

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Técnica Naval**

**ANTEPROYECTO DE UN BUQUE
PETROLERO DE PRODUCTOS**

Jerónimo GIL DE JESÚS



Centro: **E. U. I. T. NAVAL**
Titulación: **I. T. NAVAL**
Fecha: **Octubre 2008**



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

ÍNDICE

METODOLOGÍA DE TRABAJO.....Pág. 5

INTRODUCCIÓN.....Pág. 8

PROYECTO CONCEPTUAL.....Pág. 18

 Requerimientos técnicos y económicos.....Pág. 19

PROYECTO PRELIMINAR.....Pág. 21

 Dimensiones principales.....Pág. 22

 Definición de formas.....Pág. 25

 Coeficientes de la carena.....Pág. 31

 Selección de formas de la carena.....Pág. 38

 Potencia.....Pág. 39

 Volúmenes y Superficies.....Pág. 43

 Peso en rosca y centro de gravedad.....Pág. 48

 Peso muerto.....Pág. 53

 Desplazamiento.....Pág. 56

 Disposición general.....Pág. 57

 Configuración estructural.....Pág. 58

 Estabilidad.....Pág. 59

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

PROYECTO BÁSICO	Pág 65
Formas.....	Pág 66
Planos de formas.....	Pág 67
Carenas rectas.....	Pág 68
Carenas inclinadas.....	Pág 70
Capacidades	Pág 73
Situaciones de carga.....	Pág 99
Resistencia longitudinal.....	Pág 113
Cálculo de escantillonado.....	Pág 115
Maniobrabilidad.....	Pág 129
Estimación de maniobrabilidad reguladas por IMO.....	Pág 134
Potencia.....	Pág 141
Arqueo.....	Pág 147
Cálculo de arqueo de forma directa.....	Pág 148
Arqueo neto.....	Pág 150
Francobordo.....	Pág 151
PROYECTO FINAL	Pág 156
Especificación resumida.....	Pág 157
Presupuesto.....	Pág 163
Bibliografía.....	Pág 172

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

PRÓLOGO

Se plasman en estas hojas, el largo recorrido desarrollado por una nave, que ha trazado los designios de una carta náutica muy particular, la de los años vividos en la escuela, que estos días dejo atrás, en el horizonte.

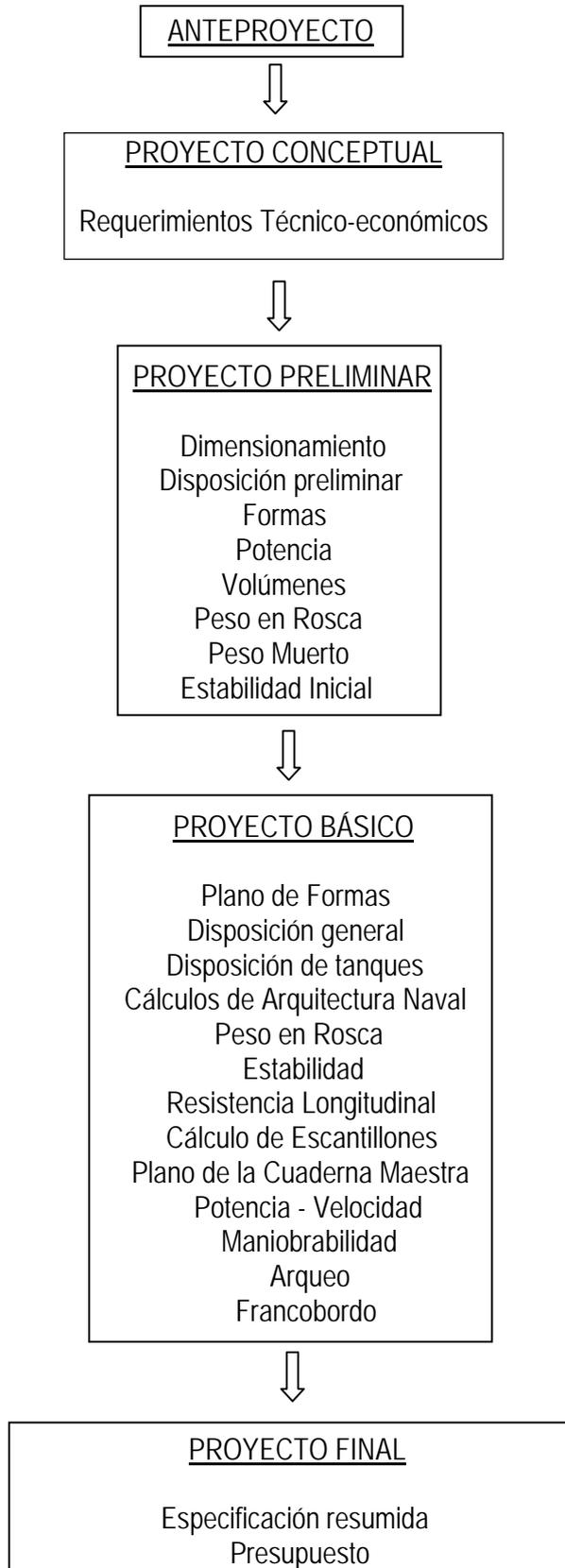
En este tiempo se han desarrollado los conceptos del mundo naval, así como se ha tomado forma, con el intercambio de personalidades y situaciones acaecidas, no exentas de tempestades, pero también con sus calmas.

Dedico estas páginas llenas de ilusión a todas las personas que en mayor o menor medida, he encontrado y han marcado mi paso por la escuela, fundamentalmente a Aitor, ese gran Aitor, por acompañarme y prestarme su atención y compromiso en este recorrido; a mis Hermanos, Isabel María, María de los Ángeles, y Antonio José y muy especialmente a Jerónimo y Belén, quienes con su esfuerzo, sacrificio, apoyo, ilusión y preocupación han hecho posible que estas páginas tengan un contenido lleno de sentido, como mi vida.

Quiero también, brindar este esfuerzo y trabajo, a la persona que en los últimos tiempos se ha unido a mi proyecto, para que llegase a buen puerto, y aunque no ha sido fácil, y se ha sufrido, al final hemos arribado al muelle deseado. Por tí Beatriz, por tus reincidentes y entusiastas ánimos, tienes un pedacito muy importante en la construcción de este buque, el **CHUECA I**.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

- Metodología de trabajo.

Para la realización del proyecto se dividirá el trabajo en cuatro etapas:

- a) Proyecto conceptual.**
- b) Proyecto preliminar.**
- c) Proyecto básico.**
- d) Proyecto final.**

En el **proyecto conceptual** se definirán los datos técnicos y económicos, así como los factores limitativos en la explotación del buque.

En el **proyecto preliminar** y en función de los requerimientos definidos en el proyecto conceptual se calcularán por medio de formulas conocidas y programas de ordenador las dimensiones principales del buque, parámetros que definen las formas, potencia, motor principal, volúmenes, peso en rosca, estabilidad inicial. Asimismo, se realizará una disposición general esquemática.

En el **proyecto básico** se ajustarán los parámetros calculados en el proyecto preliminar para cumplir los requisitos exigidos. Se realizarán los planos de disposición general, formas, Cuaderna Maestra, cálculos de arquitectura naval, escantillones, resistencia longitudinal, peso en rosca, estabilidad, maniobrabilidad, francobordo, arqueo.

En el **proyecto final** se confeccionará una especificación resumida y se calculará el presupuesto del buque.

1-INTRODUCCIÓN

1.1-DEFINICIÓN DE PETROLERO

Un petrolero se define como un buque cisterna de construcción especial, destinado al transporte de diversas clases de combustibles líquidos o diversos productos refinados del petróleo. Ordinariamente no transportarán otro tipo de productos químicos en estado líquido, si bien tal eventualidad podría tenerse en cuenta en la etapa de proyecto, al menos como posibles cargas parciales en ciertos tanques, resultando un buque de doble uso.

Hace años, no existía, sin embargo, una clara diferencia entre buques petroleros (esto es, destinados al transporte de crudo) y otros tipos de buques-tanque. De hecho, muchos de los buques-tanque para transporte de productos derivados del petróleo que estaban en servicio habían sido, originalmente, destinados al transporte de crudo. En la actualidad, los petroleros de productos cubren una amplia gama, que va desde sofisticados buques de distribución, concebidos para transportar un gran número de diferentes productos en un tráfico que comprenda distintos puertos de carga y descarga, hasta una flota residual de antiguos petroleros para transporte de crudo, con limitadas posibilidades de segregación.

Generalmente, los productos refinados del petróleo son transportados con tres objetivos diferentes:

1. Distribución: Transporte relativamente corto, desde la refinería hasta los distintos consumidores.
2. Compensación o equilibrado: Transporte, normalmente corto o medianamente largo, de ciertos productos, cuyo exceso de demanda en un área se equilibra con un exceso de producción en otra.
3. Pre-distribución: Normalmente supone un transporte de largo recorrido, desde las refinerías localizadas en las zonas de producción hasta las naciones industrializadas consumidoras

La demanda de distribución es la clásica de países industrializados, que poseen una flota de distribución costera, tal y como la realizaba en régimen de monopolio la antigua CAMPSA en España.

La demanda de equilibrio puede ser de intercambio simultáneo entre varias zonas o, simplemente, entre dos, como es el caso del transporte de productos desde el Golfo Pérsico a Japón.

Mientras que los petroleros de distribución deben ser proyectados para el transporte de un gran número de productos y un tráfico que comprenda muchos puertos de descarga, los buques para el tráfico de equilibrado, pueden ser de capacidad de separación más limitada.

El tráfico de pre-distribución en gran escala es frecuente hoy en día. No obstante, estos petroleros para un tráfico entre un puerto de carga y otro de descarga deberán, preferiblemente, combinar un porte de cierta entidad con una capacidad de separación o segregación elevada de la carga.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Las diferencias básicas entre un buque de carga corriente y un petrolero son:

1. **Resistencia estructural**: En un buque normal la carga es soportada por las cubiertas en el espacio de las bodegas; en un petrolero gravita sobre el fondo, forro exterior y mamparos. Además, en aguas agitadas se producen fuerzas de inercia que actúan sobre los costados y mamparos. La estructura del petrolero debe de ser más resistente que otros barcos.
2. **Estanqueidad al petróleo**: Los tanques de carga deben ser estancos al petróleo y sobre todo a los gases producidos por él, que al mezclarse con el aire hacen una mezcla explosiva. Debe evitarse que los circuitos eléctricos pasen por los tanques o cámara de bombas.
3. **Variación del volumen de la carga**: La carga aumenta su volumen un 1% por cada 10°C de incremento de la temperatura. Si el tanque se llena mucho, al calentarse rebosaría. Y si se llena poco, se tendrá un cargamento móvil que reduce la estabilidad y el espacio libre se llena de gases explosivos.
4. **Sistema de bombas de carga y descarga de petróleo**: La cámara de bombas suele estar a popa de los tanques de carga, para trasiego de la misma. Son bombas de gran capacidad movidas por vapor o motor eléctrico.
5. **Ventilación**: Se producen vapores de petróleo en los cóferdams y cámara de bombas, son más pesados que el aire y es necesario expulsarlos de estos espacios.

1.2- EVOLUCIÓN DE LOS PETROLEROS

En un principio, aunque pueda parecer relativamente moderno el transporte de petróleo, ya en la segunda mitad del siglo XIX, se comenzó a transportar. Al inicio, ese transporte era muy precario, pues el producto iba almacenado en barriles y estos estibados en bodegas sin más medidas de seguridad.

En esta segunda mitad del siglo, el comercio de petróleo comenzó a cobrar una reciente importancia, y más con la invención del motor de combustión interna, así como con las demandas para alumbrados, calefacción, etc., pero aquí surge el problema.

Los grandes yacimientos de petróleo están normalmente lejos de los focos más desarrollados y por tanto, que mas demandan el producto, así, no es de extrañar que se le buscase una nueva visión al transporte del crudo, alejada de ese primer transporte realizado por el “ELIZABETH WATTS”.

Inicialmente se introdujo una idea innovadora, diseñar un buque para el transporte exclusivo del petróleo, donde su forro y estructura fuesen el recipiente, la cámara de máquinas se colocó a popa, así, el eje de cola no debe atravesar ningún compartimento y evita el riesgo de accidentes. Pero esta visión muy de futuro, no se aplicó, y se reutilizaron buques de carga seca con enormes cilindros en sus bodegas, donde se almacenaba el petróleo, pero la 1ª Guerra Mundial hizo cambiar el desarrollo de estos buques, creando entonces, barcos exclusivos para el transporte de petróleo e integrados dentro de las propias compañías petrolíferas.

Se tuvieron que salvar numerosos escollos en el desarrollo de estos buques, entre ellos los efectos de las superficies libres, que se solvento con la introducción de unos tanques en la zona alta del buque, ayudando a reducir de manera considerable el efecto de dichas superficies, a la vez, se fueron introduciendo los principios aplicados en el GLUCKAUF, es decir, disponer la cámara de máquinas a popa y que el buque sea el propio recipiente para el producto.

Otros avances importantes en el desarrollo de los Petroleros, fueron las innovadoras ideas de Sir J. Isherwood, que entendió el buque como una viga que se debía reforzar en el sentido longitudinal, permitiendo así, aprovechar mejor el espacio al eliminar las compartimentaciones transversales, a la vez que, se pueden construir buques de mayor eslora. Ya en la mitad del siglo XX, la aparición de la soldadura desarrolló aun más los buques, ya que aplicando esta tecnología, las juntas eran mucho mas estancas frente al remachado. Así, los petroleros fueron aumentando de tamaño con el paso del tiempo hasta llegar a los grandes superpetroleros conocidos hoy en día.

Hoy día un petrolero típico tiene las siguientes características generales:

1. Una cámara de máquinas completamente a popa y propulsión a motor. En los años 60 y primeros de los 70, existía la tendencia a que los petroleros tuviesen propulsión por turbinas, por las elevadas potencias requeridas y la necesidad de servicios de vapor. Tras las crisis del petróleo, por razones de consumo, prácticamente todos los buques son de motor.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

2. Sobre la cubierta no existen grandes escotillas, sino únicamente pequeñas aberturas o registros, que permiten el acceso a los tanques para su inspección, así como el sistema de tuberías que comunica los diferentes tanques entre sí y con las bombas. Estas, del tipo centrífugo, se disponen casi siempre en una cámara de bombas, situada inmediatamente a proa de la cámara de máquinas. Si bien la carga suele efectuarse con elementos de bombeo de tierra, la descarga se hace casi siempre con los medios del buque.
3. Aunque en general son buques de una hélice, no es raro que en los de mayor porte, es decir, en los de más de 300.000 toneladas o ULCC (Ultra Large Crude Carriers), se disponga de dos hélices, ya que la gran potencia requerida conduciría en buques de un solo propulsor a diámetros muy grandes, que requieren enormes calados, so pena de que se alcancen rendimientos muy bajos.
4. Toda la zona de carga está ocupada por una serie de tanques, hoy día con doble forro y normalmente separados por uno o dos mamparos longitudinales y varios transversales, cuya disposición viene determinada principalmente por la reglamentación internacional en materia relativa a evitar la contaminación de los mares. Los tanques disponen del sistema COW (Crude Oil Washing, o lavado de crudo), con el fin de permitir una limpieza lo más completa posible de los residuos que quedan adheridos a las paredes. Deben tener también un sistema de inyección de gas inerte en los tanques, con el fin de prevenir una posible explosión.

1.3-PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL DEL BUQUE

Como ya se ha comentado anteriormente, los petroleros del futuro deben disponer tanques protegidos en toda su longitud y anchura por tanques de lastre o que no sean de carga o combustible, es decir, dispondrán de doble casco.

Con el tiempo y debido a la ley (USA) OPA-90, que determina que cualquier buque que comercia con dicho país debe disponer de doble casco, es presumible, que este sistema se termine imponiendo, desechando otras disposiciones como la del buque con cubierta intermedia defendida por Japón.

La capacidad de los tanques está relacionada con el tipo de crudos a transportar, datos que deben ser solicitados por el armador. En un principio se puede dimensionar la cántara para densidades de 0.8 a 0.84, suponiendo tanques llenos al 98%, quedando un 2% para la expansión del crudo. El número de segregaciones o tipos a transportar suele ser normalmente de dos, aunque se pueden diseñar para tres.

Asimismo la autonomía es algo que dependerá del tipo de ruta a seguir por el buque, en nuestro caso, se detallará próximamente dicha ruta.

Conceptualmente, los petroleros de productos se agrupan en dos grandes grupos, según el tipo de tráfico al que vayan a dedicarse: productos “negros” (sucios) y productos “blancos” (limpios). Los primeros son de una utilización más diversificada, ya que pueden transportar crudo y productos blancos, mientras el otro grupo es exclusivamente par ese tipo de sustancias.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Centrándonos en los transportes de productos negros, la flexibilidad necesaria para posibilitar el tráfico de una amplia gama de cargas, se obtendrá incorporando al proyecto, características como las siguientes:

- A) Capacidad de transportar y segregar una amplia variedad de productos en parcelas de diferente tamaño, siendo aquéllos de diferentes grados. Adicionalmente, poseer la capacidad de cargar y descargar en puertos diferentes manteniéndose el buque cercano a la quilla a nivel.
- B) Volumen de tanques de carga suficiente para la carga más ligera a transportar.
- C) Disponer un sistema de calefacción de la carga que permita alcanzar temperaturas de hasta 75° en el transporte de productos como fuel pesado, aceites y otros, necesaria para el trasiego de estos productos (en general, a los buques para transportar productos “negros” se les dota de serpentines de calefacción en los tanques de carga).

En los buques para transporte de productos “blancos”, es necesario mantener las características A) y B), pudiendo ser dispensados de incorporar la C).

Inicialmente, hay que abordar el problema de disponer un volumen suficientemente amplio para la carga que permita transportar los productos más ligeros sin problemas a la hora de alcanzar el disco de francobordo y permitir mayor flexibilidad en la distribución de las parcelas. Las exigencias de capacidad de alguna Compañía petrolífera para que un buque pueda ser charteado por ella, deben ser tenidas en cuenta. Sus exigencias van por la línea de requerir una capacidad suficiente para una carga homogénea de densidad 0,70, con un 2% de margen.

Esta especificación de volumen puede resultar onerosa, ya que los pesos específicos típicos que hay más probabilidades de encontrar son de 0,63 a 0,90 para cargas blancas y de 0,78 a 1,00 para las cargas negras.

En buques de 20000 TPM a 30000 TPM, con calados de 30 pies y 36/38 pies respectivamente, dedicados al tráfico de distribución con trayectos cortos y cargas múltiples, en muchas ocasiones el volumen de las cargas unitarias a transportar es inferior al de los tanques que lo transporta, por lo que el peso específico de 0,70 podría cumplirse, habida cuenta de este margen por espacio vacío.

Los buques de productos de mayor tamaño, aunque adecuados para algún tráfico de distribución, si son de poco calado, están proyectados pensando más en los tráficos de compensación. Parece lógico, por tanto, que los productos negros o refinados parcialmente, que se transportan en buques mayores para beneficiarse de la economía de escala, utilicen cargas unitarias mayores en viajes más largos. De aquí, que tanto el peso específico de la carga como la flexibilidad de espacio vacío, tiendan más bien hacia el peso muerto que al volumen.

En estos buques de gran tamaño, por tanto, el peso específico de 0,70 puede conseguirse pero no de forma económica. Los buques “limpios” de estos tamaños, construidos a propósito, requerirán, por tanto, ser identificados específicamente.

Otra razón dada para mantener el peso específico de 0,70 en los buques de productos “negros” es conservar un potencial de poder dedicarse al tráfico limpio si las

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

circunstancias lo requiriesen. Sin embargo, la tendencia es que los buques de tráfico "limpio" cambien al tráfico de negro cuando los revestimientos de los tanques de carga se han deteriorado más bien que al contrario. En este último caso, el volumen no representará ningún problema.

Resumiendo lo anterior, en buques de cierto porte una cifra más realista del peso específico para dimensionar el volumen de tanques de carga estará alrededor de 0,78.

A continuación se aborda la subdivisión del espacio de carga y tamaño de las parcelas individuales. Ello estará condicionado por los requerimientos específicos del buque.

La segregación de la carga es el término sobre el que se ha abusado más en la explotación de los petroleros de productos. Estrictamente, segregar una carga es asegurar necesariamente que no se contamine por cualquier otra carga. Como en la práctica los servicios raramente se limpian por completo durante las operaciones de carga/descarga, la auténtica segregación sólo existe si hay un servicio de bombas y tuberías para cada clase de carga.

Si puede aceptarse la ligera contaminación que existe cuando se emplean tuberías sin lavar para el manejo de una carga similar a la que le precedió, pero ligeramente menos refinada, puede hacerse referencia a las cargas como a que están separadas. Por consiguiente, la separación puede obtenerse dentro de una segregación.

Evidentemente, un gran número de tanques aumenta las posibilidades de separación de la carga y el número de segregaciones está limitado por el número de bombas y sistemas de tuberías empleados para atender a este servicio.

Las Compañías petrolíferas, para sus contratos de charter, exigen cuatro segregaciones y disposición del servicio de carga para que puedan descargarse dos productos sin contaminación en las tuberías.

Teniendo en cuenta el gran número de grados que existe de cada producto y la absoluta necesidad de evitar contaminaciones, es evidente que cuanto mayor sea el número de parcelas y la variedad de sus proporciones, más flexibilidad poseerá el buque para aceptar diferentes combinaciones de carga.

Los transportes de productos blancos han tenido desde siempre una mayor subdivisión para hacer frente a la amplia variedad de grados existente. Los petroleros de hasta 20000 TPM se han subdividido hasta con doce tanques de carga, con un tanque central de una capacidad aproximadamente equivalente a los dos tanques laterales adyacentes.

El continuo crecimiento de la demanda ha permitido el aumento del tamaño de los buques al mismo tiempo que se ha elevado el tamaño individual de los tanques. Un petrolero moderno de productos puede tener tanques centrales de hasta 6000/8000 m³ de capacidad especialmente si se dedica al tráfico polivalente de crudo y productos.

1.4-CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA Y ESTRUCTURAL

Las solicitaciones a las que esta sometida la estructura son análogas a las de los quimiqueros, y son las siguientes:

1. Cargas estáticas:
Presión estática con el tanque completamente lleno de líquido de mayor densidad.
2. Cargas dinámicas:
Por aceleraciones a consecuencia de los movimientos del buque.
Efectos de olas creadas dentro del tanque no totalmente lleno (bailoteo o < sloshing>). Se debe tener un especial cuidado en el análisis estructural cuando se trate de tanques grandes donde no existan mamparos de balance o refuerzos estructurales internos, que amortigüen el movimiento del líquido.

Los buques tienen una cubierta continua, doble fondo y doble casco (Salvo donde exceptúan las reglas de la IMO). En petroleros pequeños de reparto, en los que prima el número de segregaciones, es usual disponer dos mamparos longitudinales en la zona de carga, habilitándose así tres tanques en el sentido de la manga. En buques mayores de hasta 400.000 TPM para tráfico de equilibrio el número requerido de parcelas es menor, y en ellos, se dispone un solo mamparo longitudinal a crujía, dispensándose de inclusión si las Especificaciones del Armador lo permiten y habida cuenta de la necesidad de satisfacer los requerimientos de estabilidad después de averías (Marpol 73/78 y Enmiendas de 1992) y en estado intacto de (Criterios IMO y situaciones de carga / deslastrado simultáneos y viceversa).

En sentido longitudinal, la cántara está subdividida en varios tanques por medio de mamparos planos de refuerzos verticales, corrugados o de doble pared, solución ésta cada vez mas utilizada por la facilidad de limpieza que incorpora.

En la zona de carga, la estructura es longitudinal tanto en cubierta superior, fondos y doble fondo como en los mamparos longitudinales. El tanque lateral de carga suele tener diafragmas o anillos con uno o varios concretos, dependiendo del puntal del buque y de la importancia que se asigne a la productibilidad de esa zona. En buques de porte mediano es viable diseñar la estructura de los anillos sin concretos.

1.5- PROBLEMAS ESPECÍFICOS DE ARQUITECTURA NAVAL

El dimensionamiento de petroleros de productos, a partir de las diferentes Enmiendas de 1992, se podría abordar desde las siguientes actuaciones:

- a) Los petroleros de peso muerto inferior a 5.000 t. habrán de disponer de doble fondo y sus tanques de carga no superarán la capacidad individual de 700 metros cúbicos.
- b) Por la incorporación del doble fondo solamente, el puntal habrá de ser la dimensión responsable de aportar el volumen necesario para el lastre separado. Factores negativos para la estabilidad será la elevación del KG del peso en rosca y el de la carga. Si después de avería no deben cumplir estabilidad, el tema se puede solucionar a base de manga y francobordo.
- c) Los buques cuyo peso muerto sea superior o igual a las 5.000 t. habrán de disponer del doble casco según las Enmiendas de 1992. En los buques de peso superior a 30.000 t. no habrá que comprobar la capacidad de lastre segregado según la regla de Marpol, aunque pudiera ser recomendable.
- d) Los buques de peso muerto igual o superior a 30.000 t. habrán de cumplir todas las exigencias: doble casco, lastre segregado e hipótesis generalizada de estabilidad después de averías.

Las normas mas seguidas por los proyectistas para dimensionar estos tipos de buques han consistido en dimensionarlos para que, por un lado, cumpliesen los requisitos de peso muerto (L, B, T, CB) y por otro, confiar al puntal la misión de proporcionar la capacidad cúbica adicional que exigiese la incorporación del lastre separado. La razón fundamental de este enfoque es que el aumento de dicha dimensión, es la que menor impacto tiene en la repercusión del peso del acero.

Lo ideal al dimensionar este, y cualquier tipo de buque es contar con un pre-dimensionamiento basado en consideraciones geométricas que podría ser:

- a) Tipo de tráfico
- b) Número de segregaciones y tamaño individual de las parcelas
- c) Volumen de tanques de carga o, en su defecto, densidad media de los productos a transportar. Si se fija un valor bajo de densidad hay que tenerlo en cuenta.
- d) Peso muerto de proyecto. Calado correspondiente. Peso muerto (máximo) Calado correspondiente
- e) Velocidad en pruebas o en servicio. Tipo de planta propulsora: diesel directo o diesel engranado, diesel-eléctrica, etc. Autonomía.
- f) Rutas operacionales.

El planteamiento del dimensionamiento preliminar no se diferenciará sustancialmente del que se propone de petrolero de crudo, es necesario tener en cuenta la influencia del puntal en el peso del acero del buque mediante el análisis del ciclo de vida del buque.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

1.6- RUTA DEL BUQUE

El buque de estudio, realizará una ruta básica por las distintas refinerías de las diversas compañías que operan en nuestro país, así como los distintos viajes a los puertos de Argelia y Túnez para el aprovisionamiento de los distintos productos que necesitan las refinerías, ya sean de CAMPSA, REPSOL YPF, o BP.

En la siguiente tabla se muestran las distancias que existen de los diferentes puertos al puerto base, que se encuentra en Cartagena (Murcia).

PUERTO(PAÍS)	DISTANCIA EN MILLAS NAUTICAS
BILBAO (ESPAÑA)	<i>1098</i>
TARRAGONA (ESPAÑA)	<i>249</i>
CASTELLÓN (ESPAÑA)	<i>178</i>
HUELVA (ESPAÑA)	<i>353</i>
ALGECIRAS (ESPAÑA)	<i>239</i>
TENERIFE (ESPAÑA)	<i>957</i>
ALGIERS (ARGELIA)	<i>203</i>
ORAN (ARGELIA)	<i>113</i>
BIZERTA (TUNEZ)	<i>526</i>

Con los datos obtenidos de esta tabla, podemos determinar que la autonomía mínima que necesitaría nuestro buque es unas 1500 millas náuticas, es decir, una autonomía de 5 días, ya que al tener en Cartagena el puerto base, es allí donde repostará.

2-PROYECTO CONCEPTUAL

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

2.1-REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS QUE JUSTIFICAN EL PROYECTO

El Armador en cuestión requiere introducir un buque para el suministro de las refinerías nacionales, teniendo en cuenta que el buque debe desplazarse hasta Túnez y Argelia para poder suministrar a dichas refinerías, queriendo así, aumentar el peso de su compañía en el comercio de dichos productos.

- Su ruta contemplada será la que una los puertos de Bilbao, A Coruña, Huelva, Algeciras, Cartagena, Castellón, Tarragona y Tenerife, todos ellos en territorio nacional, y los puertos de Oran y Algiers en Argelia, y Bizerta en Túnez. Se necesita, por tanto, un estudio extenso de la organización, análisis empresarial de la carga suministrada, así como de la distribución de la misma dentro del propio buque. Se repostará combustible en el puerto base que es Cartagena, por lo que como ya se indicó, la autonomía será de unos 5 días o unas 1500 millas náuticas. Su vida útil será en torno a los 20 años.
- Para poder operar con facilidad en puerto, su calado no superará los 12 metros.
- Para permitir la travesía su autonomía será de 5 días, a una velocidad de 15 nudos.
- Tendrá capacidad para transportar un peso muerto de aproximadamente unas 45000 TPM.
- Navegará bajo pabellón Español.
- Se dispondrán de unos sistemas de calefacción que permitirán alcanzar unos 75 °C, para el transporte de fuel pesado, aceites y otros, necesario para el trasiego de estos productos.
- Se instalará un motor diesel directamente acoplado.
- La tripulación necesaria rondará los 20 hombres.
- Dispondrá de cuatro bombas de carga y descarga con una capacidad de 1.200 metros cúbicos cada una, y una bomba de lastre de 1.500 metros cúbicos.

2.2-FACTORES LIMITATIVOS DE LA EXPLOTACIÓN

Se deberán tener en cuenta los distintos reglamentos y normativas tanto internacionales como nacionales, y entre ellos destacamos los siguientes.

- a) El francobordo estará condicionado por la Conferencia internacional de Líneas de carga de 1966.
- b) Estará clasificado por el Lloyd´s Register of Shipping
- c) Deberá cumplir con la siguientes normativas:
 - Convenio internacional para la seguridad de la vida en el mar de 1974, incluido el protocolo de 1978 y la enmienda,1981/1983
 - Convenio internacional de arqueo,1969
 - ISO 6954, Evaluación general de vibraciones en buques mercantes.
 - IMO, resolución A468(XII), código sobre niveles de ruido a bordo
 - Convenio internacional para la prevención de la polución de los buques, 1973 y protocolo de 1978.
 - Convenio sobre las regulaciones internacionales para prevenir colisiones en el mar, 1972 y la enmienda 1981
 - Regulaciones internacionales de telecomunicación y radio, 1974 y edición de 1982.
 - Marpol 73/78 enmiendas de 1992.

