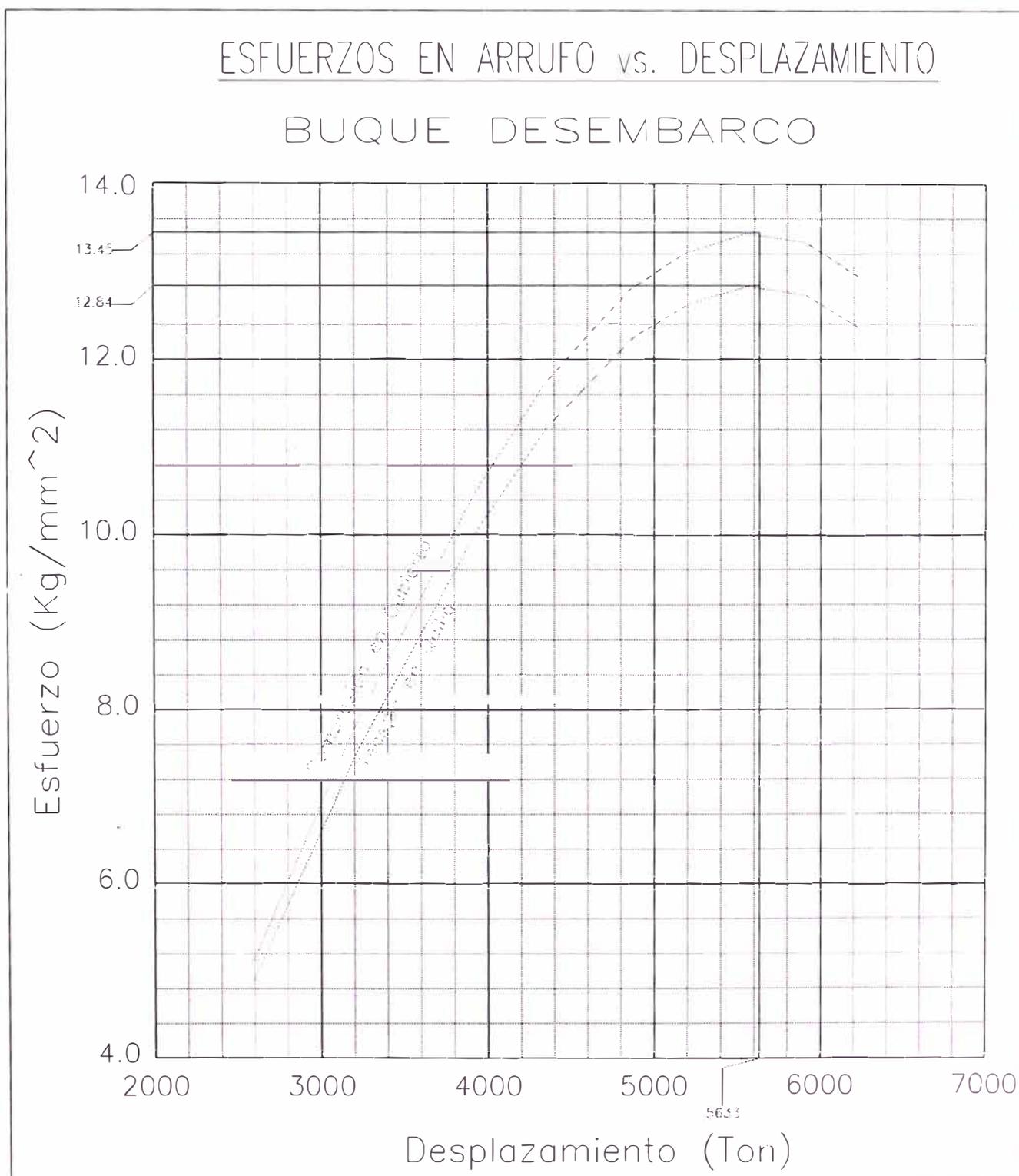
Se agrupa estos datos en función al desplazamiento.

Tabla 7.26.- Desplazamiento Vs. Esfuerzos en Arrufo.

CONDICION	Desplazamiento	Compresión en Cubierta	Tensión en Quilla
	Ton	kg/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>
ROSCA	2590.00	5.11	4.88
2da CONDICIÓN	4191.84	11.31	10.80
3ra CONDICIÓN	4989.29	12.99	12.40
4ta CONDICIÓN	5780.17	13.42	12.81
MAXIMA CARGA	6228.00	12.94	12.36

Graficando estos datos en la grafica de “ESFUERZOS EN ARRUFO vs. DESPLAZAMIENTO”, donde el esfuerzo máximo de compresión en cubierta es de 13.45 Kg/mm<sup>2</sup> y el esfuerzo máximo de Tensión en quilla es de 12.84 kg/mm<sup>2</sup>, todo esto a un desplazamiento de 5633 Ton

Grafica 7.2 Curva de Esfuerzos en Arrufo vs. Desplazamiento



## 7.8. NUEVO DESPLAZAMIENTO DE TRABAJO.

En los cálculos de esfuerzos en Arrufo y en Quebranto en 7.7.2 y 7.7.3 se considero:

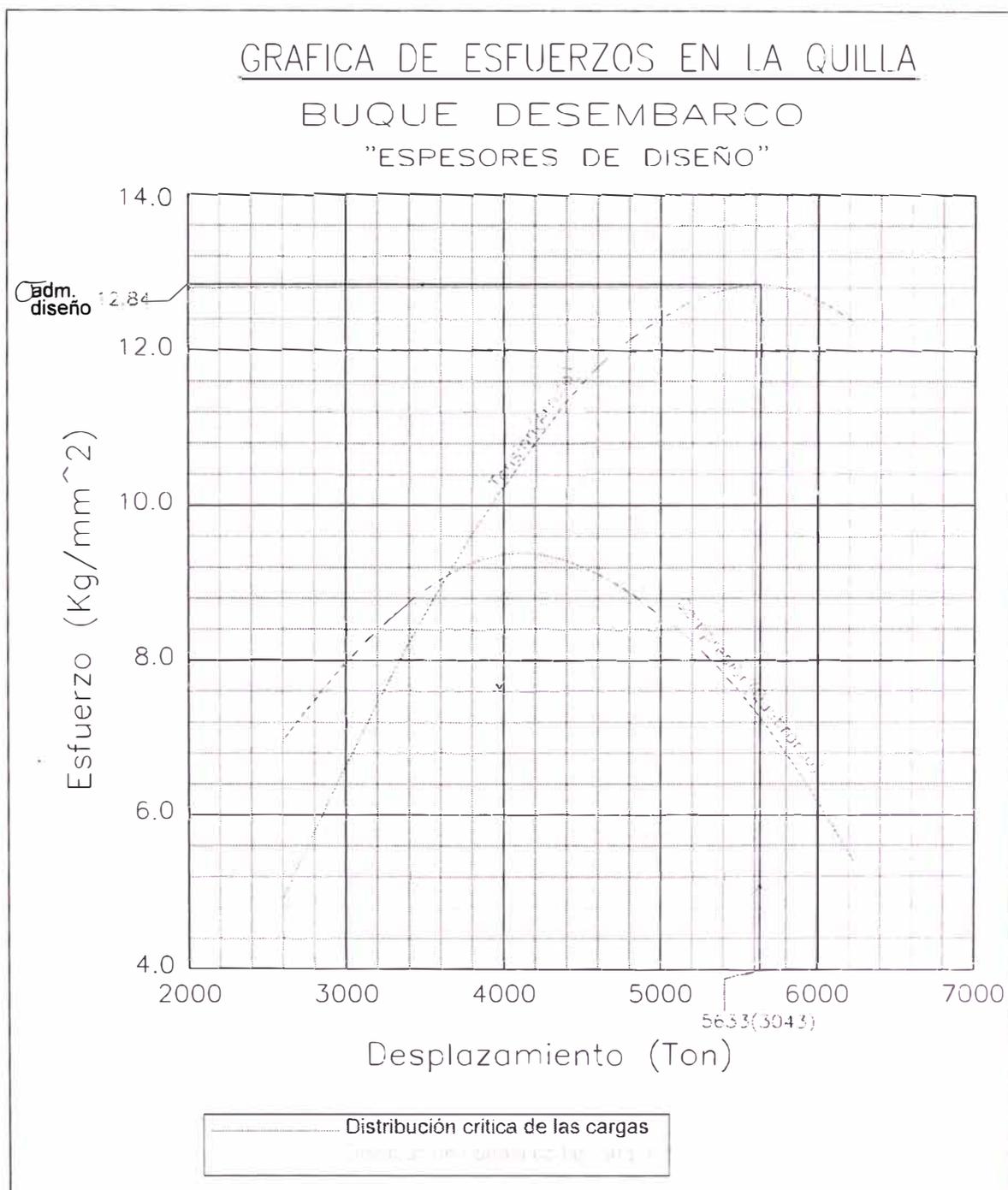
- a) Distribución de carga crítica, con la finalidad de obtener los máximos esfuerzos.
- b) Para el cálculo del modulo de sección de la Viga Buque, se utilizo los espesores de diseño tanto en casco y estructuras, por tanto las curvas mostradas en las graficas 7.1 y 7.2 representan los esfuerzos de trabajo analizados en el diseño del Buque.

En la grafica 7.3 se muestra los esfuerzos de diseño en Quilla, analizados en el capítulo 7.7, adicionalmente se muestra la curva de esfuerzos para una distribución de carga normal. Se toma esfuerzos es quilla debido a que esta zona presenta mayores fatigas ya sea por la carga, corrosión, colisiones, etc., observándose lo siguiente:

- a) La curva de Quebranto tiene forma de campana, representando esfuerzos de compresión para los diversos desplazamientos, se puede observar que los valores de esfuerzos son pequeños, y es probable que el material no falle en esta condición.
- b) La curva de Arrufo, es de forma creciente en función del desplazamiento, debido a la concentración de carga en la parte central del Buque, esta curva representa los esfuerzos de tracción en la quilla (fondo), se puede observar que los valores de esfuerzos son altos, por tal motivo de ahí se obtiene el

$\sigma_{adm(diseño)} = 12.84 \text{ Kg/mm}^2$  para un desplazamiento de 5633 Ton, la cual representa una carga de 3043 Ton.

Grafica 7.3 Curva de Esfuerzos de diseño en Quilla



Como característica física del acero ASTM 131 Grado A, tomaremos de referencia los valores con los que trabaja la Germanischer Lloyd .

Esfuerzo de Fluencia:  $24.00 \text{ Kg/mm}^2$

Esfuerzo de Rotura:  $50.00 \text{ Kg/mm}^2$

Porcentaje de Alargamiento: 21% – 24%

Con los datos de Esfuerzo de fluencia del material sin fatiga y el esfuerzo permisible de trabajo proyectado en diseño  $\sigma_{adm(diseño)}$ , se determina el FACTOR DE SEGURIDAD CONSIDERADO EN DISEÑO.

$$FS(diseño) = \frac{\sigma_N}{\sigma_{adm(diseño)}} = 1.87$$

Siendo:

$\sigma_N$ : Esfuerzo mínimo recomendado por la Germanischer Lloyd igual a  $24.00 \text{ Kg/mm}^2$

$\sigma_{adm(diseño)}$ : Esfuerzo admisible en diseño determinado por la aplicación de la ola trocoidal, este valor es igual a  $12.84 \text{ Kg/mm}^2$  en la quilla para la condición de ARRUF0.

En los ensayos de tracción realizadas a las seis (6) muestras del fondo del casco, mostradas en la TABLA 7.6, se observa que la muestra tres (3) da como resultado el mínimo esfuerzo de fluencia ( $\sigma_M = 19.6 \text{ Kg/mm}^2$ ).

A fin de mantener el Buque en un estado “SEGURO”, se tiene que mantener el factor de seguridad proyectada en diseño, debido a que el material se encuentra fatigado con una resistencia a la fluencia de  $19.6 \text{ Kg/mm}^2$ , se proyecta un nuevo esfuerzo admisible de trabajo.

$$\sigma_{adm actual} = FS(diseño) \times \sigma_Y = 10.16 \text{ Kg/mm}^2$$

Siendo:

$\sigma_Y$ : Esfuerzo de fluencia mínimo determinado del ensayo de tracción (19.6 Kg/mm<sup>2</sup>).

En la grafica 7.4 se muestra los esfuerzos actuales en quilla vs. Desplazamiento, es decir se calculo el modulo de sección maestra con los espesores actuales de planchaje y estructura longitudinal obtenida de las calibraciones. En esta grafica se observa que para mantener un esfuerzo admisible de 10.16Kg/mm<sup>2</sup> se tiene que el desplazamiento máximo a:

$$\Delta_{max. \text{ del buque}} = 3858 \text{ ton}$$

Es decir restringir la carga a un valor de 1268 Ton.

Pero es preferible trabajar con un desplazamiento menor, el cual nos dará el esfuerzo de trabajo al que estaría sometido el Buque Desembarco este desplazamiento de trabajo estaría comprendido por: el buque en liviano que es de 2590 ton. más 1000 ton. de carga que hacen un desplazamiento final de 3590 ton.

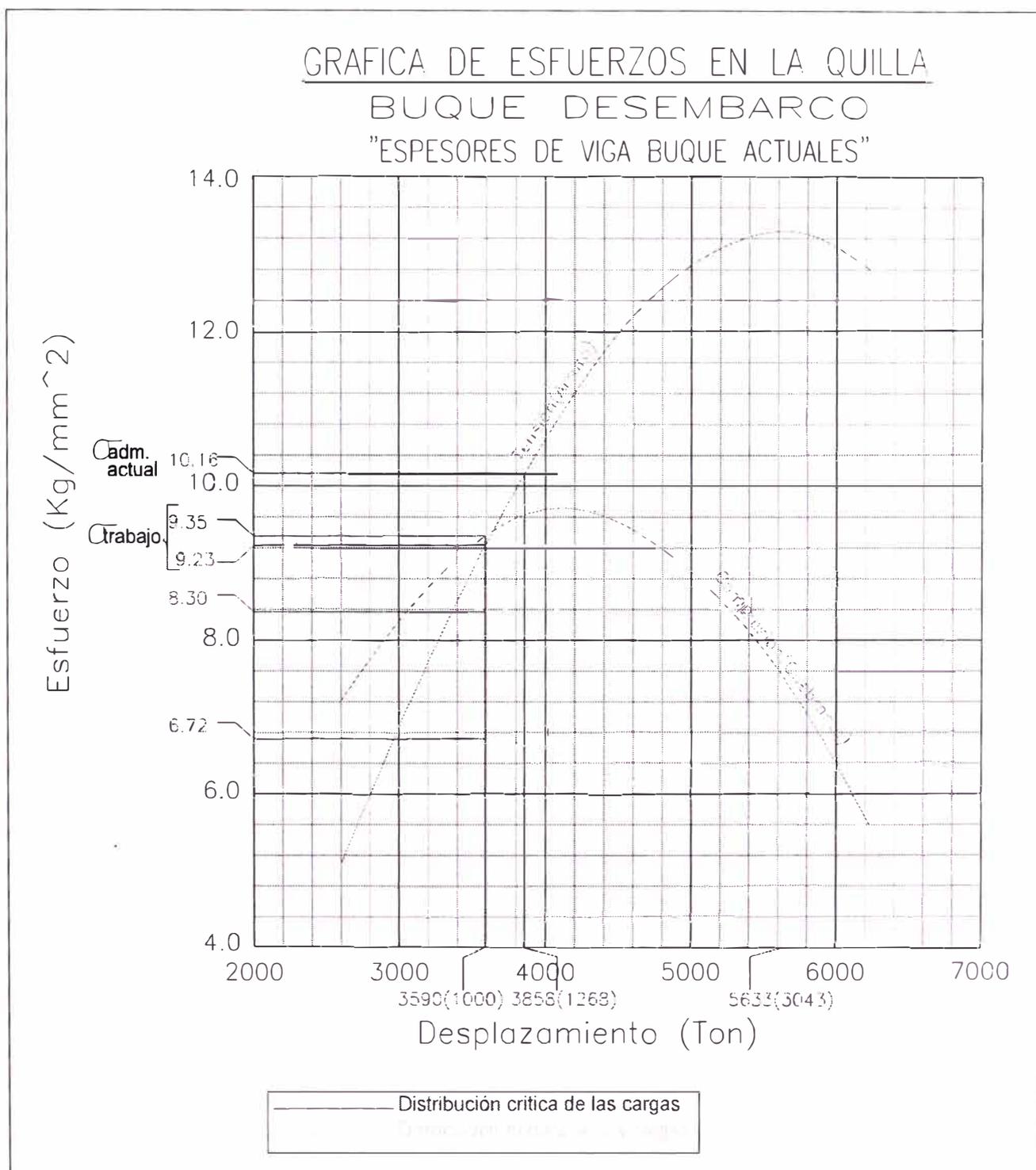
Con este desplazamiento entramos en la curva de Esfuerzo-Desplazamiento de la gráfica 7.4, con lo cual obtenemos:

$$\sigma_{trabajo} = 9.35 \text{ Kg/mm}^2 \text{ en compresión}$$

$$\sigma_{trabajo} = 9.23 \text{ Kg/mm}^2 \text{ en tracción}$$

Comparando estos esfuerzos con el esfuerzo de fluencia mínimo (19.6 kg/mm<sup>2</sup>) determinado del ensayo de tracción a seis (6) muestras del fondo del casco, se determina un Factor de Seguridad de 2.1, lo cual es mayor del factor de seguridad de diseño, además en la gráfica 7.4 se puede observar los esfuerzos en la quilla, cuando se distribuye la carga de forma correcta, siendo estos valores más conservadores.

Grafica 7.4 Curva de Esfuerzos actuales en Quilla



## **CAPITULO VIII**

### **EXPECTATIVA DE VIDA ÚTIL REMANENTE**

Otro concepto a tener en cuenta en la determinación de la Vida Útil de los Buques y en especial de los Buques de guerra, es la aplicación de la Economía y Política que practican los países desarrollados en materia de Defensa Nacional y Desarrollo Nacional.

Es en la ciencia de la Economía donde encontramos la teoría de la Evaluación de los proyectos, que establece los:

- a) Métodos de depreciación y
- b) Análisis de Reposición de los bienes de activo que, entre sus parámetros definen y fijan la vida de servicio.

Los tratadistas de este campo de la Economía aplicada a la Ingeniería Naval, han establecido criterios de Evaluación Económica de buques definido en el capítulo 2.2.

#### **8.1. VIDA ÚTIL ECONÓMICA.**

En este periodo el Buque cumple su misión según diseño original de acuerdo a los requerimientos que fijó el estado mayor de la Marina. Este periodo corresponde a la edad de 0 a 30 años para Buques Desembarco donde este opera al máximo de sus performances recibiendo el mantenimiento que le permite operar sin limitaciones.

En este periodo se desprecia según:

Depreciación Lineal hasta un valor y nivel de performances óptimos, permitiéndole pasar a la segunda vida útil secundaria y continuar operando con performances que a su época han sido superadas por equipamiento moderno.

Al finalizar la Vida Útil Económica la Marina de Guerra pone al buque en la disponibilidad para que continuara operando en su vida útil secundaria. En nuestro caso el Buque Desembarco al haber sido lanzado a la mar en el año 1953 por el Astillero Ingalls Shipbuilding Corp y arrendado al Perú en el año 1984, luego de haber permanecido en la reserva de la Defensa Nacional de los Estados Unidos, ha tenido una Vida Útil Económica de 30 años.

Teniendo el Buque como valor a nuevo en el año 1953 un monto de SIETE MILLONES Y 00/100 DÓLARES AMERICANOS (7'000,000.00), la cual se va devaluando con un porcentaje de 3 % entre 1953 a 1963, 4% entre 1964 a 1974 y de 5% entre 1975 para adelante según Peritos. En la Gráfica 8.1 se puede observar la variación del precio de buque nuevo en función del tiempo, siendo este precio en el año 1983 un monto de VEINTIDÓS MILLONES CUATROCIENTOS SESENTA Y SEIS MIL Y 00/100 DÓLARES AMERICANOS (22'466,000.00).

Los países desarrollados aplican un porcentaje aproximado del 3% del precio de Buque nuevo para conceptos de mantenimiento, siendo este valor en el año 1983 un valor de SEICIENTOS SETENTA Y CUATRO Y 00/100 DÓLARES AMERICANOS (674'000.00), la cual a esa fecha este valor se iguala al valor residual del Buque, terminado así su vida económica. Ver gráfica 8.1.

## **8.2. VIDA ÚTIL SECUNDARIA.**

Terminada la Vida Útil Económica, es necesario hacer un estudio físico y económico del buque, con el fin de determinar el mantenimiento y modernización que se tendría que aplicar al buque, para que esta comience a operar en su Vida Útil Secundaria.

El Buque Desembarco al encontrarse en buenas condiciones de operatividad, se le asignó un valor comercial al inicio de su Vida Útil Secundaria (1983) de ONCE MILLONES Y 00/100 DÓLARES AMERICANOS (11'000,000.00), la cual se deprecia anualmente con un porcentaje de 3.19%.

En cuanto a los gastos de mantenimiento anual, siendo ahora el buque en su Vida Secundaria y perteneciente a un país en desarrollo, la inversión a este gasto decae a un porcentaje de 0.5% de buque nuevo.

Realizando los cálculos de valor residual y mantenimiento se determina que estos precios se igualan en el año 2013, siendo en esta la culminación de su Vida Secundaria. Ver Gráfica 8.2.

Corresponde en este periodo incrementar partidas económicas a fin de realizar mantenimientos integrales a los sistemas para mejorar la capacidad operativa del buque.

## **8.3. VIDA ÚTIL FÍSICA.**

El Buque fue comprado por el Gobierno Peruano en 1999, a la fecha tiene 13 años en la Marina de Guerra del Perú. Su sistema de izado de su rampa y portalones llegaron al final de su Vida Útil, y la inversión para ponerla en servicio es elevado.

Aquí lo recomendable sería darle de baja por no estar apto para operar como Buque Desembarco.

También sería recomendable continuar operándolo pero desempeñando un servicio distinto al servicio de Desembarco, tal que el desplazamiento tope sería de 3590 Ton, equivalente a 1000 Ton de carga y sus esfuerzos alcanzarían valores tal que el factor de seguridad sería 2.1, con lo cual el Buque, puede extender su Vida como mínimo 10 años a partir del 2013.