3-PROYECTO PRELIMINAR.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.1-DIMENSIONES PRINCIPALES

Tras haber analizado una muestra de petroleros de productos actuales, con doble fondo y doble casco, entre volúmenes de carga que varía desde los 5.000 a 60.000 m³, por regresión se obtienen unas tablas estadísticas entre la función objetivo volumen de carga y las dimensiones principales, entendiéndose como tales las :

- Eslora ente perpendiculares “Lpp”
- Manga “B”
- Puntal “D”
- Calado de Francobordo “T”

La velocidad de estos buques no varía mucho con su tamaño, por lo que el número de Fraude “No.” suele ser decreciente con el mismo.

A continuación se presentan unas graficas que en función del volumen de carga de los tanques, nos indican las dimensiones principales ya citadas anteriormente; estas ecuaciones no son válidas fuera de los límites indicados en las funciones objetivo. Seguidamente pasamos a obtener nuestras dimensiones principales en función del volumen de carga de nuestros tanques, un volumen que estaremos en 50.000 m³.

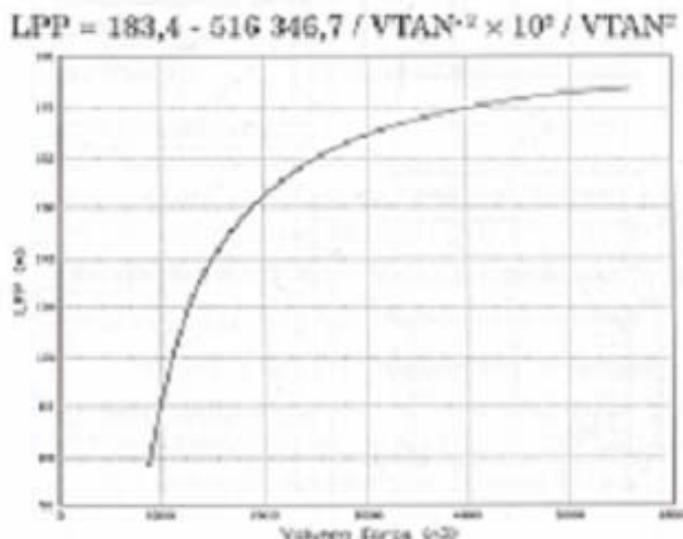
3.1.1- ESLORA ENTRE PERPENDICULARES “Lpp”

En la función objeto se observa que el dato se obtiene en función del volumen de carga en m³, así nuestra primera dimensión a analizar tendrá un valor de.

$$LPP = 183,4 - 516.346,7 / VTAN^{-2} \times 10^9 / VTAN^2$$

Siendo LPP= **174 m.**

Valor que se obtiene al utilizar la gráfica e interpolar.



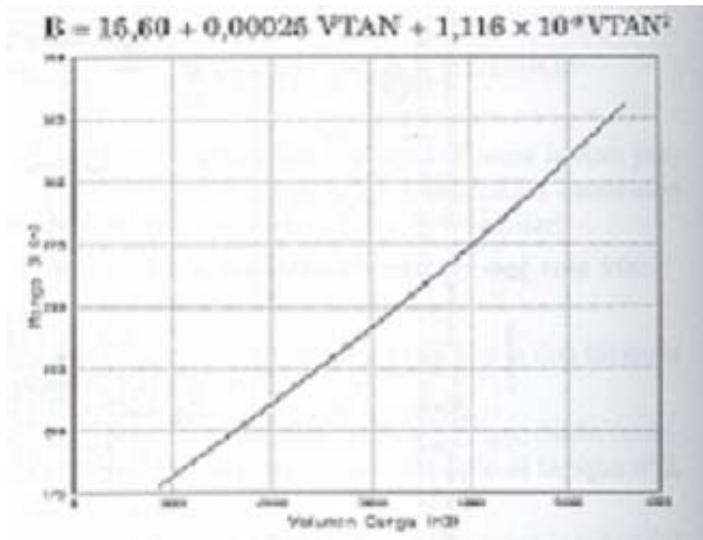
ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.1.2-MANGA “B”

Al igual que con la eslora y el resto de dimensiones, utilizaremos las gráficas de las que disponemos para obtener su valor:

$$B = 15,60 + 0,00025 VTAN + 1,116 \times 10^{-9} VTAN^2$$

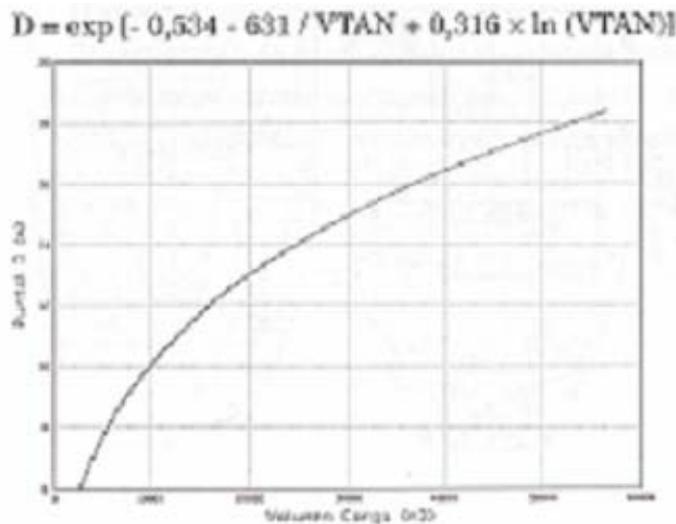
Siendo B= **30,89 m.**



3.1.3-PUNTAL “D”

$$D = \exp [-0,534 - 631 / VTAN + 0,316 \times \ln (VTAN)]$$

Siendo D = **17,80 m**

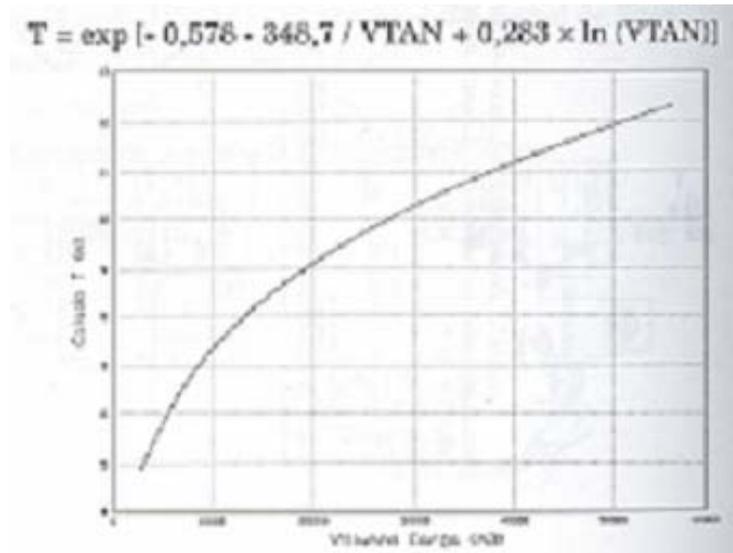


ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.1.4-CALADO DE FRANCOBORDO “T”

$$T = \exp [-0,578 - 348,7 / VTAN + 0,283 \times \ln (VTAN)]$$

Siendo T = **12,00 m**



3.1.5-RELACIONES, DIMENSIONES PRINCIPALES, NÚMERO DE FROUDE

Según el volumen de carga, en función de que esté por encima o por debajo de un parámetro, las relaciones entre las dimensiones principales tienen unos ratios entre los cuales deben encontrarse, si queremos considerarlos valores normales.

A su vez, la relación entre el peso muerto “WPM” y la del desplazamiento “DISW”, debe encontrarse entre las relaciones que se detallarán a continuación en las correspondientes tablas.

El valor del No. Froude lo deducimos de la siguiente fórmula:

$$FN = V / (g \times LPP)^{1/2}$$

$$V = 15 \times 0,5144 = 7,716 \text{ m/s}$$

$$FN = 7,716 / (9,81 \times 174,00)^{1/2} = 0,18675$$

La velocidad viene definida por la relación entre la velocidad y la fuerza de la gravedad.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

VTAN	L/B	B/D	B/T	L/D	T/D	FN
< 20.000	6,00-7,00	1,70-1,90	2,50-2,60	9,50-12,50	0,70-0,80	0,21-0,22
>20.000	5,40-6,00	1,60-1,80	2,40-2,60	9,50-11,50	0,65-0,70	0,18-0,20
50.000	5,63	1,735	2,57	9,77	0,67	0,1867

RELACIÓN L/B → $174 / 30,89 = 5,63$

RELACIÓN B/D → $30,89 / 17,80 = 1,735$

RELACIÓN B/T → $30,89 / 12 = 2,57$

RELACIÓN L/D → $174 / 17,80 = 9,77$

RELACIÓN T/D → $12 / 17,80 = 0,67$

FN → **0,1867**

Se observa que los parámetros se encuentran dentro de los valores normales que se deducen de las relaciones ya mencionadas.

3.2-DEFINICIÓN DE FORMAS.

3.2.1-ANÁLISIS DE LOS EXTREMOS DE POPA Y PROA

Durante el proceso de definición de las formas, cualquiera que sea el método utilizado, debe prestar especial atención a determinadas características, cuya influencia en la resistencia al avance y en el flujo al propulsor permiten mejorar en gran medida el comportamiento hidrodinámico del buque, sin afectar apenas a la estiba y manipulación de la carga. Normalmente la mayor influencia hidrodinámica de las formas, se concentra en los extremos de popa y proa, que, en términos generales, son zonas inútiles para la estiba y manejo de la carga.

3.2.2-EXTREMO DE POPA. BULBO DE POPA

Esta zona es de máxima importancia ya que en ella se disponen el propulsor o propulsores y el timón o timones, y su diseño afecta, por tanto, conjuntamente a la propulsión y a la maniobrabilidad del buque.

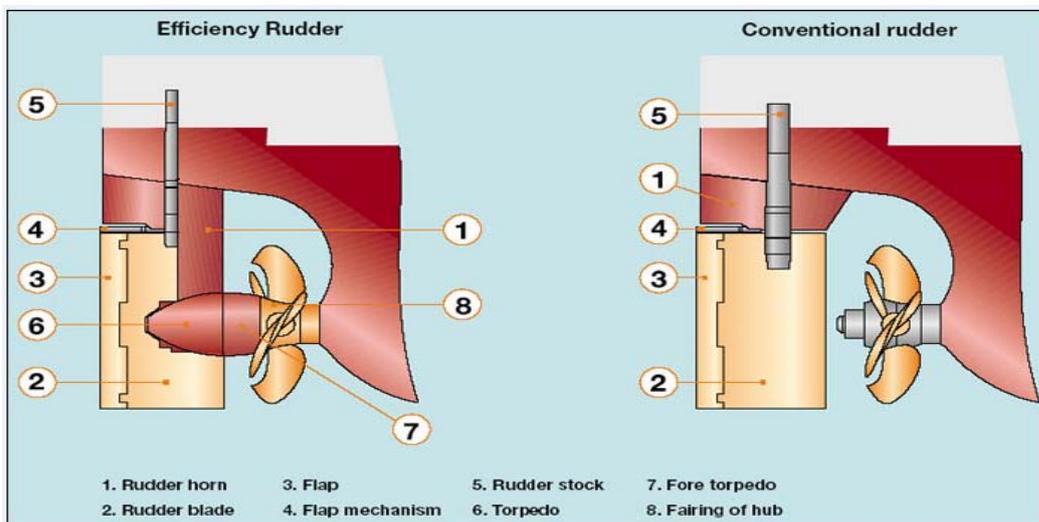
Las formas de la popa han de proyectarse para conseguir un flujo estable de entrada de agua a la hélice, que logre una correcta distribución de la estela en el disco de la hélice. Además, han de eliminarse los problemas de cavitación y vibraciones en el casco y/o en la línea de ejes.

El primer condicionante a la hora de proyectar este extremo del buque, es dar cabida a la hélice o hélices de mayor tamaño y que sea compatible con la inmersión adecuada en todas las situaciones de carga y navegación, siendo la más desfavorable la llegada en lastre al 10% de consumos. A partir de esta condición se construye el codaste que garantice los huelgos mínimos entre hélice, codaste y timón, que recomiendan distintas Sociedades de Clasificación.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

En nuestro caso, dispondremos de un buque de una hélice.

En los buques mercantes como el nuestro, se ha generalizado una popa de estampa, por ser mas barata constructivamente y mas sencillas, así como reducen la resistencia al avance. A continuación se muestra el tipo de popa de la cual se habla.



Nosotros no dispondremos de un bulbo de popa, ya que aunque puede tener una serie de ventajas, consideramos que pesan más las consideraciones desventajosas, tales como:

Aumento del coeficiente de succión, empeoramiento del rendimiento de la carena, aumento en casi todos los casos de la resistencia de la marcha.

3.2.3-EXTREMO DE PROA. BULBO DE PROA

Según que el buque sea de formas finas o llenas, la proa puede tener la roda lanzada o vertical (proas cilíndricas), es decir, en función de si su coeficiente prismático es alto o bajo. Lo mas importante a la hora de proyectar el buque, es la conveniencia o no de disponer de bulbo de proa.

En el análisis del bulbo de proa debe prestarse importancia, al ángulo de entrada ENTA, en la línea de agua de la flotación al calado de proyecto, (que depende del coeficiente prismático, CP, o del de bloque si suponemos fijado el coeficiente de la maestra, CM, y de la relación LPP/B). También se estudian el abanico de la parte alta, que mide el gradiente de las líneas de agua mas altas, a fin de prevenir por un lado, el incremento de resistencia por olas rompientes, y por otro, embarques de agua en las zonas de maniobra de proa, molinetes y estopores.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

La decisión de la utilización o no de bulbo de proa, y en su caso de la elección del más idóneo, se hace básicamente por consideraciones de mejoras propulsivas en las distintas situaciones de carga, aunque no deben olvidarse otros aspectos como: *la posible mejora del comportamiento en la mar (reducción de pantocazos, potencia requerida con olas), el incremento de coste estructural e incluso la operación con hielo, cuando esté prevista.*

Se decide la implantación del bulbo de proa por las siguientes ventajas en cuanto a propulsión se refiere:

- Reduce la resistencia de formación de olas al disminuir el tren de olas generado por el buque.
- Reduce la resistencia por olas rompientes al conseguir menos olas y más amortiguadas.
- Reduce la resistencia de carácter viscoso al disminuir los torbellinos de proa.
- Aumenta la resistencia friccional por aumentar la superficie mojada.

Si el balance a la resistencia total al avance del buque de los cuatro incrementos anteriores es negativo, el bulbo es conveniente, y no lo es si es nulo o positivo.



La elección del bulbo de proa que definimos para nuestro buque, será el tipo de bulbo ovalado. Este tipo de bulbo tiene la concentración de masa en la parte central, a diferencia del delta o peonza, que disponen de la concentración de la masa en su zona baja y alta respectivamente. A este tipo de bulbos pertenecen los circulares o elípticos. Son apropiados para formas llenas y finas con secciones llenas en forma de U o en V. Como nuestro buque presentará unas formas llenas en U, se cree que es el mejor tipo de bulbo que se puede adoptar, aunque no hay ningún criterio que defina al 100%, que elección de bulbo es la más apropiada.

3.2.3.1-PARAMETOS PRINCIPALES DEL BULBO DE PROA

Los parámetros principales de la forma del bulbo son:

- a) Altura del punto de máxima protuberancia, H_x , es la altura sobre la línea de base del punto más a proa del bulbo. Se adimensionaliza dividiendo por el calado, H_x / T .
- b) Abscisa del punto de máxima protuberancia, X_x , se suele definir referida a la perpendicular de proa. Se adimensionaliza con la eslora, X_x / L_{pp} .

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

- c) Manga del bulbo, Y_{x20} , es la manga máxima del bulbo en la sección transversal de la perpendicular de proa, sección 20. Se adimensionaliza con la manga del buque, Y_{x20} .
- d) Altura máxima del bulbo en la sección 20, Z_{x20} .
- e) Área transversal del bulbo en la perpendicular de proa, S_{20} . Se adimensionaliza dividiendo por el área hasta el calado de proyecto de la sección maestra, S_{10} , S_{20} / S_{10} .
- f) Área lateral del bulbo, SI , es el área del bulbo en el plano de crujía a proa de la perpendicular de proa. Su expresión adimensional es: SI / S_{10} .
- g) Coeficiente de afinamiento de la sección del bulbo, C_{20} , que es igual a $S_{20} / (Y_{x20}) \times (Z_{x20})$.
- h) Coeficiente t de Taylor, utilizado para buques rápidos, que se define por la expresión:

$$t = L_{pp} \times \operatorname{tg}(\text{cas}) / (2 \times (S_{10} - S_{20}))$$

donde “cas” es el ángulo que forma la tangente a la curva estándar de áreas seccionales en la perpendicular de proa con la horizontal; se toma positiva.

3.2.3.2-CAMPO DE APLICACIÓN DEL BULBO DE PROA

Como idea previa y siempre a expensas de los ensayos de los resultados hidrodinámicos, algunos autores indican:

- a) Tiene bulbo el 95% de los buques, que se encuentran simultáneamente entre los dos valores siguientes:
 $0,65 < CB < 0,815$ $5,5 < L/B < 7,0$
- b) No son apropiados los bulbos de proa para buques en los que se verifique: $CB \times B/L > 0,135$
- c) No se disponen de correlaciones fiables que relacionen el No. Froude, FN , y la idoneidad del bulbo.

En nuestro caso las relaciones existentes entre las diferentes correspondencias son:

$$CB = 0,736$$

$$L/B = 5,63$$

$$CB \times B/L = 0,736 \times (30,89/174) = 0,131$$

Como se puede observar los valores están en los parámetros en lo que se recomienda el bulbo de proa

3.2.3.3-VALORES PRELIMINARES DE LOS PARAMETROS PRINCIPALES

- a) La altura del punto de protuberancia máxima, H_x , debe establecerse contemplando todas las situaciones de calados de navegación del buque; entre ellas el bulbo es más efectivo en las situaciones de calados más bajos, números de Froude más altos, por tanto puede ser aconsejable definir la altura H_x , para la situación de lastre.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Esta altura se puede estimar a partir de un buque de referencia o buque base, o bien utilizar su valor adimensionalizado dentro del rango siguiente:

$$0,35 < H_x / T < 0,55$$

Entonces debe estar comprendido entre:

$$0,35 \times T < H_x < 0,55 \times T$$

Sustituyendo, resultaría:

$$0,35 \times 12 < H_x < 0,55 \times 12;$$
$$4,2 < H_x < 6,6 \quad \text{Tomamos un valor medio de } \mathbf{H_x = 5 \text{ m}}$$

- b) La abscisa del punto de máxima protuberancia adimensionalizada, $X = X_x / L_{pp}$ es un parámetro menos crítico que la altura y depende de ésta. Se puede calcular por medio de las expresiones:

Bulbos para la condición de lastre:

$$X_x = L_{pp} \times (0,1811 \times CB \times B / L_{pp} - 0,0074)$$
$$X_x = 174 \times ((0,1811 \times 0,736 \times 30,89) / (174 - 0,0074))$$
$$\mathbf{X_x = 4,117 \text{ m}}$$

Bulbos para plena carga y lastre:

$$X = L_{PP} \times ((0,2642 \times CB \times B) / (L_{pp} - 0,0046))$$
$$X = 174 \times ((0,2642 \times 0,736 \times 30,89) / (174 - 0,0046))$$
$$\mathbf{X = 6,00 \text{ m}}$$

- d) El área transversal adimensionalizada del bulbo en tanto por ciento, Sa20 se obtiene de la siguiente tabla, en función de las relaciones de CB y de eslora y manga L/B

En general los valores de Sa20 se encuentran dentro de los rangos siguientes, según el tipo de buque:

- Cargueros: 7-10%
- Graneleros: 9-12%
- Petroleros: 10-14%

$$\mathbf{CB = 0,736}$$

$$\mathbf{LPP/B = 174/30,89 = 5,63}$$

Interpolando en la tabla, se obtiene un tanto por ciento de

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

ÁREA TRANSVERSAL, $S_{a20}=100 \times S20/S10$

LPP/B	CB						
	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4,80	5,6	6,2	6,6	7,2	7,9	8,6	9,3
5,00	5,8	6,4	6,9	7,4	8,2	8,8	9,5
5,20	6,1	6,7	7,3	7,8	8,4	9,0	9,8
5,40	6,3	6,9	7,6	8,1	8,6	9,3	10,1
5,60	6,5	7,2	7,8	8,4	8,9	9,6	10,4
5,80	6,7	7,4	8,0	8,6	9,2	9,9	10,7
6,00	6,9	7,6	8,2	8,8	9,5	10,2	11,0
6,20	7,2	7,9	8,5	9,1	9,7	10,5	11,3
6,40	7,5	8,1	8,7	9,3	10,0	10,8	11,6
6,60	7,8	8,4	9,0	9,6	10,3	11,1	11,9
6,80	8,0	8,6	9,2	9,8	10,5	11,4	12,2
7,00	8,2	8,8	9,4	10,0	10,7	11,6	12,5
7,20	8,4	8,9	9,6	10,2	11,0	11,8	12,8

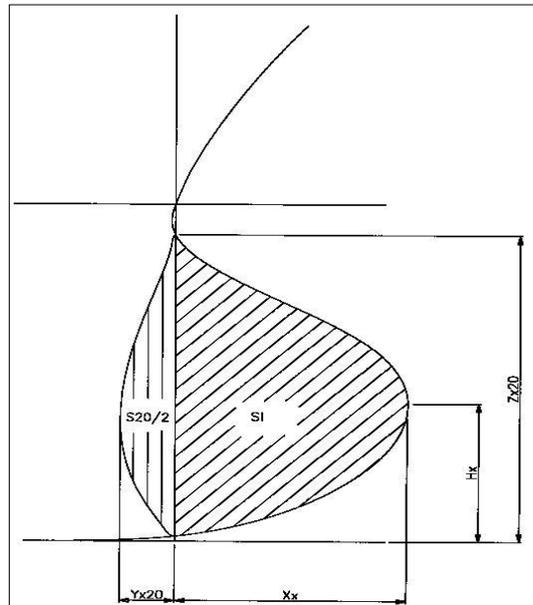
Interpolando en la tabla obtenemos un valor de S_{a20} del 11,23%.

Para buques petroleros, los valores de S_{a20} se encuentran dentro del siguiente rango:

10 – 14 %

Por lo tanto el valor obtenido es adecuado

FIGURA DE DETALLE DE LAS DIMENSIONES DEL BULBO DE PROA



3.3-FÓRMULAS PARA LA ELECCIÓN DE LOS COEFICIENTES DE LA CARENA

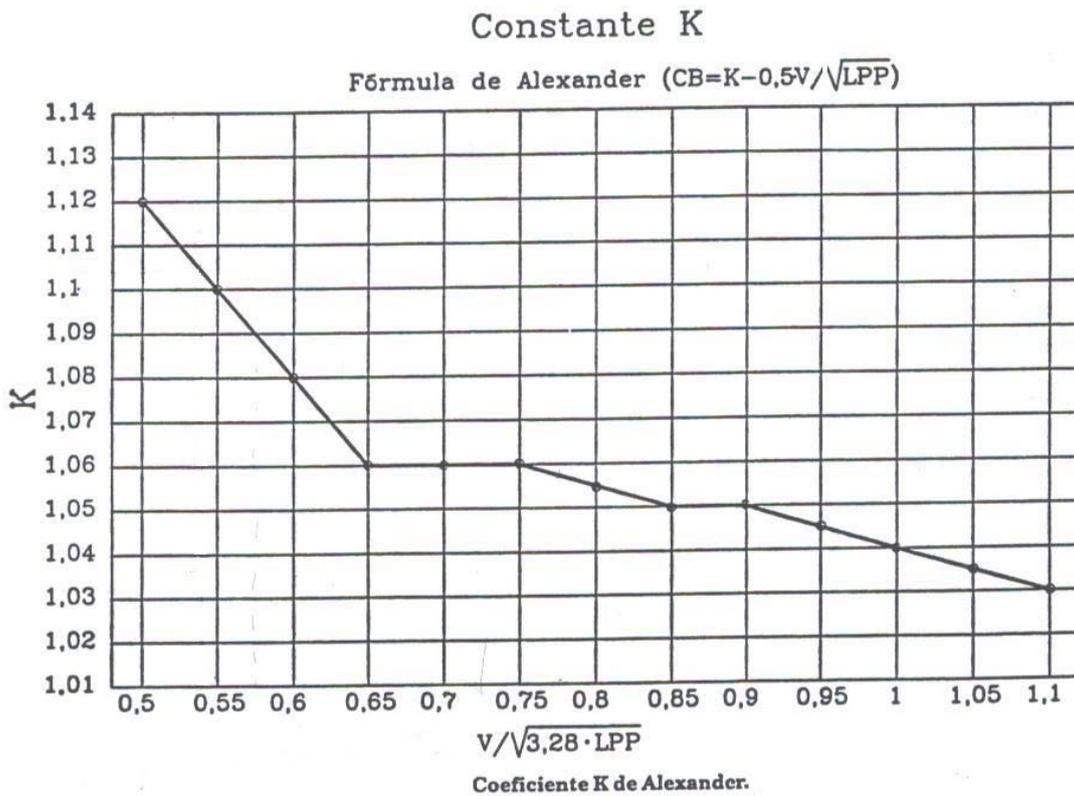
3.3.1-COEFICIENTE DE BLOQUE

Es el coeficiente fundamental para representar las formas del buque, excepto en buques rápidos o de guerra, en los que, el que toma importancia es el coeficiente prismático. Dicho coeficiente, nos dan una idea muy real de la resistencia al avance del barco y de la capacidad de carga del mismo, así como de la maniobrabilidad y estabilidad, aunque en menor medida.

La forma de determinarlo es a través de una serie de expresiones que diferentes autores han dado y que al obtener el valor medio de dichas expresiones nos informa muy fielmente del coeficiente de bloque necesario para nuestro buque en cuestión. A continuación pasamos a calcular este coeficiente con las expresiones citadas:

3.3.1.1-FÓRMULA DE ALEXANDER

El CB se determina a partir de la siguiente expresión: $CB= K-0,5V/(3,28xLPP)^{1/2}$, donde la constante K se nos dará de la siguiente tabla que se adjunta.



Así, obteniendo el valor $V/\sqrt{3,28xLPP}$, e interpolando en la tabla obtenemos:

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

$15/\sqrt{3,28 \times 174} \rightarrow 0,63$, en la tabla nos dará una $K= 1,07$, y sustituyendo en la expresión inicial, nuestro coeficiente de bloque es:

$$CB= K-0,5V/(3,28 \times LPP)^{1/2}, \quad \mathbf{CB= 0,75}$$

3.3.1.2-FÓRMULA DE TOWNSIN

Responde a la expresión: $CB= 0,7+0,125 \operatorname{atan}(25(0,23-FN))$

Sustituyendo los valores, el resultado es: $CB= 0,7+0,125 \operatorname{atan}(25(0,23-0,1867))$

$$\mathbf{CB= 0,66}$$

3.3.1.3-FÓRMULA DE SCHNEEKLUTH

Existen dos expresiones, que son válidas entre los límites siguientes:

$$0,48 < CB < 0,85$$

$$0,14 < FN < 0,32$$

- $CB= (0,14/FN) \times (((LPP/B)+20)/26) \rightarrow$ sustituyendo los valores ya conocidos de $FN= 0,1867$, $LPP= 174$ m, $B=30,89$, obtenemos el valor de $\mathbf{CB= 0,74}$
- $CB= (0,23/FN^{2/3}) \times (((LPP/B)+20)/26) \rightarrow$ sustituyendo se obtiene como valor de $\mathbf{CB= 0,70}$

Al obtener unos valores de CB entre los límites que nos marca la expresión, y siendo el FN un valor a la vez, existente entre dichos límites ya marcados, esta fórmula es aplicable en nuestro caso.

El valor medio de este CB es el siguiente: $(0,74+0,70)/2=0,72$

3.3.1.4-FÓRMULA DE KATSOULIS

La expresión matemática es la siguiente: $CB=0,8217 F \times LPP^{0,42} \times B^{-0,3072} \times T^{0,1721} \times V^{-0,6135}$, donde "F" es un factor de corrección por el tipo de buque, que para nuestro caso toma el siguiente valor: **Petrolero de productos: 1,05**

Sustituyendo, nuestro CB tiene por valor $\mathbf{CB= 0,75}$

3.3.1.5-FÓRMULA DE KERLEN

$CB= 1,179-2,026FN \rightarrow$ sustituyendo obtenemos un valor de: $\mathbf{CB= 0,802}$

Al ser un $CB > 0,78$, esta fórmula es válida para nuestro tipo de buque.

A continuación de terminaremos el valor medio de nuestro CB, que nos servirá para operar en cálculos posteriores.

3.3.1.6-VALOR MEDIO DEL CB

$$\mathbf{CB= (0,75+0,66+0,72+0,75+0,80)/5 = 0,736}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.3.2-COEFICIENTE DE LA SECCIÓN MEDIA

El coeficiente de la sección media “CM”, influye sobre la resistencia a la marcha de la carena y además tiene un efecto directo sobre la extensión de la zona curva de la carena con el pantoque. Las siguientes fórmulas de distintos autores nos dan unos valores para los distintos buques de cargas y remolcadores, en nuestro caso sólo son aplicables las que se detallan a continuación:

3.3.2.1-FÓRMULA DE KERLEN

Tiene el valor definido por: $CM = 1.006 - 0.0056 \times CB^{-3.56}$

Conocido el CB, se sustituye y se obtiene:

$$CM = 1,006 - 0,0056 \times 0,736^{-3,56} = \mathbf{0,9893}$$

3.3.2.2-FÓRMULA DE HSVA

Responde a la expresión siguiente:

$$CM = \frac{1}{1 + (1 - CB)^{3.5}}$$

Una vez conocido el CM, se sustituye y se opera.

$$CM = \frac{1}{1 + (1 - 0,736)^{3,5}} = \frac{1}{1,0094} = \mathbf{0,9906}$$

3.3.2.3-VALOR MEDIO DEL CM

$$CM = (0,9893 + 0,9906) / 2 \rightarrow \mathbf{CM = 0,989}$$

3.3.3-COEFICIENTE PRISMÁTICO LONGITUDINAL

Una vez definidos los parámetros de CB y CM, se obtiene el coeficiente prismático, que es igual a la relación entre estos dos ya citados. Algunos tipos de buques se eligen como parámetro fundamental para calcular la resistencia a la marcha, en vez del CB, sobre todo en buques rápidos, aunque no es nuestro caso, ya que nuestro buque como ya hemos definido tiene un cuerpo cilíndrico, lo que prima es el volumen de carga y no la velocidad.

En la siguiente gráfica se representa la relación entre el No. Froude y el coeficiente prismático CP.

Los valores de de las curvas de dicho gráfico se pueden aproximar por la siguiente fórmula:

$$CP = c1 + c2 \times FN + c3 \times FN^3 + c4 \times \ln(FN) + c5 \times (\ln(FN))^2$$

Los valores de los coeficientes para las dos curvas los que se detallan en la tabla adjunta.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Coefficiente	Curva inferior	Curva superior
C1	-36,60	-34,60
C2	57,51	53,90
C3	-22,20	-20,30
C4	-23,00	-22,00
C5	-3,97	-3.86

Así, sustituyendo los valores de los coeficientes de la curva superior se obtiene un valor de CP:

$$CP = (-34,60) + (53,90 \times 0,1867) + (-20,30 \times 0,1867^2) + (-22,00 \times \ln(0,1867)) + (-3,86 \times (\ln(0,1867))^2) \rightarrow \text{CP sup.} = \mathbf{0,8052}$$

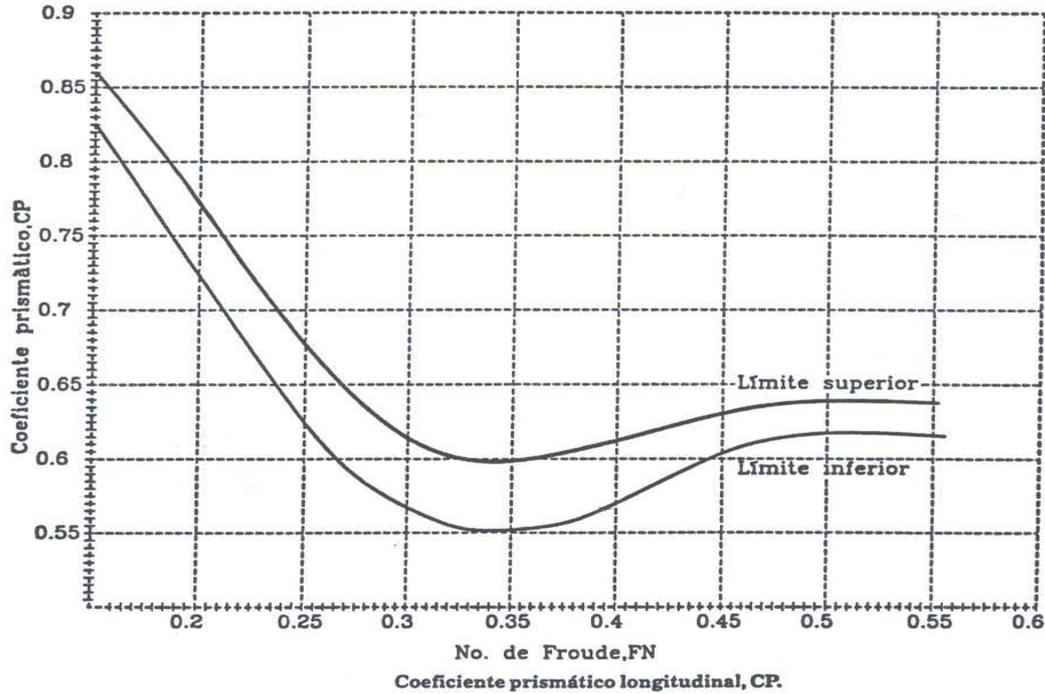
$$CP = (-36,60) + (57,51 \times 0,1867) + (-22,20 \times 0,1867^2) + (-23,00 \times \ln(0,1867)) + (-3,97 \times (\ln(0,1867))^2) \rightarrow \text{CP inf.} = \mathbf{0,7814}$$

La fórmula de L. Troost es como sigue:

$CP = 1,20 - 2,12 \times FN$ para buques de una hélice se aplica el coeficiente 1,20, en vez del 1,23 utilizado para buques de dos hélices. Como nuestro buque dispone de una hélice la fórmula es como sigue:

$$CP = 1,20 - 2,12 \times 0,1867 \rightarrow \text{CP} = \mathbf{0,8041}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO



3.3.3.1-VALOR MEDIO DEL COEFICIENTE PRISMÁTICO

$$CP = (0,8052 + 0,7814 + 0,8041) / 3 = 0,7969$$

Así queda el valor medio de dicho coeficiente.

3.3.4-COEFICIENTE DE LA FLOTACIÓN

3.3.4.1-FÓRMULAS DE SHNEEKLUTH

a) Secciones normales:

$$CWP = \frac{1 + 2xCB}{3} \rightarrow CWP = \frac{1 + 2x0,736}{3} \rightarrow CWP = 0,824$$

Como es lógico, las secciones en V, no las hallamos, puesto que tenemos formas llenas en U.

3.3.4.2-FÓRMULA DE J.TORROJA

$$CWP = A + BxCB$$

Los coeficientes A y B son función del grado U/V de las secciones transversales, grado que se representa por un parámetro G que vale 0 para formas acusadas en U, y 1 para formas acusadas en V.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Nuestro petrolero tendrá formas acusadas en U, por lo tanto $G = 0$.

Así nuestros coeficientes son los siguientes:

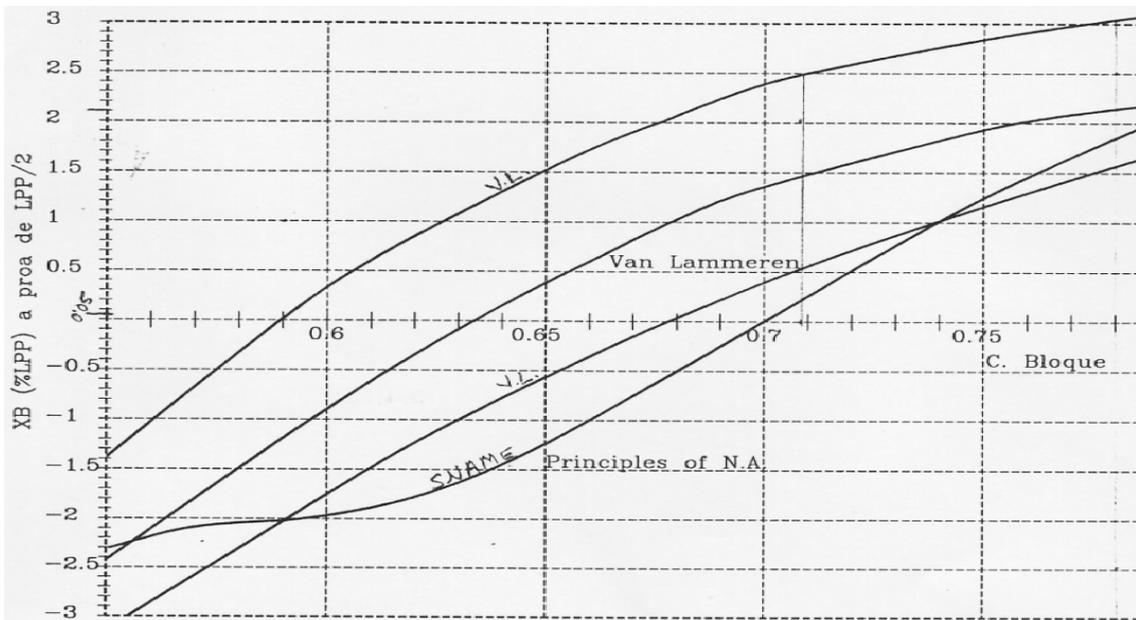
$$A = 0,248 \quad B = 0,778 \quad CWP = 0,248 + (0,778 \times 0,736) \rightarrow$$

$$CWP = 0,8206$$

3.3.4.3-VALOR MEDIO DEL COEFICIENTE DE LA FLOTACIÓN

$$CWP = (0,824 + 0,8206) / 2 \rightarrow CWP = 0,8223$$

3.3.5-POSICIÓN LONGITUDINAL DEL CENTRO DE CARENA



La posición longitudinal del centro de carena, XB, debe determinarse considerando efectos hidrodinámicos y de trimado del buque. Como el XG varía con cada condición de carga y el XB puede variar sin gran repercusión, se tomará un valor promedio de compromiso.

Según la fórmula de L. Troost:

$$XB = 17,5 \times CP - 12,5$$

Sustituyendo valores, XB valdrá:

$$XB = 17,5 \times 0,8069 - 12,5 \rightarrow XB = 1,62075\% Lpp,$$

El valor del porcentaje es positivo, indicando que está a proa de la sección media.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.3.5.1-LONGITUD DEL CUERPO CILÍNDRICO

La longitud del cuerpo cilíndrico o paralelo, LP, depende del llenado de las formas, y tiene interés en relación con los costes de fabricación del casco y con la estiba de las cargas utilizadas.

Se dan valores recomendados de la longitud adecuada del cuerpo cilíndrico, en base a consideraciones hidrodinámicas, que se resumen a continuación.

<u>CB</u>	<u>LP (%LPP)</u>
0,81	44
0,76	34,5
0,73	29,5
0,70	19
0,67	8,5

Esta tabla se resume con la expresión siguiente :

$$LP = -658 + 1.607CB - 914CB^2 \rightarrow LP = -658 + (1.607 \times 0,736) - (914 \times 0,736^2) \rightarrow$$

$$LP = 29,64$$

Como se deduce de los valores obtenidos, estamos dentro de los parámetros dados por las tablas.

3.3.5.2-SEMIÁNGULO DE ENTRADA DE LA FLOTACIÓN

El ENTA, influye en la resistencia al avance de la carena, y se puede estimar por la fórmula siguiente :

$$ENTA = (125,67 B/LPP) - (162,25CP^2) + (234,32CP^3) + 0,1551[XB + 6,8(TA - TF)/T]^3 \rightarrow$$

Sustituyendo los valores correspondientes y los específicos de :

TA=calado en popa, TF=calado en proa, T=calado de proyecto

Se supone que el buque tiene asiento 0, con lo que el calado en proa y popa es el mismo, luego se sustituye y tenemos :

$$ENTA = 40^\circ 26' 3,48''$$

3.4-DIRECTRICES PARA LA SELECCIÓN DE LAS FORMAS DE LA CARENA

A continuación se dan una serie de recomendaciones sobre las características que deben tener las formas de las carena de tres tipos distintos de buques, entre los que encontramos el petrolero, encuadrado dentro de buques de alto CB. Para ellos existen unas recomendaciones que pasamos a detallar a continuación :

3.4.1-CARACTERÍSTICAS NORMALES

- ✚ Son buques con CB, alrededor de 0,75 o mayor.
- ✚ Tienen un cuerpo cilíndrico largo
- ✚ Su número de Froude, FN, es mayor de 0,2
- ✚ El coeficiente de la sección maestra, CM , es próximo a 1
- ✚ El propulsor está moderadamente cargado

3.4.2-ASPECTOS HIDRODINÁMICOS

- ✚ La resistencia por formación de olas depende del cuerpo de entrada y de su transición hacia el cuerpo cilíndrico
- ✚ El cuerpo cilíndrico y el cuerpo de salida no influyen en la resistencia por formación de olas, si L/B es mayor de 5.
- ✚ Los factores propulsivos dependen básicamente de la forma del cuerpo de salida
- ✚ El factor de forma (1+k) es bastante mayor de 1 y sensible a pequeñas modificaciones del cuerpo de salida
- ✚ Un aumento del 10 % en la relación L/B produce una disminución de la potencia propulsora del 1,5 % al 2,5% a una velocidad de 15 a 17 nudos
- ✚ Un aumento del 0 5 en la relación B/T produce un aumento de la potencia propulsora del 0,8%, a todas las velocidades normales.

3.4.3-CUERPO DE PROA

- ✚ Es importante suavizar el hombro de proa(forward shoulder) de la curva de áreas de cuaderna
- ✚ El bulbo de proa es efectivo para reducir la resistencia por olas, y el tamaño óptimo aumenta con el CB del cuerpo de proa
- ✚ La curva de áreas de cuadernas debe ser recta o algo convexa
- ✚ Las cuadernas deben ser en forma de U, con costados verticales en su parte alta y una transición a formas V en su parte baja.

3.4.4-CUERPO DE POPA

- ✚ La curva de áreas de cuadernas debe ser recta o ligeramente convexa.
- ✚ Las formas con cuadernas en forma de U requieren menor potencia propulsora que las que tiene cuadernas en V.
- ✚ Para valores muy altos del CB se obtienen buenos resultados con formas de tipo gabarra, con una góndola para alojar el motor propulsor.

3.5-CÁLCULOS DE LA POTENCIA

Se exponen métodos para calcular la potencia propulsora de un buque en la fase de proyecto inicial, en la cual no se conocen muchas de las características del mismo, y en cálculos de optimización de las características principales.

También se incluye información del cálculo aproximado de la hélice y recomendaciones de algunas de las Sociedades de Clasificación sobre los huelgos mínimos que deben preverse entre el propulsor y el casco del buque.

3.5.1-ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA PROPULSORA

3.5.1.1-MÉTODO DE L.K.KUPRAS

Se parte del concepto de la velocidad límite, "VB", que es aquella velocidad por debajo de la cual el coeficiente de la resistencia total no varía mucho y por encima de la cual, comienza a aumentar rápidamente. La velocidad límite es función del coeficiente de bloque, "CB", y de la eslora L, según la siguiente fórmula:

La velocidad límite se calcula por:

$$VB = (3,08 - 2,54CB) \times \sqrt{LPP} \rightarrow$$

De donde conocemos la LPP= 174m, y el CB= 0,736, sustituyendo y operando obtenemos un valor de **VB= 15,968 nudos**

La potencia de remolque se obtiene de la forma que se detalla a continuación:

$$PE = \frac{Cx^3 \sqrt{DISW^2} \times VB^3}{427,1} \rightarrow, \text{ de la expresión sabemos que:}$$

C, es un coeficiente de valor 0,71 para cualquier valor de CB

DISW, es el desplazamiento del buque, cuya valor es:

$$DISW = Lpp \times B \times T \times CB \times 1,025 \rightarrow$$

$$DISW = 174 \times 30,89 \times 12 \times 0,736 \times 1,025 = 48657,532 \text{ TN}$$

VB es el valor de la velocidad límite anteriormente calculada.

Así, sustituyendo los valores correspondientes obtenemos un valor de **PE= 9020.849** \rightarrow siendo esta la potencia de remolque.

A esta velocidad límite, la potencia propulsora absorbida por la hélice en condiciones de pruebas, viene dada por la expresión siguiente:

$$PBD = \frac{0,0023725(1 + X)0,71^3 \sqrt{DISW^2} VB^3}{ETAD}$$

Donde ETAD es el rendimiento cuasipropulsivo que se halla por el método que se define como: $ETAD = \eta_{A0} \times \eta_{AH} \times \eta_{AR}$, con:

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

✚ ETA0, es el rendimiento del propulsor en aguas libres, calculado por la fórmula:

ETA0= 1,30-0,55CB-0,00267N, sustituyendo los valores conocidos del CB, coeficiente de bloque, y del número de revoluciones por minuto, se obtiene:

$$ETA0= 1,30-0,55 \times 0,736-0,00267 \times 105 \rightarrow \mathbf{ETA0= 0,61485}$$

✚ ETAH, es el rendimiento del casco calculado por las siguientes fórmulas, deducidas de un análisis de los resultados de los modelos de la serie 60.

Para CB<0,80, como es nuestro caso, ETAH=0,385+0,7CB+0,11 B/T, sustituyendo los valores, todos conocidos, obtenemos:

$$ETAH= 0,385+0,7 \times 0,736+0,11(30,89/12) \rightarrow \mathbf{ETAH=1,1833}$$

✚ **ETAR= 1,01**

Resumiendo, una vez calculados los valores correspondientes a los distintos coeficientes de la fórmula, sustituyendo esos datos, tenemos.

$$\mathbf{ETAD=ETA0 \times ETAH \times ETAR= 0,61485 \times 1,1833 \times 1,01=0,73482}$$

El factor de correlación (1+X), se obtiene de:

$$(1+X)= 0,85+0,00185[(1000-3,28LPP)/100]^{2,5} \rightarrow$$

$$(1+X)= 0,9206$$

$$\text{Así, tenemos que la PDB será: } \frac{0,0023725(0,9206)0,71\sqrt[3]{48657,532^2 15,968^3}}{0,73482} \rightarrow$$

$$\mathbf{PDB=11.451,77646 \text{ HP}}$$

Para otra velocidad distinta de la VB, velocidad límite, la potencia se calcula por la fórmula:

$$PD= PDB(V/VB)^{4,167 \frac{V}{VB}}, \text{ Siendo la velocidad distinta de la límite, por ejemplo, 14}$$

$$\text{nudos, así tenemos: } PD= 11451,77646(14/15,968)^{4,167 \frac{14}{15,968}}, \mathbf{PD=7082,800764 \text{ HP}}$$

La potencia desarrollada por el motor propulsor a la velocidad V, viene expresada por:

$$PS= PD \times FS/ETAM \rightarrow PS= 7082,800664 \times 1/0,98 \rightarrow \mathbf{PS= 7227,34 \text{ HP}}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.5.2-ESTIMACIÓN DEL DIAMETRO DE LA HÉLICE PROPULSORA

Es conveniente hacer una estimación del diámetro de la/s hélice/s DP, que permita controlar su inmersión en las situaciones de navegación en lastre y verificar los huelgos entre la misma y el casco del buque, que tiene una gran incidencia sobre aspectos muy importantes, como las vibraciones de las hélices sobre el casco del buque.

La expresión que nos detalla el diámetro en metros de la hélice de palas fijas, está condicionada por la potencia del equipo propulsor y de las RPM de la hélice.

Se define por:

$$DP = 15,75 \frac{MCO^{0,2}}{N^{0,6}} \rightarrow \text{DONDE:}$$

MCO=Potencia máxima continua del equipo propulsor, en HP

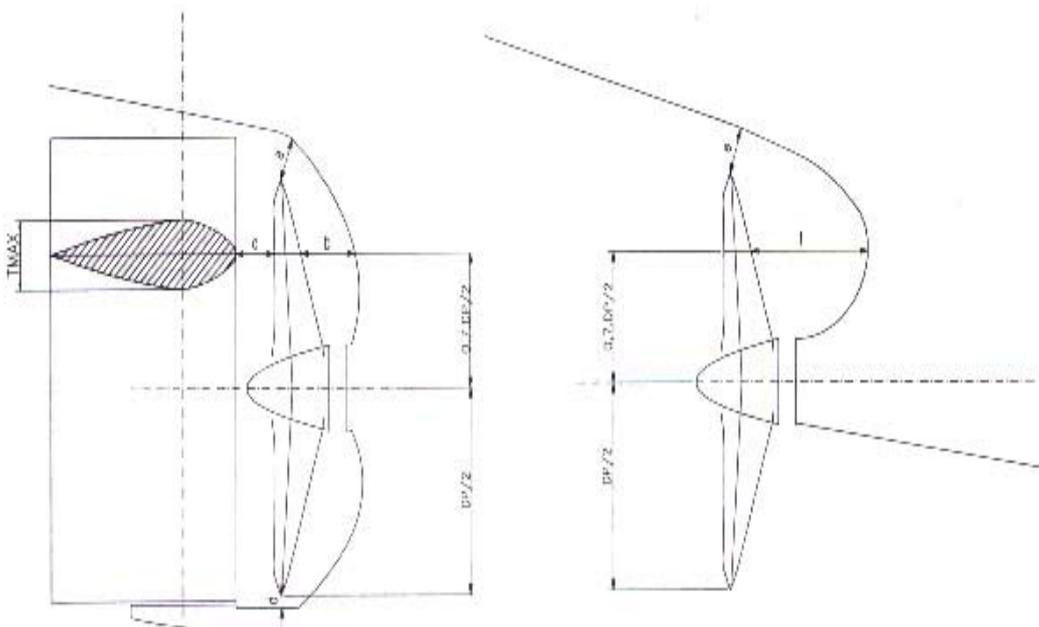
N= Revoluciones por minuto de la hélice

$$DP = 15,75 \frac{11451,77646^{0,2}}{100^{0,6}} = 6,4425 \text{ metros.}$$

3.5.3-HUELGOS ENTRE HÉLICE(S) Y CASCO

Debido a la importancia de estos huelgos, las Sociedades de Clasificación incluyen en sus reglamentaciones, unas recomendaciones de los valores mínimos que deberían tener estos huelgos, con objeto de que las vibraciones excitadas por las hélice(s) no excedan de unos niveles razonables.

3.5.3.1-LLOYD`S REGISTER OF SHIPPING



Se recomiendan los diferentes huelgos mínimos entre hélice y casco, según la figura antes detallada, siendo Z el número de palas y TMAX el espesor máximo del timón.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Para buques de una hélice:

$$A = (Kz) \times (K) \times (DP) \quad \text{con un mínimo de } 0,10DP$$

$$C = 0,12DP$$

$$B = 1,5 a$$

$$D = 0,03DP$$

Como nuestro buque tiene una hélice de cuatro palas, $Kz = 1$, por tanto al sustituir, obtendremos:

$$K = (0,1 + 174 / 3050) \times (2,56 \times 0,736 \times 11451,77646 / 174^2 + 0,3) ; \quad \mathbf{K = 0,1119}$$

$$A = 1 \times 0,1119 \times 6,4425;$$

$$\mathbf{A = 0,7209 \text{ m}}$$

$$B = 1,5 \times 0,7209;$$

$$\mathbf{B = 1,0813 \text{ m}}$$

$$C = 0,12 \times 6,4425;$$

$$\mathbf{C = 0,7731 \text{ m}}$$

$$D = 0,03 \times 6,4425;$$

$$\mathbf{D = 0,1932 \text{ m}}$$

3.5.3.2-DET NORSE VERITAS

Para buques de una hélice tenemos.

$$A = (0,24 - 0,01Z)DP$$

$$B = (0,35 - 0,02Z)DP$$

$$C = 0,1DP$$

$$D = 0,035DP$$

Sustituyendo obtenemos los siguientes valores; para $Z = 1$:

$$A = (0,24 - 0,01 \times 1) \times 6,4425;$$

$$\mathbf{A = 1,4817 \text{ m}}$$

$$B = (0,35 - 0,02 \times 1) \times 6,4425;$$

$$\mathbf{B = 2,1260 \text{ m}}$$

$$C = 0,1 \times 6,4425;$$

$$\mathbf{C = 0,64425 \text{ m}}$$

$$D = 0,035 \times 6,4425;$$

$$\mathbf{D = 0,2254 \text{ m}}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.6-CÁLCULOS DE VOLÚMENES Y SUPERFICIES

3.6.1-DEFINICIÓN DE LOS COMPARTIMENTOS PRINCIPALES

A continuación se determinan las capacidades de los elementos mas importantes del buque, a través de fórmulas sencillas y estadísticas.

3.6.1.1-PIQUE DE PROA

Las Sociedades de Clasificación requieren que el mamparo del pique de proa se sitúe entre una distancia mínima y otra máxima a la perpendicular de proa, según se indica a continuación:

<u>Eslora LPP(m)</u>	<u>mínima(m)</u>	<u>máxima(m)</u>
a) Buques sin bulbo de proa		
≤ 200	0.05LPP	0.08LPP
> 200	10	0.08LPP
b) Buques con bulbo de proa		
≤ 200	0.05LPP-f1	0.08LPP-f1
> 200	10-f2	0.08LPP-f2

Siendo:

$$F1 = LBU/2 \text{ ó } 0.015LPP \quad (\text{el valor menor})$$

$$F2 = LBU/2 \text{ ó } 3 \quad (\text{el valor menor})$$

LBU= protuberancia del bulbo en metros, a partir de la perpendicular de proa, y que ya hemos calculado con anterioridad, obteniéndose un valor de 6,00 m

Como nuestro buque de estudio, tiene una eslora menor de 200 metros, y tiene bulbo de proa, usando las expresiones adecuadas, obtenemos:

$$F1 = 6/2 = 3 \text{ m} \quad 0.015 \times 174 \text{ m} = 2,61 \text{ m}$$

Luego el valor a usar será el menor, que es: 2,61 m

Sustituyendo tenemos los valores mínimos y máximos.

$$\text{Mínimo} \rightarrow 0,05 \times 174 - 2,61 = 6,09 \text{ m}$$

$$\text{Máximo} \rightarrow 0,08 \times 174 - 2,61 = 11,31 \text{ m}$$

Aunque interesa que la longitud del pique de proa sea la menor posible, para no restar espacio útil de carga, es normal adoptar un valor mayor que el mínimo reglamentario para conseguir una capacidad de lastre en proa que permita alcanzar un calado adecuado en navegación en lastre y evitar un excesivo macheteo con mares agitados.

Las Sociedades de Clasificación requieren un calado mínimo a proa en la condición de

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

lastre de 0,04 x Lpp, para evitar reforzados adicionales.

No hay normas que permitan prever con exactitud la longitud necesaria del pique de proa, ya que para alcanzar un cierto calado a proa en la situación de lastre, el tamaño del pique depende también de otros factores, como el afinamiento de la carena, la existencia o no de un doble casco para lastre, etc.

En principio se puede considerar un valor del 20 al 40 % mayor que el mínimo reglamentario, que se ajustará posteriormente.

Así tenemos que para nuestro caso, aplicando un 30% más del mínimo reglamentario, obtenemos que: **DPPR= 1,3 x 6,09=6,2727 m.**

La distancia del pique de proa, oscilará entre los 6,2727 m mínimos y los 11,31 máximos.

3.6.1.2-PIQUE DE POPA

No existen unas longitudes mínima y máxima requeridas por las Sociedades de Clasificación, por lo que la longitud del pique de popa se define por necesidades de lastre y por la disposición de la cámara de máquinas.

Un análisis de buques modernos indica, que la longitud del pique de popa puede estimarse en el 5,5% de Lpp, en buques pequeños (menores de 100 m de eslora), y en el 4% de Lpp en buques grandes.

Por tanto, la **longitud del pique de popa será de: 0,04x174=6,96 m**

3.6.1.3-CÁMARA DE MÁQUINAS

Los buques de carga actuales tienen, en su inmensa mayoría, la cámara de máquinas situada a popa, y ésta será la posición que se considerará en lo que a este buque se refiere, pero en el caso de los Portacontenedores, también se considera el caso de que la cámara de máquinas se encuentre a 3/4 de la eslora, que es frecuente en buques de gran porte. La longitud necesaria de la cámara de máquinas depende básicamente de la potencia de la instalación propulsora y de las dimensiones del buque, en especial de su eslora, y, en menor medida, del tipo de motor y su número, cantidad y tamaño de equipos auxiliares y consideraciones constructivas del astillero. También la longitud del motor y la del reductor, en instalaciones engranadas, pueden condicionar la de la cámara de máquinas. Por ello, no es posible definir con precisión la longitud de la cámara de máquinas en el proyecto preliminar, y se debe realizar una estimación basada en buques parecidos, teniendo en cuenta la potencia y el tipo del motor propulsor.

Para facilitar esta estimación, se indican a continuación unas fórmulas sencillas que proporcionan una aproximación de la eslora en metros de la cámara de máquinas de varios tipos de buques propulsados por un motor diesel de 2 tiempos directamente acoplado a la hélice.

Para petroleros y quimiqueros, en nuestro caso petroleros, tendremos una eslora de la cámara de máquinas que viene estimada por la siguiente fórmula:

$L_{cm} = 0,28 LPP^{0,67} + 0,48 MCO^{0,35}$ →, substituyendo los valores ya conocidos, tenemos que: **$L_{cm} = 0,28 \times 174^{0,67} + 0,48 \times 11.451,77646^{0,35} = 21,52$ metros.**

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.6.1.4-CÁMARA DE BOMBAS

Casi todos los petroleros de crudo, muchos de productos y algunos quimiqueros, disponen de una cámara de bombas para alojar el equipo de lastre y carga, normalmente situada inmediatamente después o a popa de la Cámara de máquinas. La cámara de bombas, se extiende desde la cubierta hasta el fondo, y termina en forma de bayoneta su mamparo de popa, aumentando el tamaño de la misma en su parte baja.

Si no se tiene datos de buques similares, se puede deducir dicha eslora, en función de la LPP, obteniéndose la LCBO (eslora de la cámara de bombas) de la siguiente tabla.

<u>LPP</u>	<u>LCBO</u>
100 m	1,50 m
150 m	2,75 m
200 m	3,50 m
300 m	4,50 m

Interpolando obtenemos que para una LPP= 174 m, tenemos:

$$\frac{174 - 150}{200 - 150} = \frac{X - 2,75}{3,50 - 2,75} \rightarrow X = 3,11 \text{ metros.}$$

3.6.1.5-DOBLE FONDO

El doble fondo en la zona de carga debe tener una altura mínima por requerimientos de resistencia estructural, por lo que las Sociedades de Clasificación definen en sus Reglas esta altura mínima.

Por ejemplo, Det Norske Veritas define una altura según la fórmula:

$$DDF = 250 + 20B + 50Te \text{ (mm)}$$

$$DDF = 250 + 20 \times 30,89 + 50 \times 12,00 = 1.467,8 \text{ mm, } \approx 1,48 \text{ m}$$

Se considerará, finalmente, una altura del doble fondo de 1,48 m, debido a que con esa altura neta (distancia de la cara superior del fondo a la cara inferiores la tapa del doble fondo), se dispondrá de refuerzos: vagras y varengas a esa misma altura (estas piezas se obtienen de planchas de un ancho bruto de 1,5 m).

Una vez cortadas y preparados los cantos con los biseles necesarios para la soldadura, las planchas pierden aproximadamente unos 20 mm, quedando a la cota 1,48 m. De esta forma, para esta zona se puede normalizar el pedido de acero bruto a planchas de ancho de 1,500 m, que es una medida normalizada para las acererías, con el consiguiente ahorro en tiempo y, también económico.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.7-ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE DIVERSOS ESPACIOS POR FÓRMULAS SENCILLAS.

Además del volumen de los espacios de carga, es preciso estimar el volumen de los tanques de combustible, lastre, cámara de máquinas, etc. Para poder hacer estas estimaciones en las primeras fases del proyecto preliminar, se indican a continuación varias fórmulas.

3.7.1-CASCO COMPLETO

El volumen del casco en metros cúbicos se puede estimar por la fórmula siguiente:
 $VTC = CBD \times LPP \times B \times DA + VBR$.