Con esta opción el Buque tendría que someterse a un recorrido de su casco, cambiando los parches por injertos, recorriendo los cordones de soldadura en la Obra Viva (34 metros), realizar las reparaciones de los tanques de lastre 5-27-0-FF y 5-24-0-FF. Respecto a su propulsión se cambiarían los motores principales, cajas reductoras, además de la línea de ejes y hélices si fuera necesario, para una velocidad efectiva de 14 nudos.

La inversión en la remotorización sería aproximadamente de \$ 2'500,000.00 (DOS MILLONES CON QUINIENTOS MIL DÓLARES AMERICANOS), tomando en cuenta todos los sistemas que involucran en dicha instalación; adicionando a este valor los gastos por reparación de casco, estructuras, equipos y maquinas auxiliares nos genera una inversión total de \$ 3'500,000.00 (TRES MILLONES CON QUINIENTOS MIL DÓLARES AMERICANOS), con la cual el Buque se revalorizaría, tal que tasándolo se elevaría su valor a \$ 10'000,000.00 (DIEZ MILLONES DE DÓLARES AMERICANOS), para cumplir misiones como Buque de apoyo Logístico, Buque Tandem, Buque Hospital, etc.

En caso de que el Buque navegue constantemente con un desplazamiento restringido de 3590 Ton y una velocidad de 14 nudos, se necesitaría un inversión en mantenimiento de 0.1% anual del valor de Buque nuevo.

La depreciación del Buque en este periodo de la Vida Física, aumenta considerablemente, debido a la poca inversión en mantenimiento, la cual no es factible aumentar en caso de un buque con 60 años de antigüedad.

**Tomando en cuenta todas estas consideraciones, la proyección del buque en este periodo de vida útil física le correspondería a no mayor de 10 años. En el caso de Buque Desembarco este periodo seria del 2013 al 2023, siendo en esta última la fecha en la cual se iguallen los gastos por mantenimiento y valor residual.**

En el año 2023, donde llega a su valor residual como bien y como tal dependerá de la Marina en continuar operándolo y sacarlo definitivamente fuera de servicio. Se sobre entiende que un Buque con 70 años de edad corresponderá a una unidad de diseño antiguo y por lo tanto: Casco, como líneas de formas será obsoleto, su estructura será decrepita y por más que su escantillonado y planchaje se mantenga íntegra, sus bulárcamas y estructura en general habrá acumulado reiteraciones que colocan a su material físicamente en la situación de fatiga. En el Gráfico N° 8.4 se aprecia la ley de depreciación versus edad en las diferentes vidas del buque.

Fig. 8.1.- Curva de Depreciación Vida Económica 1953 – 1983

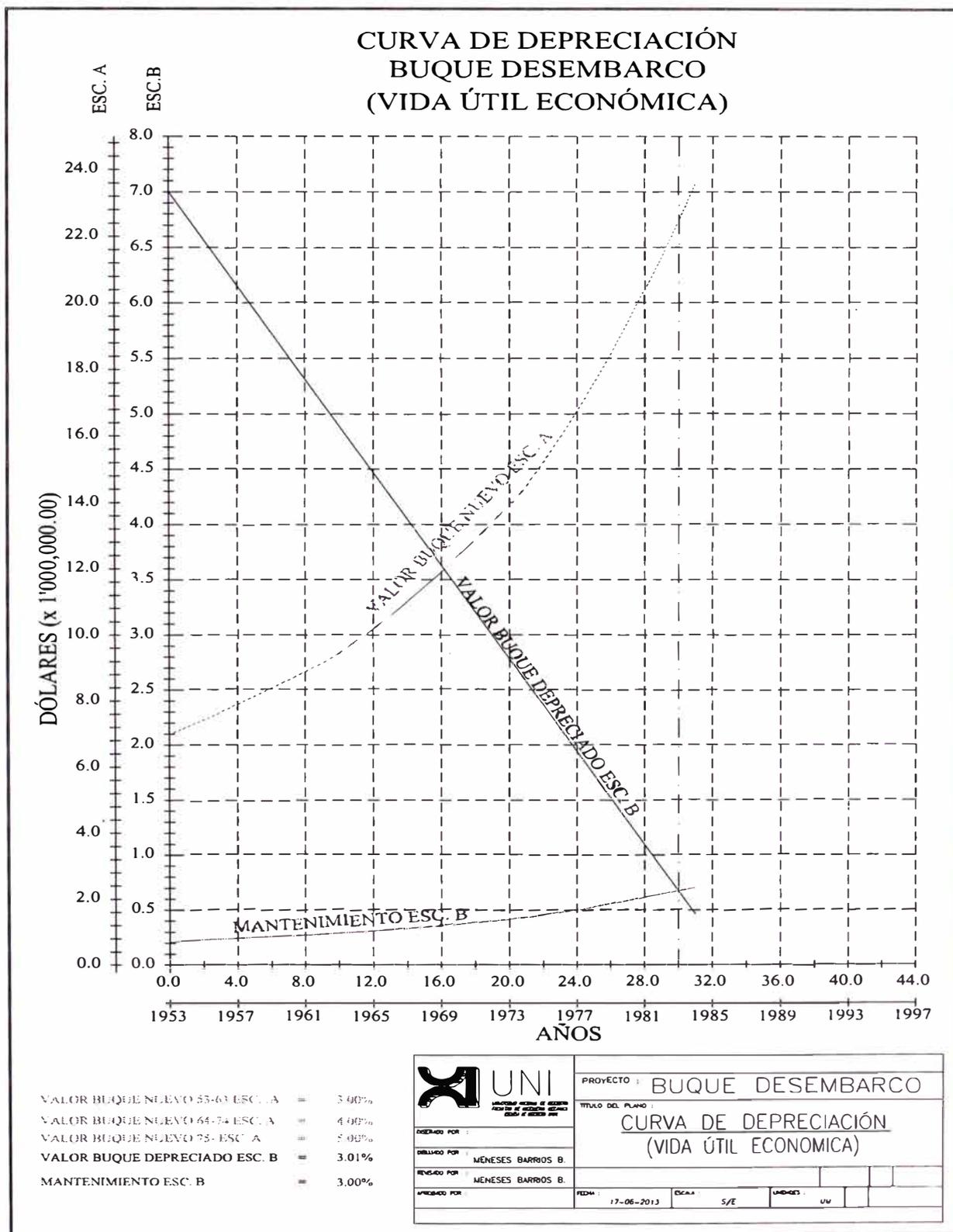


Fig. 8.2.- Curva de Depreciación Vida Secundaria 1983 - 2013

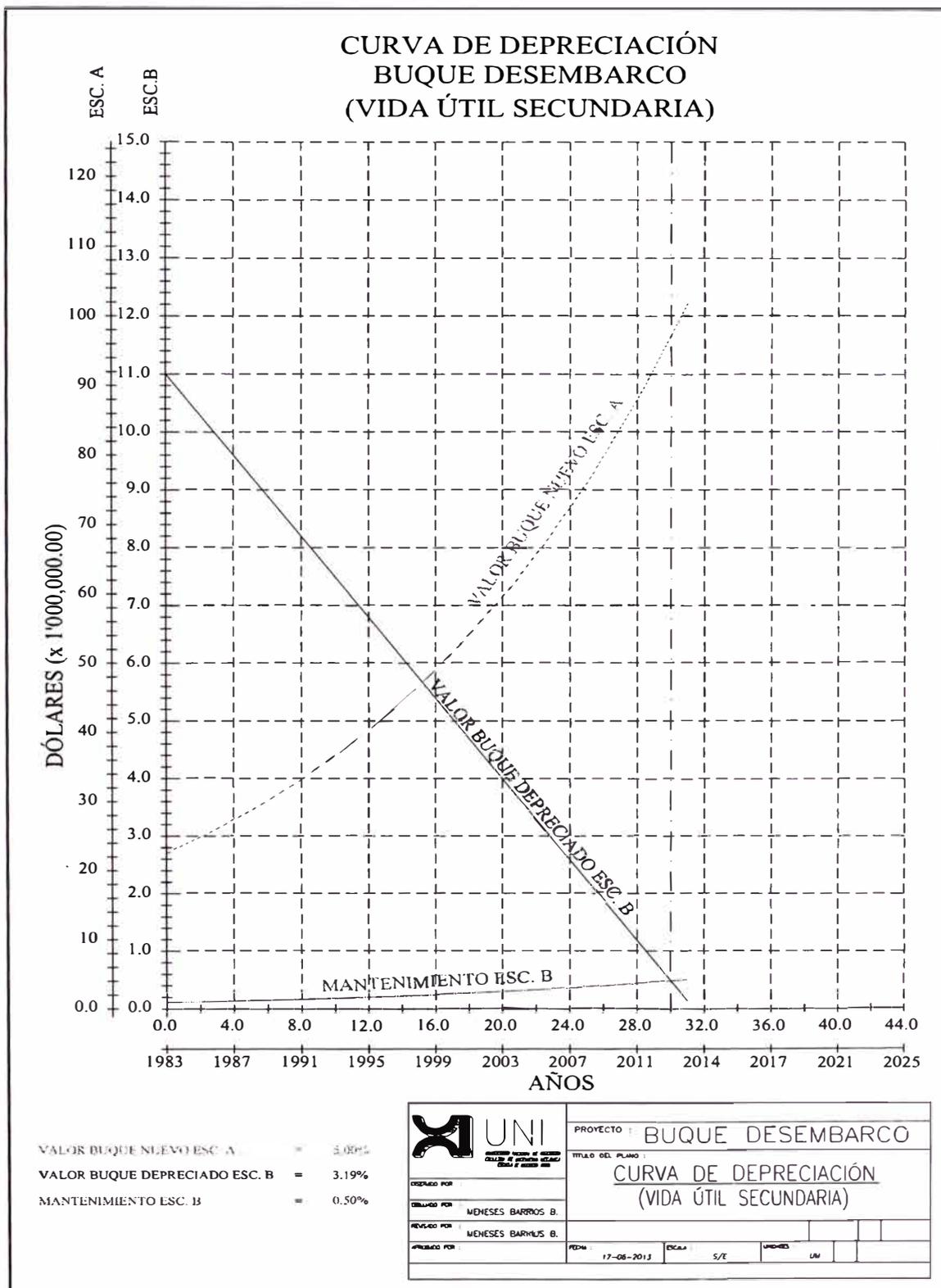


Fig. 8.3.- Curva de Depreciación Vida Física 2013 – 2023

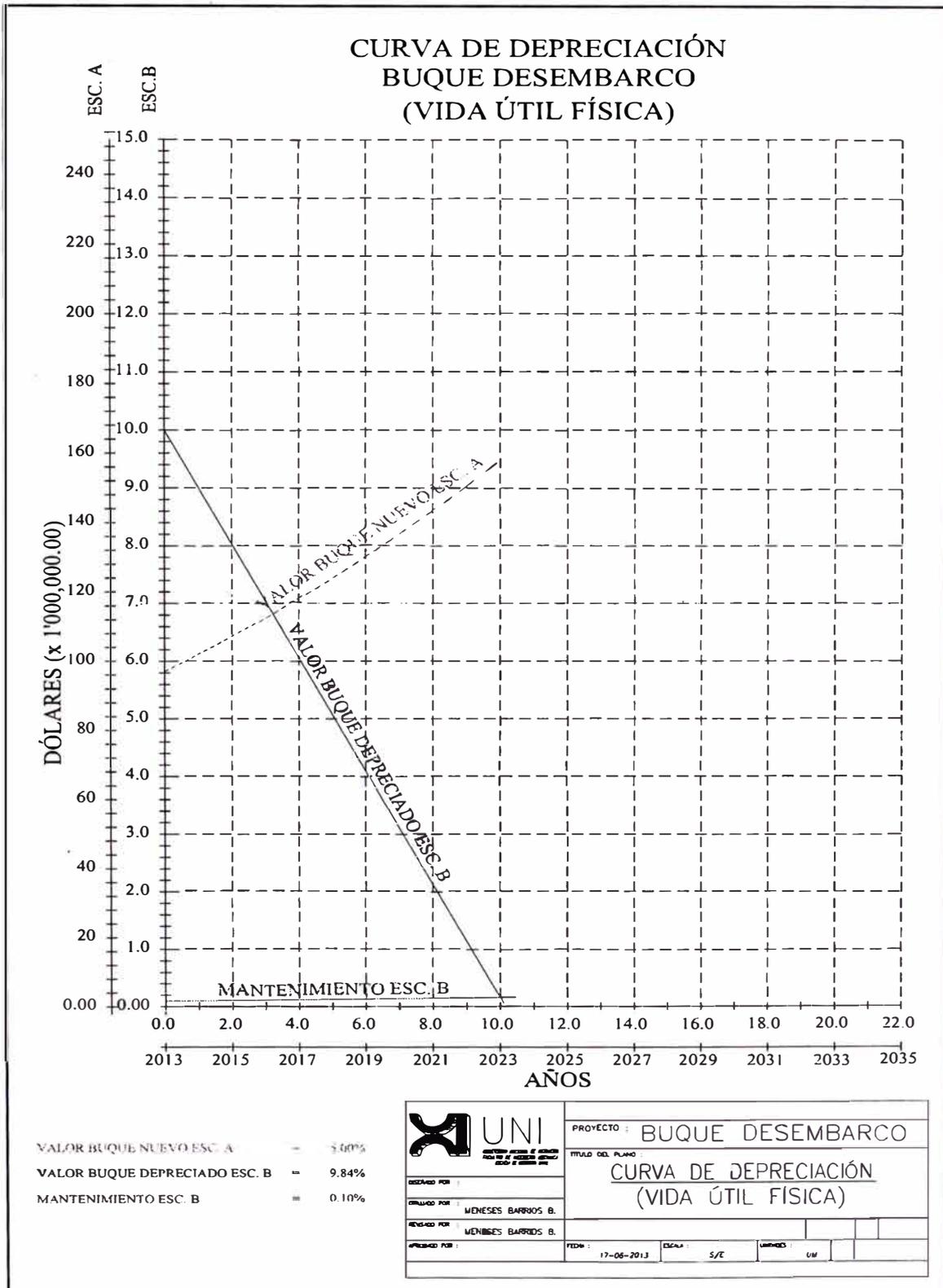
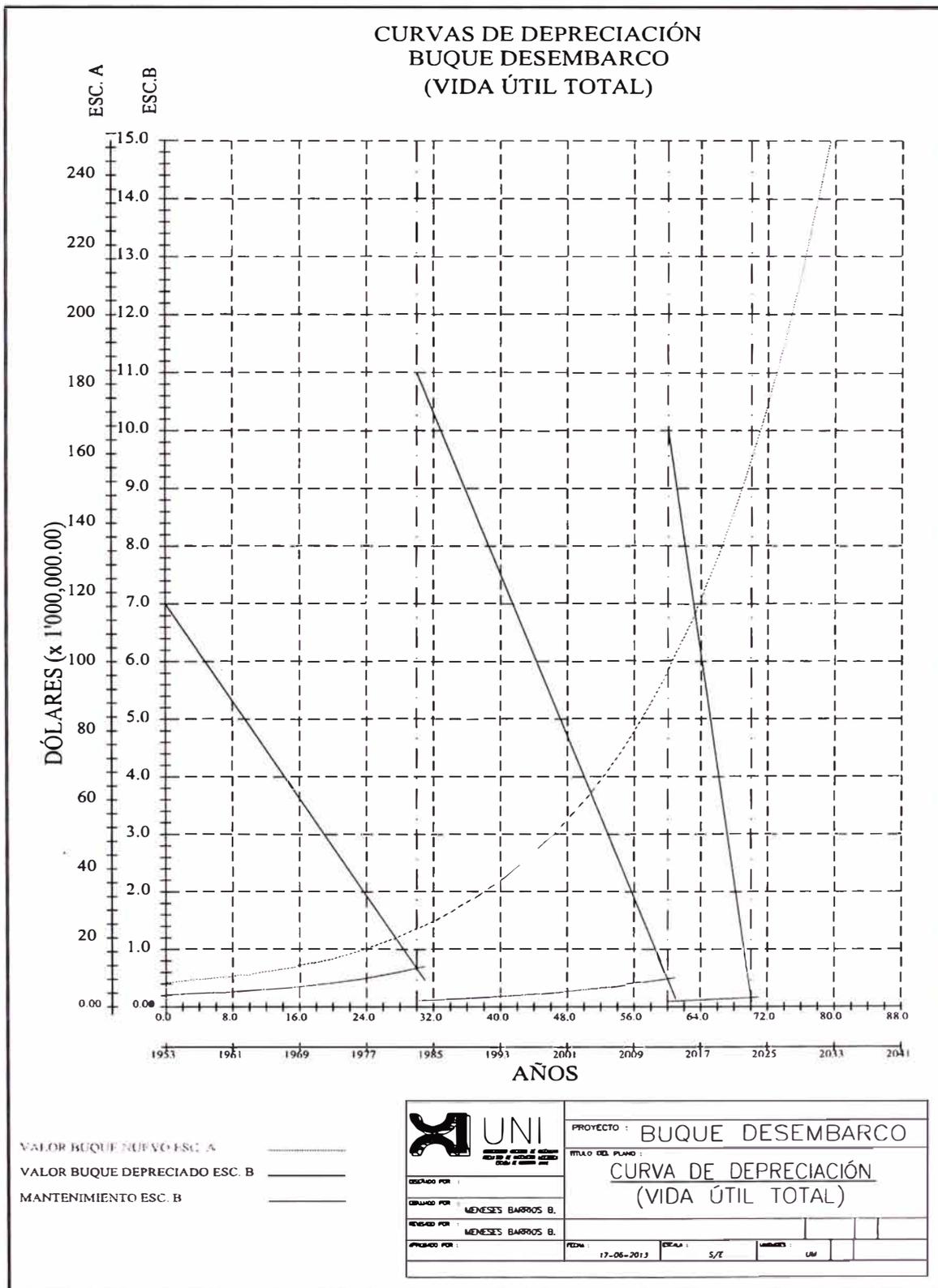


Fig. 8.4.- Curva de Depreciación Vida Útil Total 1953 - 2033



## CONCLUSIONES.

1. En el ensayo de tracción de la zona de mayor concentración de esfuerzos (*Sección media-Fondo*) se determinó que la estructura del casco se encuentra Fatigada, ya que se obtuvo un esfuerzo de fluencia mínima del planchaje de 19.6 kg/mm<sup>2</sup> (Tabla 7.6), siendo el esfuerzo de fluencia de diseño de 24.0 kg/mm<sup>2</sup>. Esta condición de la estructura del casco limita operar el Buque en una vida remanente con sus mismas performances.

Mediante el análisis de la resistencia longitudinal en el capítulo 7.7 se elaboró las gráficas de Esfuerzos vs. Desplazamiento en arrufo y quebranto, obteniéndose un esfuerzo admisible de 12.84 kg/mm<sup>2</sup>, comparando con el esfuerzo de fluencia obtenida en el ensayo de tracción se determina un factor de seguridad actual de 1.48, siendo el factor de seguridad de diseño de 1.87.

Técnicamente el Buque se encuentra Fatigado y no podrá seguir operando con sus mismos esfuerzos, ya que atentaría contra su seguridad. En el Capítulo 7.8 se analizó la restricción que se le debe aplicar al Buque en caso se opere en una vida remanente, obteniendo una restricción a su capacidad de máxima carga, es decir el Buque puede operar en una vida remanente siempre en cuando se reduzca el desplazamiento máximo de 5633 Ton a 3590 Ton.

2. En el análisis Económico se considera una depreciación de 9.84% del Valor Comercial actual (Buque Reparado) asignado por el Reglamento del Cuerpo Técnico de Tasaciones del Perú y el costo en mantenimiento de 0.1% del Valor Comercial como Buque Nuevo que la Marina Peruana está dispuesta a invertir, para elaborar la curva de depreciación presentada en la figura 8.3, donde se concluye un Alargamiento de vida remanente de 10 años, pasando este tiempo el Buque será obsoleto económicamente.

## **RECOMENDACIONES.**

- 1.** Todo Buque que haya culminado su vida útil, debe evaluarse primeramente la obsolescencia técnica y luego la económica, a fin de determinar si continúa con su misma misión, se convierte en Buque de menores exigencias o simplemente se procede al Reciclaje.
- 2.** En caso se haya tomado la decisión de seguir operando el Buque en una vida secundaria o física, se debe de realizar un Overhaul o una modernización, tanto de casco y maquinaria, según su nueva misión.
- 3.** En Buques militares se debe de incluir el análisis de obsolescencias tácticas, logísticas y estratégicas, es decir evaluar maquinaria y armamento.
- 4.** Incluir teorías para proyectar con mayor exactitud el efecto de la corrosión en la estructura del casco.
- 5.** Generar un plan de mantenimiento del Buque en su nueva vida útil, a fin de controlar los gastos de operación y evitar cualquier incidente que atente contra la seguridad.
- 6.** En caso no se encuentre información del diseño original del Buque, se puede proyectar el escantillonado mediante sus normas de clasificación.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- 1.** Diccionario de términos de Mantenimiento, Contabilidad y Calidad – Autor. Gil Branco Filho – Editorial: Ciencia Moderna – ABRAMAN – Brasil – 2006 4ta. Edición.
- 2.** Reparaciones y Transformaciones Navales – Autor Miguel de la Huerca Memdoza – Publicaciones Universidad de Cádiz – 2005.
- 3.** Indicadores e índices de Mantenimiento – Autor Gil Branco Filho – Editorial: Ciencia Moderna – ABRAMAN – Brasil – 2006.
- 4.** Tecnología Mecánica Naval – Autor: R. Carbajales Pereira – Tomo I y II Editorial: Cometa 2000.
- 5.** Reglas de Construcción Naval de Buques de Guerra de la GERMANISCHER LLOYD – 2007.
- 6.** Principles of Naval Architecture. Editor John P. Comstock – The Society of Naval Architects and Marine Engineers – 1967.
- 7.** Cálculos de Estructuras de Buques – Ricardo M. Domínguez – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales – 1969.
- 8.** Vida Útil de Unidades de Superficie- Gustavo Jordán Astaburuaga.
- 9.** Shipbuilding and Repair Quality Standard-IACS.
- 10.** Estudio de Resistencia longitudinal mediante el método de los elementos finitos-Jorge Andrés PeñaGatica-2008.
- 11.** Evaluación de proyectos de inversión-Luz Giugni de Alvarado-2003.

# **ANEXO A.**

## **RESULTADOS ENSAYOS DE TRACCION Y ANALISIS**

### **METALOGRAFICO DE MUESTRAS TOMADAS DEL FONDO DEL CASCO.**

INFORME TECNICO  
Lb4-413-2010

**ENSAYO DE TRACCION Y ANALISIS METALOGRAFICO  
A PLANCHAS DE ACERO NAVAL**

SOLICITANTE : **EGIAN E.I.R.L.**  
REFERENCIA : Orden de Laboratorio N° 096428  
FECHA : Lima, 11 de Mayo de 2010

1. ANTECEDENTES

Se recibió seis (06) Planchas de Acero Naval, con la finalidad de realizarles ensayo de tracción y análisis metalográfico.

2. DE LAS MUESTRAS

Se identificó según el cliente, como:

BR1: Muestra ubicada PROA CUADERNO C22-23, Zona BABOR (Br)  
ER1: Muestra ubicada PROA CUADERNO C22-23, Zona ESTRIBOR (Er)  
BR2: Muestra ubicada CENTRAL CUADERNO C29-30, Zona BABOR (Br)  
ER2: Muestra ubicada CENTRAL CUADERNO C29-30, Zona ESTRIBOR (Er)  
BR3: Muestra ubicada POPA CUADERNO C37-38, Zona BABOR (Br)  
ER3: Muestra ubicada POPA CUADERNO C37-38, Zona ESTRIBOR (Er)

3. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

- Norma ASTM A370 (Ensayo de Tracción)
- ASTM E3 : "Preparación de muestras metálicas"
- ASTM E 407 : "Microataque de metales"
- ASTM E 112 : Determinación de tamaño de grano.

**MANUALES TECNICOS:**

ASM METALS HAND BOOK: "METALOGRAFIA"  
ASM METALS HAND BOOK: "ATLAS DE MICROESTRUCTURA"

4. EQUIPOS UTILIZADOS

- Máquina Universal de Ensayos marca TOKYOKOKI SEIZOSHO, capacidad 100 TON.
- Microscopio Metalográfico STRUERS
- Equipos de desbaste y pulido STRUERS.
- Abrasivos para desbaste y pulido STRUERS
- Reactivo químico NITAL al 3%

5. CONDICIONES DE ENSAYO

Medio ambiente.



6. RESULTADOS

6.1 Ensayo de Tracción

MUESTRA	ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)	LONGITUD INICIAL (mm)	LONGITUD FINAL (mm)	FUERZA DE FLUENCIA (Kg f)	FUERZA MAXIMA (Kg f)	ESFUERZO DE FLUENCIA Kg/mm <sup>2</sup> (Mpa)	ESFUERZO MÁXIMO DE ROTURA Kg/mm <sup>2</sup> (Mpa)	ELONGACION (%)
1	7,51	11,99	50,8	57,58	2 020	3 140	22,4 (220)	34,9 (342)	13,3
2	9,50	12,89	50,8	59,10	2 980	4 680	24,3 (238)	38,2 (375)	16,3
3	10,29	12,90	50,8	62,39	2 600	4 960	19,6 (192)	37,4 (366)	22,8
4	9,50	12,73	50,8	63,60	3 260	5 340	27,0 (264)	44,2 (433)	25,2
5	10,12	12,96	50,8	68,54	3 350	5 900	25,5 (250)	45,0 (441)	34,9
6	10,10	12,62	50,8	68,35	3 250	5 310	25,5 (250)	41,7 (408)	34,5

6.2 Análisis Metalográficos

Los análisis metalográficos se realizaron en la sección plana de tales muestras de plancha, obteniéndose los siguientes resultados:

PLANCHA	ESTADO MICROESTRUCTURAL	TAMAÑO GRANO ASTM	FOTO MICROGRAFIA
3	• Matriz ferrítica de grano cristalino equiaxial, conteniendo perlita masiva y laminar en los límites de grano ferríticos y compuestos intermetálicos dispersos.	7	1,2
4	• Matriz ferrítica-perlítica masivas, conteniendo compuestos intermetálicos dispersos.	8	3, 4

CONCLUSION

- Las citadas planchas son producto del proceso de laminación en caliente, las mismas que difieren en los tratamientos térmicos aplicados.
- Tales estados microestructurales confieren baja resistencia a la corrosión.



*Wilson J. Silva Vasquez*

MSc. ING. WILSON J. SILVA VASQUEZ  
 CIP. 41941  
 Jefe del Laboratorio de Mecánica

#### INFORME TECNICO

Lb4-439-2010

## ENSAYO DE TRACCION A PLANCHA DE ACERO NAVAL

SOLICITANTE : **EGIAN E.I.R.L.**  
 REFERENCIA : Orden de Laboratorio N° 096428  
 FECHA : Lima, 18 de Mayo de 2010

### 1. ANTECEDENTES

Se recibió una (01) Plancha de Acero Naval, con la finalidad de realizarle ensayo de tracción.

### 2. DE LA MUESTRA

Se identificó según el cliente, como:  
 Muestra ubicada PROA CUADERNO C22-23, Zona BABOR (Br)

### 3. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Norma ASTM A370 (Ensayo de Tracción)

### 4. EQUIPOS UTILIZADOS

Máquina Universal de Ensayos, marca TOKYOKOKI SEIZOSHO capacidad 100 TON.

### 5. CONDICIONES DE ENSAYO

Medio ambiente.

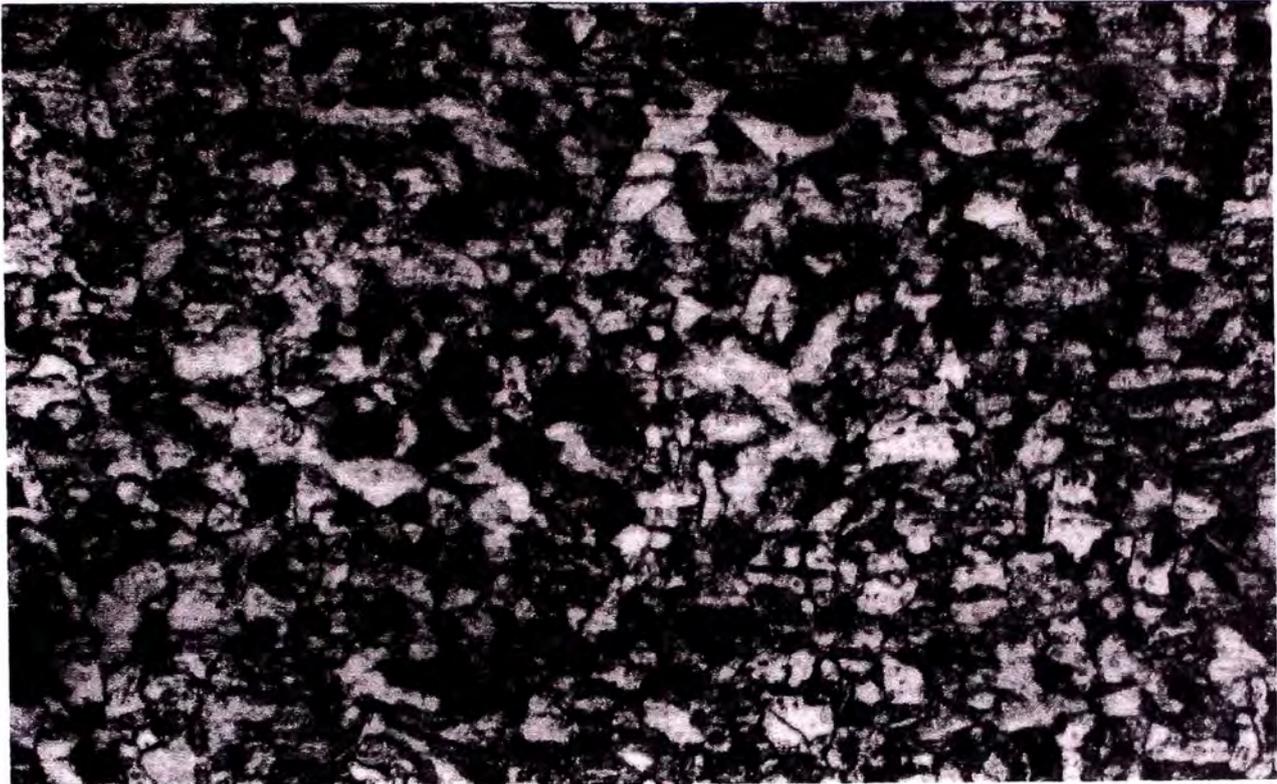
### 6. RESULTADOS

ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)	LONGITUD INICIAL (mm)	LONGITUD FINAL (mm)	FUERZA DE FLUENCIA (Kg f)	FUERZA MAXIMA (Kg f)	ESFUERZO DE FLUENCIA Kg/mm <sup>2</sup> (Mpa)	ESFUERZO MÁXIMO DE ROTURA Kg/mm <sup>2</sup> (Mpa)	ELONGACION (%)
7,51	12,9	50,8	56,43	2 600	4 220	26,8 (263)	43,6 (427)	11,1

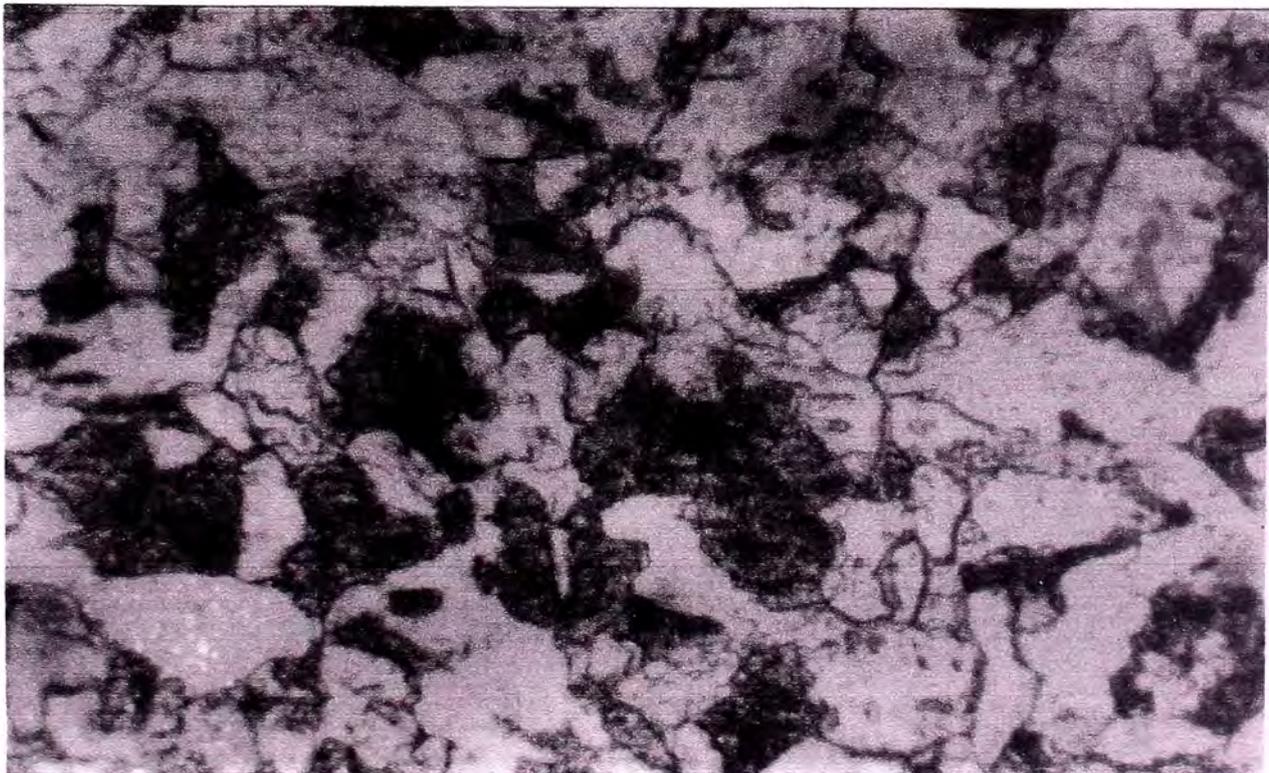


MSc. ING. WILSON J. SILVA VASQUEZ  
 CIP. 41941

Jefe del Laboratorio de Mecánica



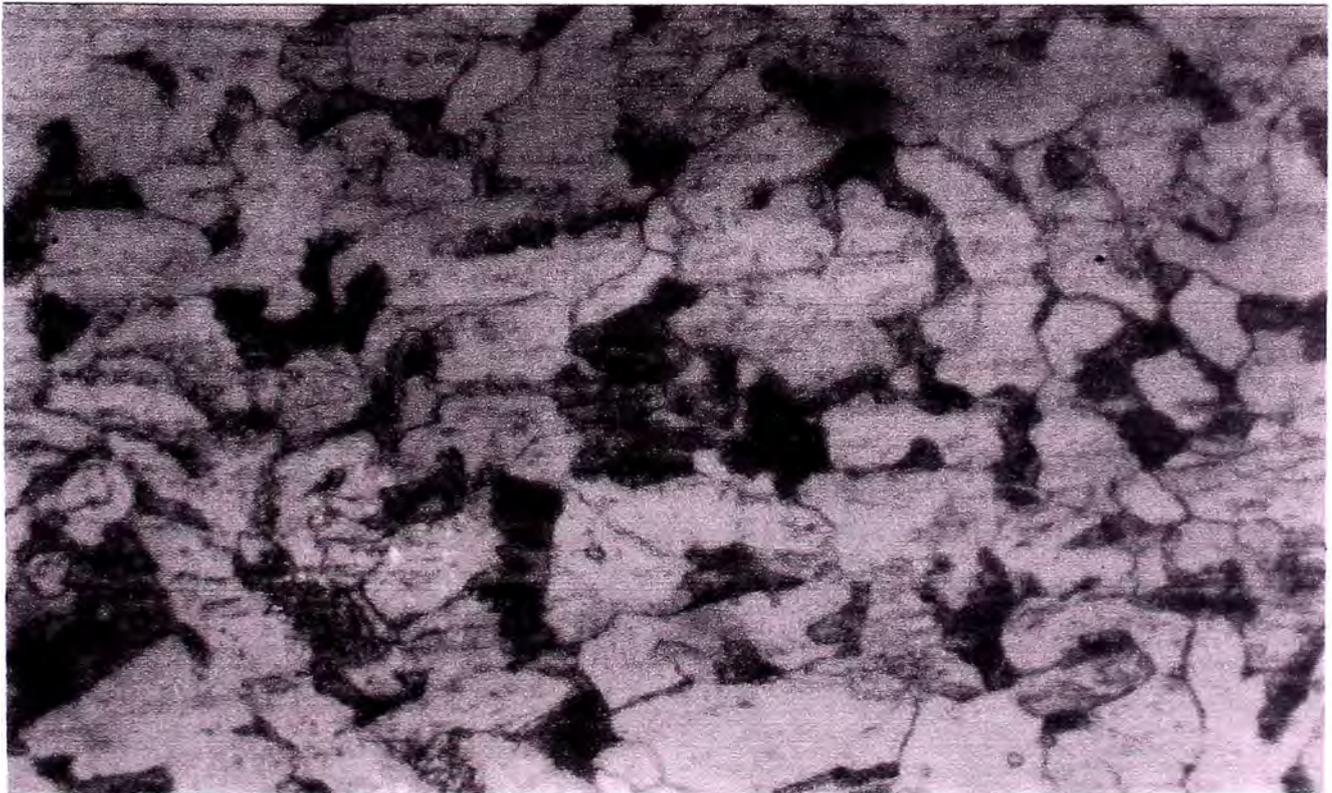
Fotomicrografia N° 3 (200X)



Fotomicrografia N° 4 (500 X)



Fotomicrografia N° 1 (200X)



Fotomicrografia N° 2 (500 X)

# **ANEXO B.**

## **TABLAS Y PLANOS DE CALIBRACIONES**

Nº DE CUADERNA	UBICACIÓN DE LA TOMA DE CALIBRACIONES EN CUADERNAS SEGÚN EL GRAFICO 1																		OBSERVACIONES
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		
	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	
0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1	---	---	---	---	---	---	---	---	3.4	3.5	4.2	4	---	---	---	---	---	---	---
2	---	---	---	---	---	---	---	---	3.2	3.4	4.3	4.2	---	---	---	---	---	---	---
3	---	---	---	---	---	---	---	---	3.4	3.5	4.1	4.1	---	---	---	---	---	---	---
4	---	---	---	---	---	---	---	---	3.5	3.6	4.3	4.2	---	---	---	---	---	---	---
5	---	---	---	---	---	---	---	---	3.5	3.6	4.2	4.1	---	---	---	---	---	---	---
7	---	---	---	---	---	---	---	---	3.6	3.7	4.1	4	---	---	---	---	---	---	---
8	6.8	6.8	9.8	9.8	6.8	6.8	9.8	9.8	6	6	7	7	6.5	6.4	8.7	8.6	6.8	6.8	---
9	6.7	6.8	9.5	9.4	6.7	6.8	9.5	9.4	3.5	3.4	4.5	4.6	4	4	8.6	8.5	6.7	6.8	---
10	6.7	6.8	9.8	9.9	6.7	6.8	9.8	9.9	3.8	3.5	3.9	4	3.5	3.6	8.8	8.6	6.8	6.7	---
16	8	8	10.5	10.1	8	8	10.5	10.1	---	7	10.1	8.9	9.8	9.1	8.5	8.6	10.2	10.4	alma forradas en la 2da cubierta
17	8.1	8	10.2	10.3	8.1	8	10.2	10.1	---	---	10	8.7	9.7	9	8.8	8.7	10.3	10.1	alma forradas en la 2da cubierta
20	8	8.2	10.1	10.2	8	8.2	10.1	10	---	---	9.4	10	---	---	8.7	8.8	10.3	10.4	alma forradas en la 2da cubierta
22	9.5	9.3	9.8	9.6	8.5	8.4	9.6	9.5	---	---	10	9.4	9.7	9.8	8.8	8.9	12.6	12.3	alma forradas en la 2da cubierta
23	9.6	9.4	9.7	9.6	8.6	8.5	9.7	9.4	---	---	10	9.5	9.6	9.7	8.5	8.8	10.2	10.7	alma forradas en la 2da cubierta
25	9.6	9.5	9.5	9.5	8.7	8.7	9.5	9.5	8.1	8.1	10.2	10.8	10	8.7	8.6	8.8	10.1	10.5	alma forradas en la 2da cubierta
26	9	9.5	9.2	9.7	---	---	---	---	8	8	10	10	10.1	10	8.5	8.8	10.2	10.6	alma forradas en la 2da cubierta
28	8	7.9	10.7	10.7	7.5	8.5	9	10.7	---	---	10	10	9.8	9.8	8.7	8.9	9.6	9.6	alma forradas en la 2da cubierta
29	8.2	8	11.2	10.8	7.6	7.8	9.9	9.9	---	---	10	9.9	9.5	9.5	10	10	9.7	9.6	alma forradas en la 2da cubierta
31	8.1	8	11.3	10.3	7.4	7.6	9.8	10.2	7.1	---	10	9.9	9.6	9.8	10.1	9	11.8	11.7	alma forradas en la 2da cubierta
32	8.2	8	11.4	10.4	7.5	7.5	9.9	10	7.2	---	9.9	9.7	9.5	9.7	10	9.1	11.9	11.9	alma forradas en la 2da cubierta
34	7.9	8	10.7	10.7	7.3	7.4	8.7	9.5	---	---	10.5	10.2	9.8	9.9	9	8.4	11.7	11.5	alma forradas en la 2da cubierta
35	7.8	8.1	10.6	10.8	7.4	7.5	8.6	9.4	---	---	10.4	10.3	9.7	10	9.1	8.5	11.5	11.5	alma forradas en la 2da cubierta
37	7.7	7.6	10	10	7.9	7.8	10.4	9.9	---	---	8.5	9.5	9.6	9.5	9.5	9.7	---	---	!sentina llena no se calibro
39	7.8	7.7	10.1	10	7.8	7.9	10.5	10.2	---	---	9	9.3	9.4	9.6	9.7	9.6	---	---	alma forradas en la 2da cubierta
41	7.9	8.1	10.3	10.5	7.9	7.9	10.9	10.9	---	---	9.3	9.5	9.5	9.7	10.1	10	10.3	10.4	alma forradas en la 2da cubierta
42	8	8	10.5	10.9	8	7.8	10.8	11	---	---	10	10	9.7	9.8	9.9	10.1	10.2	10.1	alma forradas en la 2da cubierta
44	6.2	6.4	9.7	9.8	6.3	6.4	9.7	9.9	---	---	9.8	9.7	---	---	8.7	8.8	10.1	10	alma forradas en la 2da cubierta
46	12.3	12.1	12.8	12.7	11.8	11.7	8.5	8.4	---	---	10.1	9.9	9.8	9.7	10	9.7	9.8	9.9	alma forradas en la 2da cubierta