Donde:

CBD: Coeficiente de bloque a nivel de cubierta superior

VBR: Volumen debido a la brusa de cubierta

DA: D+ARM, D= puntal del buque y ARM= arrufo medio, que se considera cero, porque como ya indicamos, no hay asiento de trimado., es decir, el calado de proa y popa son iguales.

$$CBD = CB + 0,35 \frac{D - T}{T} (1 - CB) \rightarrow CBD = 0,736 + 0,35 \frac{17,80 - 12,00}{12,00} (1 - 0,736) = 0,780$$

$$VBR = 0,012 LPP \times B^2 \rightarrow VBR = 0,012 \times 174 \times 30,89^2 = 1992,35 \text{ m}^3$$

$$DA = 17,80 + 0 = 17,80 \text{ m}$$

Sustituyendo valores, tenemos que:

$$VTC = 0,780 \times 174 \times 30,89 \times 17,80 + 1992,35 = 76.616,90624 \text{ m}^3$$

3.7.2-DOBLE FONDO

El volumen del doble fondo en metros cúbicos se puede aproximar por las fórmulas siguientes:

$$VDF = LPP \times B \times DDF \left(CB - 0,4 \left(\frac{T - DDF}{T} \right)^2 \sqrt{1 - CB} \right)$$

$$VDF = 174 \times 30,89 \times 1,48 \left(0,736 - 0,4 \left(\frac{12 - 1,48}{12} \right)^2 \sqrt{1 - 0,736} \right) \rightarrow VDF = 5209,130 \text{ m}^3$$

3.7.3-CÁMARA DE MÁQUINAS

El volumen de la cámara de máquinas situado a popa, se aproxima de la siguiente manera para el caso específico de los petroleros.

$$VMQ = Lcm \times B \times D (3,217 Lcm / LPP - 0,0655) \rightarrow \text{sustituyendo los valores ya conocidos, obtenemos: } VMQ = 21,52 \times 30,89 \times 12 \times (3,217 \times 21,52 / 174 - 0,0655) = 3.175,038 \text{ m}^3$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.7.4-PIQUES DE PROA Y POPA

La capacidad combinada de los piques de proa y popa en metros cúbicos se pueden estimar por:

$$VPQS = 0,37 \times LPQS \times B \times (D + (ARF + ARA) / 2) \times CB$$

Donde LPQS es la suma de las esloras en metros de ambos piques.

Así, tenemos que **LPQS= 6,96+6,2727= 13,2327 m**

$$VPQS = 0,37 \times 13,2327 \times 30,89 \times (17,80 + ((0 + 0) / 2)) \times 0,736 \rightarrow$$

$$VPQS = 1.981,371 \text{ m}^3$$

3.7.5-DOBLE CASCO

La BDC, es la manga del casco, que según la enmienda de MARPOL de 1992 es de 2 m

Por tanto la longitud del doble casco es:

$$LCD=LPP-LPQS-Lcm \rightarrow \text{sustituyendo los valores ya conocidos:}$$

$$LCD= 174,00-13,2327-21,52 \rightarrow \text{LCD=139,2473 m.}$$

Luego el volumen del doble casco se expresa por:

$$VDC= 2,14 \times LDC \times BDC \times (D-DDF) \times ((0,82 \times CB) + 0,217) \rightarrow$$

$$VDC= 2,14 \times 139,2473 \times 2 \times (17,80-2) \times ((0,82 \times 0,736) + 0,217)$$

$$VDC=7.726,40 \text{ m}^3$$

3.7.6-ZONA DE CARGA

Por diferencia de los valores anteriores, se calcula el volumen de carga:

$$V_{\text{carga}} = VTC - (VDF + VMQ + VPQS + VDC)$$

Sustituyendo y operando se obtiene lo siguiente:

$$V_{\text{carga}} = 76.616,90624 - (5209,130 + 3.175,038 + 1.981,371 + 7.726,40) \rightarrow$$

$$V_{\text{carga}} = 58.524,967 \text{ m}^3$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.8-CÁLCULO DEL PESO EN ROSCA Y DE SU CENTRO DE GRAVEDAD

El peso en rosca del buque se desglosa en cuatro grandes bloques, que se detallan a continuación:

- Estructura de acero
- Superestructura y casetas de acero
- Equipo y habilitación
- Maquinaria

3.8.1-CÁLCULO DEL PESO DE LA ESTRUCTURA DE ACERO

Dada la escasa información publicada sobre pesos para petroleros con doble fondo y doble casco, se ha procedido a un análisis de los pesos deducidos de las informaciones publicadas sobre buques recientemente construidos, para obtener por regresión, una fórmula que proporcione el peso aproximado de estos buques en función de sus dimensiones principales y porcentaje de acero HT.

El porcentaje de acero HT respecto al peso total del acero, según los datos publicados, tiene un valor medio expresado por la siguiente fórmula.

$$PHT = 50 + 0,124 \text{ WPM} / 1000 - 2,02 \times 10^{-6} / \text{WPM}$$

$$PHT = 50 + (0,124 \times 45.000 / 1000) - (2,02 \times 10^{-6} / 45.000) \rightarrow \mathbf{PHT = 10,7\%}$$

El peso total del acero de estos buques, incluyendo superestructuras y casetas, con extensión estándar de acero HT, y CB normal, se puede estimar por la siguiente fórmula:

$$WST = 0,0658 LPP^{1,7} \times B^{0,102} \times D^{0,886} \rightarrow \text{Sustituyendo los valores ya conocidos, tenemos:}$$

$$WST = 0,0658 \times 174^{1,7} \times 30,89^{0,102} \times 17,80^{0,886} \rightarrow \mathbf{WST = 7.078,9 T}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.8.2-CÁLCULO DEL PESO DE SUPERESTRUCTURAS Y CASETAS DE ACERO

A continuación se detallan las dimensiones y pesos de los elementos de la superestructura y casetas de acero que se dispondrán en el buque, sobre cubierta.

	L	B	D	Volumen	T / m³	T
Puente de gobierno	15,0	20,2	2,8	848,4	0,040	33,936
Casetas superpuestas (x3)	17,2	28,0	2,8	1348,48 (x3)	0,055	222,498
Casetas intermedias	24,2	28,0	2,8	1897,28	0,055	104,350
Casetas inferiores	31,0	28,0	2,8	2430,4	0,065	157,976
WSST						518,76

3.8.3-CÁLCULO DEL PESO DEL EQUIPO Y HABILITACIÓN

En la fase inicial del proyecto no se conocen muchos detalles del buque para poder realizar un cálculo detallado del equipo. Por otra parte, la menor importancia relativa de este peso, respecto al peso del acero, permite aceptar cálculos sencillos basados en las dimensiones y tipo de buque, siendo siempre conveniente la aplicación de un coeficiente de experiencia deducido de un buque modelo.

A continuación se indica que el peso en toneladas del equipo y habilitación, se puede estimar por la fórmula:

$WOA = K_e \times LPP \times B$; donde el coeficiente K_e , varía con el tipo de buque y la dimensión de su eslora, según la expresión:

conocidos, tenemos $K_e = 0,36 - 0,53 \times 10^{-3} LPP \rightarrow$ sustituyendo los datos
 $K_e = 0,36 - 0,53 \times 10^{-3} 174 = 0,267$

Al introducir el coeficiente K_e en la fórmula, tenemos:

$WOA = 0,267 \times 174 \times 30,89 = 1.435,087 \text{ T}$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.8.4-CÁLCULO DEL PESO DE LA MAQUINARÍA PROPULSORA Y AUXILIAR

Las mismas ideas indicadas sobre el peso del equipo y habilitación, se aplican al peso de la maquinaria, por lo que se indican a continuación unas fórmulas sencillas para estimar este peso en función de la potencia, revoluciones y tipo del motor propulsor y las dimensiones principales del buque. De nuevo se aconseja el uso de un coeficiente de experiencia.

El peso de este grupo, en instalaciones diesel, se divide en cuatro partes:

- a) WME. Motor propulsor y reductor (si existe)
- b) WRP. Resto de maquinaria propulsora
- c) WQR. Otros elementos de la Cámara de Máquinas
- d) WQE. Línea de ejes fuera de la Cámara de Máquinas

3.8.4.1-PESO 1

Al no disponer de información sobre el motor que instalaremos, el peso se puede estimar por las siguientes fórmulas deducidas de un análisis de motores actuales.

-Motor de dos tiempos:

$$WME = 5 + 4(MCO/N)^{0,925} \rightarrow WME = 5 + 4\left(\frac{11451,77646}{100}\right)^{0,925} \rightarrow$$

$$WME = 326,01 \text{ T}$$

3.8.4.2-PESO 2

El peso del resto de maquinaria propulsora, se puede estimar por la fórmula siguiente:

$$WRP = K_m \times MCO^{0,7}$$

De donde se conoce que el coeficiente K_m , tiene el valor de 0,59 para los petroleros. Sustituyendo en la expresión los datos ya conocidos, se obtiene:

$$WRP = 0,59 \times 11451,77646^{0,7} = 409,320 \text{ T}$$

3.8.4.3-PESO 3

El peso de otros elementos en cámara de máquinas, se puede estimar por:

$$WQR = 0,03 \times VMQ$$

$$WQR = 0,03 \times 3.175,038 = 95,251 \text{ T}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.8.4.4-PESO 4

El peso de la línea de ejes, fuera de cámara de máquinas es:

$$WQE = Kne \times Leje (5 + 0,0164LPP)$$

Siendo:

$Kne = 1$ porque nuestro buque tiene una línea de eje al disponer de una hélice
 $Leje =$ longitud de la línea de ejes fuera de la cámara de máquinas, se tomará el 4% LPP como la longitud del pique de popa en buques de $LPP > 100m$, como es el caso.

$$Leje = 0,04 \times 174 = 6,96 \text{ m}$$

$$WQE = 1 \times 6,96 (5 + 0,0164 \times 174) \rightarrow WQE = 54,66T$$

3.8.4.5-PESO TOTAL DE LA MAQUINARIA

El peso de la maquinaria total, como es lógico se obtiene sumando los pesos de los componentes de los distintos pesos hallados anteriormente.

$WQ = WME + WRP + WQR + WQE \rightarrow$ **DONDE AL SUSTITUIR SE OBTIENE:**

$$WQ = 326,01 + 409,320 + 95,251 + 54,36 = 885,241T$$

3.8.5-CÁLCULO DEL PESO EN ROSCA

Finalmente, el peso total del buque en rosca se define como la suma de los pesos de la estructura de acero del equipo, la superestructura, la habilitación y la maquinaria. Por lo tanto, esta suma dará un valor de **WR = 9917,988 T.**

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.9-CÁLCULO DE LA POSICIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD DEL BUQUE EN ROSCA.

Para determinar con exactitud la posición del centro de gravedad es necesario realizar un cálculo detallado de pesos y momentos de los distintos grupos en que se subdivide el peso en rosca, lo que es sólo posible en una fase avanzada del proyecto. En la fase inicial el centro de gravedad se estima por fórmulas sencillas como las que se indican a continuación:

3.9.1-CENTRO DE GRAVEDAD DE LA ESTRUCTURA DE ACERO

La siguiente fórmula nos da la altura del centro de gravedad en porcentaje del puntal, del acero del casco, sin superestructuras ni caseta de acero, que es prácticamente independiente del tipo de buque.

$$KGWST=[48+0,15(0,85-CBD)LPP^2/D^2] DA/D$$

Donde: DA es el puntal medio en metros corregido por arrufo y por volumen de las escotillas.

En nuestro caso, ya indicamos que no había corrección por arrufo, al considerar el calado de popa y proa iguales, por tanto este DA=D

Correcciones:

- si existe bulbo de proa: -0,4%D
- si LPP/B \neq 6,5: +0,8% D, por cada $\Delta LPP/B = \pm 1$
- superestructuras y casetas

Sustituyendo los datos ya conocidos en la fórmula tenemos:

$$KGWST=[48+0,15(0,85-0,780)174^2/17,80^2] \times 1 \rightarrow KGWST= 49\%D \rightarrow$$

KGWST= 49% 17.80= 8,722 m.

Como el buque a estudio, dispone de bulbo de proa, habrá que aplicarle la corrección oportuna, teniendo así una posición definitiva del centro de gravedad de la estructura de acero.

$$KGWST= 8,722-(0,4\%D) \rightarrow KGWST= 8,722-(0,4 \times 17,80)/(100)=8,6508 \text{ m.}$$

Se indica como abscisa del centro de gravedad del acero, sin superestructuras ni casetas, el punto medio entre la perpendicular de proa y el extremo de popa de la cubierta superior.

3.9.2-CENTRO DE GRAVEDAD DEL EQUIPO Y LA HABILITACIÓN

Para su cálculo, se indican fórmulas distintas dentro de los rangos de LPP en los que se encuentre el buque, en nuestro caso:

$$125 < LPP < 250 \text{ entonces } KGWOA = D + 1,25 + 0,01(LPP - 125)$$

$$\text{Sustituyendo valores: } KGWOA = 17,80 + 1,25 + 0,01(174 - 125) = 19,54 \text{ m.}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.9.3-CENTRO DE GRAVEDAD DE LA MAQUINARIA

Se determina por la expresión:

$$KGWQ = 0,17T + 0,36D \rightarrow KGWQ = (0,17 \times 12) + (0,36 \times 17,80) = 8,448 \text{ m.}$$

3.9.4-CENTRO DE GRAVEDAD DEL BUQUE EN ROSCA

Sumando los datos de los distintos centros hallados para la maquinaria, la estructura y la habilitación, tenemos:

$$KGWR = ((KGWST \times WST) + (KGWOA \times WOA) + (KGWQ \times WQ)) / WR \rightarrow$$
$$KGWR = ((8,6508 \times 7078,9) + (19,54 \times 1435,087) + (8,448 \times 949,193)) / 9981,94$$
$$KGWR = 9,747 \text{ m.}$$

3.10-CÁLCULO DEL PESO MUERTO

$$\text{Peso Muerto} = \text{DISW} - \text{WR} = 48.657,532 - 9.981,94 \rightarrow \text{Peso Muerto} = 38.675,592 \text{ T}$$

Este buque se proyectará como buque de transporte entre varios puertos españoles y varios del continente africano, estando la mayoría en el Mar Mediterráneo, y algunos en el Océano Atlántico. Se supondrá un viaje tipo para el cálculo de la autonomía y como consecuencia, los consumos necesarios. Por tanto, se calcularán los consumos según las distancias ya indicadas el proyecto conceptual del buque, en la que se recogía que la distancia máxima a recorrer era de aproximadamente unas 1100 millas náuticas, si se le añade un 20% de margen, tenemos que calcular una autonomía para unas 1300 millas náuticas, así, tenemos:

Autonomía \rightarrow 1300 millas

Velocidad del buque \rightarrow $V_b = 15,968 \text{ nudos} \cong 16 \text{ nudos}$

Duración del viaje

Días de navegación: $D_n = A / V_b \rightarrow D_n = 1300 / 16 \rightarrow D_n = 81,25 \text{ horas} = 3,5 \text{ días}$, aproximadamente 4 días

Días de estancia en puerto: Se supondrá que el buque parará a lo largo del viaje un par de días, en el puerto base, para poder repostar retomar víveres agua etc.

$D_p = 2 \text{ días.}$

Días totales de la ruta: Será la suma de los días de navegación y de los de parada, por tanto: $D_n + D_p = 4 + 2 = 6 \text{ días.}$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.10.1-CONSUMOS

Los consumos deben incrementarse en un 10%, ya que el buque debido a las diferentes situaciones de carga, debe tener unos consumos mínimos del 10%.

3.10.1.1-COMBUSTIBLE

-Potencia del motor propulsor: 11451,776 HP → **15.371,51 KW**

-Consumo de Motores Diesel Lentos: 180 - 200 gr / KW por hora

-Consumo Motor Principal = $P \times 200 \times 10^{-6} = 3,0743 \text{ T}$ por hora

-Peso Combustible Motor Propulsor = Consumo Motor Principal x Horas de navegación → **Peso Combustible Motor Propulsor = 249,78 T**

-Potencia de los motores auxiliares: 1024 KW

-Consumo de grupos electrógenos: 218 - 245 gr / Kw por hora

-Consumo de grupo electrógeno: $P \times 218 \times 10^{-6} = 0,2232 \text{ T}$ por hora

-Peso Combustible Motores Auxiliares = Consumo Motores Auxiliares x Dv (horas)

$$\text{Peso Combustible Motores Auxiliares} = 18,135\text{T}$$

Peso total del combustible será: $249,78\text{T} + 18,135 = \mathbf{267,915\text{T}}$

3.10.1.2-ACEITE

Se utiliza aceite para la lubricación de los motores, y este supone el 4% del peso del combustible, así:

$$\text{Peso Aceite} = P \times 0,04 \times 1,10 = 267,915 \times 0,04 \times 1,10 = \mathbf{11,788\text{T}}$$

Es norma disponer un tanque igual o ligeramente superior al de servicio, como reserva o almacén, por lo tanto, se considerarán dos tanques con una capacidad de ---- T cada uno.

3.10.1.3-AGUA DULCE

En el buque se utilizan tres distintos tipos de servicio de agua:

-Agua dulce de refrigeración

Es de 2 a 5 veces la capacidad de los circuitos

-Agua de alimentación de calderas

Es de 2 a 3 veces la capacidad de las calderas

-Agua para servicios sanitarios. Agua potable.

Se supone una cantidad que ronda entre los 125-200 litros por persona y día.

Sabiendo que la tripulación es de 20 personas y los días de navegación son 4, tenemos:

$$\text{Pad} = 20 \times 4 \times 150 \times 1,10 \times 10^{-3} = \mathbf{13,20 \text{ T}}$$

Se ha supuesto una media de 150 litros por persona y día.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.10.1.4-VÍVERES

Se recomienda 5 Kg. por persona y día en los buques mercantes, por tanto:

$$P_v = 5 \times 20 \times 4 \times 1,10 \times 10^{-3} = \mathbf{0,44T}$$

3.10.1.5-PESO TOTAL DE LOS CONSUMOS

Peso Consumos = Peso Víveres + Peso Agua Dulce + Peso Combustible + Peso Aceite

$$\text{Peso consumos} = 0,44 + 13,20 + 267,915 + 11,788 \rightarrow \mathbf{\text{Peso consumos} = 293,34T}$$

3.10.2-TRIPULACIÓN Y PASAJE

Se considera unos 125 Kg por persona de la tripulación, por tanto:

$$P_t = 0,125 \times 20 = \mathbf{2,5 T}$$

3.10.3-PERTRECHOS

Se considera como pertrechos todos aquellos elementos, que el armador añada repuestos y necesidades adicionales del buque, tales como: pinturas, estachas y cabos adicionales, algunos cargos del carpintero, del contra maestre, etc....

El valor suele estar entre 10-100 T, según el tamaño del buque, en nuestro caso deduciremos un peso de pertrechos de **Pt=40T**

3.10.4-LASTRE

El lastre será el necesario para que las condiciones de trimado y estabilidad sean las mejores posibles.

3.10.5-CARGA

Este buque se proyecta para llevar carga general en bodegas con una capacidad de unos 50.000 m^3

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.11-CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO DEL BUQUE

Estos cálculos aquí realizados son aproximados, debido a que nos encontramos en una fase muy preliminar del proyecto, pero nos pueden ser orientativos acerca de cómo se puede componer el desplazamiento y sus pesos.

3.11.1-PESO EN ROSCA

El peso del buque en rosca, así como su centro de gravedad ya se han obtenido anteriormente por diferentes fórmulas, y son los aquí indicados.

Estos siempre con los correspondientes márgenes entre los que se pueden mover los datos, debido a su estudio preliminar.

WR = 9917,988 T. +/- 3%

KGWR= 9,747 m. +/- 8%

3.11.2-PESO MUERTO DEL BUQUE DESGLOSADO

Partimos del dato del que versa nuestro estudio, que no es otro que el peso muerto de nuestro buque, y que es:

WPM= 45.000 TPM

El centro de gravedad de este peso muerto, será dado por la expresión:

$KGWPM = ((D-DDF)/2)+DDF \rightarrow$ De donde sabemos que DDF es un dato anteriormente calculado y cuyo valor es:

$DDF = 250+20B+50Te$ (mm)

$DDF = 250+20 \times 30,89+50 \times 12,00 = 1.467,8$ mm, $\approx 1,48$ m

Así, Sustituyendo tenemos que KGWPM es:

$$KGWPM = \left(\frac{D - DDF}{2} \right) + DDF \rightarrow \left(\frac{17,80 - 1,48}{2} \right) + 1,48 \rightarrow KGWPM = 9,64 \text{ m}$$

El peso muerto es un dato de proyecto, pero está compuesto por diferentes partidas que se pueden descomponer en las siguientes:

- Carga útil
- Consumos
- Tripulación y pasaje
- Pertrechos.

Como el peso muerto es un dato de proyecto, y este es de 45.000 TPM, la carga útil debe calcularse por diferencia con el resto de partidas, así, una vez ya definidas dichas partidas obtendremos que el volumen de carga es:

WTM=VCAR+VPERTRECHOS+VTRIPULACIÓN+VCONSUMOS

VCARGA= WTM-VPERTRECHOS-VTRIPULACIÓN-VCONSUMOS

VCARGA= 45.000-40-2.5-293,343 \rightarrow Vcarga= 44.664,157 T

Vcarga= 44.664,157/0,85 \rightarrow Vcarga = 52.546,067 m³

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.12-DISPOSICIÓN GENERAL DEL BUQUE

La disposición general, es similar a la de otros tipos de buques del mismo porte.

El buque dispondrá de popa de estampa, bulbo de proa y castillo de proa. La habitación o superestructura se dispone en la popa del buque, y sobre la cámara de máquinas se dispondrá el guardacalor, la chimenea. Hay que reseñar que la superestructura se encuentra separada del guardacalor y la chimenea y a proa de estas.

En la zona de carga se dispondrá de doble fondo y doble casco, como es requerido, donde se ubicarán los tanques de lastre. Estos tanques de lastre podrán estar comunicados los del doble fondo con los del costado.

La distribución de los principales espacios, de popa a proa son:

- a) pique de popa
- b) Cámara de máquinas
- c) Cámara de bombas de trasiego de la carga
- d) Espacios de carga
- e) Cámara de bombas para trasiego de lastre
- f) Pique de proa

Los equipos empleados para las distintas maniobras y trabajos que se realizarán en el buque, los describimos a continuación:

1-Equipo de máquinas:

1.1.-Motor principal: Se dispondrá de motor diesel engranada, de una hélice, siendo esta de paso controlable, proporcionando características de redundancia en la propulsión, factor de interés en evitación de accidentes por fallo de la maquinaria, timones del tipo suspendido.

1.1.2.-Auxiliares: dos generadores diesel, así como propulsores en proa para mejorar la maniobrabilidad de unos 800 Kw., generadores de agua dulce, de emergencia, serpentines de calefacción para la carga.

1.1.3-Bombas de carga, sistemas de lastre y bombas de lastre, adecuadas para producir la descarga y carga del buque en un tiempo razonable y adecuado.

1.2-Equipos de seguridad: Se dispondrán de tres unidades de botes salvavidas con capacidad para 10 personas, teniendo un bote salvavidas a popa de la superestructura de caída libre. Así mismo también se incluirán balsas salvavidas con capacidad para 30 personas, cada una de 10, una es de reserva lógicamente. Sistemas contra incendios.

1.3-Equipos de navegación, comunicación y radio.

3.13-CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

✚ Casco.

Desde el punto de vista estructural, el buque dispone de quilla plana, fondo, forro de fondo, forro de pantoque, forro de costado, cubierta superior, doble fondo con una altura de 1,48 m. de castillo de proa, de superestructura, de mamparos estancos de los piques de proa y popa, así como de los mamparos divisorios de los tanques de carga.

Tipo de reforzado:

✚ Piques y Cámara de máquinas. Reforzado transversal.

- Fondo. Varengas y vagras intermedias.
- Costado. Cuadernas y dos palmejares intermedios.
- Cubierta. Baos y esloras intermedias.

✚ Bodega. Reforzado longitudinal en fondo y cubierta, y transversal en el costado.

- Fondo. Longitudinales y varengas.
- Costado. Cuadernas, dos palmejares intermedios y bulárcamas
- Cubierta. Longitudinales y baos fuertes.

✚ Mamparos principales. Reforzado vertical.

Pique de Popa y Pique de Proa, estancos ambos. Refuerzos verticales.

✚ Zona de popa. Reforzado transversal.

- Mamparo. Refuerzos verticales.
- Cubierta. Baos.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.14-ESTABILIDAD INICIAL

Las dimensiones y características principales de un buque deben definirse de modo que se cumplan los requerimientos reglamentarios sobre estabilidad del buque intacto. En el proyecto preliminar se debe controlar ésta, de acuerdo con lo anterior, por lo que en este capítulo se presentan métodos aproximados para evaluar tanto la estabilidad inicial como a grandes ángulos de escora.

3.14.1-ESTIMACIÓN DE LA ESTABILIDAD INICIAL.

La Estabilidad inicial del buque en una situación de carga se define por el valor de la altura metacéntrica GM:

$$GM=KM-KG$$

Los valores de KM y KG son los correspondientes a esa situación de carga definida por su calado y distribución de pesos. A continuación se representan unas expresiones para el cálculo de estos valores de KM y KG.

3.14.1.1-ESTIMACIÓN DEL VALOR KM

3.14.1.1.1-FÓRMULA DE SCHNEEKLUTH

Responde a la fórmula:

$$KM = B \times [(C \times 0,08 \times B) / (CM^{0,5} \times TS) + (0,9 - 0,3 \times CM - 0,1 \times CB) / (B / TS)]$$

Donde:

$$C = (CWP / CWN)$$

CWN es un coeficiente normal de la flotación, tal como el definido por la ecuación:

$$CWN = (1 + 2 \times CB / \sqrt{CM}) / 3$$

TS es el calado de la situación de carga.

El resto de valores son todos conocidos, luego sustituyendo y operando se obtiene que:

$$CWN = (1 + 2 \times 0,736 / \sqrt{0,989}) / 3 \rightarrow CWN = 0,826$$

$$C = (0,8223 / 0,826) = 0,995$$

$$TS = 12,00 \text{ m.}$$

Sustituyendo LOS valores en la fórmula obtenemos.

$$KM = 30,89 \times [(0,995 \times 0,08 \times 30,89) / (0,989^{0,5} \times 12) + (0,9 - 0,3 \times 0,989 - 0,1 \times 0,736) / (30,89 / 12)] \rightarrow KM = 12,71 \text{ m.}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.14.1.1.2-SERIE FOMDATA

Los valores KM de las series fomdata se pueden calcular por las fórmulas siguientes:

$$BM=C1xB^2/(CBxTS)$$

$$KB=C2x(TS/CB)$$

$$KM= KB+BM$$

Siendo:

$$C1= 0,772xCB^{0,0803} (TS/T)^{0,023} -0,6914 \rightarrow 0,772x0,736^{0,0803} (12/12)^{0,023} -0,6914 \rightarrow$$

$$C1= \mathbf{0,0618}$$

$$C2= 2,415x CB^{0,1434} (TS/T)^{0,025} - 1,9200 \rightarrow 2,415x 0,736^{0,1434} (12/12)^{0,025} - 1,9200 \rightarrow$$

$$C2= \mathbf{0,391}$$

Sustituyendo los valores de C1 y C2 en las fórmulas correspondientes, tendremos:

$$BM= 0,0618x30,89^2 / (0,736x12) \rightarrow \mathbf{BM= 6,676 \text{ m.}}$$

$$KB= 0,391x(12/0,736) \rightarrow \mathbf{KB=6,375 \text{ m.}}$$

$$KM=KB+BM \rightarrow \mathbf{KM= 6,375+6,676= 13,051 \text{ m.}}$$

El valor final del KM, será el valor medio de los ya calculados por estos métodos, teniendo así:

$$KM= KM1+KM2 \rightarrow \mathbf{KM= (12,71+13,051)/2 \rightarrow \underline{KM= 12,8805 \text{ m.}}}$$

3.14.1.2-ESTIMACIÓN DEL VALOR KG

Anteriormente hemos calculado el valor del KG en rosca del buque; para esta nueva condición de carga debemos modificar el anterior. Esto se puede realizar por medio de una tabla de momentos en la que tomaremos en cuenta los nuevos pesos embarcados y sus correspondientes Kg. Cabe recordar que los valores de KG de los consumos, la tripulación y los pertrechos son estimados, quedando:

DESIGNACIÓN	PESO	KG	PESOXKG
BUQUE EN ROSCA	9917,988	9,747	96670,62904
CARGA ÚTIL	44664,157	8,5	379645,3345
COMBUSTIBLE	267,915	0,85	227,72775
ACEITE	11,788	0,85	10,0198
AGUA DULCE	13,2	10	132
TRIPULACIÓN Y PASAJE	2,5	20	50
PERTRECHOS	40	10	400
TOTAL	54917,548		477135,7111

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Por tanto el KG será. $KG = \frac{PESO \times KG}{PESO} = \frac{477135,7111}{54917,548} = 8,69 \text{ M.}$

Donde $GM = KM - KG = 12,8805 - 8,69 = 4,19 \text{ m.}$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.15-ESTIMACIÓN DE LA ESTABILIDAD A GRANDES ÁNGULOS DE ESCORA

Los brazos KN del par adrizante a grandes ángulos se pueden estimar por las siguientes fórmulas aproximadas, que no requieren disponer de un plano de formas.

3.15.1-FÓRMUAL DE L.K.KUPRAS

Se indica la siguiente fórmula para estimar los brazos KN de buques de carga:

$$\mathbf{KN= 0,05125xBxCN}$$

Siendo CKN un coeficiente que depende de las dimensiones del buque y del ángulo de escora, que se indica en las tablas correspondientes.

Para una relación $D/B= 17,80/ 30,89= 0,576$, el coeficiente CKN es el dado por la tabla:

10°	$0,004+(2,5*(D/B))-(0,004*(B/TS))$	1,434299
20°	$-0,305+(5*(D/B))+(0,1*(B/TS))$	2,833608
30°	$-1,641-(0,1*CB)+(7,3*D/B)+(0,65*B/TS)$	4,165148
40°	$-2,815-(0,2*CB)+(9,25*D/B)+(1,1*B/TS)$	5,199587
50°	$-0,0325-(0,3*CB)+(10,375*D/B)+(1,23*B/TS)$	5,891397
60°	$-2,4045-(0,5*CB)+(11,125*D/B)+(1,036*B/TS)$	6,304987

Una vez obtenidos los valores de los coeficientes CKN para los distintos ángulos de escora, se procederá a calcular los valores finales para los KN:

10°	$KN = 0,05125 \times B \times CKN$	2,27065667
20°	$KN = 0,05125 \times B \times CKN$	4,48592023
30°	$KN = 0,05125 \times B \times CKN$	6,59389734
40°	$KN = 0,05125 \times B \times CKN$	8,23153162
50°	$KN = 0,05125 \times B \times CKN$	9,32674423
60°	$KN = 0,05125 \times B \times CKN$	9,98150431

Por tanto la estabilidad GZ, será dada por: $GZ=KN-KG \times \text{sen}(\text{ángulo})$

ÁNGULO	KN	KG x sen (ángulo)	GZ
10°	2,27065667	1,83	0,44
20°	4,48592023	3,60	0,89
30°	6,59389734	5,26	1,33
40°	8,23153162	6,77	1,46
50°	9,32674423	8,07	1,26
60°	9,98150431	9,12	0,86

3.16-EFECTO SOBRE LA ESTABILIDAD DE LAS SUPERFICIES LIBRES EN TANQUES

3.16.1-EFECTO SOBRE LA ESTABILIDAD INICIAL.