Nº DE CUADERNA	UBICACIÓN DE LA TOMA DE CALIBRACIONES																		OBSERVACIONES
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		
	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	
48	8	7.9	11	10.8	8	7.8	11	10.9	---	---	9.9	9.8	9.8	9.7	8.7	8.6	9.6	9.7	corrosion moderada
50	6.1	6.2	10.1	10	6.5	6.4	10	10.1	---	---	9.7	9.6	9.7	9.8	8.8	8.9	6.2	6.3	corrosion moderada
51	6.5	6.4	10	10.2	6.4	6.3	9.5	9.6	---	---	9.8	9.8	9.6	9.6	8.6	8.7	6.3	6.2	corrosion moderada
53	6.4	6.5	10.4	10.3	6.2	6.4	9.2	9.4	---	---	9.6	9.7	9.6	9.7	8.9	8.8	6.4	6.3	corrosion moderada
54	6.5	6.3	10.2	10.1	6	6.2	9.2	9.3	---	---	9.7	9.5	9.7	9.5	8.8	8.9	6.3	6.3	corrosion moderada
56	6.5	6.4	9.5	9.6	6.2	6.1	9.3	9.2	---	---	9.8	9.8	9.8	9.6	9.7	9.6	6.5	6.4	corrosion moderada
57	6.4	6.2	9.5	9.4	6.2	6.4	9.4	9.5	---	---	9.6	9.7	9.6	9.7	9.6	9.8	6.3	6.4	corrosion moderada
58	7.8	7.9	12.9	12.7	7.8	7.5	12.4	12.1	---	---	12.6	12.3	9.8	9.9	9.8	9.7	7.6	7.5	corrosion moderada
59	6.3	6.4	9.5	9.4	6.3	6.4	9.5	9.4	---	---	9.8	9.6	9.7	9.8	9.6	9.7	6.4	6.3	corrosion moderada
60	6.4	6.3	9.3	9.5	6.4	6.2	9.4	9.3	---	---	9.7	9.8	9.6	9.7	9.7	9.6	6.3	6.2	corrosion moderada
62	4.3	4.1	5.1	5	4.3	4.1	5.1	5	4.1	4.2	5.2	5.1	5.1	5.2	8.7	8.6	4.4	4.3	corrosion moderada
63	4.4	4.6	5.1	5.1	4.4	4.6	5.1	5.1	4.5	4.4	5	5.2	5.3	5.2	8.8	8.7	4.5	4.4	corrosion moderada
64	6.1	6.4	10.2	10.1	6.1	6.4	10.2	10.1	6.2	6.3	10.1	10.3	10	10.1	9.3	9.4	6.2	6.3	corrosion moderada
65	4.2	4.3	5.4	5.3	4.2	4.3	5.4	5.3	4.1	4	5.3	5.2	5.2	5.3	8.5	8.6	4.3	4.2	corrosion moderada
66	4.7	4.5	5.1	5.2	4.7	4.5	5.1	5.2	4.8	4.7	5	5.1	5.3	5.2	8.6	8.7	4.1	4.2	corrosion moderada
67	6.3	6.2	10.3	10.2	6.3	6.2	10.3	10.2	6.2	6.3	10.4	10.2	10.1	10	9.5	9.4	6.3	6.4	corrosion moderada
68	4.6	4.7	5.2	5.3	4.6	4.7	5.2	5.3	4.5	4.3	5.3	5.2	5.3	5.1	8.5	8.3	4.5	4.3	corrosion moderada
69	6.3	6.2	10.2	10.1	6.3	6.2	10.2	10.1	6.2	6.1	10.1	10.2	10.2	10.3	9.6	9.5	6.2	6.3	corrosion moderada
70	4.2	4.2	5.2	5.3	4.2	4.2	5.2	5.3	3.9	3.8	5.3	5.2	5.3	5.1	8.4	8.6	4.1	4.2	corrosion moderada



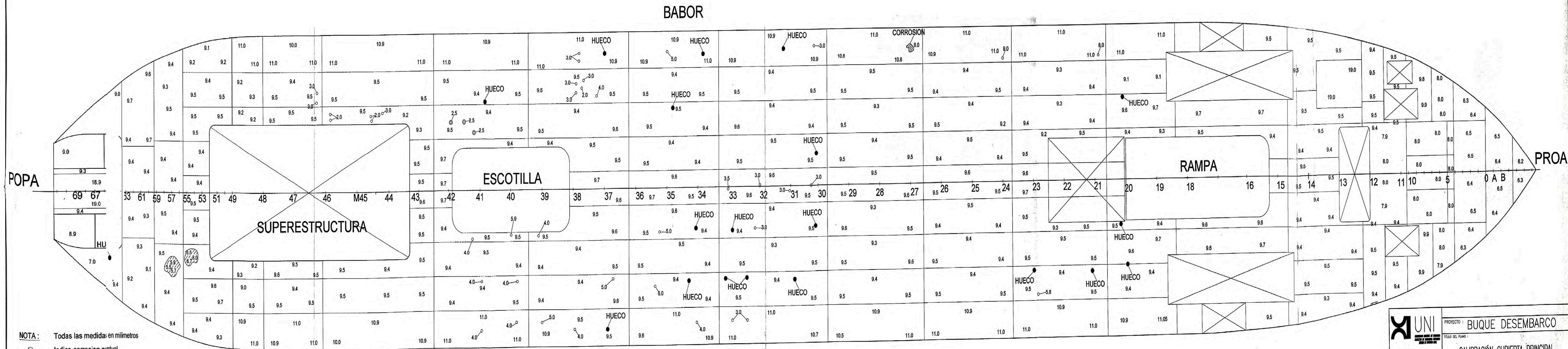


Nº DE CUADERNA	UBICACIÓN DE LA TOMA DE CALIBRACIONES DE CUADERNAS Y MAMPAROS SEGÚN EL GRÁFICO 2																		OBSERVACIONES
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		
	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	
12	8	7.9	6.1	6.2	6.2	6.3	6.8	6.8	10	10	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
13	8.1	8.4	6.2	6.1	6.1	6.2	7.3	7.2	10.3	10.1	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
14	8.2	8.2	6.1	6.3	6.2	6.3	7.9	7.8	10.6	10.2	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
19	6.5	6.4	5.3	5.4	6.1	6.2	6.1	6.1	10	10	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
21	7.9	7.8	5.2	5.1	3	3	6.2	6.3	10.1	9.9	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
38	7.9	7.8	5.4	5.2	6.5	6.4	---	---	8.2	8.7	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
43	8	7.9	6	5.9	6.6	6.5	---	---	10	10	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
47	6.3	6.2	6	5.5	6.1	5.2	6	6.1	6	6.1	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
52	8	7.9	6.2	5.9	4.5	5	6.1	6	6.2	6.2	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
55	8	8	6.1	6	5.1	5.3	6.4	6.2	6.3	6.1	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada

Nº DE CUADERNA	UBICACIÓN DE LA TOMA DE CALIBRACIONES DE CUADERNAS Y MAMPAROS SEGÚN EL GRÁFICO 2																		OBSERVACIONES
	J		K		L		M		N		Ñ		O		P		Q		
	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	
12	---	---	---	---	---	---	---	---	7.6	7.4	10.3	10.1	7.9	8	13.2	13.4	22.5	22.6	corrosion y desgaste
13	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	7.7	7.9	---	---	---	---	corrosion y desgaste
14	---	---	---	---	---	---	---	---	7.4	7.5	10.2	10.1	7.8	8	11	10.9	16	16	corrosion y desgaste
19	---	---	---	---	---	---	---	---	7.3	7.2	10	10.1	6.2	6.3	---	---	---	---	corrosion y desgaste
21	---	---	---	---	---	---	---	---	7.4	7.4	9.9	9.7	6.3	6.4	---	---	---	---	corrosion moderada
38	---	---	---	---	---	---	---	---	7.3	7.5	9.8	9.8	6.4	6.2	---	---	---	---	corrosion moderada
43	---	---	---	---	---	---	---	---	7.2	7.6	10	10.2	6.4	6.1	---	---	---	---	corrosion moderada
47	---	---	---	---	---	---	---	---	7.5	7.4	9.8	10.3	6.2	6.3	---	---	---	---	corrosion moderada
52	---	---	---	---	---	---	---	---	7.6	7.5	10.1	9.9	6.3	6.4	---	---	---	---	corrosion moderada
55	---	---	---	---	---	---	---	---	7.5	7.3	10.2	10	6.2	6.1	---	---	---	---	corrosion moderada

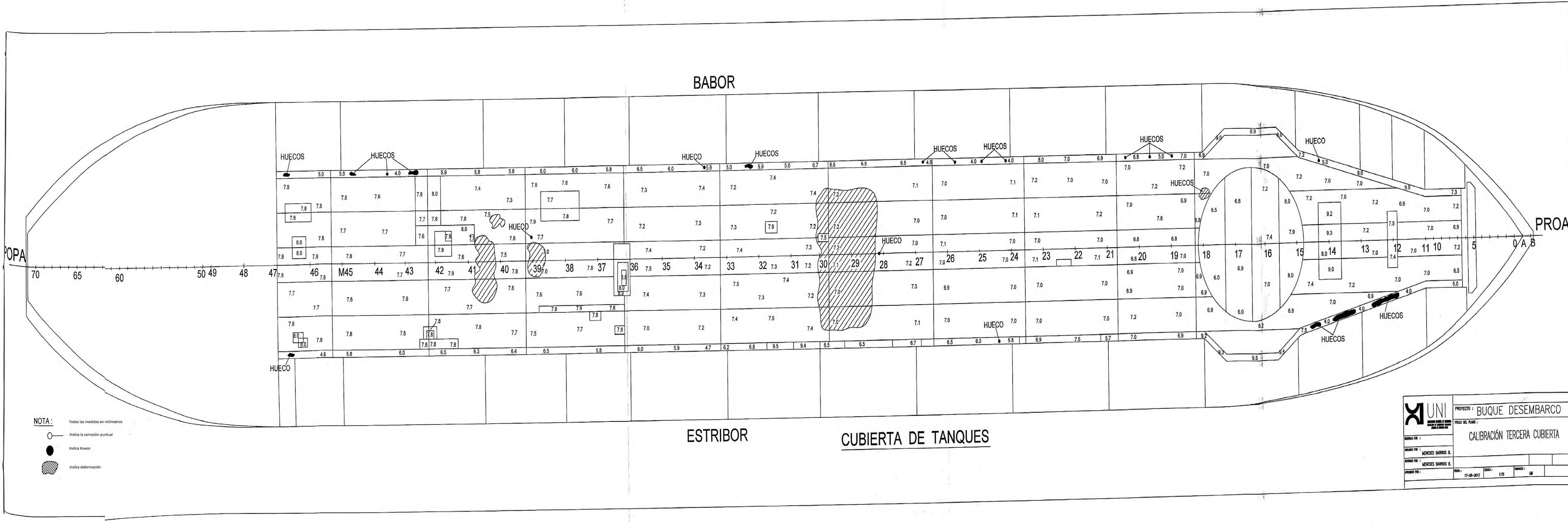
Nº DE CUADERNA	UBICACIÓN DE LA TOMA DE CALIBRACIONES DE CUADERNAS Y MAMPAROS SEGÚN EL GRÁFICO 3																		OBSERVACIONES
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		
	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	
6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
11	7.9	8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
15	8	7.9	8.9	8.8	10	10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
18	7.9	7.8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
24	6.9	7	---	---	3	3	4.9	4.8	3.5	3.7	3.8	3.9	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
27	7.9	8	4.5	4.4	4	4.1	4.6	4.7	3.5	3.5	3.9	3.8	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
30	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
33	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
36	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
40 1/2	8	7.9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
45	6.4	---	7.8	---	6.4	---	4.8	---	3.6	---	3.5	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
49	7.5	---	---	---	---	---	6.5	---	4.8	---	3.5	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
61	8	8	---	---	---	---	6.5	---	4.5	---	5.5	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada
71	---	---	---	---	---	---	8.2	8.2	6.3	---	10	---	---	---	---	---	---	---	corrosion moderada

Nº DE CUADERNA	UBICACIÓN DE LA TOMA DE CALIBRACIONES DE CUADERNAS Y MAMPAROS SEGÚN EL GRÁFICO 3																OBSERVACIONES
	J		K		L		M		N		Ñ		O		P		
	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	BR	ER	
6	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	presentaban corrosion moderada
11	---	---	7.8	7.9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	presentaban corrosion moderada
15	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	presentaban corrosion moderada
18	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	presentaban corrosion moderada
24	---	---	7	6.9	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	presentaban corrosion moderada
27	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	presentaban corrosion moderada
30	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	presentaban corrosion moderada
33	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	presentaban corrosion moderada
36	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	presentaban corrosion moderada
40 1/2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	presentaban corrosion moderada
45	6.4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	presentaban corrosion moderada
49	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	presentaban corrosion moderada
61	---	---	8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	presentaban corrosion moderada
71	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	presentaban corrosion moderada



**NOTA:** Todas las medidas en milímetros  
 ○ Indica corrosión puntual  
 ● Indica Huevo

	PROYECTO: BUQUE DESEMBARCO
	TÍTULO DEL PLANO: CALIBRACIÓN CUBIERTA PRINCIPAL
DISEÑADO POR: MENeses BARRIOS B. DIBUJADO POR: MENeses BARRIOS B. REVISADO POR: MENeses BARRIOS B. APROBADO POR:	FECHA: 17-06-2013 ESCALA: 1:75 UNIDADES: UM



BABOR

PROA

ESTRIBOR

CUBIERTA DE TANQUES

NOTA:  
 Todas las medidas en milímetros  
 ○ Indica la corrosión puntual  
 ● Indica Huevo  
 ▨ Indica deformación

	PROYECTO: BUQUE DESEMBARCO
	TÍTULO DEL PLANO: CALIBRACIÓN TERCERA CUBIERTA
DISEÑO POR: REVISADO POR: APROBADO POR:	MENESES BARRIOS B. MENESES BARRIOS B. MENESES BARRIOS B.
FECHA: 17-06-2013 ESCALA: 1:75 UNIDAD: MM	

BABOR

PROA

POPA

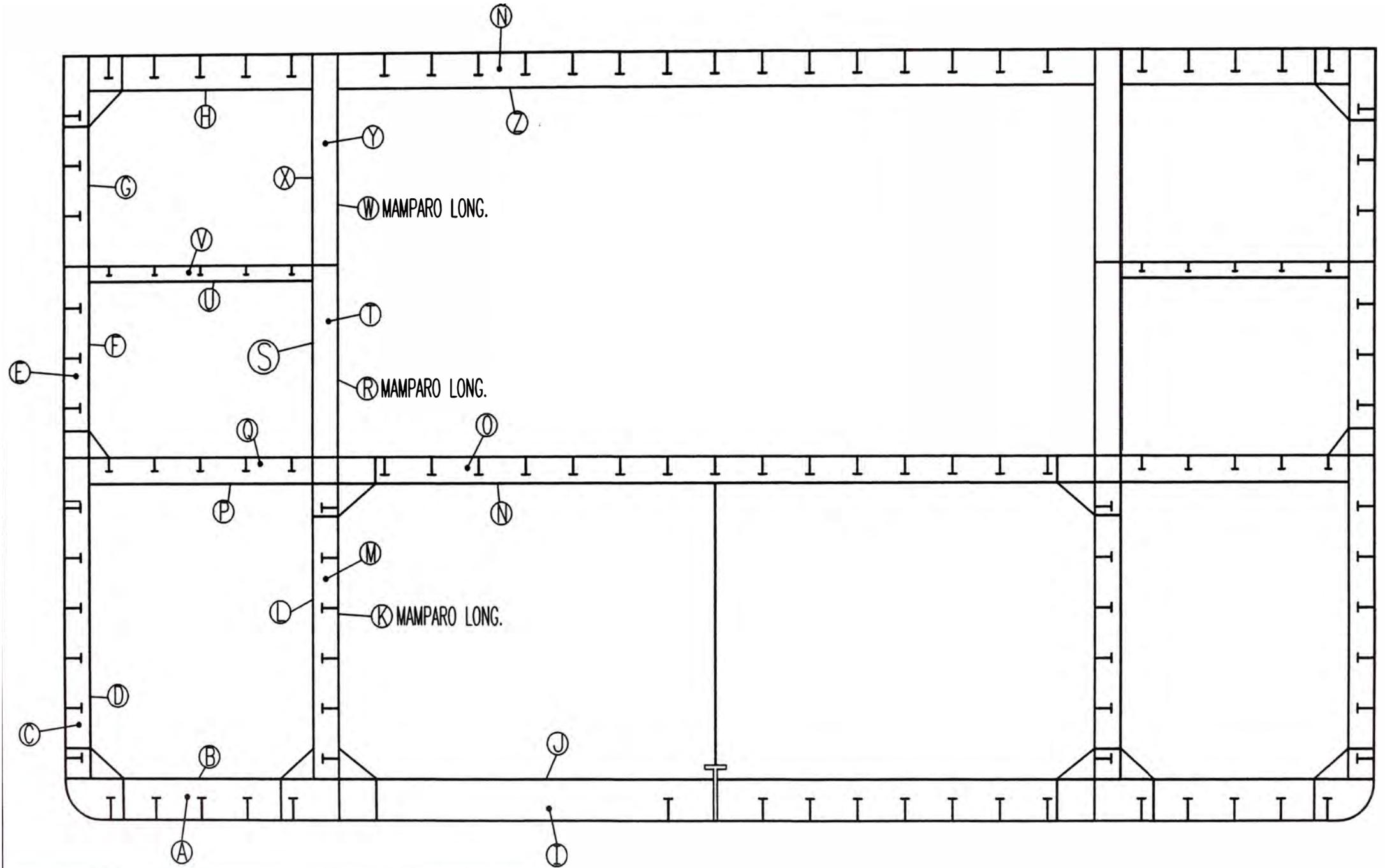
ESTRIBOR



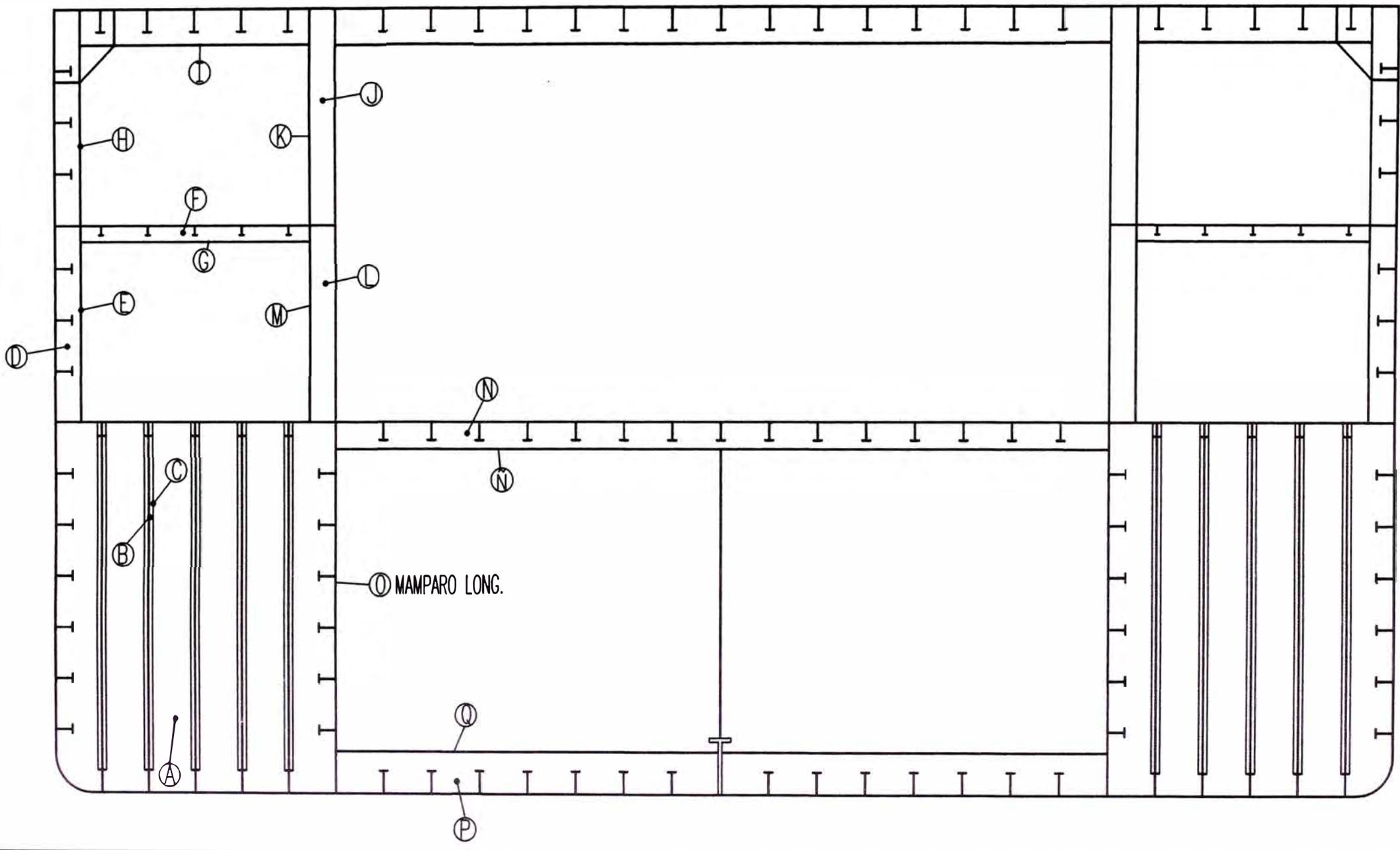
NOTA: Todas las medidas en milímetros  
 ○ Indica corrosión puntual  
 ● Indica Huevo  
 ⊠ Indica sobreplancha  
 // Indica soldadura gastada  
 Fecha de Calibración : 23-04-2010

	PROYECTO : BUQUE DESEMBARCO
	UNIDAD DEL PLANO : CALIBRACIÓN DE FONDO Y BANDAS
DISEÑADO POR : MENENDES DARRIOS B. VERIFICADO POR : MENENDES DARRIOS B. ELABORADO POR : MENENDES DARRIOS B.	FECHA : 17-08-2013 ESCALA : 1:25 HOJA : 01