3.16.1.1-Tanques de consumo

Como este efecto en la fase de ante-proyecto no puede calcularse con precisión, se considera que la altura metacéntrica inicial disminuye en un 0,6% de la manga dado que se trata de un buque grande.

$$dGM_c = 0,006 \times 30,89 = 0,18534 \text{ m.}$$

3.16.1.2-Tanques de carga

IT es el momento de inercia del tanque, el cual a falta de datos se puede estimar calculando la inercia del rectángulo circunscrito al conjunto de los tanques de carga y multiplicándola por un coeficiente de 0,85 debido a que se disponen dos tanques en sentido transversal.

$$L_{\text{tanques}} = LPP - L_{\text{cm}} - LCBO - DPPR - L_{\text{pp}}$$

$$L_{\text{tanques}} = 174 - 21,52 - 3,11 - 6,2727 - 6,96 = 136,137 \text{ M.}$$

$$B_{\text{tanques}} = B - 2 \times BDC = 30,89 - 2 \times 2 = 26,89 \text{ M.}$$

El momento de inercia de áreas, será el dado por la fórmula:

$I_{\text{tanques}} = L_{\text{tanques}} \times B_{\text{tanques}}^3 / 12$, la dimensión que va al cubo es la perpendicular al eje de referencia, como se toma la inercia transversal, el eje de referencia es el del sentido longitudinal.

$$I_{\text{tanques}} = L_{\text{tanques}} \times B_{\text{tanques}}^3 / 12 \rightarrow 136,137 \times 26,89^3 / 12 \rightarrow$$

$$I_{\text{tanques}} = 220.580,611 \text{ m}^4$$

$$I_{\text{tanques}} = 220.580,611 \times 0,85 = 187.499,519 \text{ m}^4$$

Para hallar la disminución de la altura metacéntrica, dGM_k , tomamos como peso específico de la carga 0,85, y como desplazamiento, el de plena carga, que es 54.981,5 T.

$$dGM_k = \frac{0,85 \times 187.499,519}{54.981,5} \rightarrow dGM_k = 2,898 \text{ m.}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

3.17-EFECTO SOBRE LA ESTABILIDAD A GRANDES ÁNGULOS

3.17.1-Tanques de consumo:

La disminución del GM estimada en 3.15.1.1, se suma al valor de la altura del centro de gravedad KG del buque completo, y este valor así corregido, se utiliza para calcular los brazos GZ del par de adrizamiento. No es necesario en esta primera fase entrar en mas detalle.

KGcorregido= 0,18534+8,69=8,875 m.

ÁNGULO	KN	KG x sen (ángulo)	GZ
10°	2,27065667	1,54	0,72
20°	4,48592023	3,03	1,44
30°	6,59389734	4,43	1,56
40°	8,23153162	5,70	2,50
50°	9,32674423	6.70	2,51
60°	9,98150431	7,80	2,10

4-EL PROYECTO BÁSICO

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

4.1-FORMAS

4.1.1-Diseño de formas:

El diseño de las formas se basa en las directrices para la elección de las formas y los parámetros calculados en el proyecto preliminar.

Con el programa Maxsurf se han alisado las formas del buque base para, a continuación, realizar una transformación geométrica de formas para las dimensiones propuestas y así obtener el plano de formas del proyecto. En una segunda fase se modificó la carena para mejorar su rendimiento propulsivo en los siguientes parámetros:

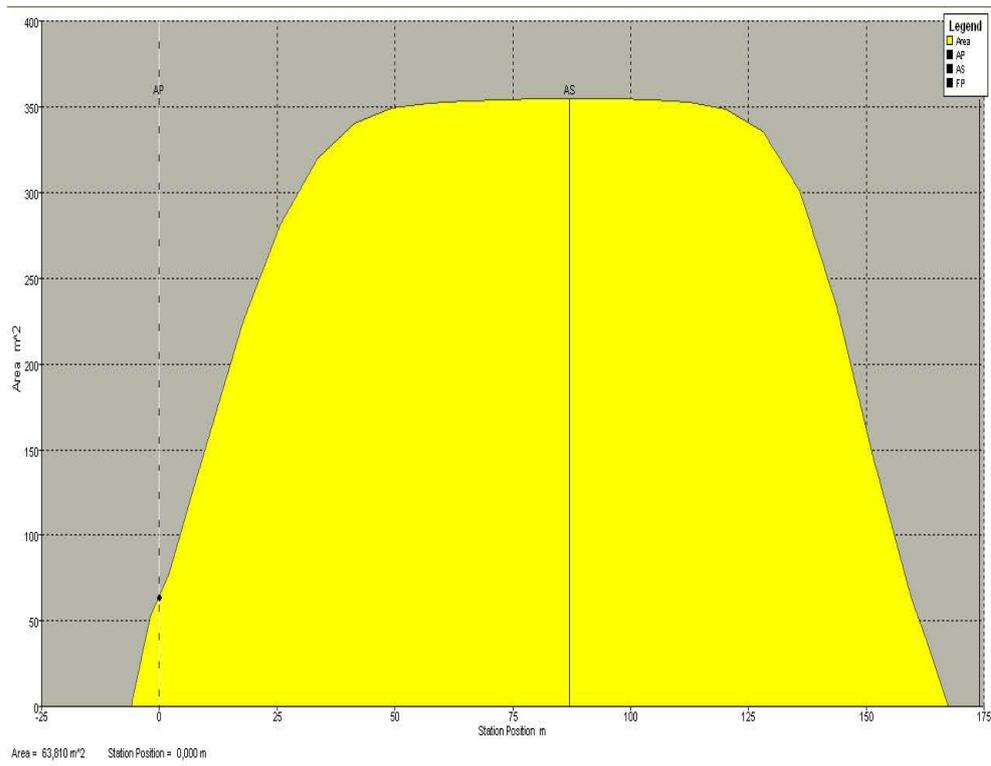
- Menor coeficiente de bloque.
- Menor coeficiente de flotación.
- Abcisa del centro de carena más a popa.

Estas modificaciones significan un afinamiento de la formas de proa.

MEDIDAS	VALORES	UNIDADES
Displacement	48624,563	T
Volume	47438,598	m³
Draft to Baseline	12	m
Immersed depth	12,016	m
Lwl	170,866	m
Beam wl	29,986	m
WSA	7670,632	m²
Max cross sect area	354,682	m²
Waterplane area	4499,346	m²
Cp	0,783	
Cb	0,745	
Cm	0,987	
Cwp	0,878	
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	80,875	m
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	76,751	m
LCB from zero pt. (+ve fwd) % Lwl	47,332	%
LCF from zero pt. (+ve fwd) % Lwl	44,919	%
KB	6,344	m
KG	0	m
BMt	6,251	m
BMI	187,954	m
GMt	12,595	m
GMI	194,298	m
KMt	12,595	m
KMI	194,298	m
Immersion (TPc)	46,118	T/cm
MTc	542,968	Txm
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	10688,028	Txm

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

A continuación se muestra la curva de áreas del petrolero en cuestión.



4.2-DISPOSICIÓN GENERAL:

(ver planos)

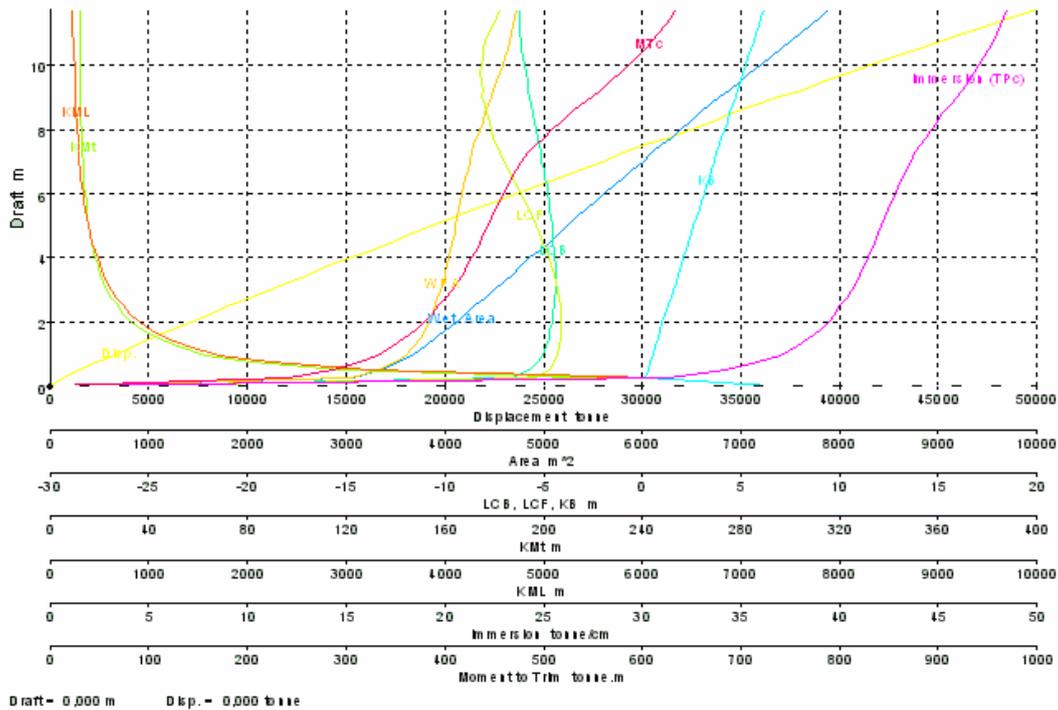
ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

4.3-CARENAS RECTAS(CURVAS HIDROSTÁTICAS):

Los cálculos de Arquitectura Naval han sido realizados con un módulo del programa de ordenador Maxsurf, denominado Hydromax, el cual toma los datos de la carena definida con el programa Maxsurf, calcula las áreas y coordenadas del centro de gravedad de cada una de las secciones, para su posterior integración longitudinal, obteniéndose así los datos hidrostáticos tanto de la carena exterior como de las carenas interiores.

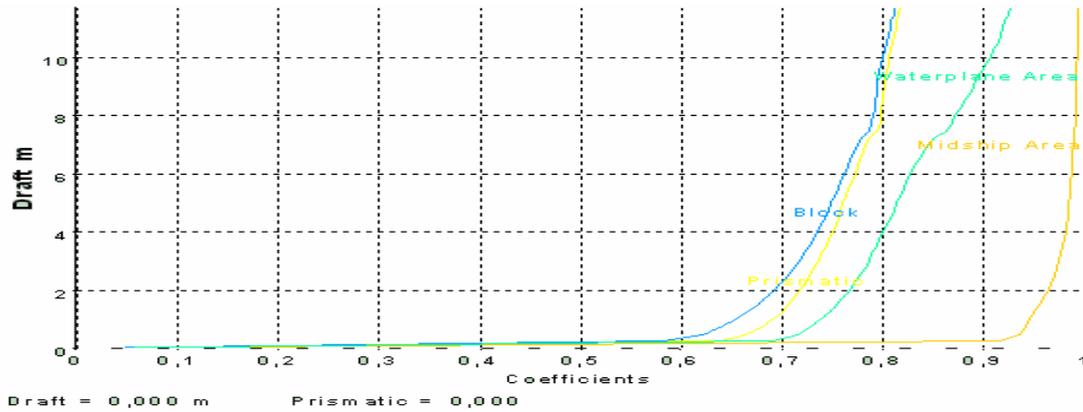
Las curvas hidrostáticas se han obtenido con el módulo Hydromax de Maxsurf. Se ha realizado un análisis desde el calado $T = 0$ hasta el valor de 12,00 m .

La gráfica obtenida es:



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

También se ha obtenido una gráfica en la que aparecen reflejados los resultados de los diferentes coeficientes:



Calado en Cuaderna Maestra. m	0,000	3,000	6,000	9,000	12,000
Desplazamiento (Ton)	0,000	11119,000	23653,000	36916,000	49937,000
Eslora en la flotación (m)	126,000	138,216	147,398	162,080	167,427
Manga en la flotación (m)	0,000	29,446	29,459	29,460	29,460
Superficie mojada (m ²)	0,000	4501,698	5619,024	6791,116	7897,557
Área en la flotación (m ²)	0,000	3960,422	4177,114	4481,302	4726,425
Coefficiente prismático	0,000	0,736	0,772	0,801	0,817
Coefficiente de bloque	0,000	0,717	0,762	0,794	0,811
Coefficiente de la maestra	0,000	0,974	0,987	0,991	0,993
Coefficiente de la flotación	0,000	0,786	0,827	0,889	0,925
LCB (m)	26,719 Aft	4,420 Aft	4,776 Aft	5,677 Aft	6,256 Aft
LCF (m)	26,719 Aft	4,276 Aft	6,139 Aft	8,123 Aft	7,164 Aft
KB (m)	6,600	1,578	3,133	4,708	6,189
KG (m)	11,620	11,620	11,620	11,620	11,620
BMt (m)	0,000	21,701	11,130	7,945	6,455
BML (m)	0,000	623,695	333,746	256,451	218,059
GMt (m)	-5,020	11,659	2,644	1,033	1,024
GML (m)	-5,020	613,653	325,259	249,539	212,628
KMt (m)	6,600	23,279	14,264	12,653	12,644
KML (m)	6,600	625,273	336,879	261,159	224,248
Ton. por cm de inmersión	0,000	40,602	42,824	45,942	48,455
MTc (Ton*m)	0,000	407,136	459,081	549,698	633,587

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

4.4-CARENAS INCLINADAS (CURVAS KN):

Para realizar este estudio de estabilidad con Hydromax se ha analizado el buque desde la condición de llegada en lastre con 10% de consumos hasta la condición de salida a plena carga y con el 100% de consumos.

Se presentan una serie de datos referidos a las curvas KN de babor:

	Desplazamiento	KN (0°)	KN (5°)	KN (10°)	KN (15°)	KN (20°)	KN (25°)	KN (30°)
1	31472	0	1,132	2,277	3,449	4,654	5,899	7,14
2	31835	0	1,129	2,272	3,44	4,64	5,882	7,124
3	32199	0	1,127	2,266	3,431	4,627	5,865	7,108
4	32563	0	1,124	2,261	3,422	4,615	5,849	7,093
5	32926	0	1,122	2,257	3,415	4,603	5,833	7,078
6	33290	0	1,12	2,252	3,407	4,591	5,818	7,063
7	33654	0	1,118	2,248	3,4	4,58	5,803	7,049
8	34018	0	1,116	2,244	3,393	4,57	5,789	7,035
9	34381	0	1,114	2,241	3,387	4,56	5,776	7,021
10	34745	0	1,113	2,237	3,381	4,551	5,763	7,008
11	35109	0	1,111	2,234	3,375	4,542	5,751	6,995
12	35472	0	1,11	2,231	3,369	4,533	5,739	6,982
13	35836	0	1,109	2,228	3,364	4,525	5,727	6,97
14	36200	0	1,108	2,226	3,359	4,518	5,716	6,958
15	36563	0	1,107	2,223	3,354	4,51	5,706	6,946
16	36927	0	1,106	2,221	3,35	4,503	5,696	6,935
17	37291	0	1,105	2,219	3,346	4,497	5,687	6,924
18	37654	0	1,104	2,217	3,342	4,491	5,678	6,913
19	38018	0	1,104	2,215	3,338	4,485	5,669	6,902
20	38382	0	1,103	2,213	3,335	4,479	5,661	6,89
21	38745	0	1,102	2,212	3,332	4,474	5,654	6,878
22	39109	0	1,102	2,21	3,329	4,469	5,646	6,865
23	39473	0	1,102	2,209	3,326	4,465	5,639	6,853
24	39836	0	1,101	2,208	3,324	4,46	5,633	6,84
25	40200	0	1,101	2,206	3,321	4,456	5,627	6,826
26	40564	0	1,101	2,205	3,319	4,453	5,621	6,813
27	40928	0	1,101	2,204	3,317	4,449	5,616	6,799
28	41291	0	1,1	2,204	3,315	4,446	5,611	6,784
29	41655	0	1,1	2,203	3,314	4,443	5,606	6,77
30	42019	0	1,1	2,202	3,312	4,44	5,602	6,755
31	42382	0	1,1	2,202	3,311	4,438	5,598	6,74
32	42746	0	1,1	2,201	3,31	4,436	5,594	6,725
33	43110	0	1,1	2,201	3,309	4,434	5,591	6,71
34	43473	0	1,1	2,201	3,308	4,432	5,588	6,694
35	43837	0	1,1	2,2	3,307	4,431	5,585	6,679
36	44201	0	1,1	2,2	3,307	4,429	5,582	6,663
37	44564	0	1,1	2,2	3,306	4,428	5,58	6,647
38	44928	0	1,1	2,2	3,306	4,427	5,576	6,631

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

39	45292	0	1,1	2,2	3,306	4,427	5,573	6,614
40	45655	0	1,101	2,2	3,306	4,426	5,569	6,598
41	46019	0	1,101	2,201	3,306	4,426	5,564	6,581
42	46383	0	1,101	2,201	3,306	4,425	5,56	6,564
43	46746	0	1,101	2,201	3,306	4,425	5,554	6,547
44	47110	0	1,101	2,202	3,307	4,426	5,549	6,53
45	47474	0	1,101	2,202	3,307	4,426	5,543	6,513
46	47837	0	1,102	2,203	3,308	4,427	5,536	6,496
47	48201	0	1,102	2,203	3,309	4,427	5,53	6,478
48	48565	0	1,102	2,204	3,31	4,428	5,522	6,46
49	48929	0	1,103	2,204	3,311	4,429	5,515	6,443
50	49292	0	1,103	2,205	3,312	4,43	5,507	6,425

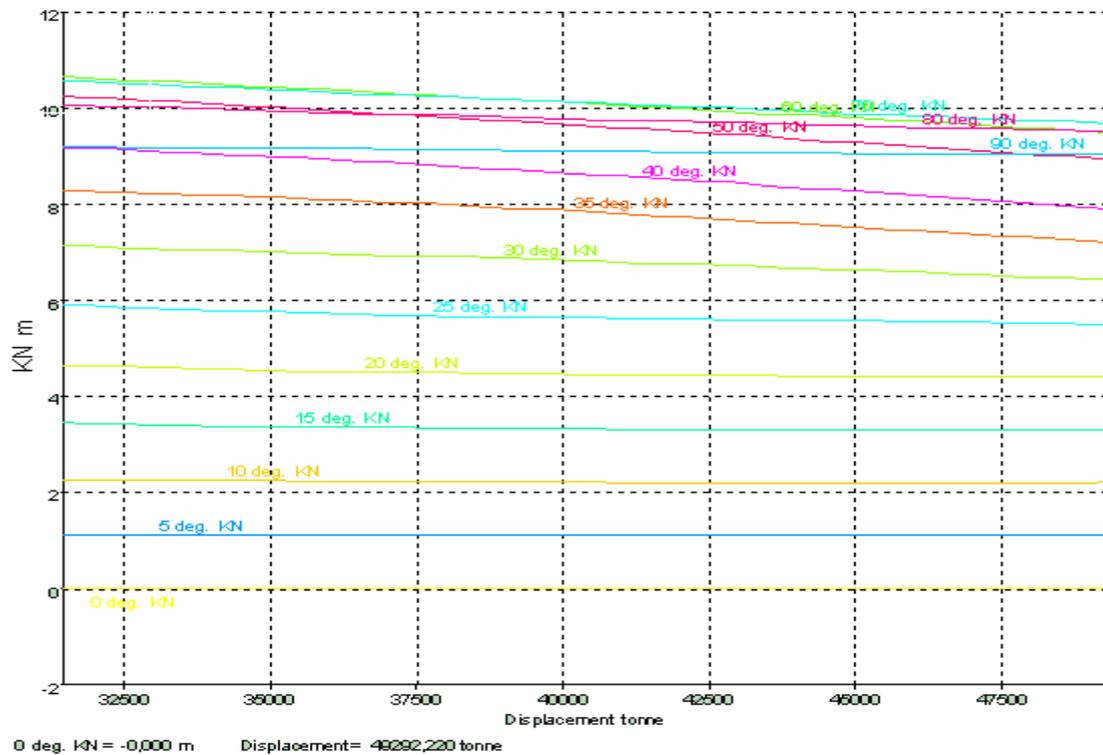
Se presentan los datos referentes a estribor:

	Desplazamiento	KN (0°)	KN (5°)	KN (10°)	KN (15°)	KN (20°)	KN (25°)	KN (30°)
1	31472	0	1,132	2,277	3,449	4,654	5,899	7,14
2	31835	0	1,129	2,272	3,44	4,64	5,882	7,124
3	32199	0	1,127	2,266	3,431	4,627	5,865	7,108
4	32563	0	1,124	2,261	3,422	4,615	5,849	7,093
5	32926	0	1,122	2,257	3,415	4,603	5,833	7,078
6	33290	0	1,12	2,252	3,407	4,591	5,818	7,063
7	33654	0	1,118	2,248	3,4	4,58	5,803	7,049
8	34018	0	1,116	2,244	3,393	4,57	5,789	7,035
9	34381	0	1,114	2,241	3,387	4,56	5,776	7,021
10	34745	0	1,113	2,237	3,381	4,551	5,763	7,008
11	35109	0	1,111	2,234	3,375	4,542	5,751	6,995
12	35472	0	1,11	2,231	3,369	4,533	5,739	6,982
13	35836	0	1,109	2,228	3,364	4,525	5,727	6,97
14	36200	0	1,108	2,226	3,359	4,518	5,716	6,958
15	36563	0	1,107	2,223	3,354	4,51	5,706	6,946
16	36927	0	1,106	2,221	3,35	4,503	5,696	6,935
17	37291	0	1,105	2,219	3,346	4,497	5,687	6,924
18	37654	0	1,104	2,217	3,342	4,491	5,678	6,913
19	38018	0	1,104	2,215	3,338	4,485	5,669	6,902
20	38382	0	1,103	2,213	3,335	4,479	5,661	6,89
21	38745	0	1,102	2,212	3,332	4,474	5,654	6,878
22	39109	0	1,102	2,21	3,329	4,469	5,646	6,865
23	39473	0	1,102	2,209	3,326	4,465	5,639	6,853
24	39836	0	1,101	2,208	3,324	4,46	5,633	6,84
25	40200	0	1,101	2,206	3,321	4,456	5,627	6,826
26	40564	0	1,101	2,205	3,319	4,453	5,621	6,813
27	40928	0	1,101	2,204	3,317	4,449	5,616	6,799
28	41291	0	1,1	2,204	3,315	4,446	5,611	6,784
29	41655	0	1,1	2,203	3,314	4,443	5,606	6,77

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

30	42019	0	1,1	2,202	3,312	4,44	5,602	6,755
31	42382	0	1,1	2,202	3,311	4,438	5,598	6,74
32	42746	0	1,1	2,201	3,31	4,436	5,594	6,725
33	43110	0	1,1	2,201	3,309	4,434	5,591	6,71
34	43473	0	1,1	2,201	3,308	4,432	5,588	6,694
35	43837	0	1,1	2,2	3,307	4,431	5,585	6,679
36	44201	0	1,1	2,2	3,307	4,429	5,582	6,663
37	44564	0	1,1	2,2	3,306	4,428	5,58	6,647
38	44928	0	1,1	2,2	3,306	4,427	5,576	6,631
39	45292	0	1,1	2,2	3,306	4,427	5,573	6,614
40	45655	0	1,101	2,2	3,306	4,426	5,569	6,598
41	46019	0	1,101	2,201	3,306	4,426	5,564	6,581
42	46383	0	1,101	2,201	3,306	4,425	5,56	6,564
43	46746	0	1,101	2,201	3,306	4,425	5,554	6,547
44	47110	0	1,101	2,202	3,307	4,426	5,549	6,53
45	47474	0	1,101	2,202	3,307	4,426	5,543	6,513
46	47837	0	1,102	2,203	3,308	4,427	5,536	6,496
47	48201	0	1,102	2,203	3,309	4,427	5,53	6,478
48	48565	0	1,102	2,204	3,31	4,428	5,522	6,46
49	48929	0	1,103	2,204	3,311	4,429	5,515	6,443
50	49292	0	1,103	2,205	3,312	4,43	5,507	6,425

Se presenta la gráfica que nos da el programa Hydromax:



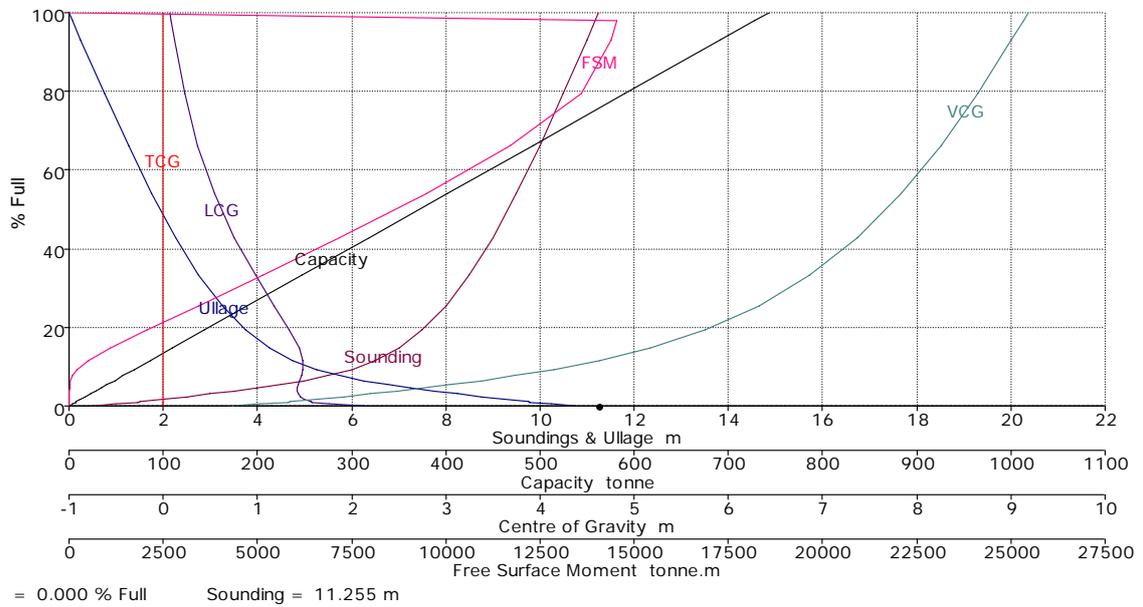
ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

4.5-CAPACIDADES:

▪ PIQUE DE POPA

calado (m)	volumen m	Nivel (%)	Capacidad m ³	Capacidad T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
12,000	0,000	100,0	4116,166	4219,893	4,108	0,000	14,548	0,000
11,500	0,202	98,0	4033,430	4135,073	4,108	0,000	14,458	42433,192
11,000	0,286	97,0	3993,570	4094,208	4,111	0,000	14,415	42427,314
10,500	0,786	91,2	3754,705	3849,323	4,131	0,000	14,157	42392,077
10,000	1,286	85,4	3515,905	3604,506	4,154	0,000	13,898	42356,863
9,500	1,786	79,6	3277,173	3359,757	4,181	0,000	13,637	42320,782
9,000	2,286	73,8	3038,508	3115,079	4,212	0,000	13,374	42284,277
8,500	2,786	68,0	2799,913	2870,470	4,248	0,000	13,110	42247,793
8,000	3,286	62,2	2561,386	2625,933	4,290	0,000	12,843	42211,264
7,500	3,786	56,4	2323,152	2381,695	4,341	0,000	12,573	41932,885
7,000	4,286	50,7	2085,452	2138,006	4,404	0,000	12,299	41651,017
6,500	4,786	44,9	1848,287	1894,864	4,482	0,000	12,019	41370,448
6,000	5,286	39,2	1611,691	1652,305	4,583	0,000	11,732	40905,707
5,500	5,786	33,5	1376,879	1411,577	4,716	0,000	11,434	39676,317
5,000	6,286	27,8	1144,564	1173,407	4,900	0,000	11,121	37946,925
4,500	6,786	22,3	918,893	942,049	5,159	0,000	10,787	32788,812
4,000	7,286	17,4	714,242	732,240	5,474	0,000	10,444	21617,157
3,500	7,786	13,1	540,257	553,871	5,814	0,000	10,110	14254,879
3,000	8,286	9,5	391,201	401,059	6,226	0,000	9,777	9798,443
2,500	8,786	6,4	264,983	271,661	6,745	0,000	9,439	6686,336
2,000	9,286	4,0	163,109	167,219	7,350	0,000	9,097	4230,543
1,500	9,786	2,1	86,322	88,498	8,062	0,000	8,747	2242,310
1,000	10,286	0,9	35,268	36,156	8,966	0,000	8,382	846,519

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

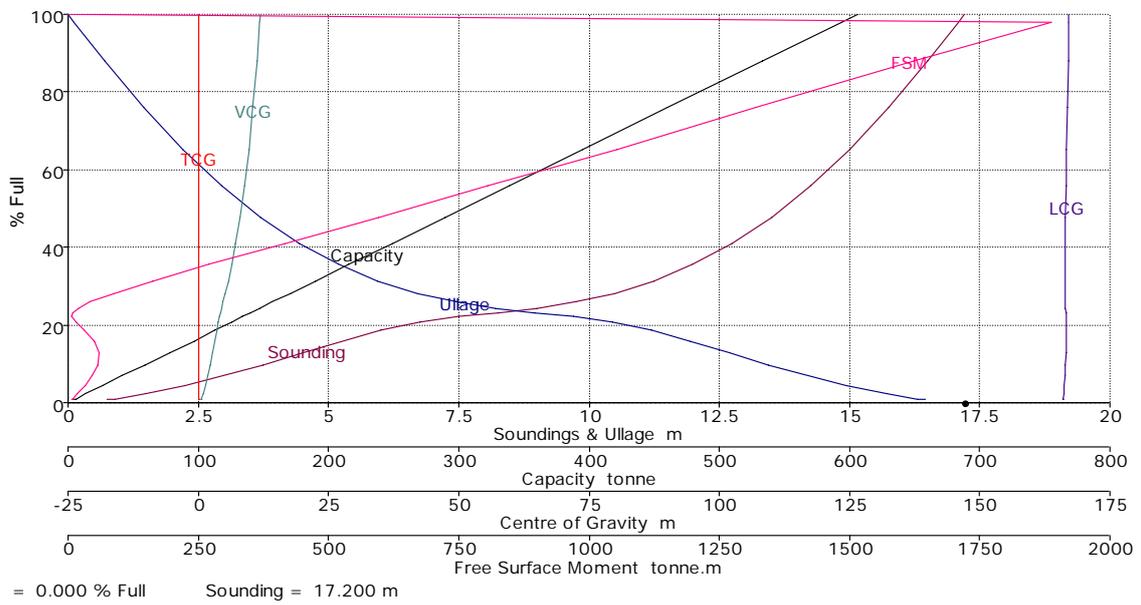


ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ PIQUE DE PROA

calado (m)	volumen m	Nivel %	Capacidad m ³	Capacidad T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
17,250	0,000	100,0	1277,903	1310,106	194,548	0,000	12,080	0,000
16,500	0,152	97,3	1243,104	1274,431	194,463	0,000	11,938	2243,531
15,750	0,650	91,0	1163,441	1192,760	194,419	0,000	11,458	1881,345
15,000	1,400	82,4	1052,895	1079,428	194,356	0,000	10,736	1451,209
14,250	2,150	74,7	954,495	978,548	194,310	0,000	10,026	1090,444
13,500	2,900	68,1	869,624	891,538	194,303	0,000	9,347	802,406
12,750	3,650	62,3	795,969	816,027	194,323	0,000	8,706	586,743
12,000	4,400	57,1	730,010	748,406	194,351	0,000	8,096	436,483
11,250	5,150	52,6	671,674	688,600	194,392	0,000	7,524	315,949
10,500	5,900	48,6	620,465	636,100	194,450	0,000	6,997	238,202
9,750	6,650	45,1	576,610	591,140	194,537	0,000	6,533	183,170
9,000	7,400	42,0	536,693	550,218	194,636	0,000	6,102	151,027
8,250	8,150	39,1	500,159	512,763	194,753	0,000	5,701	127,329
7,500	8,900	36,6	467,265	479,040	194,889	0,000	5,339	102,002
6,750	9,650	34,3	438,577	449,629	195,037	0,000	5,026	72,999
6,000	10,400	32,3	412,701	423,101	195,159	0,000	4,755	44,931
5,250	11,150	30,3	386,877	396,626	195,221	0,000	4,498	30,072
4,500	11,900	28,0	357,591	366,603	195,219	0,000	4,223	35,997
3,750	12,650	25,2	322,182	330,301	195,164	0,000	3,907	57,956
3,000	13,400	22,0	280,509	287,577	195,054	0,000	3,543	84,181
2,250	14,150	18,4	235,368	241,299	194,911	0,000	3,145	105,737
1,500	14,900	14,7	188,177	192,919	194,685	0,000	2,711	114,111
0,800	15,650	11,3	143,965	147,593	194,480	0,000	2,275	96,228

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO



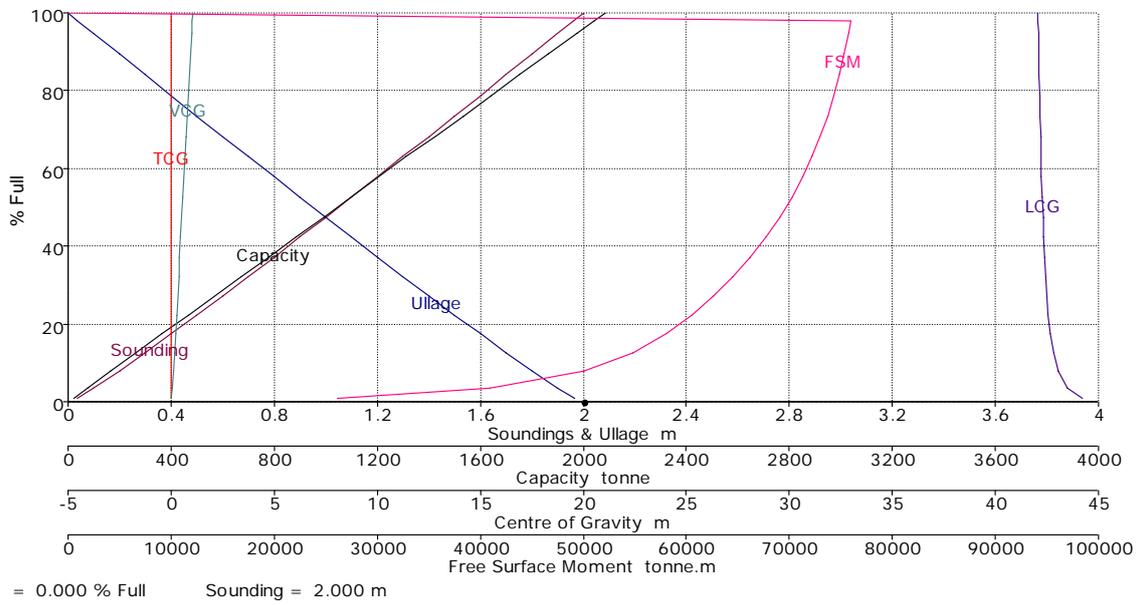
ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ DOBLE FONDO 1

Va desde el pique de popa hasta el tanque de almacenamiento de combustible.

Profundidad (m)	Nivel%	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
2	100	2034,328	2085,592	42,067	0	1,038	0
1,962	98,000	1993,437	2043,671	42,074	0	1,018	75968,959
1,900	94,700	1926,111	1974,649	42,086	0	0,986	75718,996
1,800	89,400	1818,106	1863,923	42,105	0	0,935	75306,225
1,700	84,100	1710,33	1753,431	42,125	0	0,884	74830,333
1,600	78,800	1602,831	1643,222	42,147	0	0,832	74274,663
1,500	73,500	1495,631	1533,32	42,170	0	0,781	73692,992
1,400	68,300	1388,77	1423,767	42,194	0	0,729	72991,154
1,300	63,000	1282,305	1314,619	42,219	0	0,678	72208,425
1,200	57,800	1176,282	1205,924	42,247	0	0,626	71312,628
1,100	52,600	1070,781	1097,765	42,276	0	0,575	70274,566
1,000	47,500	965,866	990,206	42,309	0	0,523	69089,103
0,900	42,400	861,64	883,354	42,346	0	0,471	67758,108
0,800	37,300	758,188	777,295	42,388	0	0,420	66216,756
0,700	32,200	655,619	672,141	42,437	0	0,368	64540,489
0,600	27,200	554,055	568,017	42,497	0	0,316	62667,467
0,500	22,300	453,633	465,064	42,574	0	0,264	60541,303
0,400	17,400	354,565	363,5	42,675	0	0,213	58055,618
0,300	12,600	257,229	263,711	42,820	0	0,160	54874,056
0,200	8,000	162,432	166,525	43,051	0	0,108	50109,201
0,100	3,600	72,351	74,174	43,500	0	0,055	40944,888
0,035	1,000	20,342	20,855	44,226	0	0,020	26167,585

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO



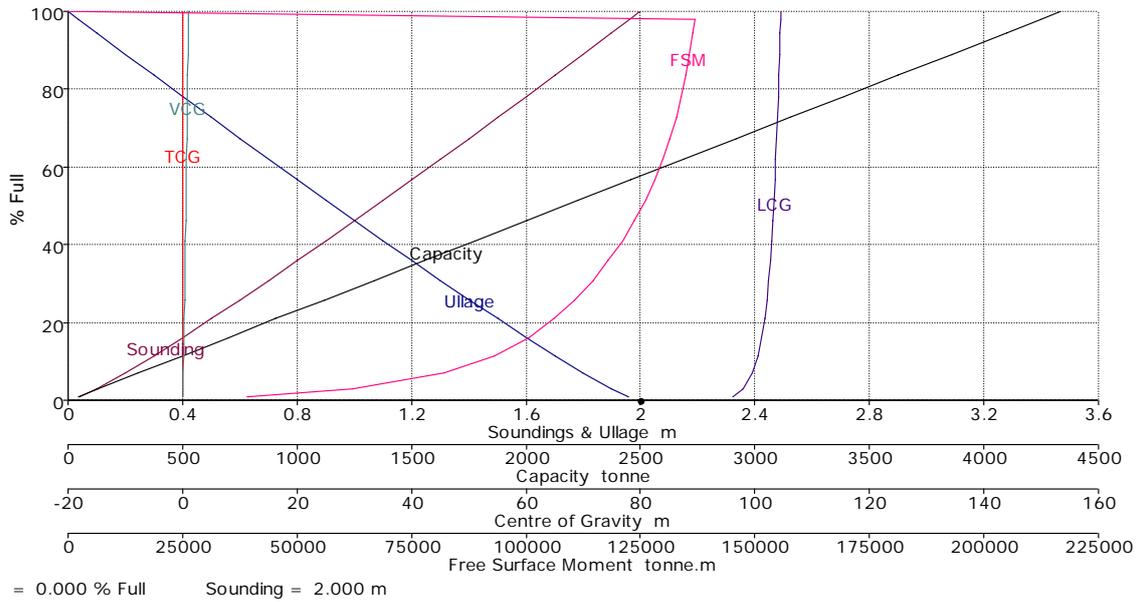
ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ DOBLE FONDO 2

Este tanque va desde la popa del tanque de almacenamiento de combustible hasta el pique de proa.

Profundidad (m)	Nivel %	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
2,000	100	4229,513	4336,096	104,478	0	1,057	0
1,963	98,000	4144,496	4248,937	104,442	0	1,038	136927,435
1,900	94,500	3997,085	4097,811	104,378	0	1,005	136484,849
1,800	89,000	3765,427	3860,316	104,273	0	0,953	135720,662
1,700	83,600	3534,610	3623,682	104,162	0	0,901	134893,48
1,600	78,100	3304,737	3388,016	104,044	0	0,848	133877,95
1,500	72,700	3075,894	3153,406	103,918	0	0,796	132774,749
1,400	67,300	2848,228	2920,003	103,783	0	0,744	131454,753
1,300	62,000	2621,851	2687,922	103,637	0	0,692	129951,685
1,200	56,700	2396,952	2457,355	103,479	0	0,639	128185,729
1,100	51,400	2173,735	2228,513	103,306	0	0,587	126105,146
1,000	46,200	1952,434	2001,635	103,115	0	0,534	123755,698
0,900	41,000	1733,301	1776,98	102,901	0	0,482	121062,207
0,800	35,900	1516,576	1554,793	102,656	0	0,429	117976,996
0,700	30,800	1302,744	1335,573	102,375	0	0,376	114587,243
0,600	25,800	1092,121	1119,642	102,042	0	0,324	110689,326
0,500	20,900	885,318	907,628	101,639	0	0,271	106072,63
0,400	16,200	683,223	700,440	101,135	0	0,218	100508,03
0,300	11,500	487,270	499,549	100,473	0	0,164	93208,693
0,200	7,100	300,184	307,749	99,535	0	0,110	82194,014
0,100	3,000	128,095	131,323	97,945	0	0,056	62146,531
0,042	1,000	42,277	43,343	96,044	0	0,024	39089,821

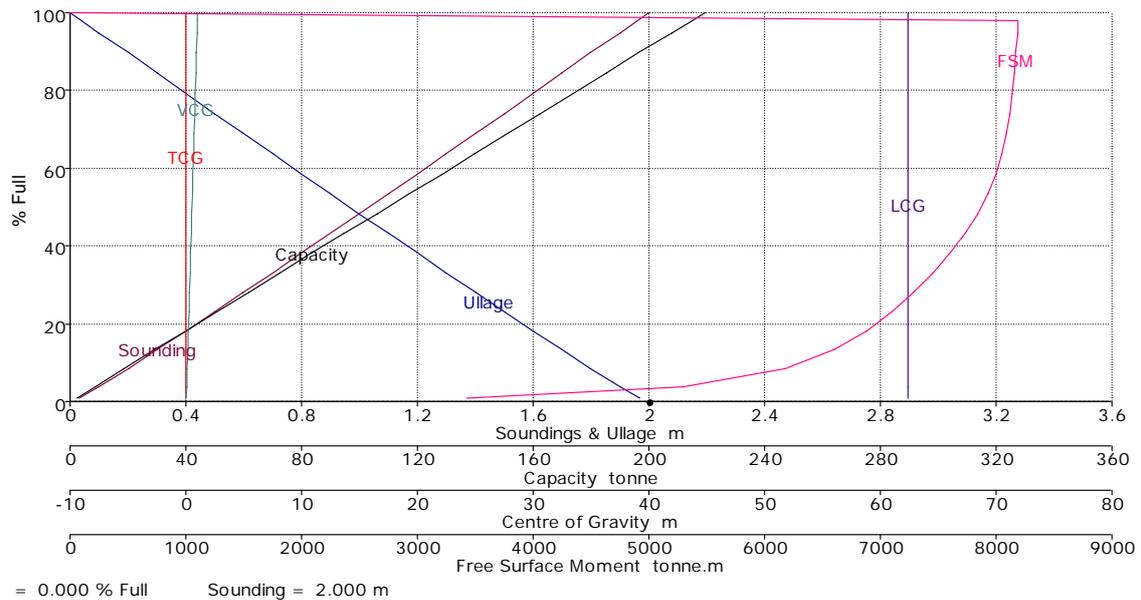
ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ TANQUE DE COMBUSTIBLE

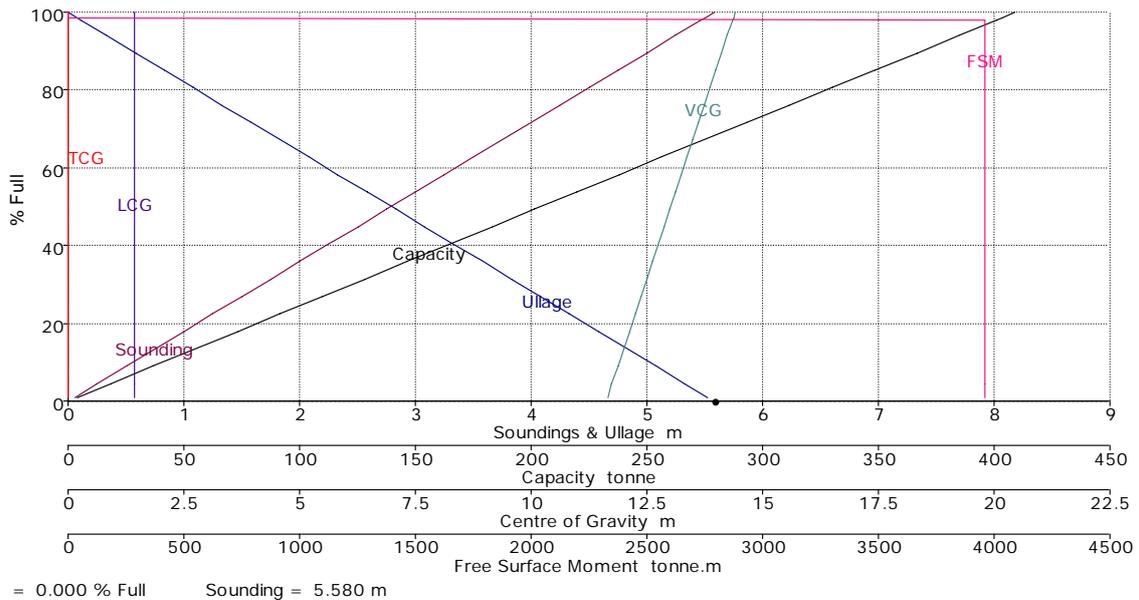
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
2,000	100	232,26	219,323	62,356	0	1,025	0
1,961	98,00	227,591	214,915	62,356	0	1,005	8192,707
1,900	94,800	220,209	207,944	62,356	0	0,974	8185,215
1,800	89,600	208,165	196,57	62,356	0	0,924	8172,997
1,700	84,400	196,126	185,202	62,356	0	0,873	8160,79
1,600	79,300	184,094	173,84	62,356	0	0,822	8141,583
1,500	74,100	172,075	162,490	62,356	0	0,771	8116,09
1,400	68,900	160,067	151,152	62,356	0	0,721	8090,651
1,300	63,800	148,077	139,829	62,356	0	0,67	8046,226
1,200	58,600	136,109	128,528	62,356	0	0,619	7998,855
1,100	53,500	124,171	117,254	62,356	0	0,568	7927,204
1,000	48,300	112,271	106,017	62,356	0	0,516	7845,778
0,900	43,200	100,42	94,826	62,356	0	0,465	7735,119
0,800	38,200	88,629	83,692	62,356	0	0,414	7604,691
0,700	33,100	76,910	72,626	62,356	0	0,363	7456,925
0,600	28,100	65,274	61,639	62,355	0	0,312	7290,763
0,500	23,100	53,733	50,741	62,355	0	0,26	7099,712
0,400	18,200	42,301	39,945	62,355	0	0,209	6879,684
0,300	13,300	31,003	29,276	62,355	0	0,158	6600,24
0,200	8,600	19,897	18,789	62,355	0	0,106	6178,487
0,100	3,900	9,149	8,639	62,354	0	0,054	5298,127
0,031	1,00	2,309	2,180	62,353	0	0,017	3421,181



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ AGUA DULCE

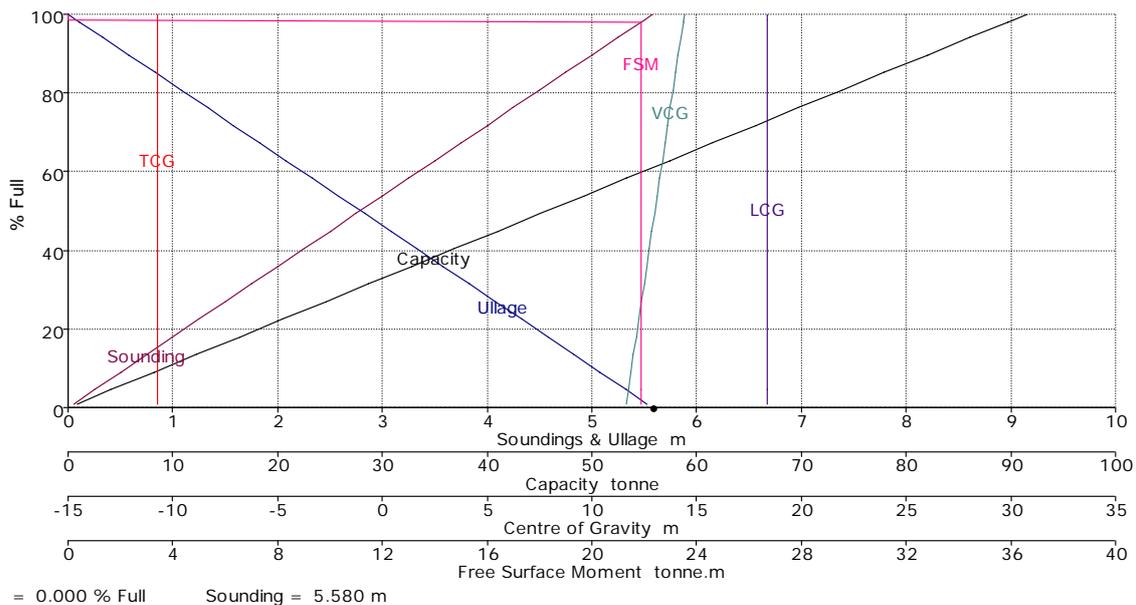
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
5,580	100,000	409,153	409,153	1,440	0	14,410	0
5,500	98,600	403,287	403,287	1,440	0	14,370	0
5,468	98,000	400,929	400,929	1,440	0	14,354	3960,833
5,250	94,100	384,955	384,955	1,440	0	14,245	3960,833
5,000	89,600	366,624	366,624	1,440	0	14,120	3960,833
4,750	85,100	348,293	348,293	1,440	0	13,995	3960,833
4,500	80,600	329,962	329,962	1,440	0	13,870	3960,833
4,250	76,200	311,631	311,631	1,440	0	13,745	3960,833
4,000	71,700	293,299	293,299	1,440	0	13,620	3960,833
3,750	67,200	274,968	274,968	1,440	0	13,495	3960,833
3,500	62,700	256,637	256,637	1,440	0	13,370	3960,833
3,250	58,200	238,306	238,306	1,440	0	13,245	3960,833
3,000	53,800	219,975	219,975	1,440	0	13,120	3960,833
2,750	49,300	201,643	201,643	1,440	0	12,995	3960,833
2,500	44,800	183,312	183,312	1,440	0	12,870	3960,833
2,250	40,300	164,981	164,981	1,440	0	12,745	3960,833
2,000	35,800	146,650	146,65	1,44	0	12,620	3960,833
1,750	31,400	128,318	128,318	1,440	0	12,495	3960,833
1,500	26,900	109,987	109,987	1,440	0	12,370	3960,833
1,250	22,400	91,656	91,656	1,440	0	12,245	3960,833
1,000	17,900	73,325	73,325	1,440	0	12,120	3960,833
0,750	13,400	54,994	54,994	1,440	0	11,995	3960,833



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ **TANQUE DE SEDIMENTACIÓN ESTRIBOR:**

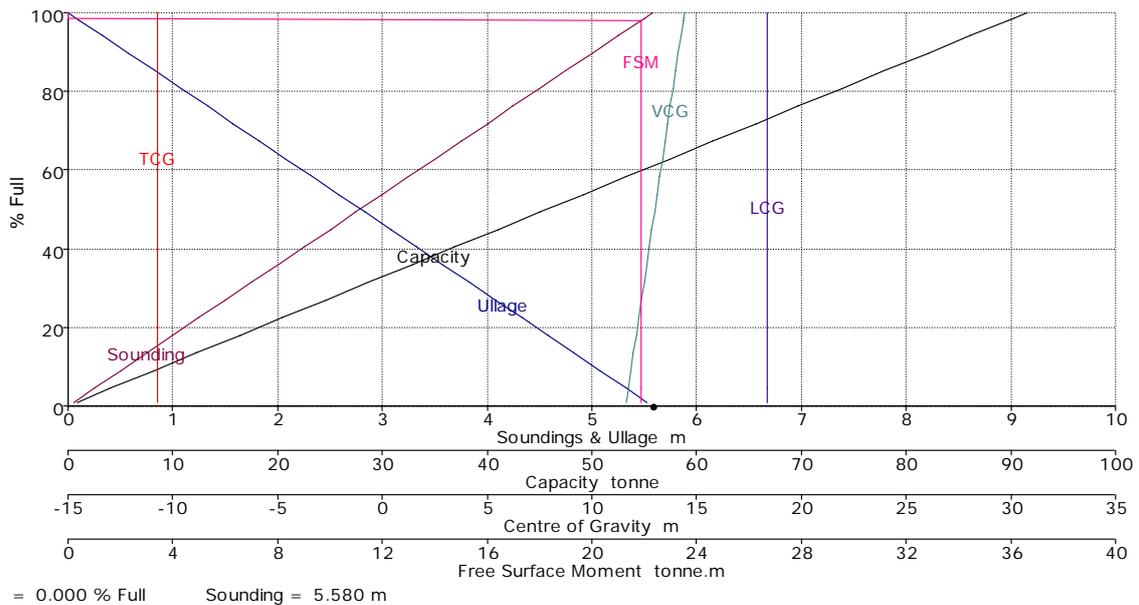
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
5,580	100	111,6	91,545	18,380	10,730	14,410	0
5,500	98,600	110,000	90,233	18,380	10,730	14,370	0
5,468	98,000	109,357	89,705	18,380	10,730	14,354	21,875
5,250	94,100	105,000	86,132	18,380	10,730	14,245	21,875
5,000	89,600	100,000	82,030	18,380	10,730	14,120	21,875
4,750	85,100	95,000	77,929	18,380	10,730	13,995	21,875
4,500	80,600	90,000	73,827	18,380	10,730	13,870	21,875
4,250	76,200	85,000	69,726	18,380	10,730	13,745	21,875
4,000	71,700	80,000	65,624	18,380	10,730	13,620	21,875
3,750	67,200	75,000	61,523	18,380	10,730	13,495	21,875
3,500	62,700	70,000	57,421	18,380	10,730	13,370	21,875
3,250	58,200	65,000	53,320	18,380	10,730	13,245	21,875
3,000	53,800	60,000	49,218	18,380	10,730	13,120	21,875
2,750	49,300	55,000	45,116	18,380	10,730	12,995	21,875
2,500	44,800	50,000	41,015	18,380	10,730	12,870	21,875
2,250	40,300	45,000	36,913	18,380	10,730	12,745	21,875
2,000	35,800	40,000	32,812	18,380	10,730	12,620	21,875
1,750	31,400	35,000	28,710	18,380	10,730	12,495	21,875
1,500	26,900	30,000	24,609	18,380	10,730	12,370	21,875
1,250	22,400	25,000	20,507	18,380	10,730	12,245	21,875
1,000	17,900	20,000	16,406	18,380	10,730	12,120	21,875
0,750	13,400	15,000	12,304	18,380	10,730	11,995	21,875



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ TANQUE DE SEDIMENTACIÓN BAVOR:

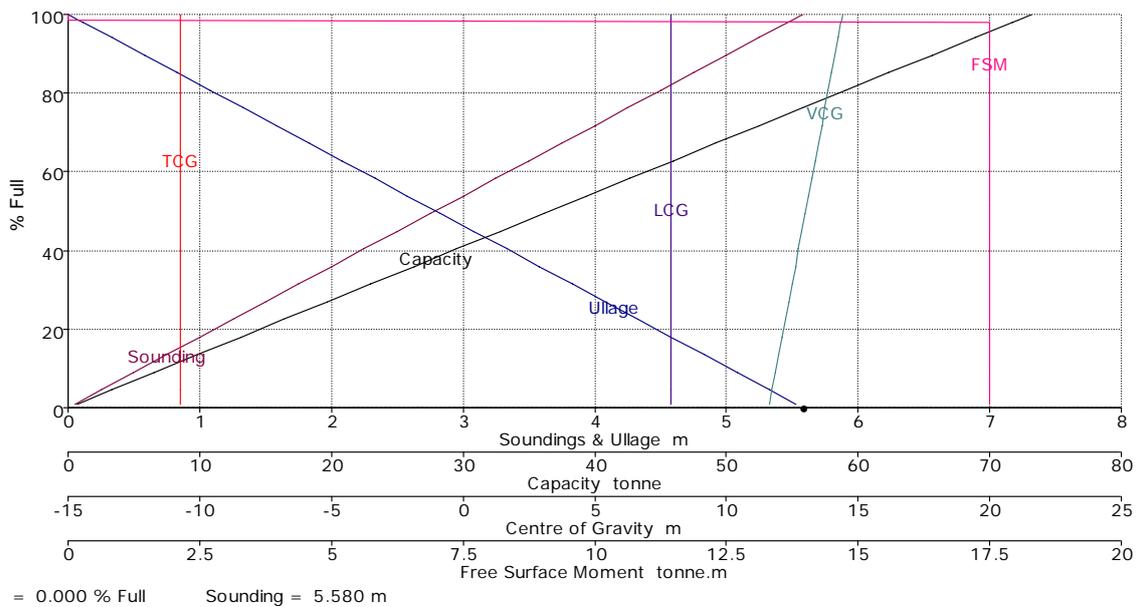
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
5,580	100	111,6	91,545	18,380	-10,730	14,410	0
5,500	98,600	110,000	90,233	18,380	-10,730	14,370	0
5,468	98,000	109,357	89,705	18,380	-10,730	14,354	21,875
5,250	94,100	105,000	86,132	18,380	-10,730	14,245	21,875
5,000	89,600	100,000	82,030	18,380	-10,730	14,120	21,875
4,750	85,100	95,000	77,929	18,380	-10,730	13,995	21,875
4,500	80,600	90,000	73,827	18,380	-10,730	13,870	21,875
4,250	76,200	85,000	69,726	18,380	-10,730	13,745	21,875
4,000	71,700	80,000	65,624	18,380	-10,730	13,620	21,875
3,750	67,200	75,000	61,523	18,380	-10,730	13,495	21,875
3,500	62,700	70,000	57,421	18,380	-10,730	13,370	21,875
3,250	58,200	65,000	53,320	18,380	-10,730	13,245	21,875
3,000	53,800	60,000	49,218	18,380	-10,730	13,120	21,875
2,750	49,300	55,000	45,116	18,380	-10,730	12,995	21,875
2,500	44,800	50,000	41,015	18,380	-10,730	12,870	21,875
2,250	40,300	45,000	36,913	18,380	-10,730	12,745	21,875
2,000	35,800	40,000	32,812	18,380	-10,730	12,620	21,875
1,750	31,400	35,000	28,710	18,380	-10,730	12,495	21,875
1,500	26,900	30,000	24,609	18,380	-10,730	12,370	21,875
1,250	22,400	25,000	20,507	18,380	-10,730	12,245	21,875
1,000	17,900	20,000	16,406	18,380	-10,730	12,120	21,875
0,750	13,400	15,000	12,304	18,380	-10,730	11,995	21,875



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ **SERVICIO DIARIO ESTRIBOR:**