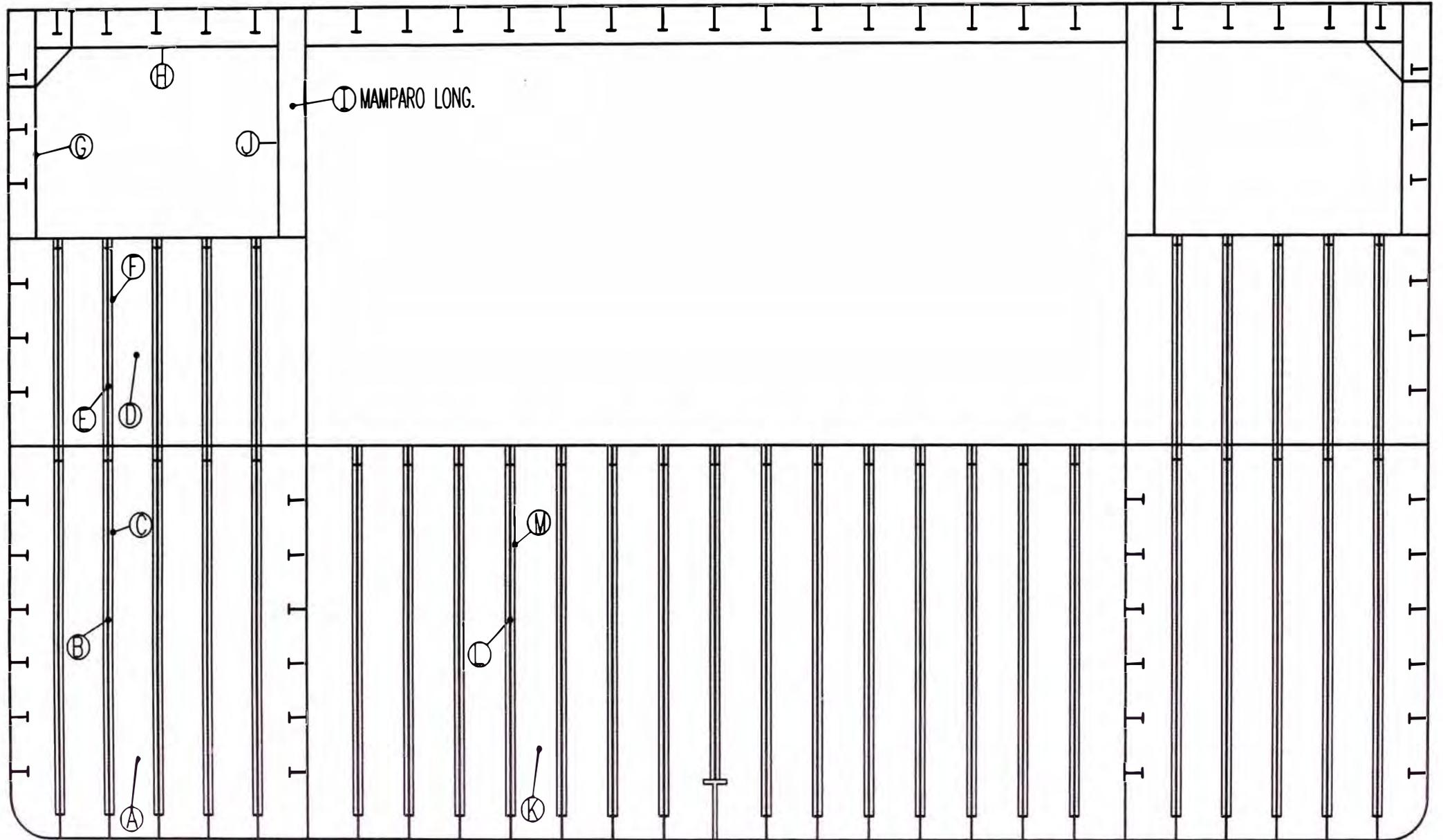
# GRAFICO 1



# GRAFICO 2



# GRAFICO 3



**ANEXO C.**

**DOSSIER FOTOGRAFICO.**

## C.1.-ENSAYO DE TRACCIÓN

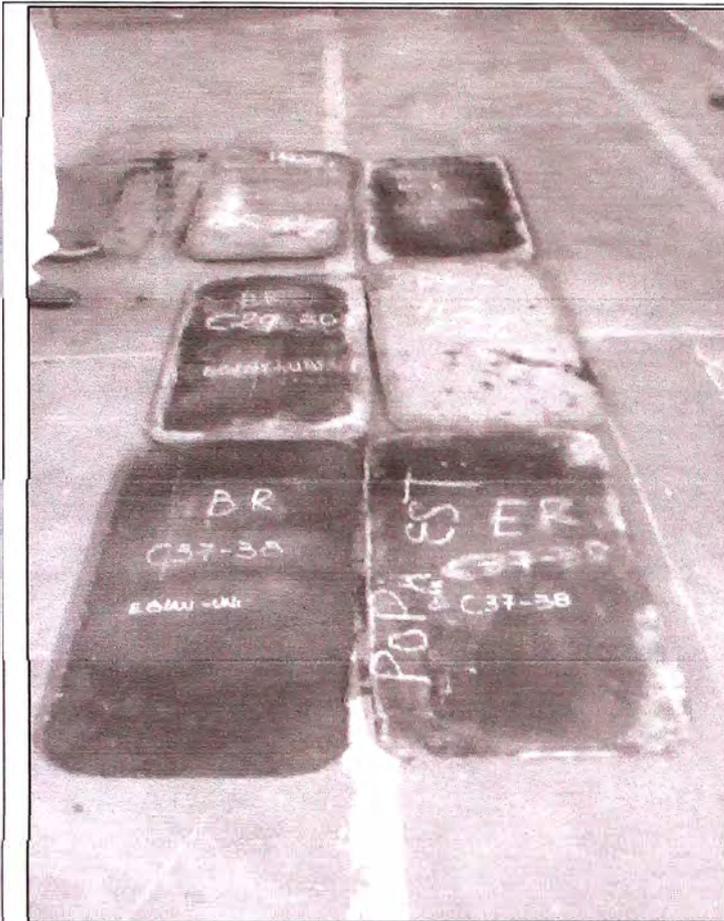


FIGURA 1.-MUESTRAS PARA CONFECCIÓN DE PROBETAS EN EL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.

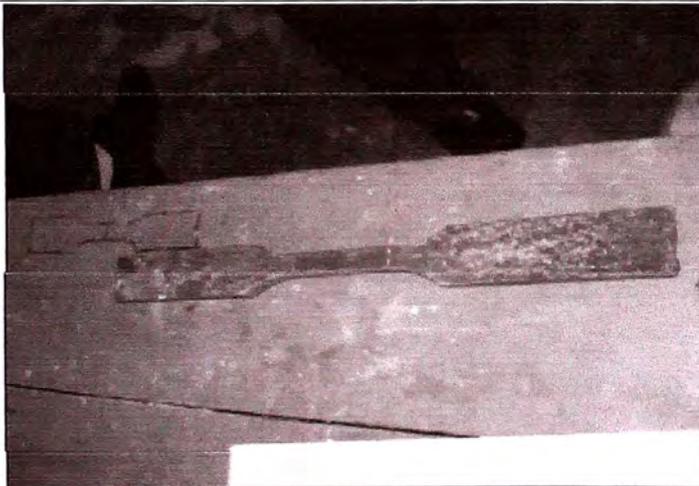


FIGURA 2.-PROBETA LISTA PARA EL ENSAYO DE TRACCIÓN.

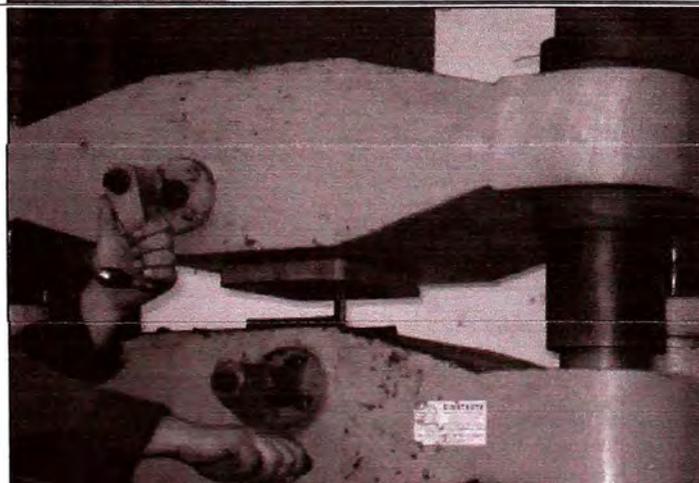


FIGURA 3.-COLOCADO DE LA PROBETA EN LA MAQUINA DE ENSAYO DE TRACCIÓN.

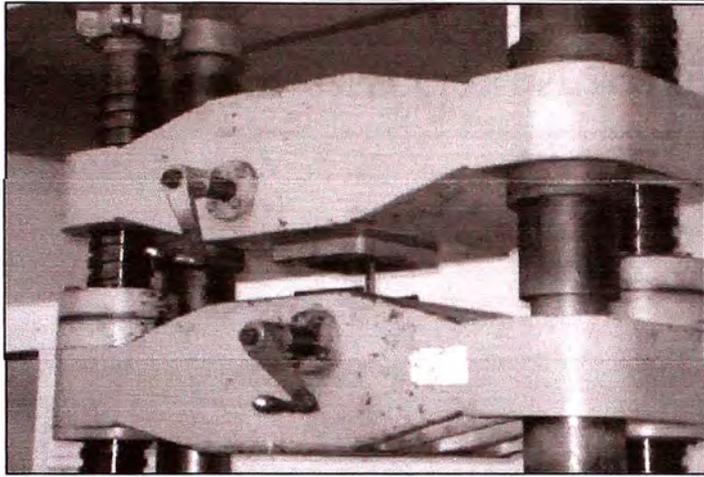


FIGURA 4.-MOMENTO EN QUE LA PROBETA ES SOMETIDA A LA CARGA DE PRUEBA.



FIGURA 5.-INSTANTE LUEGO DE LA ROTURA DE LA PROBETA.



FIGURA 6.-TOMA DE DATOS LUEGO DE LA PRUEBA DE TRACCIÓN.

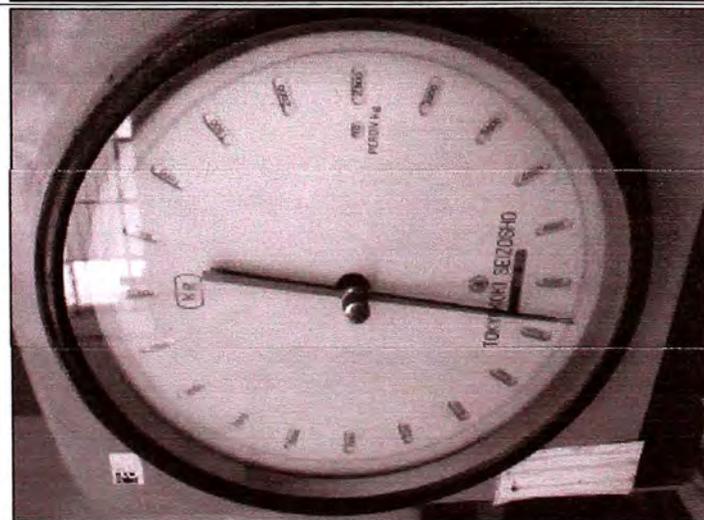


FIGURA 7.-INDICADOR DEL TOTAL DE CARGA APLICADA A LA PROBETA ANTES DE LA ROTURA.

## C.2.- INSPECCIONES Y CALIBRACIONES.

### CALIBRACION E INSPECCIÓN DEL FONDO, BANDAS, PROA Y POPA.



FIGURA 01.-  
Hundimiento y corrosión de planchaje-  
exterior.



FIGURA 02.-  
Soldadura de unión de planchaje de casco  
sin sobremonta

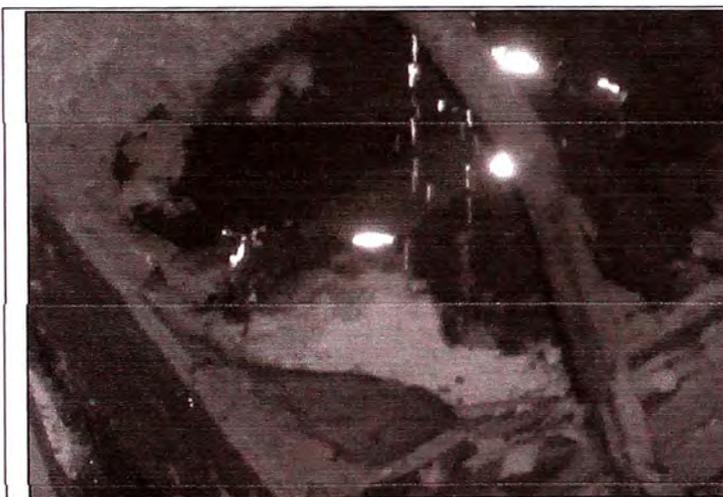


FIGURA 03.-  
Huecos en el planchaje de casco por  
efecto de corrosión puntual.

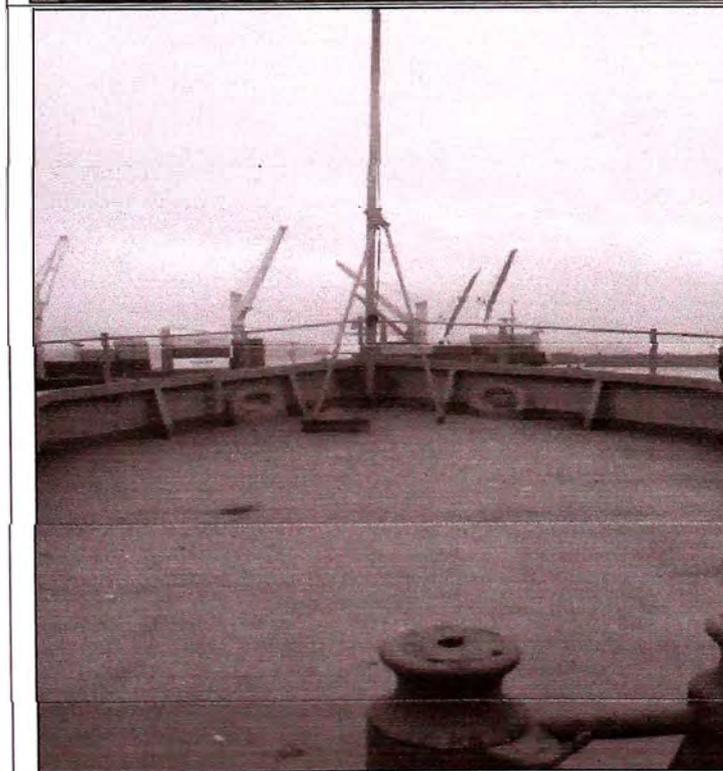


**FIGURA 4.-FORRO DEL FONDO.**  
Algunas zonas corroídas por acumulación de desgaste puntual, en las que se tuvo prioridad de inspecciones y calibraciones.

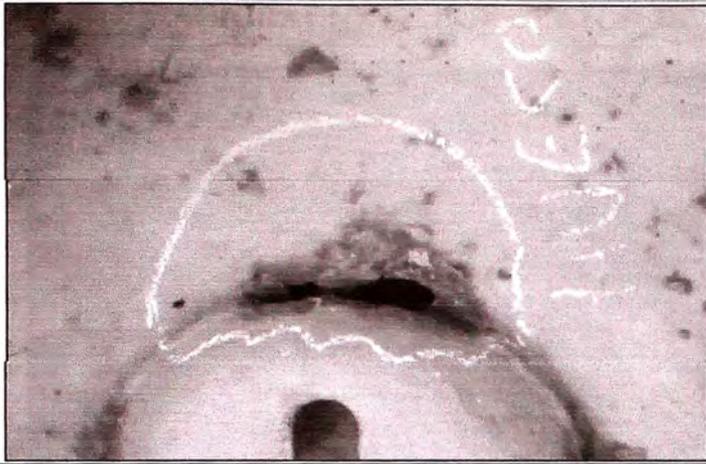
### CALIBRACION E INSPECCIÓN DE CUBIERTAS



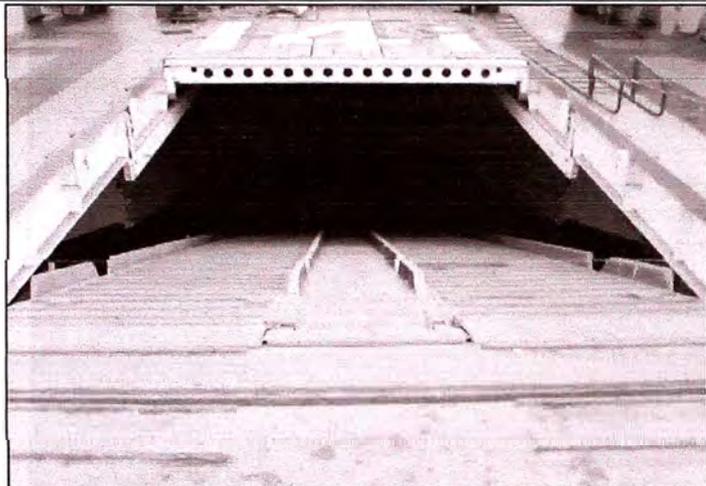
**FIGURA 01. CUBIERTA PRINCIPAL**  
Algunos huecos puntuales, por efecto de corrosión, observándose además espesores puntuales de 2 a 3 mm.



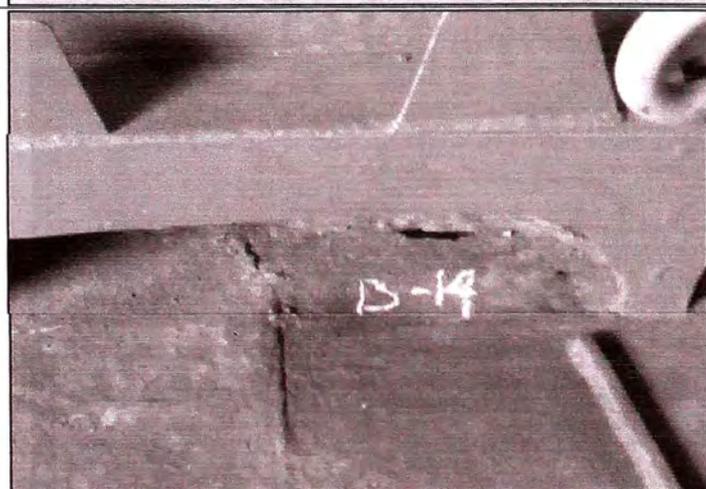
**FIGURA 02.- CUBIERTA PRINCIPAL EN LA ZONA DE PROA.**  
Se puede observar que la cubierta en proa se encuentra en buenas condiciones con algunos huecos puntuales, los cuales pueden ser fácilmente corregidos, mediante el colocado de sobreplanchas o *injertos*.



**FIGURA 03.- CUBIERTA PRINCIPAL**  
Hueco puntual por efecto de corrosión.



**FIGURA 04.-RAMPA DE ACCESO A LA TERCERA CUBIERTA.**  
Presenta corrosión en el 60% de su área.



**FIGURA 05.- TERCERA CUBIERTA ENTRE LAS CUADERNAS 13 Y 14 A ESTRIBOR.**  
Hueco puntual por efecto de corrosión.



**FIGURA 06.- TERCERA CUBIERTA ENTRE LAS CUADERNAS 32 Y 33 A BABOR.**

Como se puede observar en esta y en las fotos anteriores, la concentración de huecos se encuentra junto a los mamparos longitudinales resistentes, además de presentar corrosiones considerables. También en el plano de calibración se puede observar zonas puntuales de poco espesor.

## CALIBRACION E INSPECCION DE CUADERNAS Y MAMPAROS

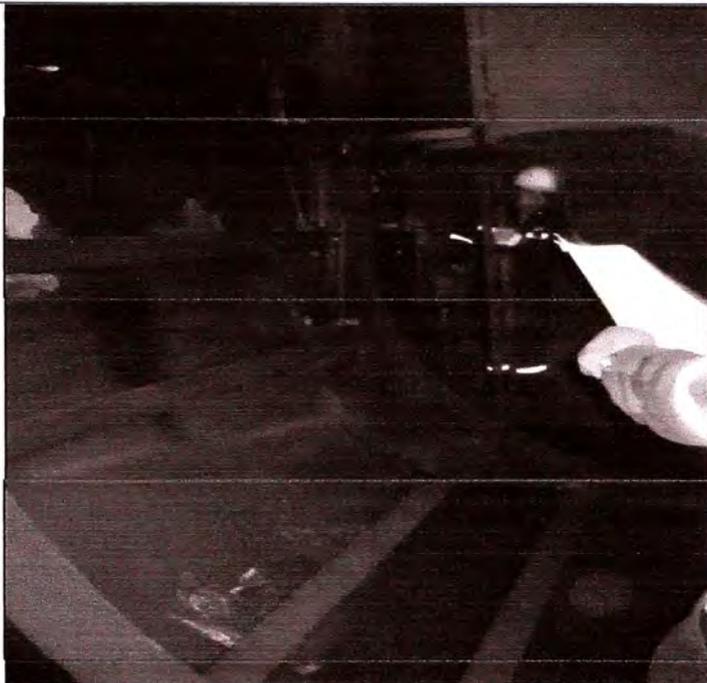


FIGURA 01.-TANQUE DE AGUA  
DULCE  
5-41-1-W  
Inspección y calibración de  
mamparos y cuadernas.



FIGURA 02.-TANQUE DE  
LASTRE 5-15-1-W.  
En esta vista se puede apreciar el  
deterioro del mamparo 18, así como  
2 huecos puntuales en el forro del  
casco.



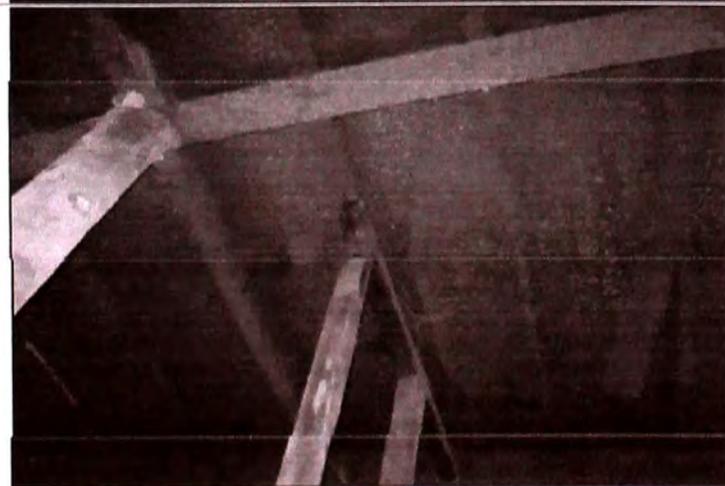
FIGURA 03.-TANQUE DE  
LASTRE 5-27-0-FF.  
El mamparo 27 se encuentra  
totalmente corroído, además se puede  
observar a sus refuerzos verticales  
destrozados.



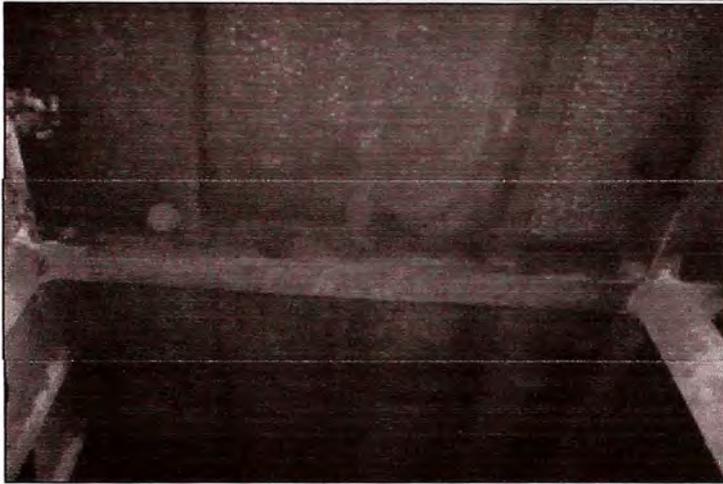
**FIGURA 04.-TANQUE DE  
LASTRE 5-27-0-FF.**  
Todos los refuerzos verticales del  
mamparo 27 se encuentran  
destrozados.



**FIGURA 05.-TANQUE DE  
LASTRE 5-27-0-FF.**  
La tercera cubierta en esta zona, se  
encuentra totalmente corroída, así  
también sus longitudinales se  
encuentran totalmente destrozados.