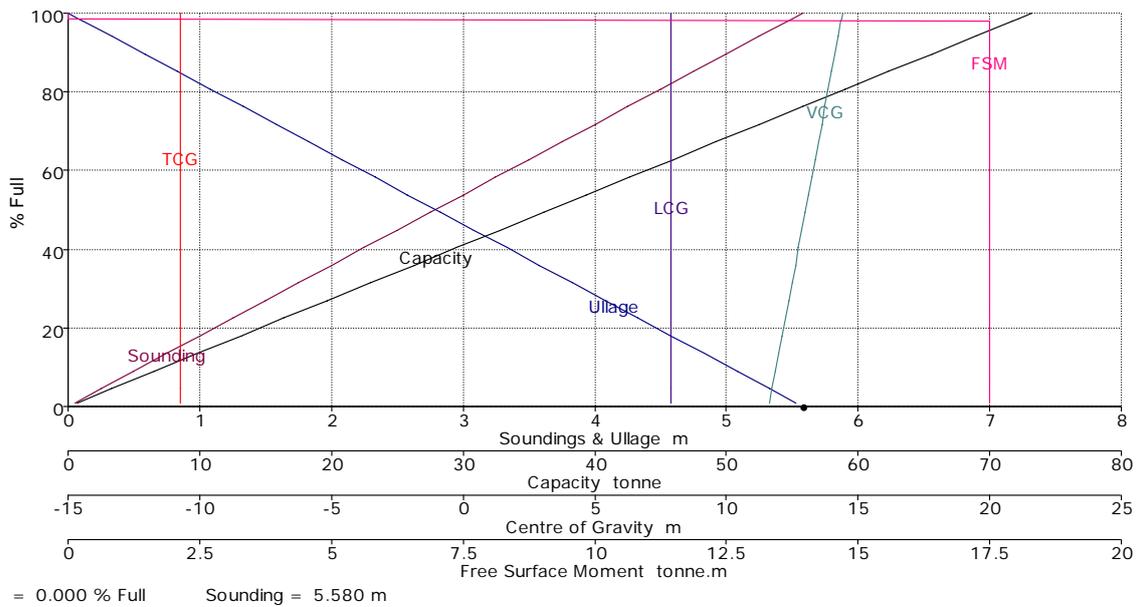
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso (Ton)	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
5,580	100	89,280	73,236	7,880	10,730	14,410	0
5,500	98,600	88,000	72,186	7,880	10,730	14,370	0
5,468	98,000	87,485	71,764	7,880	10,730	14,354	17,500
5,250	94,100	84,000	68,905	7,880	10,730	14,245	17,500
5,000	89,600	80,000	65,624	7,88	1,7300	14,120	17,500
4,750	85,100	76,000	62,343	7,880	10,730	13,995	17,500
4,500	80,600	72,000	59,062	7,880	10,730	13,870	17,500
4,250	76,200	68,000	55,780	7,880	10,730	13,745	17,500
4,000	71,700	64,000	52,499	7,880	10,730	13,620	17,500
3,750	67,200	60,000	49,218	7,880	10,730	13,495	17,500
3,500	62,700	56,000	45,937	7,880	10,730	13,370	17,500
3,250	58,200	52,000	42,656	7,880	10,730	13,245	17,500
3,000	53,800	48,000	39,374	7,880	10,730	13,120	17,500
2,750	49,300	44,000	36,093	7,880	10,730	12,995	17,500
2,500	44,800	40,000	32,812	7,880	10,730	12,870	17,500
2,250	40,300	36,000	29,531	7,880	10,730	12,745	17,500
2,000	35,800	32,000	26,250	7,880	10,730	12,620	17,500
1,750	31,400	28,000	22,968	7,880	10,730	12,495	17,500
1,500	26,900	24,000	19,687	7,8800	10,730	12,370	17,500
1,250	22,400	20,000	16,406	7,880	10,730	12,245	17,500
1,000	17,900	16,000	13,125	7,880	10,730	12,120	17,500
0,750	13,400	12,000	9,844	7,880	10,730	11,995	17,500



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ **SERVICIO DIARIO BAVOR:**

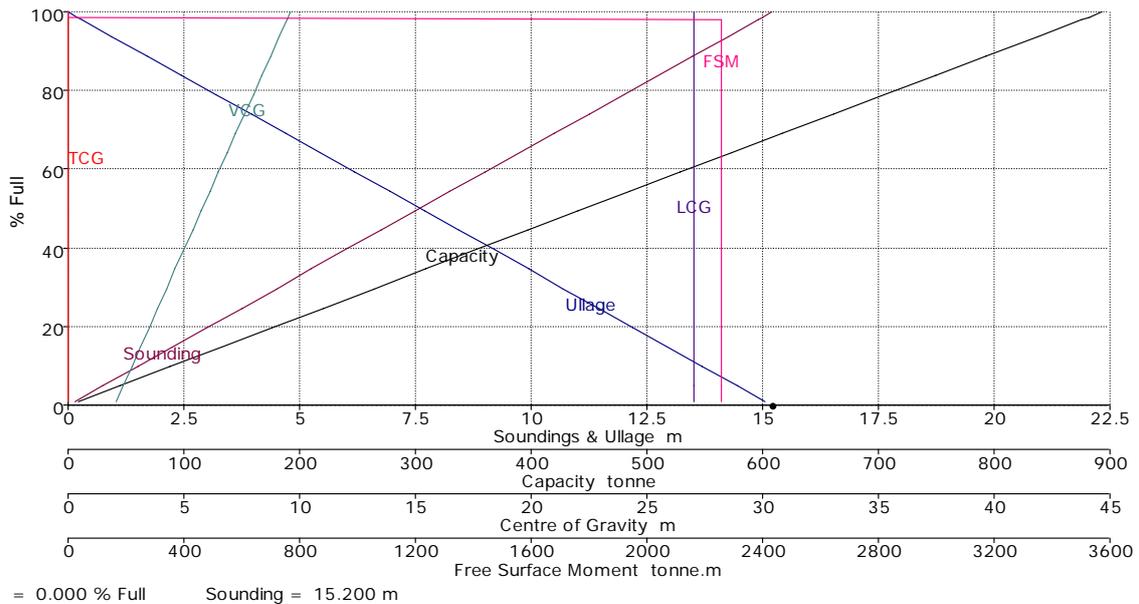
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso (Ton)	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
5,580	100	89,280	73,236	7,880	-10,730	14,410	0
5,500	98,600	88,000	72,186	7,880	-10,730	14,370	0
5,468	98,000	87,485	71,764	7,880	-10,730	14,354	17,500
5,250	94,100	84,000	68,905	7,880	-10,730	14,245	17,500
5,000	89,600	80,000	65,624	7,88	-1,7300	14,120	17,500
4,750	85,100	76,000	62,343	7,880	-10,730	13,995	17,500
4,500	80,600	72,000	59,062	7,880	-10,730	13,870	17,500
4,250	76,200	68,000	55,780	7,880	-10,730	13,745	17,500
4,000	71,700	64,000	52,499	7,880	-10,730	13,620	17,500
3,750	67,200	60,000	49,218	7,880	-10,730	13,495	17,500
3,500	62,700	56,000	45,937	7,880	-10,730	13,370	17,500
3,250	58,200	52,000	42,656	7,880	-10,730	13,245	17,500
3,000	53,800	48,000	39,374	7,880	-10,730	13,120	17,500
2,750	49,300	44,000	36,093	7,880	-10,730	12,995	17,500
2,500	44,800	40,000	32,812	7,880	-10,730	12,870	17,500
2,250	40,300	36,000	29,531	7,880	-10,730	12,745	17,500
2,000	35,800	32,000	26,250	7,880	-10,730	12,620	17,500
1,750	31,400	28,000	22,968	7,880	-10,730	12,495	17,500
1,500	26,900	24,000	19,687	7,8800	-10,730	12,370	17,500
1,250	22,400	20,000	16,406	7,880	-10,730	12,245	17,500
1,000	17,900	16,000	13,125	7,880	-10,730	12,120	17,500
0,750	13,400	12,000	9,844	7,880	-10,730	11,995	17,500



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ SLOP TANK (TANQUE DE RESIDUOS)

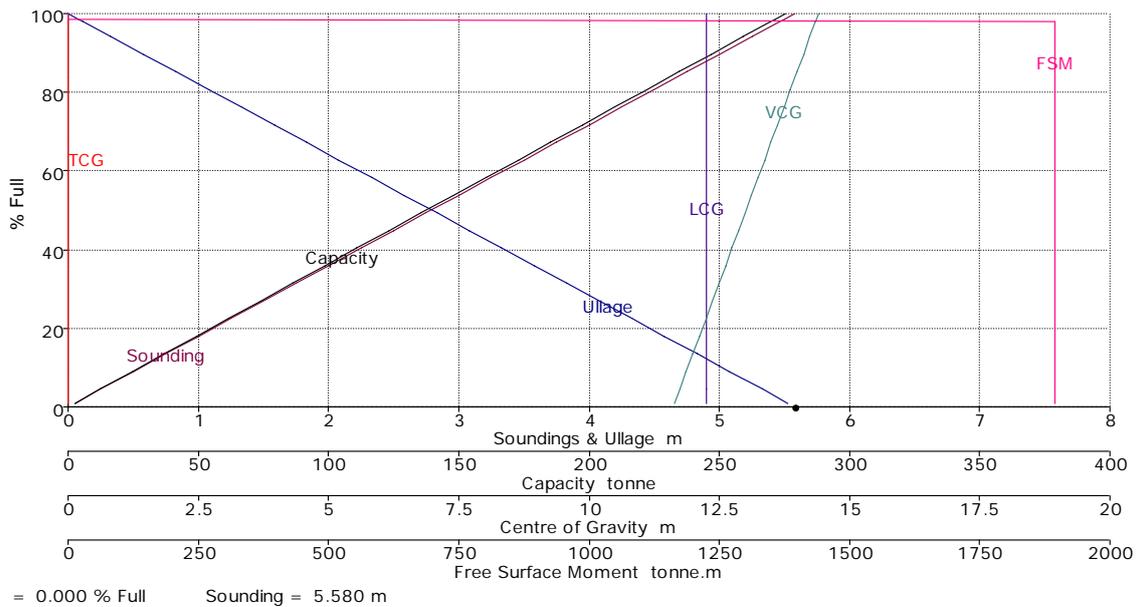
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
15,200	100	978,576	893,440	27,050	0	9,600	0
15,000	98,700	965,700	881,684	27,050	0	9,500	0
14,894	98,000	958,907	875,482	27,050	0	9,447	2255,796
14,250	93,700	917,415	837,600	27,050	0	9,125	2255,796
13,500	88,800	869,130	793,516	27,050	0	8,750	2255,796
12,7500	83,900	820,845	749,431	27,050	0	8,375	2255,796
12,000	78,900	772,560	705,347	27,050	0	8,000	2255,796
11,250	74,000	724,275	661,263	27,050	0	7,625	2255,796
10,500	69,100	675,990	617,179	27,050	0	7,250	2255,796
9,750	64,100	627,705	573,095	27,050	0	6,875	2255,796
9,000	59,200	579,420	529,010	27,050	0	6,500	2255,796
8,250	54,300	531,135	484,926	27,050	0	6,125	2255,796
7,500	49,300	482,850	440,842	27,050	0	5,750	2255,796
6,750	44,400	434,565	396,758	27,050	0	5,375	2255,796
6,000	39,500	386,280	352,674	27,050	0	5,000	2255,796
5,250	34,500	337,995	308,589	27,050	0	4,625	2255,796
4,500	29,600	289,710	264,505	27,050	0	4,2500	2255,796
3,750	24,700	241,425	220,421	27,050	0	3,875	2255,796
3,000	19,700	193,140	176,337	27,050	0	3,500	2255,796
2,250	14,800	144,855	132,253	27,050	0	3,125	2255,796
1,500	9,900	96,570	88,168	27,050	0	2,750	2255,796
0,750	4,900	48,285	44,084	27,050	0	2,375	2255,796



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ TANQUE DE ACEITE

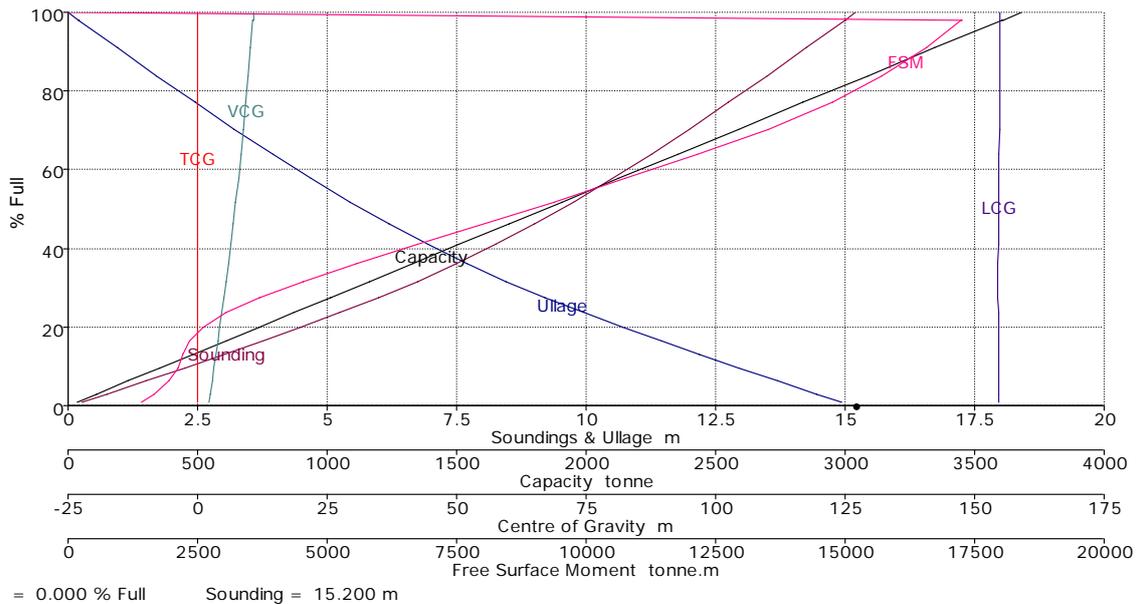
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
5,580	100	199,367	215,400	12,250	0	14,410	0
5,500	98,600	195,075	191,469	12,250	0	14,370	0
5,468	98,000	193,350	189,882	12,250	0	14,354	1894,243
5,250	94,100	181,663	169,13	12,250	0	14,245	1894,243
5,000	89,600	168,250	156,79	12,250	0	14,120	1894,243
4,750	85,100	154,838	144,451	12,250	0	13,995	1894,243
4,500	80,600	141,425	122,111	12,250	0	13,870	1894,243
4,250	76,200	128,013	109,772	12,250	0	13,745	1894,243
4,000	71,700	114,600	97,432	12,250	0	13,620	1894,243
3,750	67,200	101,188	85,093	12,250	0	13,495	1894,243
3,500	62,700	87,775	72,753	12,2500	0	13,370	1894,243
3,250	58,200	74,363	60,414	12,250	0	13,245	1894,243
3,000	53,800	60,950	48,074	12,250	0	13,120	1894,243
2,750	49,300	47,537	35,734	12,250	0	12,995	1894,243
2,500	44,800	34,125	23,395	12,250	0	12,870	1894,243
2,250	40,300	20,712	11,055	12,250	0	12,745	1894,243
2,000	35,800	17,300	8,716	12,25	0	12,620	1894,243
1,750	31,400	13,887	6,376	12,250	0	12,495	1894,243
1,500	26,900	10,475	5,037	12,250	0	12,370	1894,243
1,250	22,400	7,062	4,697	12,250	0	12,245	1894,243
1,000	17,900	3,650	3,358	12,250	0	12,120	1894,243
0,750	13,400	2,237	2,018	12,250	0	11,995	1894,243



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ BODEGA 1(+A PROA)

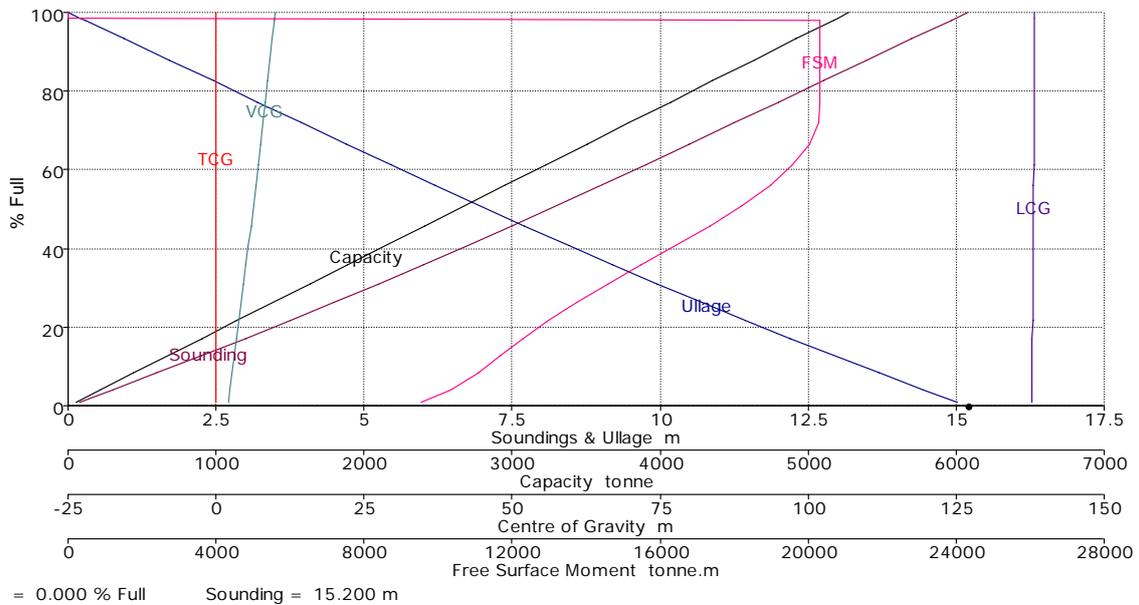
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
15,200	100	4330,678	3281,076	154,943	0	10,858	0
15,000	98,100	4247,337	3010,236	154,931	0	10,735	17249,3
14,991	98,000	4243,544	2807,012	154,931	0	10,730	17240,831
14,250	90,900	3937,904	2707,219	154,888	0	10,273	16571,208
13,500	83,900	3634,035	2688,930	154,845	0	9,804	15710,859
12,750	77,000	3336,672	2536,172	154,801	0	9,330	14751,234
12,000	70,400	3047,447	2390,330	154,758	0	8,851	13525,669
11,250	63,900	2768,368	2253,113	154,714	0	8,369	12141,064
10,500	57,700	2500,498	2125,423	154,668	0	7,886	10762,576
9,750	51,800	2245,111	1908,344	154,623	0	7,404	9370,958
9,000	46,300	2003,149	1702,676	154,580	0	6,923	8036,874
8,250	41,000	1775,926	1509,537	154,544	0	6,449	6748,903
7,500	36,100	1564,523	1329,844	154,520	0	5,986	5564,358
6,750	31,600	1369,439	1164,023	154,515	0	5,538	4536,93
6,000	27,500	1190,095	1011,581	154,535	0	5,109	3696,951
5,250	23,700	1024,388	870,730	154,581	0	4,702	3052,391
4,500	20,000	868,226	737,992	154,640	0	4,310	2603,349
3,750	16,600	716,793	609,274	154,689	0	3,927	2339,636
3,000	13,100	566,862	481,832	154,714	0	3,544	2209,28
2,250	9,600	417,724	355,065	154,715	0	3,158	2115,904
1,500	6,300	271,118	230,450	154,700	0	2,769	1947,626
0,750	3,000	130,482	110,910	154,677	0	2,381	1657,075



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ BODEGA 2

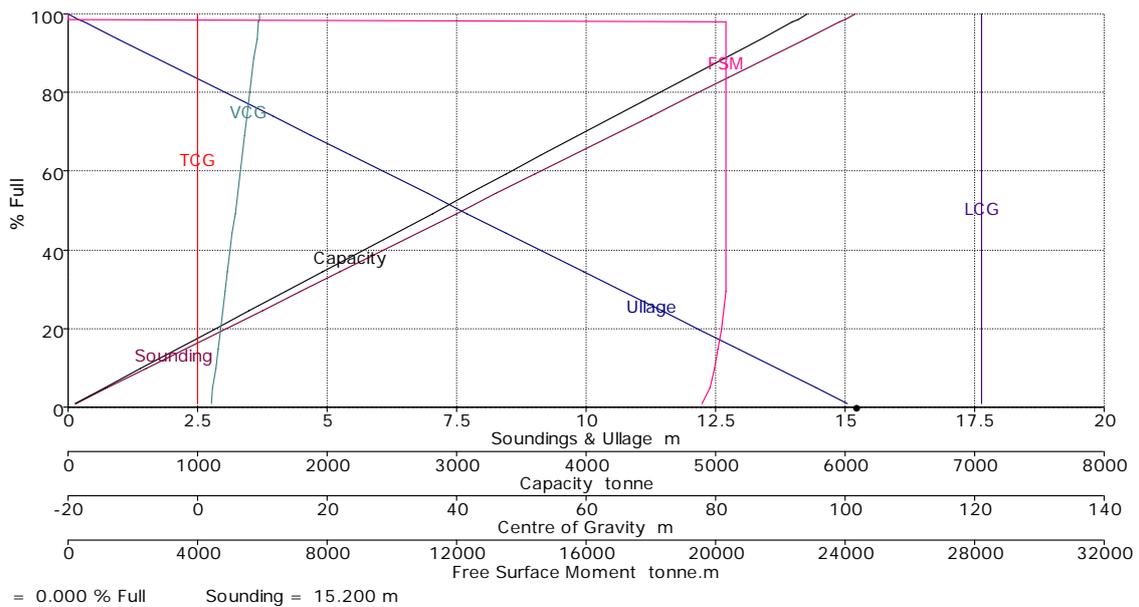
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
15,200	100	6006,372	4875,417	138,257	0	9,955	0
15,000	98,600	6017,873	4800,192	138,254	0	9,852	0
14,918	98,000	5981,625	4669,381	138,252	0	9,810	20317,139
14,250	93,200	5786,002	4518,102	138,238	0	9,463	20317,139
13,500	87,900	5454,131	4336,012	138,221	0	9,073	20317,139
12,750	82,500	5122,260	4103,921	138,202	0	8,681	20317,139
12,000	77,200	4790,389	3971,831	138,180	0	8,287	20317,139
11,250	71,800	4458,562	3789,777	138,155	0	7,890	20277,606
10,500	66,500	4127,507	3508,381	138,127	0	7,490	20028,921
9,750	61,200	3798,377	3228,621	138,098	0	7,088	19590,163
9,000	55,900	3472,364	2951,51	138,069	0	6,685	18974,53
8,250	50,800	3150,542	2677,961	138,040	0	6,283	18202,693
7,500	45,700	2833,922	2408,834	138,013	0	5,881	17350,765
6,750	40,700	2523,163	2144,689	137,988	0	5,482	16413,968
6,000	35,700	2218,628	1885,834	137,965	0	5,084	15498,83
5,250	30,900	1920,513	1632,436	137,943	0	4,690	14599,058
4,500	26,200	1628,793	1384,474	137,923	0	4,298	13747,052
3,750	21,600	1343,202	1141,721	137,904	0	3,910	12980,111
3,000	17,100	1063,374	903,868	137,886	0	3,524	12288,551
2,250	12,700	788,922	670,584	137,869	0	3,140	11665,983
1,500	8,400	519,474	441,553	137,849	0	2,758	11077,529
0,750	4,100	255,526	217,197	137,821	0	2,378	10358,239



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ BODEGA 3

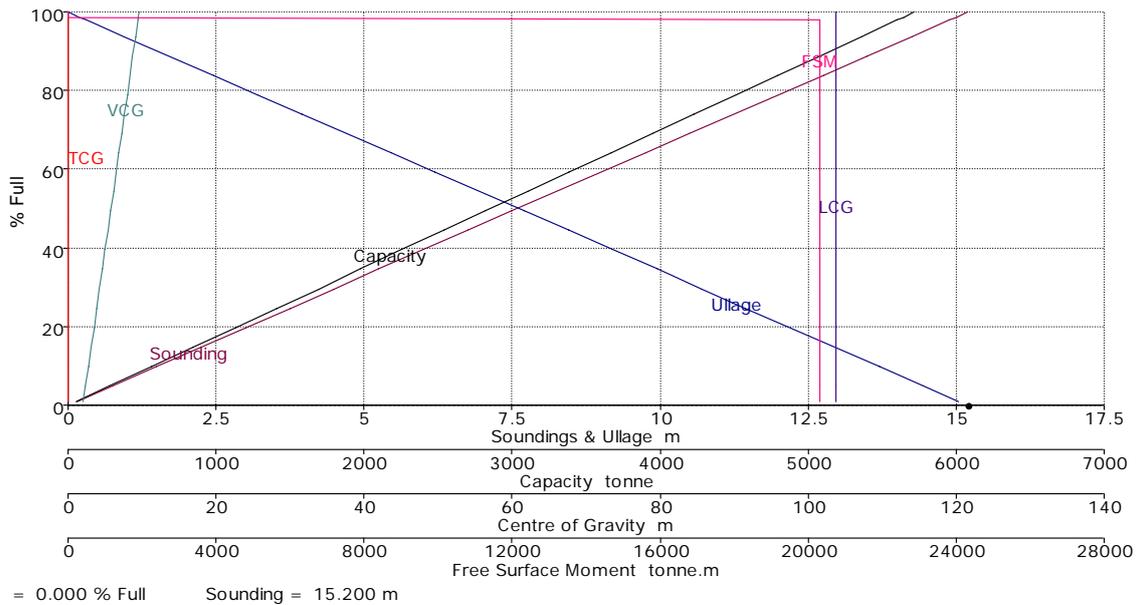
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
15,200	100	6216,457	4708,989	121,130	0	9,609	0
15,000	98,700	6107,958	4633,764	121,130	0	9,509	0
14,894	98,000	6001,266	4594,076	121,130	0	9,456	20317,143
14,250	93,700	5896,087	4351,674	121,129	0	9,134	20317,143
13,500	88,800	5764,216	4169,583	121,129	0	8,759	20317,143
12,750	83,900	5632,345	3987,493	121,128	0	8,384	20317,143
12,000	78,900	5300,474	3705,403	121,127	0	8,008	20317,143
11,250	74,000	4968,603	3523,312	121,127	0	7,633	20317,143
10,500	69,000	4636,731	3341,222	121,126	0	7,258	20317,143
9,750	64,100	4304,860	3259,131	121,124	0	6,883	20317,143
9,000	59,200	3972,989	3077,041	121,123	0	6,508	20317,143
8,250	54,200	3641,118	2994,951	121,122	0	6,132	20317,143
7,500	49,300	3309,247	2812,860	121,12	0	5,757	20317,143
6,750	44,300	2977,376	2530,770	121,118	0	5,382	20317,143
6,000	39,400	2645,505	2248,679	121,115	0	5,006	20317,143
5,250	34,400	2313,634	1966,589	121,111	0	4,630	20317,143
4,500	29,500	1981,786	1684,518	121,106	0	4,255	20301,01
3,750	24,600	1650,120	1402,602	121,101	0	3,879	20248,769
3,000	19,600	1318,816	1120,994	121,094	0	3,503	20181,461
2,250	14,700	987,958	839,765	121,086	0	3,127	20080,132
1,500	9,800	657,733	559,073	121,077	0	2,751	19965,365
0,750	4,900	328,212	278,98	121,065	0	2,375	19829,176



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ BODEGA 4

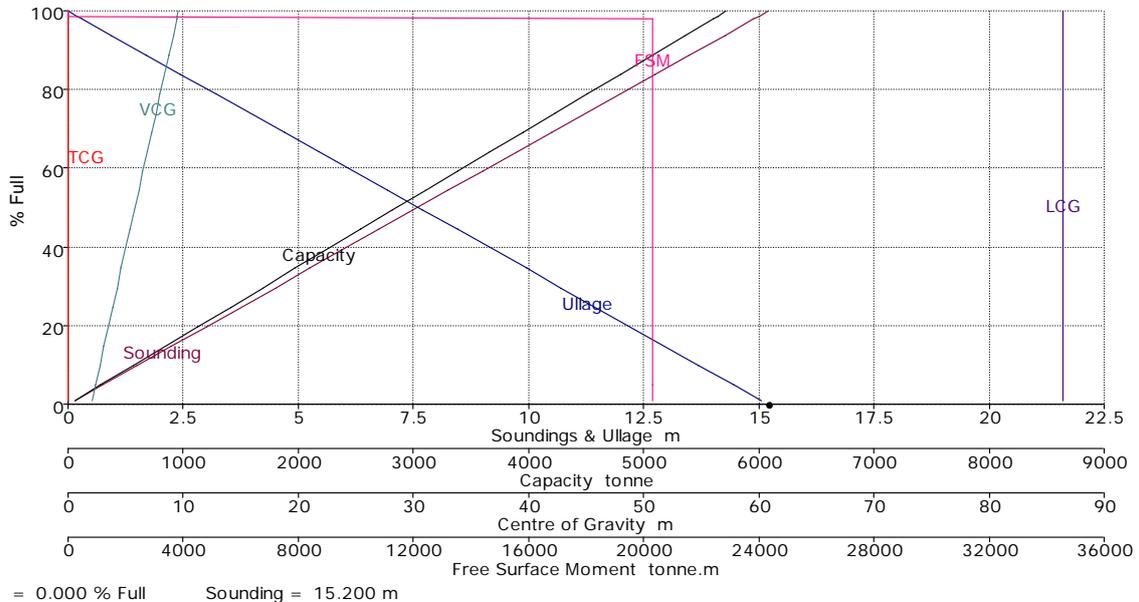
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
15,200	100	6425,921	5217,033	103,760	0	9,600	0
15,000	98,700	6337,422	5181,809	103,760	0	9,500	0
14,894	98,000	6190,730	5092,121	103,760	0	9,447	20317,143
14,250	93,700	6065,551	4949,718	103,76	0	9,125	20317,143
13,500	88,800	5973,680	4777,628	103,760	0	8,750	20317,143
12,750	83,900	5641,809	4595,537	103,760	0	8,375	20317,143
12,000	78,900	5309,938	4380,447	103,760	0	8,000	20317,143
11,250	74,000	4978,067	4231,357	103,760	0	7,625	20317,143
10,500	69,100	4646,196	3949,266	103,760	0	7,250	20317,143
9,750	64,100	4314,324	3667,176	103,760	0	6,875	20317,143
9,000	59,200	3982,453	3385,085	103,760	0	6,500	20317,143
8,250	54,300	3650,582	3102,995	103,760	0	6,125	20317,143
7,500	49,300	3318,711	2820,905	103,760	0	5,750	20317,143
6,750	44,400	2986,840	2538,814	103,760	0	5,375	20317,143
6,000	39,500	2654,969	2256,724	103,760	0	5,000	20317,143
5,250	34,500	2323,098	1974,633	103,760	0	4,625	20317,143
4,500	29,600	1991,227	1692,543	103,760	0	4,250	20317,143
3,750	24,700	1659,356	1410,452	103,760	0	3,875	20317,143
3,000	19,700	1327,484	1128,362	103,760	0	3,500	20317,143
2,250	14,800	995,613	846,271	103,7600	0	3,125	20317,143
1,500	9,900	663,742	564,181	103,760	0	2,750	20317,143
0,750	4,900	331,871	282,090	103,760	0	2,375	20317,143