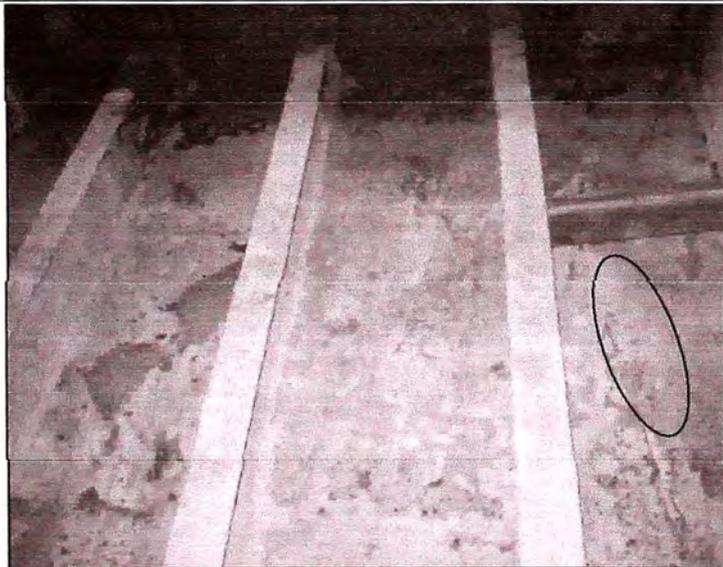
**FIGURA 06.-TANQUE DE  
LASTRE 5-27-0-FF.**  
Se observa puntales de madera junto  
al mamparo 30, colocadas  
provisionalmente a falta de  
longitudinales de cubierta, además de  
la excesiva corrosión presentada por  
la tercera cubierta en esta zona.



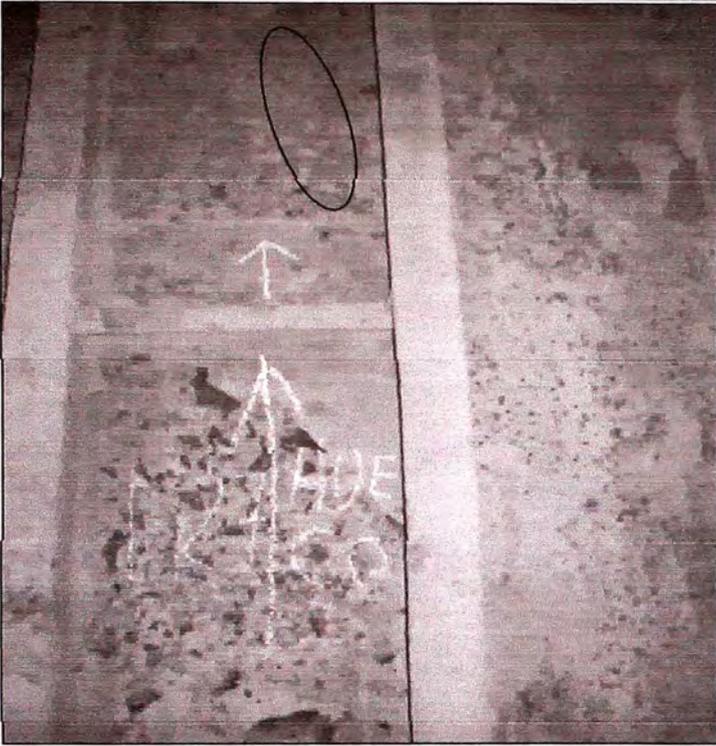
**FIGURA 07.-TANQUE DE  
LASTRE 5-27-0-FF.**  
Corrosión de tercera cubierta y  
longitudinales destrozados.



**FIGURA 08.-TANQUE DE  
LASTRE 5-27-0-FF.**  
Se observa una cuña o taco colocado  
entre un mamparo longitudinal de ER  
y un refuerzo vertical del mamparo  
transversal numero 30, debido a la  
rajadura de esta última.



**FIGURA 09.-TANQUE DE  
LASTRE 5-27-0-FF.**  
Se observa una cuña o taco colocado  
entre un mamparo longitudinal de  
estribor y un refuerzo vertical del  
mamparo transversal numero 27,  
debido a la rajadura de esta última.



**FIGURA 10.-TANQUE DE  
LASTRE 5-27-0-FF.**

Se encontró un hueco en el mamparo 27, siendo este mamparo el que se encuentra en peores condiciones.



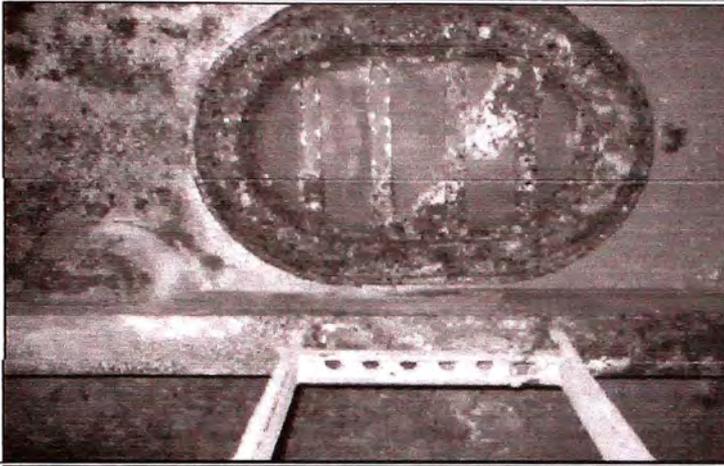
**FIGURA 11.-TANQUE DE  
LASTRE 5-21 1/2-0-FF.**

Se puede observar el mamparo longitudinal no resistente ubicada en crujía, totalmente destrozada, llegando solo a observarse sus refuerzos verticales.



**FIGURA 12.-TANQUES DE  
LASTRE**

Gran mayoría de las escaleras de acceso a los tanques de lastre se encuentran corroídas y muchas de ellas totalmente destrozadas.



**FIGURA 13.-TANQUES VACIO**  
5-11-0-V

Se puede observar la gran cantidad de oxido alrededor del registro de acceso.



**FIGURA 14.-TANQUES DE TRIMADO**  
5-61-0-W

En general, las cuadernas y los mamparos *no resistentes* de esta zona, se encuentran en buen estado, excepto a su cubierta, la cual presenta problemas de corrosión.



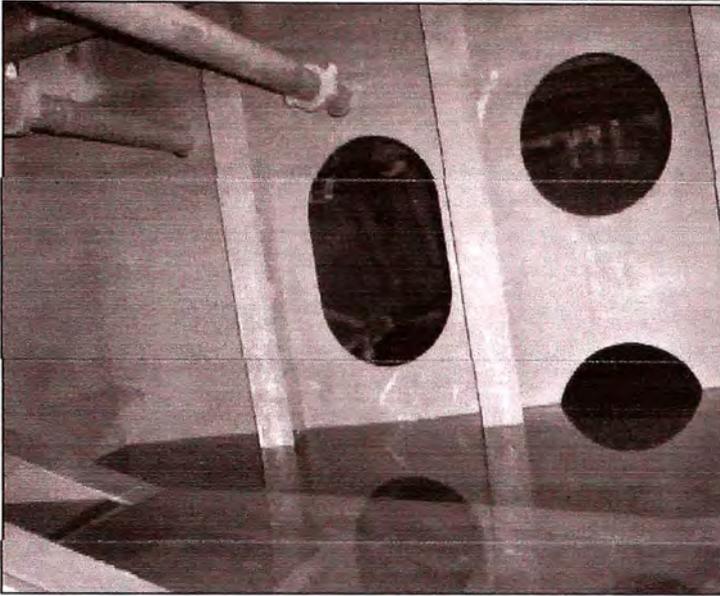
**FIGURA 15.-TANQUES DE TRIMADO**  
5-61-0-W

Se puede observar con mayor detalle la corrosión de la cubierta de este tanque.



**FIGURA 16.-TANQUES DE TRIMADO**  
5-61-0-W

Se puede observar el mamparo de colisión en popa, la cual se encuentra en buen estado.



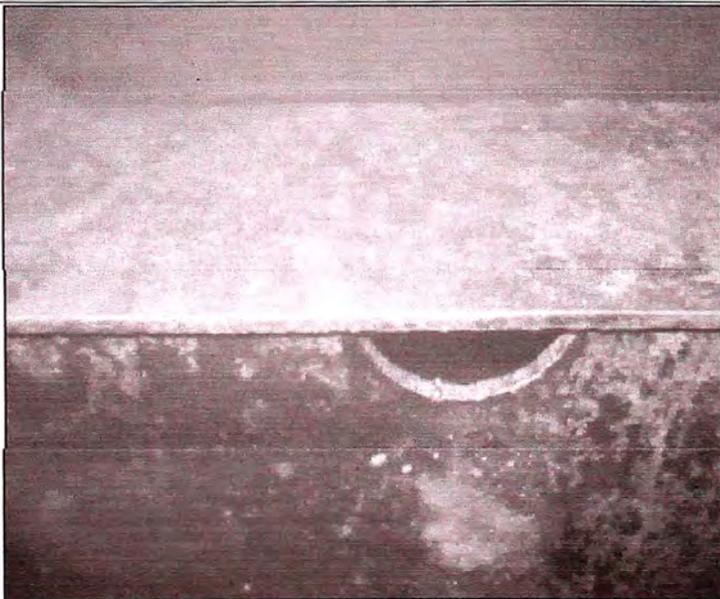
**FIGURA 17.-TANQUES DE TRIMADO**  
5-49-0-W

Inspección visual de las cuadernas y los mamparos no resistentes de esta zona.



**FIGURA 18.-TANQUES DE TRIMADO**  
5-49-0-W

Como se puede observar la estructura en esta zona se encuentra en buen estado, además es completamente estanco.

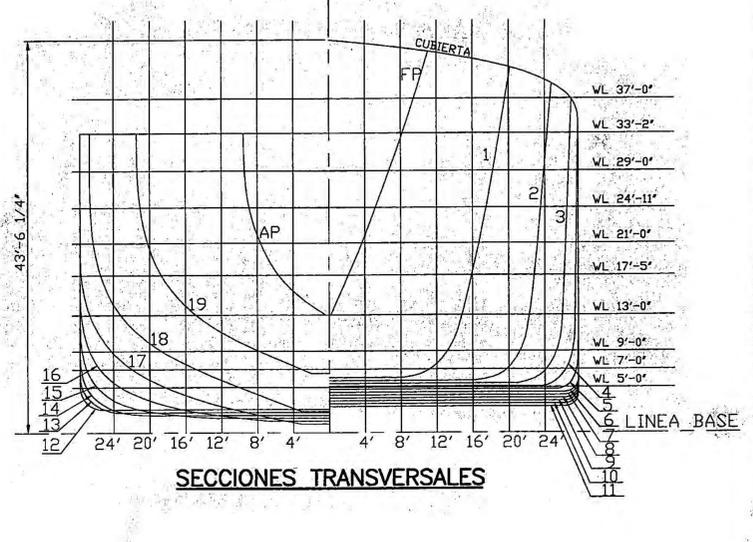
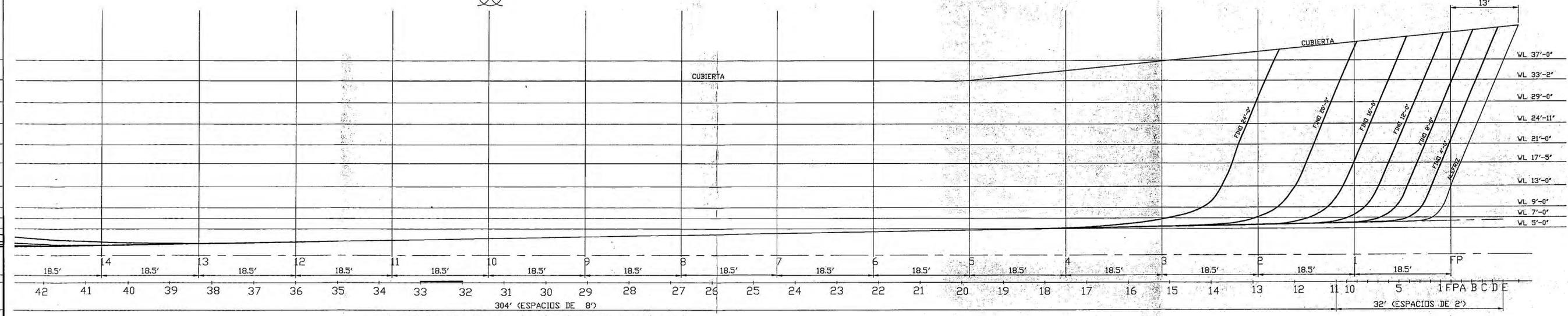
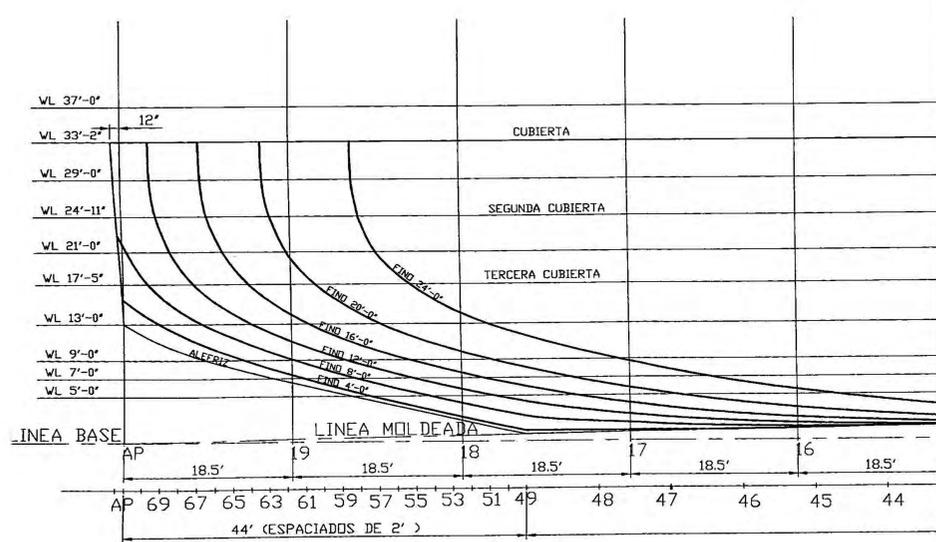


**FIGURA 19.-TANQUES DE COMBUSTIBLE**  
5-30-1-F

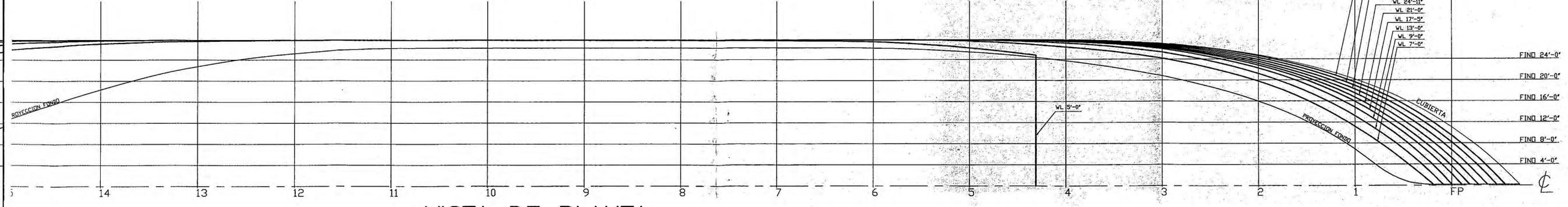
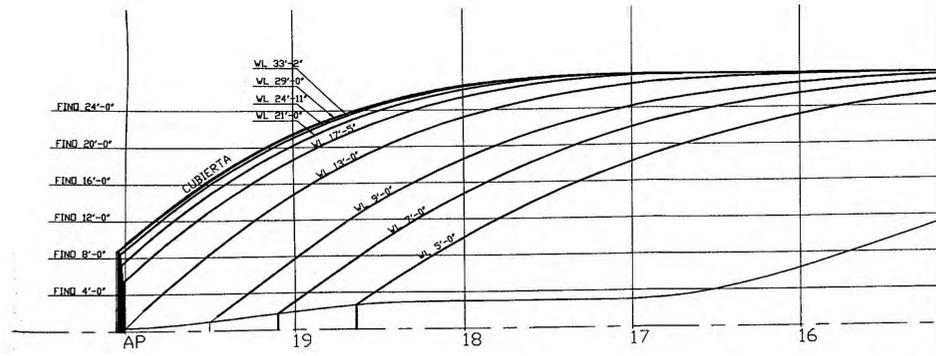
Se muestra la varenga de la cuaderna 32, la cual presenta corrosión, pero se encuentra en buen estado.

**ANEXO D.**

**PLANOS.**



ELEVACION LONGITUDINAL



VISTA DE PLANTA

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL. \_\_\_\_\_ 384'-0" (117.043m)  
 MANGA \_\_\_\_\_ 55'-6" (16.916m)  
 PUNTAL \_\_\_\_\_ 29'-11 3/4" (9.138m)

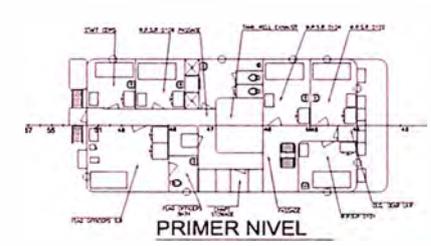
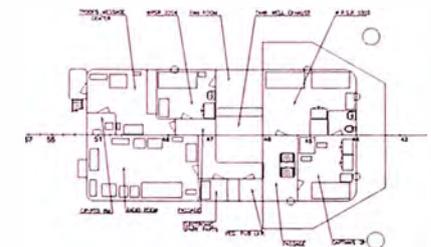
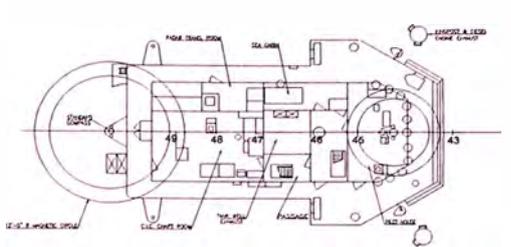
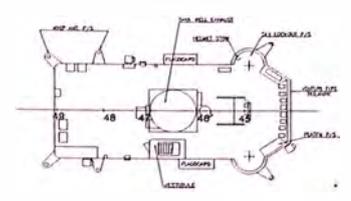
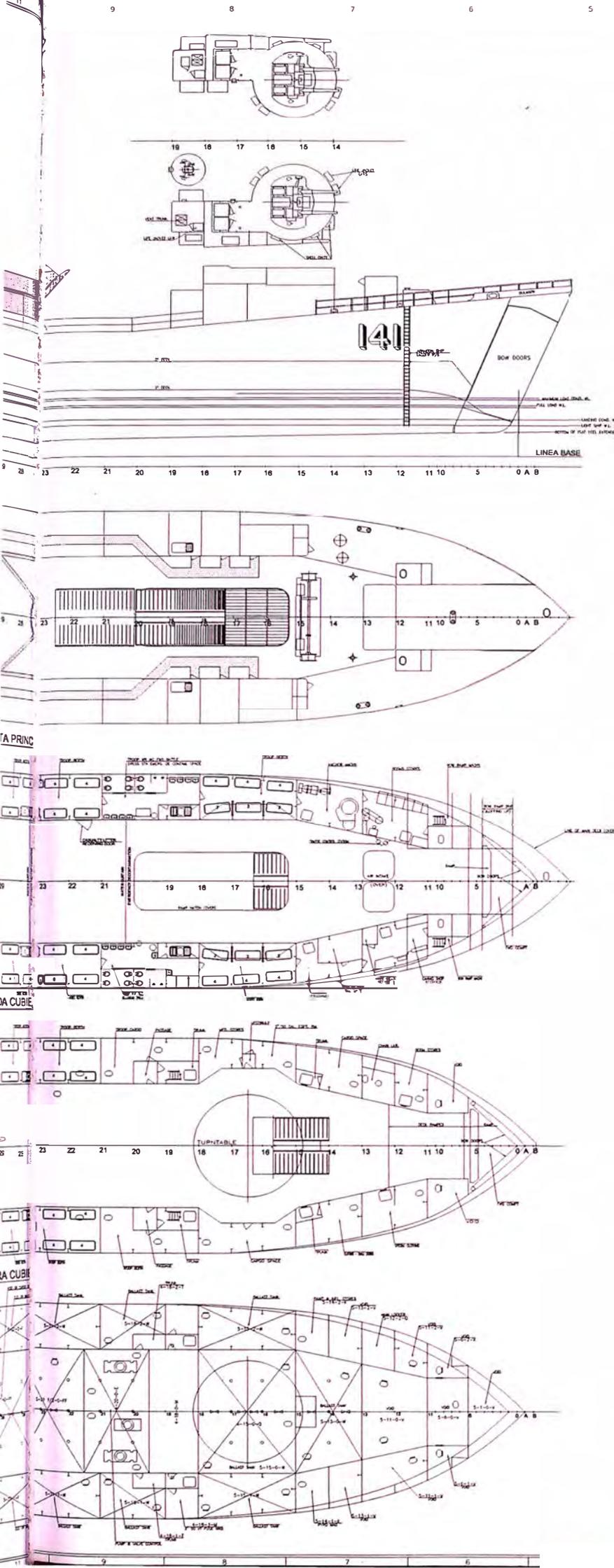


PROYECTO : BUQUE DESEMBARCO

LINEAS DE FORMA

DISEÑADO POR :  
 DIBUJADO POR : MENESES BARRIOS B.  
 REVISADO POR : MENESES BARRIOS B.  
 APROBADO POR :