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ BODEGA 5

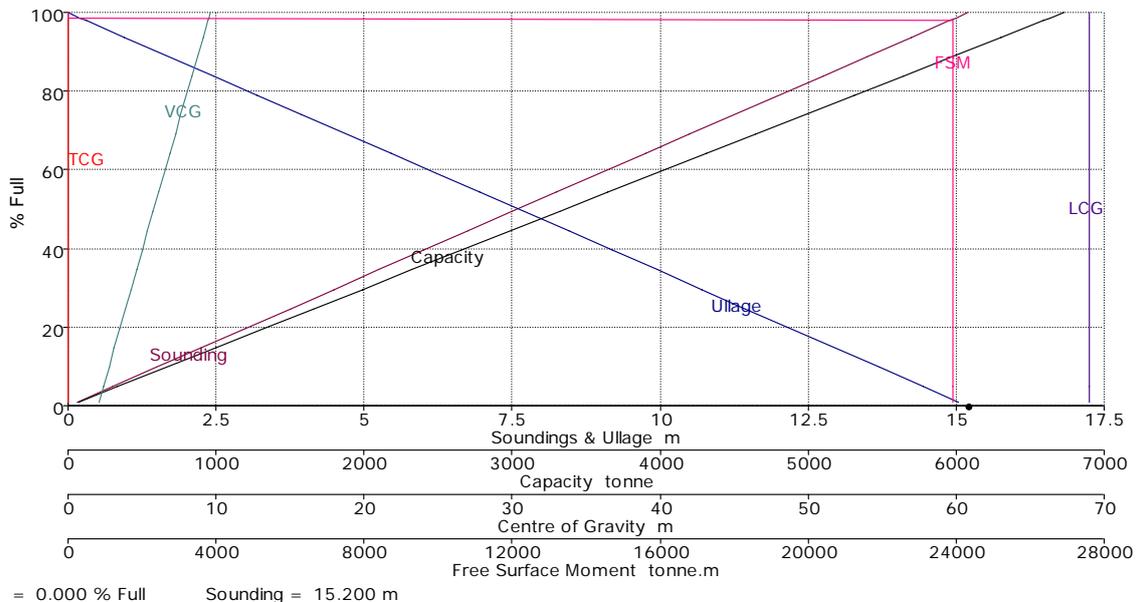
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
15,200	100	6425,921	5217,033	103,760	0	9,600	0
15,000	98,700	6337,422	5181,809	103,760	0	9,500	0
14,894	98,000	6190,730	5092,121	103,760	0	9,447	20317,143
14,250	93,700	6065,551	4949,718	103,76	0	9,125	20317,143
13,500	88,800	5973,680	4777,628	103,760	0	8,750	20317,143
12,750	83,900	5641,809	4595,537	103,760	0	8,375	20317,143
12,000	78,900	5309,938	4380,447	103,760	0	8,000	20317,143
11,250	74,000	4978,067	4231,357	103,760	0	7,625	20317,143
10,500	69,100	4646,196	3949,266	103,760	0	7,250	20317,143
9,750	64,100	4314,324	3667,176	103,760	0	6,875	20317,143
9,000	59,200	3982,453	3385,085	103,760	0	6,500	20317,143
8,250	54,300	3650,582	3102,995	103,760	0	6,125	20317,143
7,500	49,300	3318,711	2820,905	103,760	0	5,750	20317,143
6,750	44,400	2986,840	2538,814	103,760	0	5,375	20317,143
6,000	39,500	2654,969	2256,724	103,760	0	5,00	20317,143
5,250	34,500	2323,098	1974,633	103,760	0	4,625	20317,143
4,500	29,600	1991,227	1692,543	103,760	0	4,250	20317,143
3,750	24,700	1659,356	1410,452	103,760	0	3,875	20317,143
3,000	19,700	1327,484	1128,362	103,760	0	3,500	20317,143
2,250	14,800	995,613	846,271	103,7600	0	3,125	20317,143
1,500	9,900	663,742	564,181	103,760	0	2,750	20317,143
0,750	4,900	331,871	282,090	103,760	0	2,375	20317,143



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ BODEGA 6

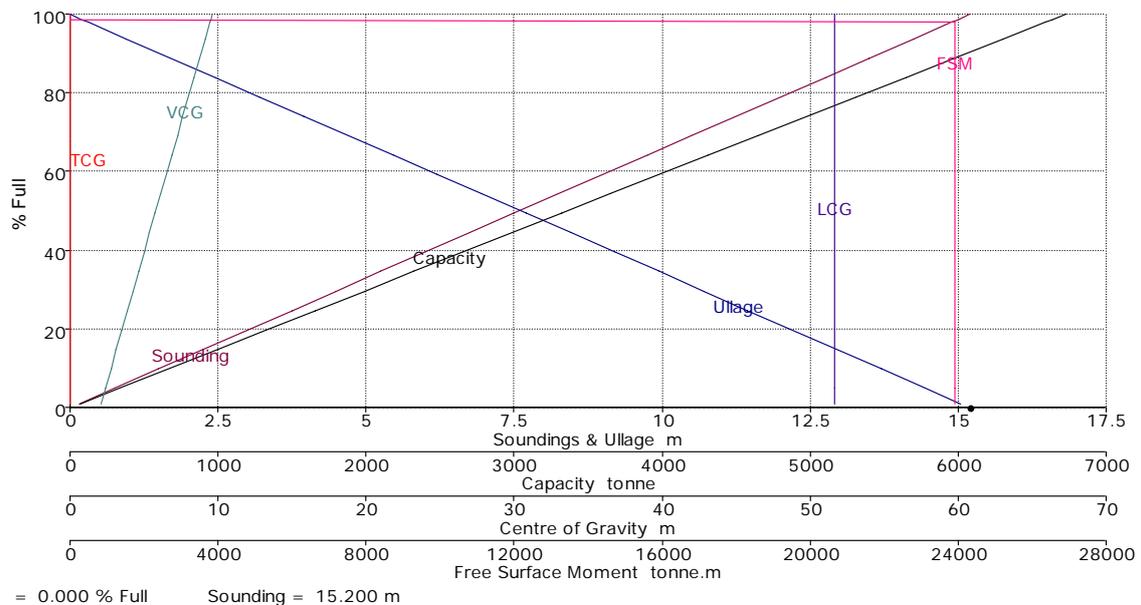
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
15,200	100	6525,426	5725,921	69,000	0	9,600	0
15,000	98,700	6337,422	5637,422	69,000	0	9,500	0
14,894	98,000	6190,730	5590,730	69,000	0	9,447	23902,52
14,250	93,700	5905,551	5305,551	69,000	0	9,125	23902,52
13,500	88,800	5773,680	5173,680	69,000	0	8,750	23902,52
12,750	83,900	5541,808	5041,808	69,000	0	8,375	23902,52
12,000	78,900	5309,938	4809,938	69,000	0	8,000	23902,52
11,250	74,000	4978,066	4578,066	69,000	0	7,625	23902,52
10,500	69,100	4646,195	4346,195	69,000	0	7,250	23902,52
9,750	64,100	4314,324	4114,324	69,000	0	6,875	23902,52
9,000	59,200	3982,453	3982,453	69,000	0	6,500	23902,52
8,250	54,300	3650,582	3650,582	69,000	0	6,125	23902,52
7,500	49,300	3318,711	3318,711	69,000	0	5,750	23902,52
6,750	44,400	2986,840	2986,840	69,000	0	5,375	23902,52
6,000	39,500	2654,969	2654,969	69,000	0	5,000	23902,52
5,250	34,500	2323,098	2323,098	69,000	0	4,625	23902,52
4,500	29,600	1991,227	1991,227	69,000	0	4,250	23902,52
3,750	24,700	1659,355	1659,355	69,000	0	3,875	23902,52
3,000	19,700	1327,484	1327,484	69,000	0	3,500	23902,52
2,250	14,800	995,613	995,613	69,000	0	3,125	23902,52
1,500	9,900	663,742	663,742	69,000	0	2,750	23902,52
0,750	4,900	331,871	331,871	69,000	0	2,375	23902,52



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ BODEGA 7

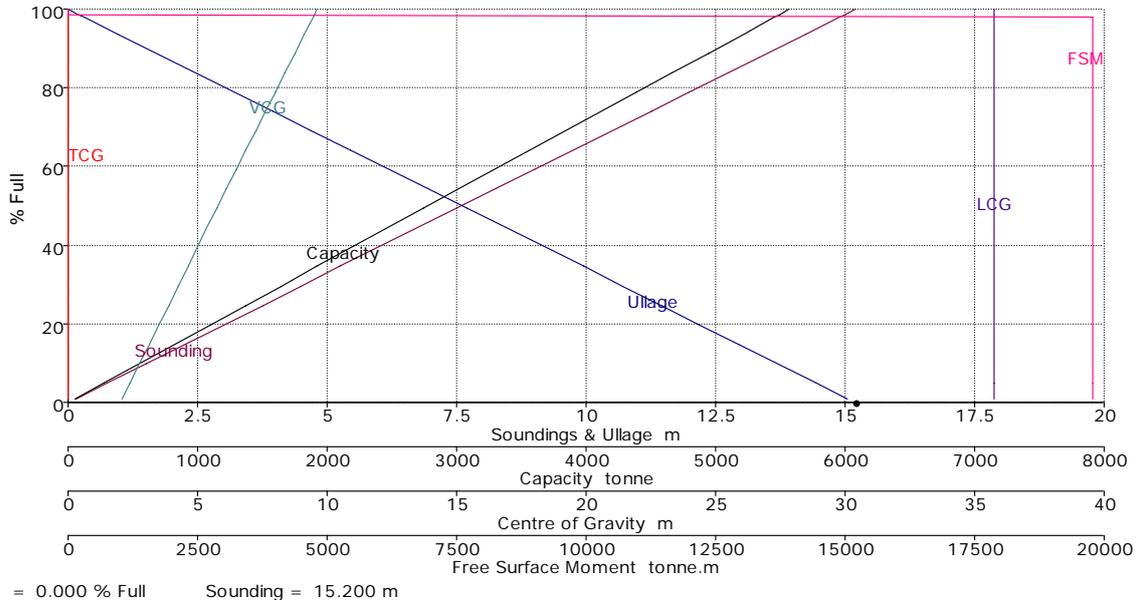
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
15,200	100	6525,426	5725,921	69,000	0	9,600	0
15,000	98,700	6337,422	5637,422	69,000	0	9,500	0
14,894	98,000	6190,730	5590,730	69,000	0	9,447	23902,52
14,250	93,700	5905,551	5305,551	69,000	0	9,125	23902,52
13,500	88,800	5773,680	5173,680	69,000	0	8,750	23902,52
12,750	83,900	5541,808	5041,808	69,000	0	8,375	23902,52
12,000	78,900	5309,938	4809,938	69,000	0	8,000	23902,52
11,250	74,000	4978,066	4578,066	69,000	0	7,625	23902,52
10,500	69,100	4646,195	4346,195	69,000	0	7,250	23902,52
9,750	64,100	4314,324	4114,324	69,000	0	6,875	23902,52
9,000	59,200	3982,453	3982,453	69,000	0	6,500	23902,52
8,250	54,300	3650,582	3650,582	69,000	0	6,125	23902,52
7,500	49,300	3318,711	3318,711	69,000	0	5,750	23902,52
6,750	44,400	2986,840	2986,840	69,000	0	5,375	23902,52
6,000	39,500	2654,969	2654,969	69,000	0	5,000	23902,52
5,250	34,500	2323,098	2323,098	69,000	0	4,625	23902,52
4,500	29,600	1991,227	1991,227	69,000	0	4,250	23902,52
3,750	24,700	1659,355	1659,355	69,000	0	3,875	23902,52
3,000	19,700	1327,484	1327,484	69,000	0	3,500	23902,52
2,250	14,800	995,613	995,613	69,000	0	3,125	23902,52
1,500	9,900	663,742	663,742	69,000	0	2,750	23902,52
0,750	4,900	331,871	331,871	69,000	0	2,375	23902,52



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ BODEGA 8 (+ A POPA)

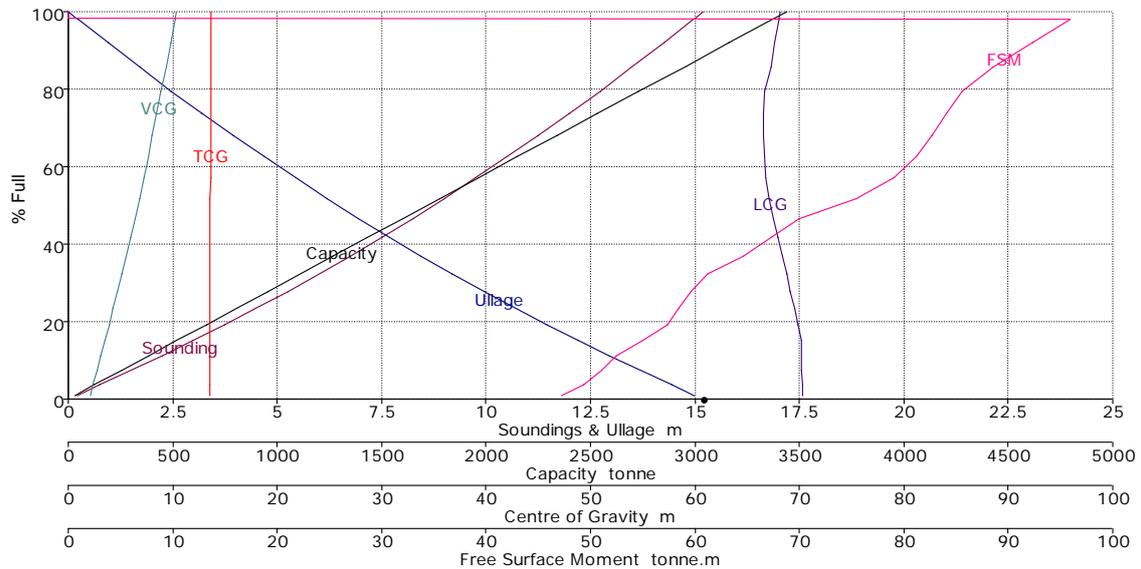
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
15,200	100	4664,945	3564,945	35,740	0	9,600	0
15,000	98,700	4591,722	3480,722	35,740	0	9,500	0
14,894	98,000	4453,090	3405,090	35,740	0	9,447	19776,654
14,250	93,700	4317,136	3317,136	35,740	0	9,125	19776,654
13,500	88,800	4242,550	3242,550	35,740	0	8,750	19776,654
12,750	83,900	4107,964	3167,964	35,740	0	8,375	19776,654
12,000	78,900	3993,378	3093,378	35,740	0	8,000	19776,654
11,250	74,000	3818,792	2918,792	35,740	0	7,625	19776,654
10,500	69,100	3644,206	2880,206	35,74	0	7,250	19776,654
9,750	64,100	3569,619	2769,619	35,740	0	6,875	19776,654
9,000	59,200	3295,033	2595,033	35,740	0	6,500	19776,654
8,250	54,300	3020,447	2420,447	35,740	0	6,125	19776,654
7,500	49,300	2745,861	2245,861	35,740	0	5,750	19776,654
6,750	44,400	2471,275	2171,275	35,740	0	5,375	19776,654
6,000	39,500	2196,689	1996,689	35,740	0	5,000	19776,654
5,250	34,500	1922,103	1722,103	35,740	0	4,625	19776,654
4,500	29,600	1647,517	1647,517	35,740	0	4,250	19776,654
3,750	24,700	1372,931	1372,931	35,740	0	3,875	19776,654
3,000	19,700	1098,344	1098,344	35,740	0	3,500	19776,654
2,250	14,800	823,758	823,758	35,740	0	3,125	19776,654
1,500	9,900	549,172	549,172	35,740	0	2,750	19776,654
0,750	4,900	274,586	274,586	35,740	0	2,375	19776,654



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ DOBLE CASCO ESTRIBOR

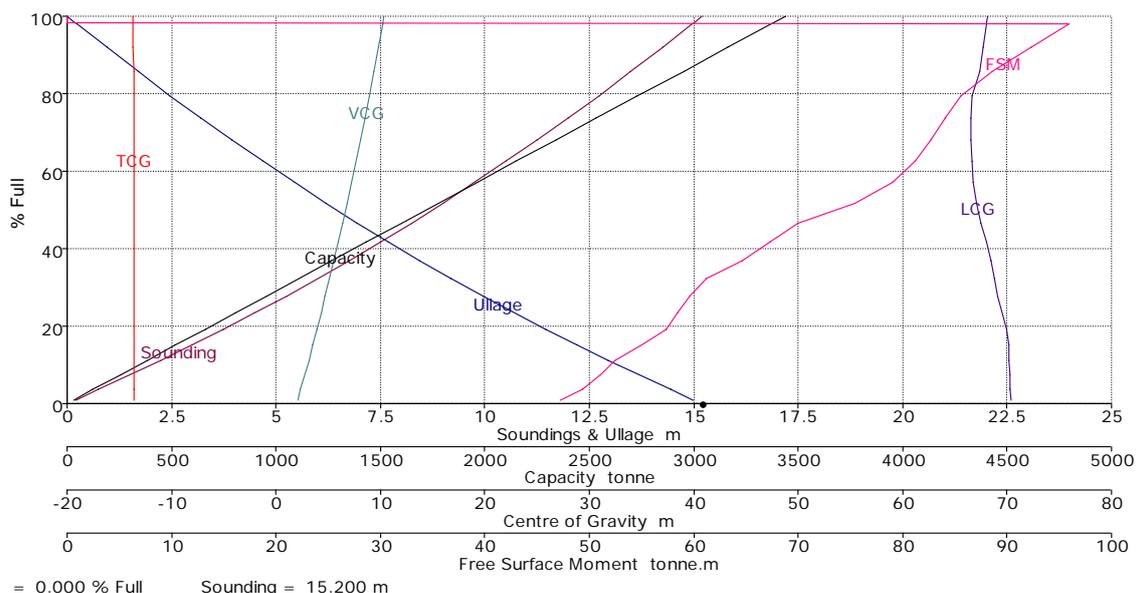
Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
15,200	100	3355,107	3439,656	68,176	13,649	10,361	0
15,000	98,300	3297,745	3380,848	68,061	13,647	10,244	0
14,964	98,000	3287,589	3370,436	68,041	13,647	10,223	95,939
14,250	92,000	3086,149	3163,920	67,667	13,644	9,806	92,274
13,500	85,800	2880,101	2952,680	67,343	13,640	9,372	88,558
12,750	79,400	2663,279	2730,394	66,641	13,640	8,915	85,613
12,000	73,700	2471,301	2533,578	66,568	13,636	8,490	84,11
11,250	68,000	2282,501	2340,020	66,556	13,633	8,065	82,643
10,500	62,500	2097,007	2149,851	66,624	13,629	7,640	81,214
9,750	57,100	1914,966	1963,223	66,793	13,625	7,213	79,008
9,000	51,800	1736,97	1780,741	67,087	13,621	6,787	75,454
8,250	46,600	1563,975	1603,387	67,516	13,617	6,362	69,976
7,500	41,600	1396,692	1431,888	67,997	13,613	5,941	67,332
6,750	36,800	1235,802	1266,944	68,429	13,610	5,526	64,584
6,000	32,200	1081,474	1108,727	68,778	13,607	5,119	61,167
5,250	27,800	931,535	955,009	69,135	13,604	4,716	59,608
4,500	23,400	785,588	805,385	69,523	13,603	4,314	58,435
3,750	19,200	644,099	660,331	69,907	13,602	3,916	57,355
3,000	15,100	507,785	520,581	70,188	13,602	3,524	55,066
2,250	11,200	376,781	386,276	70,216	13,597	3,140	52,411
1,500	7,400	248,131	254,384	70,235	13,591	2,758	51,091
0,750	3,600	122,025	125,100	70,286	13,583	2,378	49,306



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

▪ DOBEL CASCO BABOR

Profundidad (m)	Nivel (%)	Volumen (m ³)	Peso T	XG (m)	LG (m)	KG (m)	Msl (Ton*m)
15,200	100	3355,107	3439,656	68,176	13,649	10,361	0
15,000	98,300	3297,745	3380,848	68,061	13,647	10,244	0
14,964	98,000	3287,589	3370,436	68,041	13,647	10,223	95,939
14,250	92,000	3086,149	3163,920	67,667	13,644	9,806	92,274
13,500	85,800	2880,101	2952,680	67,343	13,640	9,372	88,558
12,750	79,400	2663,279	2730,394	66,641	13,640	8,915	85,613
12,000	73,700	2471,301	2533,578	66,568	13,636	8,490	84,11
11,250	68,000	2282,501	2340,020	66,556	13,633	8,065	82,643
10,500	62,500	2097,007	2149,851	66,624	13,629	7,640	81,214
9,750	57,100	1914,966	1963,223	66,793	13,625	7,213	79,008
9,000	51,800	1736,97	1780,741	67,087	13,621	6,787	75,454
8,250	46,600	1563,975	1603,387	67,516	13,617	6,362	69,976
7,500	41,600	1396,692	1431,888	67,997	13,613	5,941	67,332
6,750	36,800	1235,802	1266,944	68,429	13,610	5,526	64,584
6,000	32,200	1081,474	1108,727	68,778	13,607	5,119	61,167
5,250	27,800	931,535	955,009	69,135	13,604	4,716	59,608
4,500	23,400	785,588	805,385	69,523	13,603	4,314	58,435
3,750	19,200	644,099	660,331	69,907	13,602	3,916	57,355
3,000	15,100	507,785	520,581	70,188	13,602	3,524	55,066
2,250	11,200	376,781	386,276	70,216	13,597	3,140	52,411
1,500	7,400	248,131	254,384	70,235	13,591	2,758	51,091
0,750	3,600	122,025	125,100	70,286	13,583	2,378	49,306



4.6-SITUACIONES DE CARGA

Las situaciones de carga definen las condiciones operativas del buque, dependientes de los pesos, los volúmenes de los tanques y de la geometría de la carena, resultando de las mismas los sistemas de carga con los que el buque puede operar, en relación a la estabilidad, la resistencia estructural y otros condicionantes.

El estudio de las situaciones de carga dentro del proceso iterativo del proyecto llega hasta la fase de entrega del buque, donde se incluyen las instrucciones del Capitán, aunque en esta obra, por su enfoque, se limitan a la fase de estimación del proyecto básico.

El punto de partida del estudio de las situaciones de carga son las formas y la distribución de los espacios, que por integración suministran todos los cálculos hidrostáticos y de capacidades. Por otra parte, también se dispone del peso y de la distribución del buque en rosca además de los pesos, la distribución de la carga y de los consumos: combustibles, aceites, agua dulce y víveres. La tripulación, los pertrechos y el lastre completan la información disponible.

La distribución de pesos va acompañada de la situación vertical de los centros de gravedad de todos los pesos anteriormente citados.

Con estos datos de todos los pesos se calculan los momentos verticales referidos siempre a la línea base y como resultados se obtienen el peso o desplazamiento total y la situación del centro de gravedad.

Las situaciones de carga a analizar serán las siguientes:

- Salida, 100 % de consumos, cargado homogéneamente al calado máximo.
- Llegada de la situación anterior con 10 % de consumos.
- Salida con lastre y con 100 % de consumos, pero sin carga.
- Llegada de la situación anterior con 10 % de consumos.

Debe verificarse el cumplimiento de los siguientes reglamentos y requerimientos en todas las situaciones de carga:

- Francobordo. Líneas de carga.
- Estabilidad después de averías, cuando es aplicable.
- Criterios de estabilidad. IMO.
- Resistencia Longitudinal.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

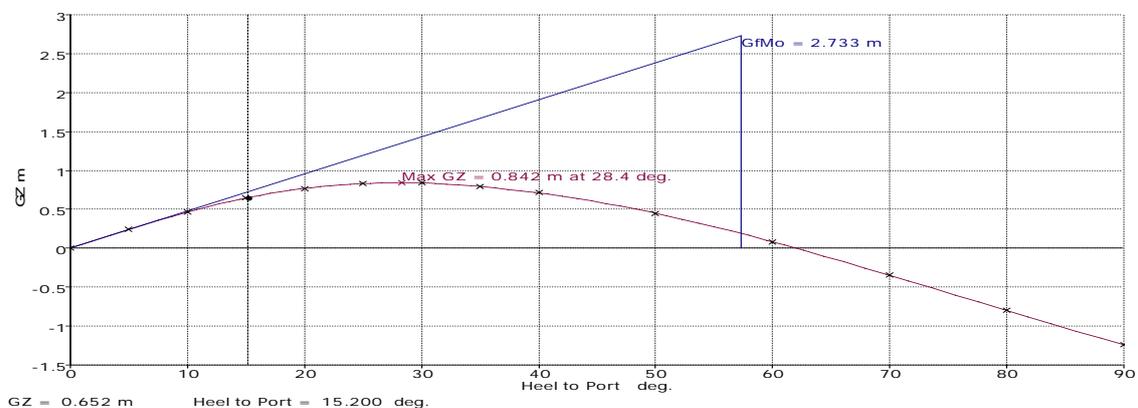
A continuación comienza el estudio de las situaciones de carga mencionadas en la página anterior, proporcionando los datos obtenidos con el módulo Hydromax del programa Maxsurf.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

4.6.1-1ª Condición de carga: Salida al 100% de consumos, cargado homogéneamente al caldo máximo

	%	PESO T	XG(m)	KG (m)	LG (m)	Msl
Lightship	1	8252	74,310	12,550	0	0
Doble fondo 1	0%	0	42,067	1,038	0	0
Doble fondo 2	0%	0	104,478	1,057	0	0
Agua dulce	100%	409,200	1,440	14,410	0	0
Almacenamiento	100%	219,300	62,356	1,025	0	0
Pique de proa	0%	0	167,103	11,952	0	0
Pique de popa	0%	0	0,075	9,181	0	0
Sedimentación babor	100%	91,500	18,380	14,410	-10,730	0
Sedimentación estribor	100%	91,500	18,380	14,410	10,730	0
Servicio diario babor	100%	73,200	7,880	14,410	-10,730	0
Servicio diario estribor	100%	73,200	7,880	14,410	10,730	0
Residuos	10%	89,300	27,050	2,760	0	2255,796
Aceite	100%	215,400	12,250	14,410	0	0
Bodega 1	100%	3281	154,943	10,858	0	0
Bodega 2	100%	4875	138,257	9,955	0	0
Bodega 3	100%	4709	121,130	9,609	0	0
Bodega 4	100%	5217	103,760	9,600	0	0
Bodega 5	100%	5217	86,380	9,600	0	0
Bodega 6	100%	5726	69,000	9,600	0	0
Bodega 7	100%	5726	51,620	9,600	0	0
Bodega 8	100%	3565	35,740	9,600	0	0
Doble casco 1	0%	0	68,176	10,361	13,649	0
Doble casco 2	0%	0	68,176	10,361	-13,649	0
	Medidas totales	47757,74	86,134	10,263	0	2255,796
		Fs corr=0,04 m	KG Fluido= 10,304 m			

Se presenta la gráfica obtenida del brazo GZ obtenida para esta situación de carga.



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Escora a babor	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Desplazamiento (Ton)	52000	52001	52002	52004	52003	52005	52007
Calado (m)	9,814	9,792	9,728	9,578	9,366	9,139	8,955
LWL (m)	177,829	177,833	177,891	178,139	177,857	177,292	176,523
BWL (m)	29,460	29,573	29,915	30,499	31,348	31,397	29,234
Superficie mojada (m²)	8380,254	8388,773	8581,401	8810,533	9040,764	9255,922	9445,231
Área en la Flotación (m²)	4891,709	4902,864	4695,485	4438,659	4171,53	3911,209	3664,849
Cp	0,770	0,771	0,769	0,764	0,766	0,770	0,775
Cb	0,632	0,632	0,629	0,596	0,553	0,527	0,543
LCB (m)	1.594	1.616	1.615	1.627	1.645	1.660	1.664
	Fwd						
VCB (m)	6,239	6,229	6,226	6,276	6,399	6,600	6,873
GZ (m)	0	0,240	0,466	0,645	0,768	0,831	0,839
LCF (m)	3.833 Aft	3.803 Aft	6.962 Aft	10.366 Aft	13.220 Aft	15.129 Aft	15.798 Aft
	35°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Desplazamiento (Ton)	52006	52004	52007	52006	52004	52005	52007
Calado (m)	8,848	8,86	9,02	9,345	9,953	11,634	0
LWL (m)	175,61	174,721	172,726	170,715	168,589	166,363	163,725
BWL (m)	27,702	26,097	22,402	19,847	18,299	17,464	17,199
Superficie mojada (m²)	9592,237	9698,614	9827,964	9893,072	9934,696	9963,739	9981,139
Área en la Flotación (m²)	3458,323	3299,255	3014,549	2782,615	2626,569	2547,71	2543,835
Cp	0,779	0,784	0,791	0,801	0,816	0,833	0,851
Cb	0,553	0,569	0,631	0,694	0,752	0,801	0,771
LCB (m)	1.692	1.685	1.729	1.744	1.741	1.744	1.738
	Fwd						
VCB (m)	7,211	7,589	8,402	9,145	9,721	10,083	10,205
GZ (m)	0,794	0,712	0,449	0,082	-0,348	-0,800	-1,240
LCF (m)	15.733 Aft	15.429 Aft	14.357 Aft	13.404 Aft	12.943 Aft	12.921 Aft	13.229 Aft

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Cumplimiento del criterio IMO:

Reglamentación	Criterio	Unidades	Valor mínimo requerido	Valor obtenido	Comprobación
IMO	Área a 30°	MxRad	0.055	0.296	CUMPLE
IMO	Área a 40° ó ángulo de inundación	MxRad	0.090	0.434	CUMPLE
IMO	Área entre 30° a 40° ó entre 30° y ángulo de inundación	MxRad	0.030	0.138	CUMPLE
IMO	GZ a 30°	M	0.200	0.839	CUMPLE
IMO	Ángulo de GZ máximo	Grados	25°	28.363	CUMPLE
IMO	GM	M	0.150	2.733	CUMPLE

Resultados de Hidromax, para la situación de carga analizada.

Draft Amidsh. m	11,518
Displacement tonne	47759
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	11,328
Draft at AP m	12,420
Draft at LCF m	11,874
Trim (+ve by stern) m	1,092
WL Length m	174,597
WL Beam m	30,881
Wetted Area m²	7668,314
Waterpl. Area m²	5144,799
Prismatic Coeff.	0,782
Block Coeff.	0,702
Midship Area Coeff.	0,958
Waterpl. Area Coeff.	0,950
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	5,836
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-4,897
KB m	6,471
KG m	10,560
BMt m	8,277
BML m	253,251
GMt m	4,187
GML m	249,161
KMt m	14,748
KML m	259,722
Immersion (TPc) tonne/cm	42,744
MTc tonne.m	595,982
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	3551,513
Max deck inclination deg	1,4
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,4

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Escora a babor	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Desplazamiento (Ton)	50243	50251	50250	50251