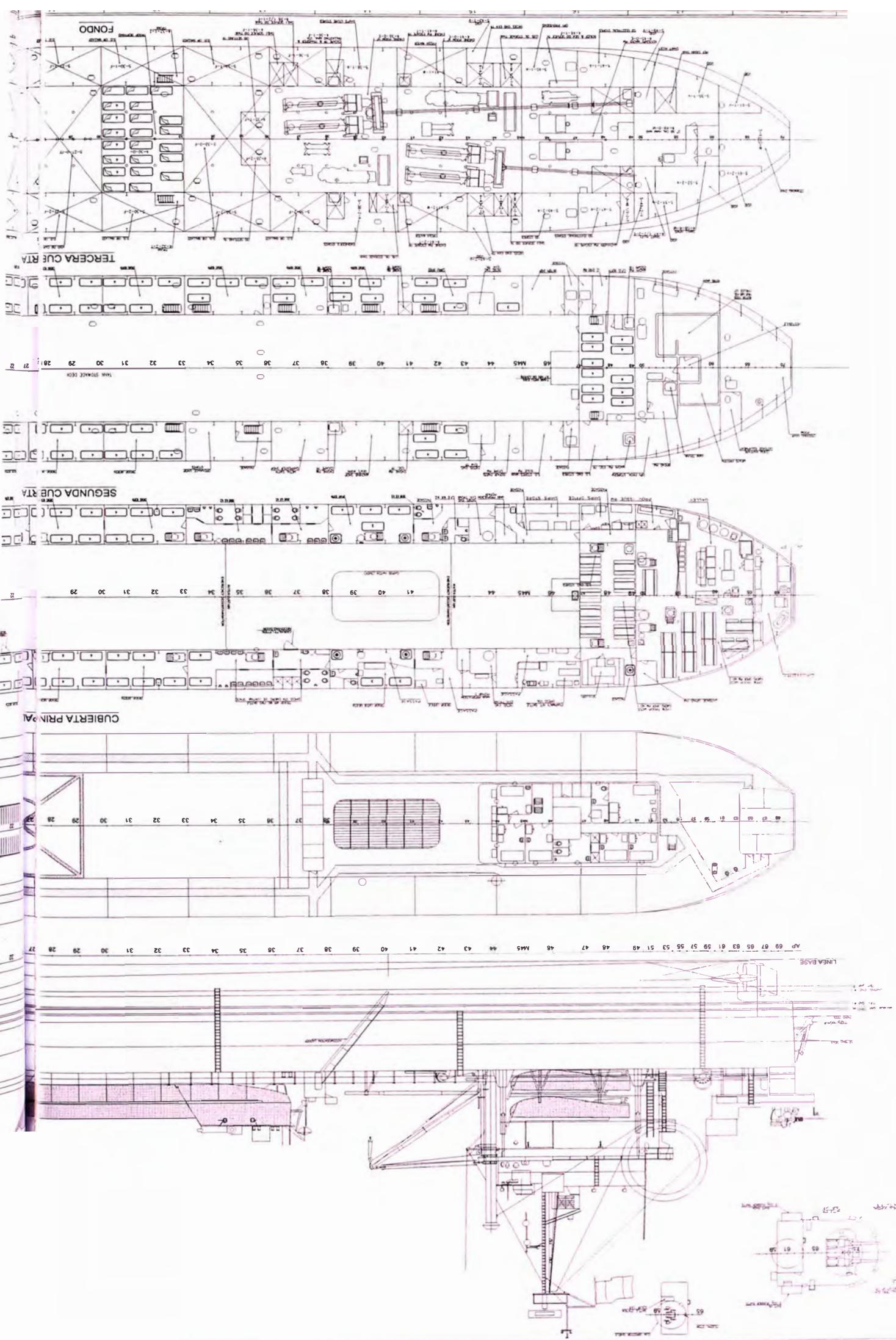
FECHA : 17-06-2013 ESCALA : 1:100 UNIDADES : UM

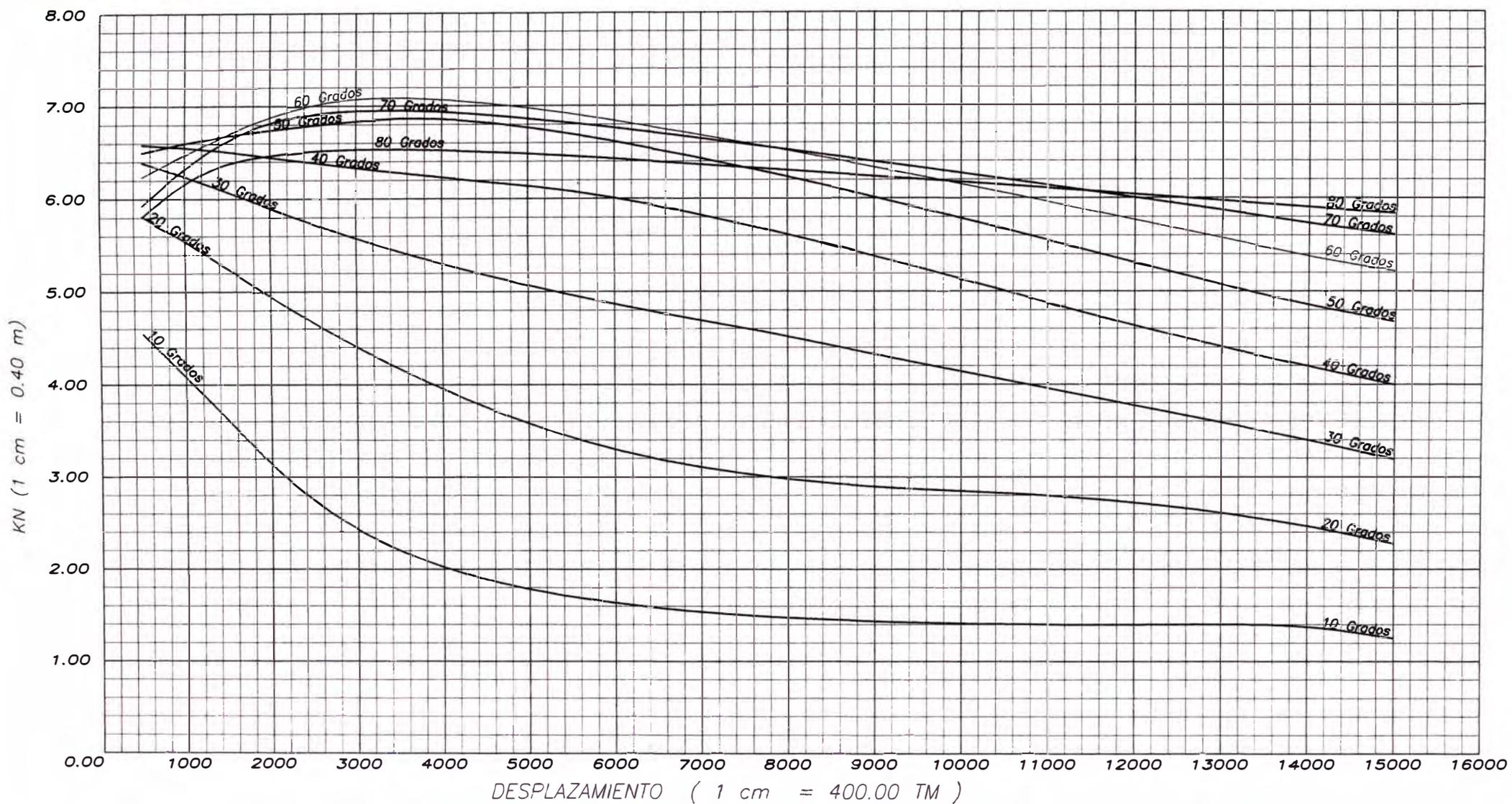


CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL	117.043 m.
MANEJA	16.935 m.
PUNIAL	9.137 m.

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA UNIVERSITY OF PERU POLYTECHNIC UNIVERSITY OF APURÍCA</p>	PROYECTO BUQUE DESEMBARCO	
	DISPOSICIÓN GENERAL	
DESIGNADO POR	ELABORADO POR	REVISADO POR
	MENESES BARRIOS B.	MENESES BARRIOS B.
APROBADO POR	FECHA	ESCALA
	17-06-2013	1:200
	UNIDADES	UN





**CARACTERISTICAS GENERALES**

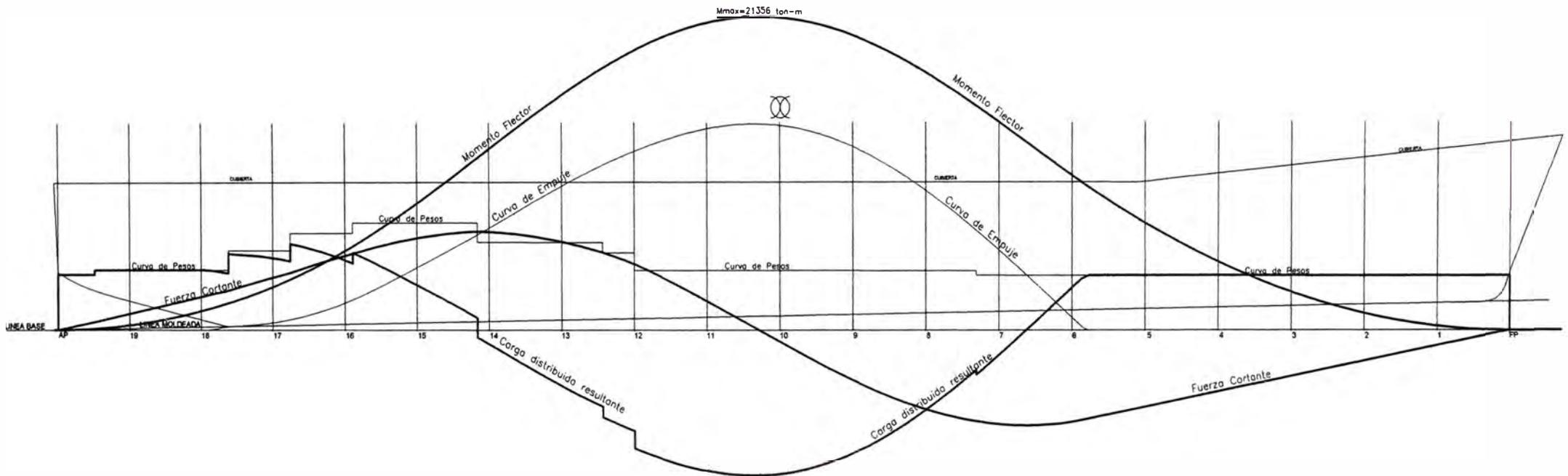
ESLORA TOTAL—384'-0"(117.043m)  
 MANGA—55'-6" (16.916m)  
 PUNTAL—29'-11 3/4"(9.138m)

**NOTA:**

- \* KG(asumido)= 0
- \* El punto de Quilla(K) ubicada en el linea base.
- \* Toda dimension vertical es medida con referencia a la linea base.

	PROYECTO BUQUE DESEMBARCO		
	CURVAS CRUZADAS		
DISEÑADO POR: DISEÑADO POR: MENESES BARRIOS B. REVISADO POR: MENESES BARRIOS B. APROBADO POR:	FECHA: 17-06-2013	ESCALA: 5/E	UNIDADES: UM



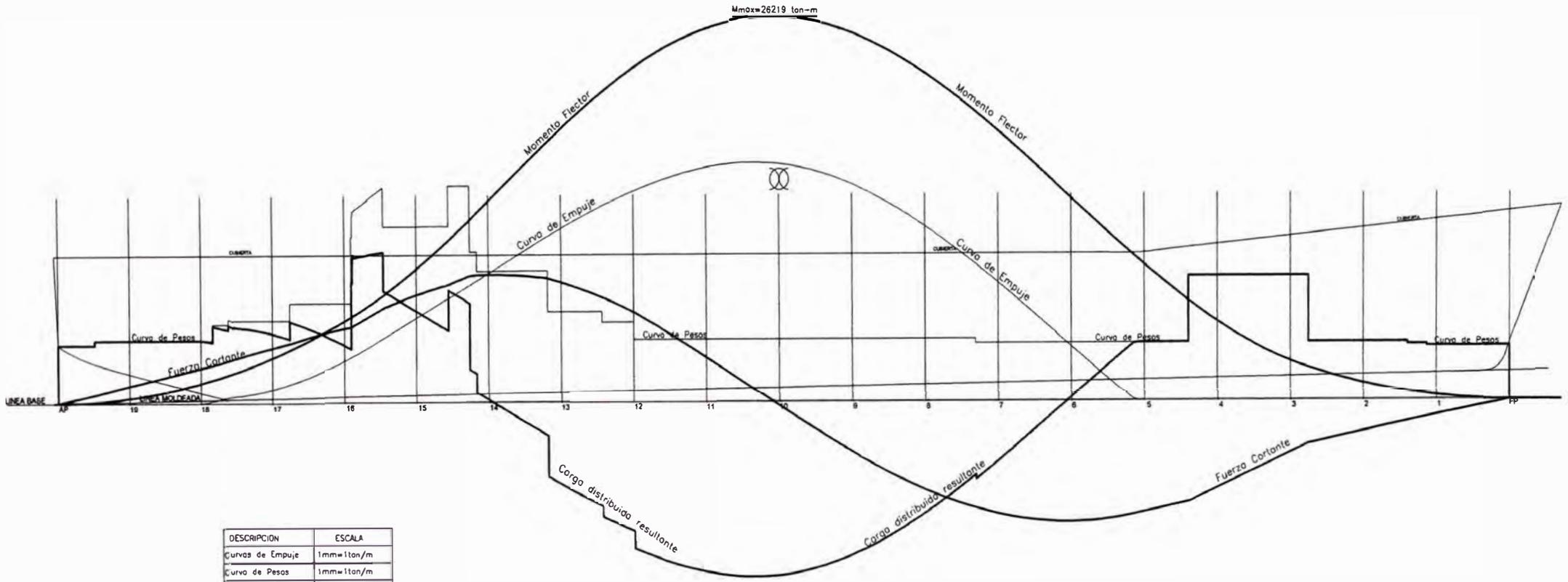


**CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

ESLORA TOTAL \_\_\_\_\_ 384'-0" (117.043m)  
 MANCA \_\_\_\_\_ 55'-6" (16.916m)  
 PUNTAL \_\_\_\_\_ 29'-11 3/4" (9.138m)

DESCRIPCION	ESCALA
Curvas de Empuje	1mm=1ton/m
Curva de Pesos	1mm=1ton/m
Carga distnb. result.	1mm=1ton/m
Fuerza Cortante	1mm=20ton
Momento Flector	1mm=200ton-m

	PROYECTO BUQUE DESEMBARCO
	CONDICIÓN DE LIGHTSHIP EN QUEBRANTO
SHEET NO. 1 SHEETS 8 SHEETS 8	DRAWN BY: 17-06-2013 CHECKED BY: 1/2009

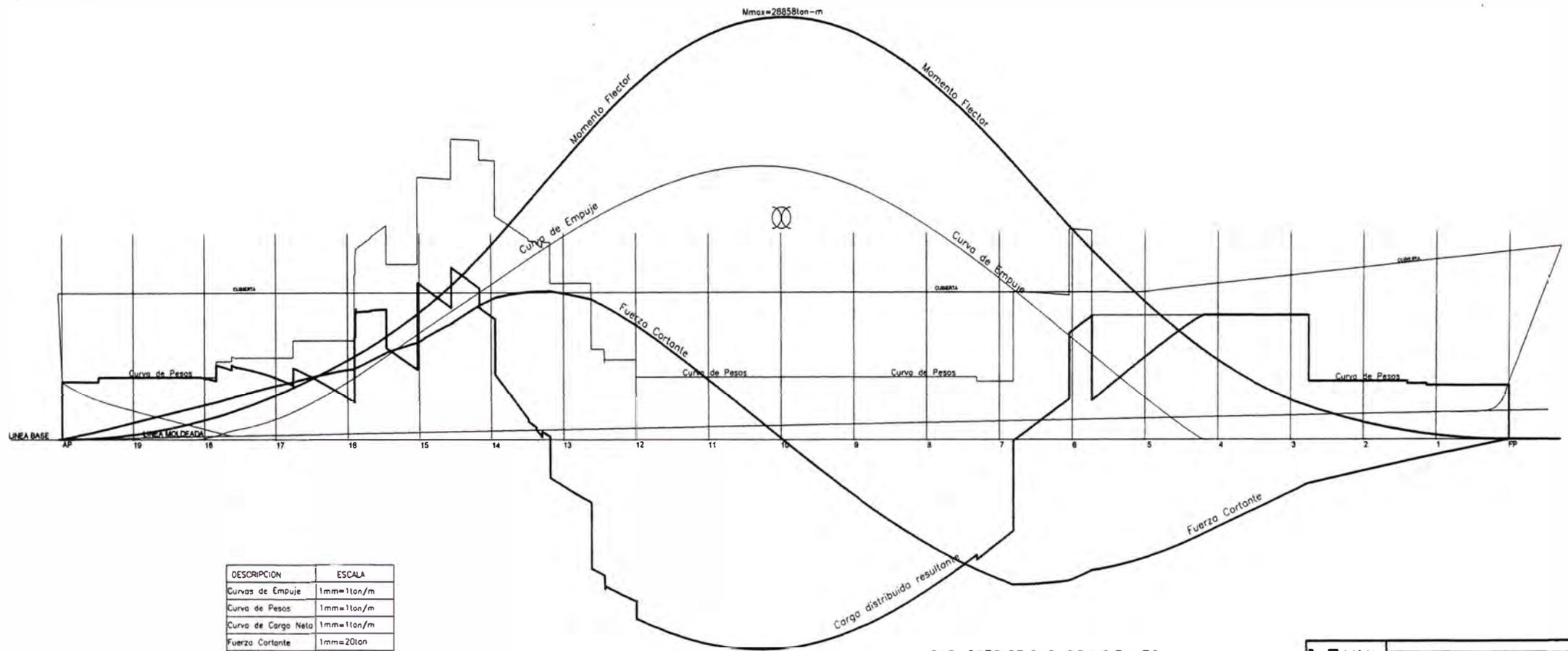


DESCRIPCION	ESCALA
Curvas de Empuje	1mm=1ton/m
Curva de Pesos	1mm=1ton/m
Curva de Carga Neta	1mm=1ton/m
Fuerza Cortante	1mm=20ton
Momento Flector	1mm=200ton-m

**CARACTERISTICAS PRINCIPALES**

ESLORA TOTAL \_\_\_\_\_ 384'-0" (117.043m)  
 MANGA \_\_\_\_\_ 55'-6" (16.916m)  
 PUNTAL \_\_\_\_\_ 29'-11 3/4" (9.138m)

	PROYECTO	BUQUE DESEMBARCO
	ESTADO	SEGUNDA CONDICION EN QUEBRANTO
NOMBRE DEL DISEÑADOR NOMBRE DEL INGENIERO EN JEFE FECHA	NOMBRE DEL INGENIERO EN JEFE FECHA	NOMBRE DEL INGENIERO EN JEFE FECHA



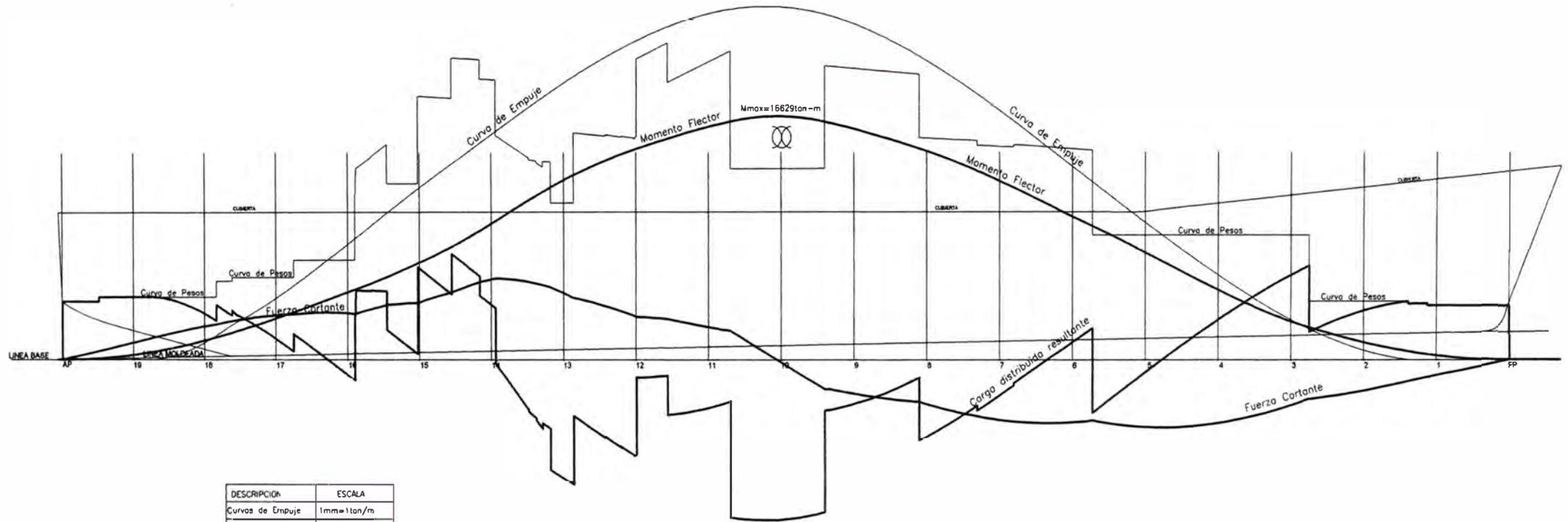
DESCRIPCION	ESCALA
Curvas de Empuje	1mm=1ton/m
Curva de Pesos	1mm=1ton/m
Curva de Carga Neta	1mm=1ton/m
Fuerza Cortante	1mm=20ton
Momento Flector	1mm=200ton-m

### CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL \_\_\_\_\_ 384'-0" (117.043m)  
 MANGA \_\_\_\_\_ 55'-6" (16.916m)  
 PUNTA \_\_\_\_\_ 29'-11 3/4" (9.138m)

	PROYECTO BUQUE DESEMBARCO
	TERCERA CONDICIÓN EN QUEBRANTO
ESCALA: 1:200 FECHA: 17-08-2013	DISEÑADO POR: _____ REVISADO POR: _____ APROBADO POR: _____



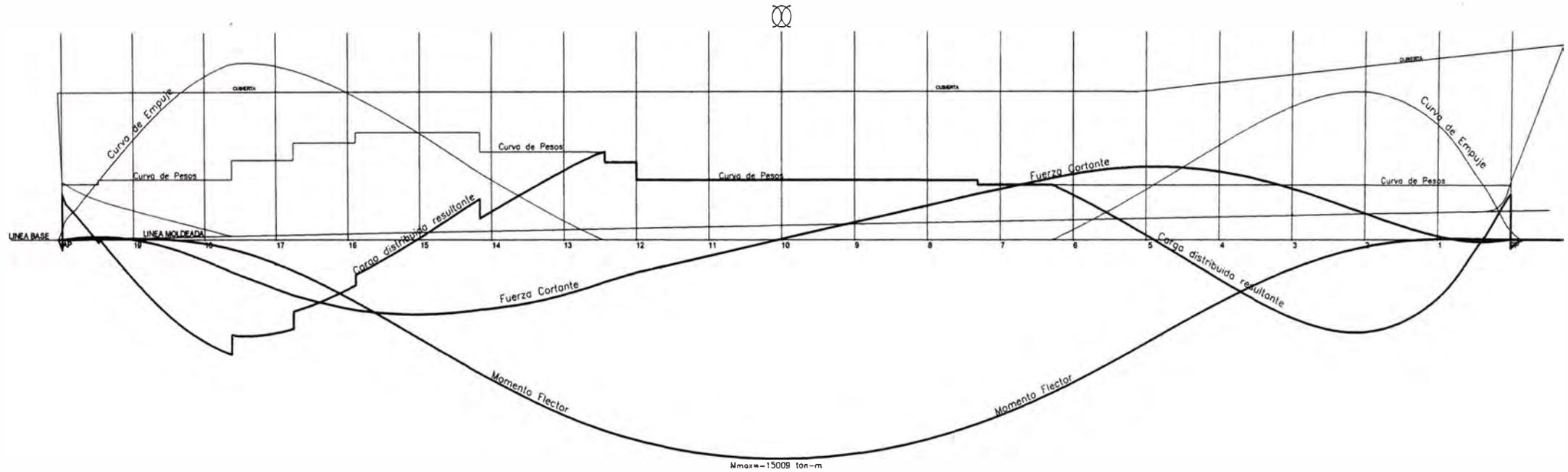


DESCRIPCIÓN	ESCALA
Curvas de Empuje	1mm=1ton/m
Curva de Pesos	1mm=1ton/m
Curva de Cargo Neto	1mm=1ton/m
Fuerza Cortante	1mm=20ton
Momento Flector	1mm=200ton-m

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL \_\_\_\_\_ 384'-0" (117.043m)  
 MANGA \_\_\_\_\_ 55'-6" (16.916m)  
 PUNTAL \_\_\_\_\_ 29'-11 3/4" (9.138m)

	PROYECTO BUQUE DESEMBARCO
	TÍTULO DEL PLANO
CONDICIÓN DE MÁXIMA CARGA EN QUEBRANTO	
AUTORES: INGENIEROS 6 MECANICOS 6	
FECHA: 17-08-2013 ESCALA: 1:200	

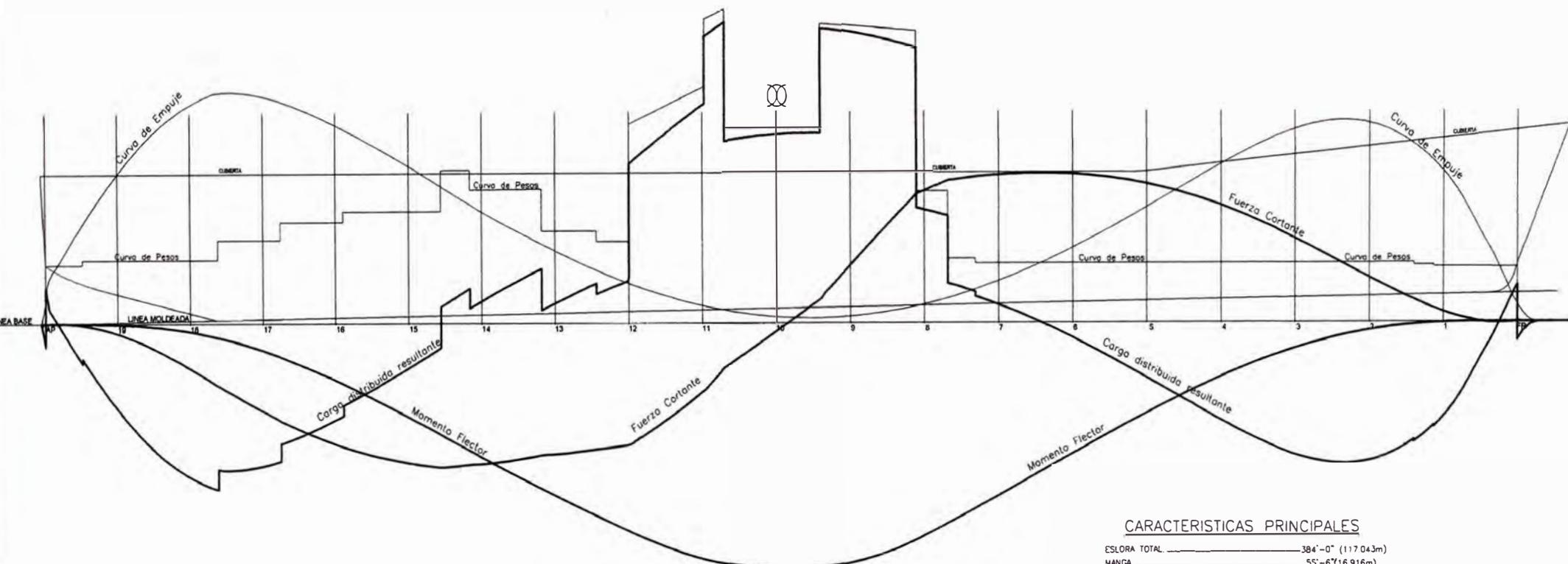


DESCRIPCION	ESCALA
Curvas de Empuje	1mm=1ton/m
Curva de Pesos	1mm=1ton/m
Curva de Carga Neta	1mm=1ton/m
Fuerza Cortante	1mm=20ton
Momento Flector	1mm=200ton-m

#### CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL \_\_\_\_\_ 384'-0" (117.043m)  
 MANGA \_\_\_\_\_ 55'-6" (16.916m)  
 PUNTAI \_\_\_\_\_ 29'-11 3/4" (9.138m)

	BUQUE DESEMBARCO BUQUE DE LINDA
	CONDICIÓN DE LIGHTSHIP EN ARRUFO
NOMBRE BUQUE: _____ NÚMERO BUQUE: _____	FECHA: _____ LUGAR: _____
ESCALA: _____ AUTORIZADO: _____ FECHA: _____	REVISADO: _____ FECHA: _____



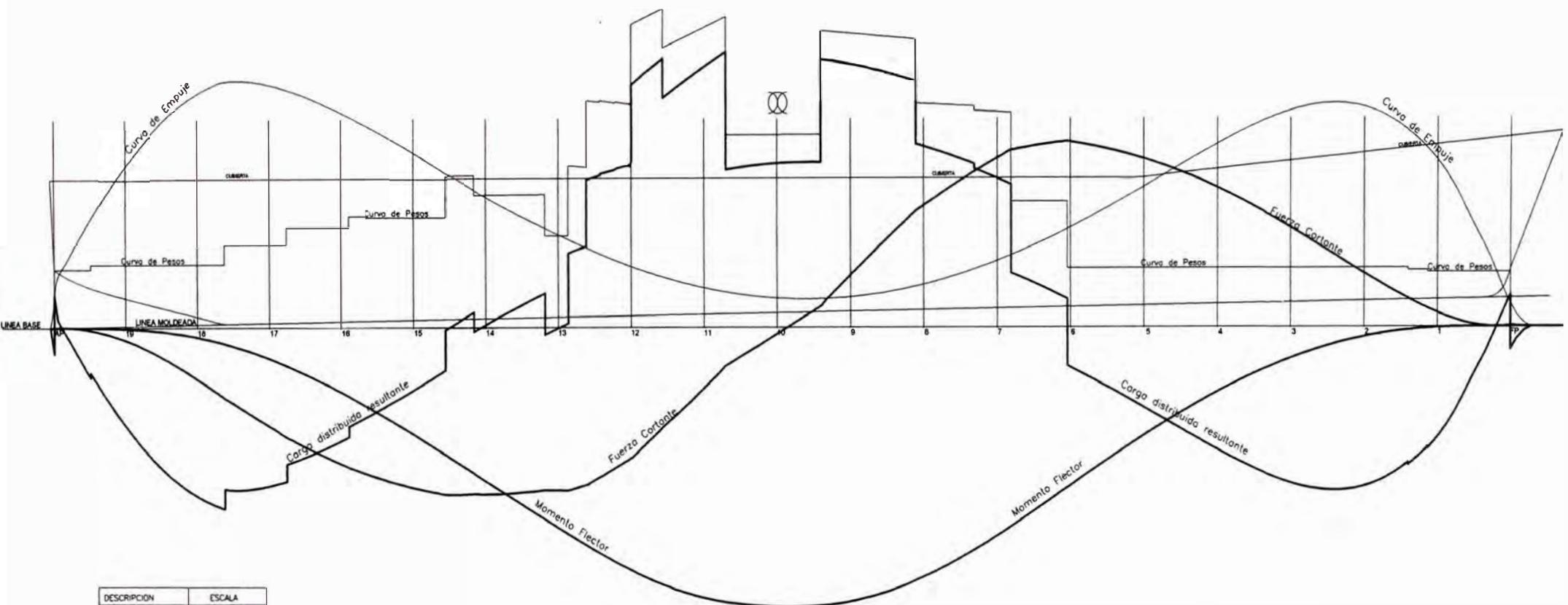
Mmax = -33220 ton-m

**CARACTERISTICAS PRINCIPALES**

ESLORA TOTAL ..... 384'-0" (117.043m)  
 MANGA ..... 55'-6" (16.916m)  
 PUNTA ..... 29'-11 3/4" (9.138m)

DESCRIPCION	ESCALA
Curvas de Empuje	1mm=1ton/m
Curvas de Pesos	1mm=1ton/m
Curva de Carga Neta	1mm=1ton/m
Fuerza Cortante	1mm=20ton
Momento Flector	1mm=400ton-m

	PROYECTO	BUQUE DESEMBARCO
	TITULO DEL PLAN	
	SEGUNDA CONDICIÓN EN ARRUFO	
DISEÑADO POR MONCÉS BARRIOS B.	APROBADO POR MONCÉS BARRIOS B.	
FECHA	17-08-2011	

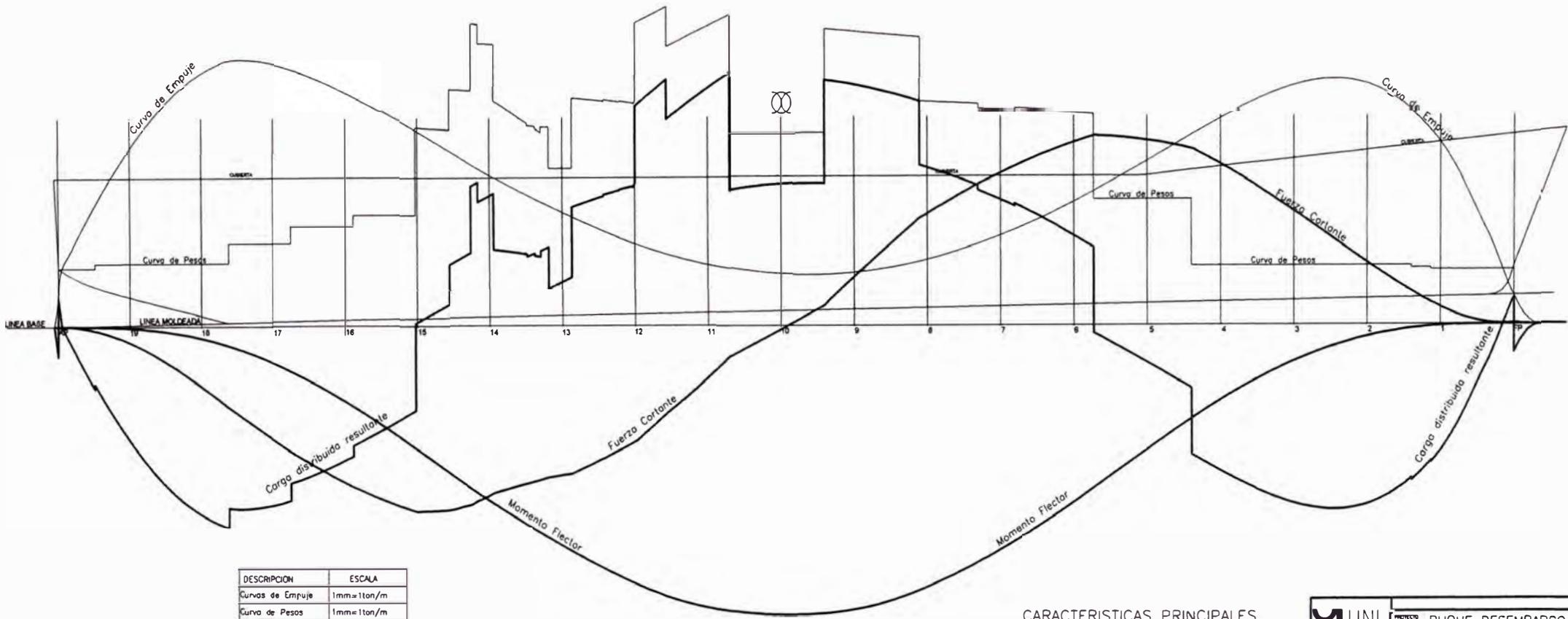


DESCRIPCION	ESCALA
Curvas de Empuje	1mm=1ton/m
Curva de Pesos	1mm=1ton/m
Curva de Carga Neta	1mm=1ton/m
Fuerza Cortante	1mm=20ton
Momento Flector	1mm=400ton-m

**CARACTERISTICAS PRINCIPALES**

ESLORA TOTAL \_\_\_\_\_ 384'-0" (117.043m)  
 MANGA \_\_\_\_\_ 55'-6" (16.916m)  
 PUNTAL \_\_\_\_\_ 29'-11 3/4" (9.138m)

	PROYECTO	BUQUE DESEMBARCO
	ESTADO	TERCERA CONDICIÓN EN ARRUFO
	FECHA	17-08-2014



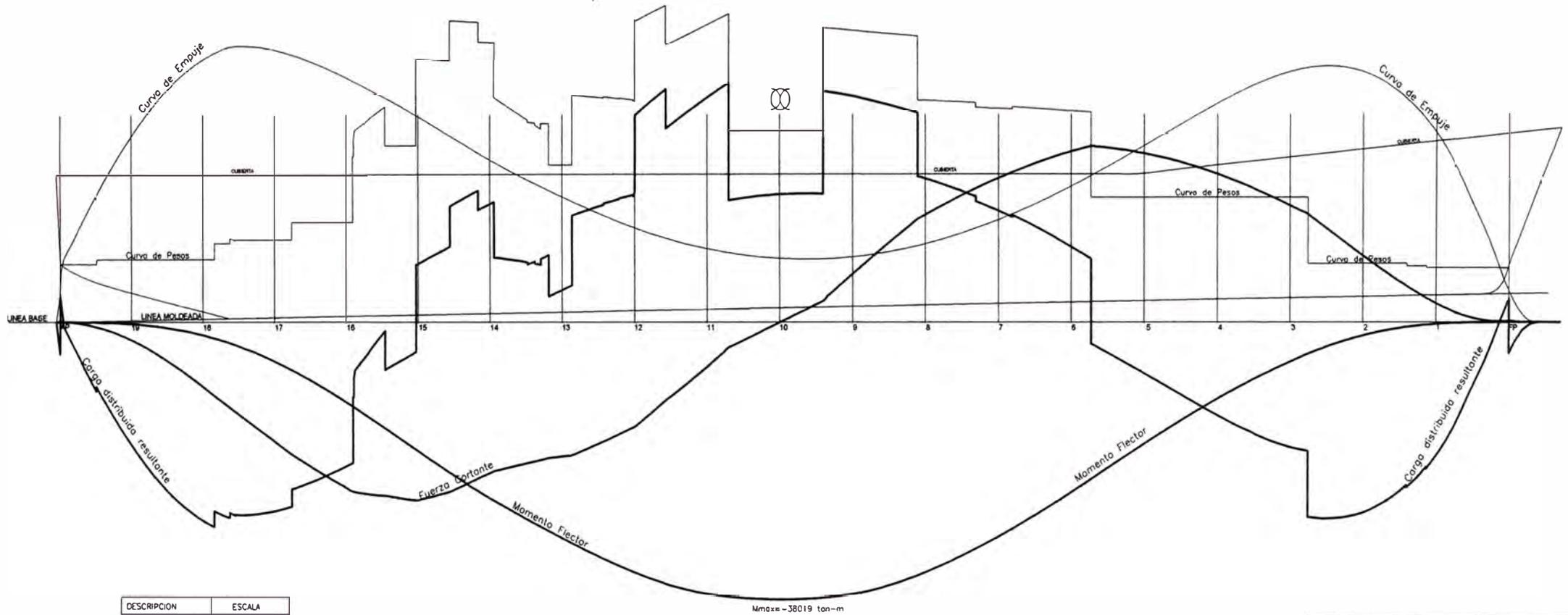
Mmax = -39408 ton-m

DESCRIPCION	ESCALA
Curvas de Empuje	1mm=1ton/m
Curva de Pesos	1mm=1ton/m
Curva de Carga Neta	1mm=1ton/m
Fuerza Cortante	1mm=20ton
Momento Flector	1mm=400ton-m

**CARACTERISTICAS PRINCIPALES**

ESLORA TOTAL ..... 384'-0" (117.043m)  
 MANGA ..... 55'-6" (16.916m)  
 PUNTAL ..... 29'-11 3/4" (9.138m)

	PROYECTO BUQUE DESEMBARCO
	CUARTA CONDICIÓN EN ARRUFO
17-08-2014	1:000



DESCRIPCION	ESCALA
Curvas de Empuje	1mm=1ton/m
Curva de Pesos	1mm=1ton/m
Curva de Carga Neto	1mm=1ton/m
Fuerza Cortante	1mm=20ton
Momento Flector	1mm=400ton-m

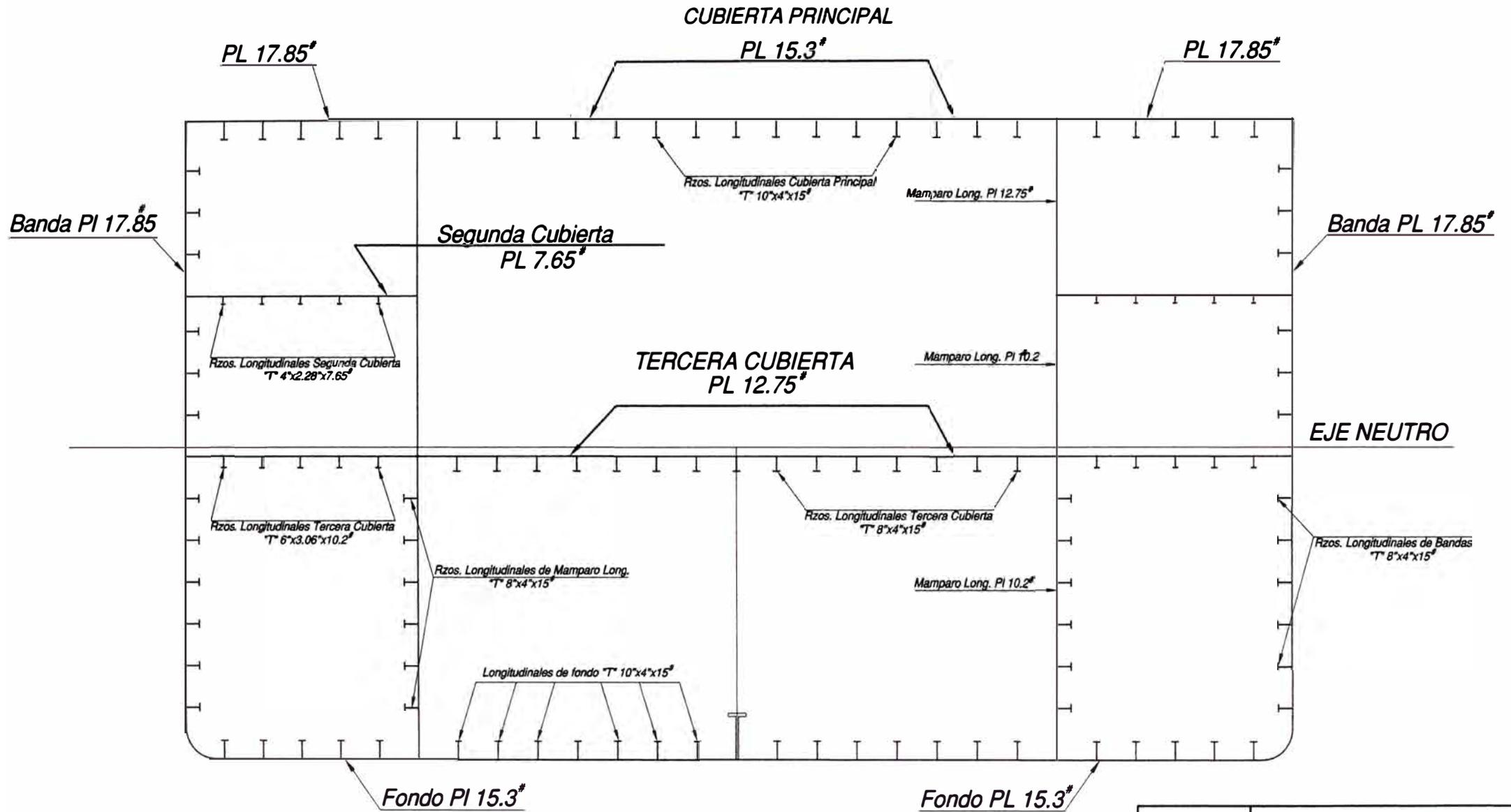
### CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL \_\_\_\_\_ 384'-0" (117.043m)  
 MANGA \_\_\_\_\_ 55'-6" (16.916m)  
 PUNTAL \_\_\_\_\_ 29'-11 3/4" (9.138m)

	PROYECTO	BUQUE DESEMBARCO
	FECHA	
CONDICION DE MAXIMA CARGA EN ARRIBO		
DISEÑADO POR: MOSES BARRIOS B. VERIFICADO POR: MOSES BARRIOS B. APROBADO POR: _____ FECHA: 17-08-2011	ESCALA: 1:200 PAGES: 02	

DISTANCIA DEL EJE NEUTRO A LA CUBIERTA

$Y=4.667m$



DISTANCIA DEL EJE NEUTRO AL FONDO

$Y=4.457m$

MOMENTO DE INERCIA=13.708m<sup>4</sup>

	PROYECTO: BUQUE DESEMBARCO
	SECCIÓN MAESTRA
DISEÑADO POR: DIBUJADO POR: REVISADO POR: APROBADO POR:	NENES BARROS B. NENES BARROS B. NENES BARROS B.
FECHA: 17-06-2013 ESCALA: 1:50 LÍNEA:	PERIODO: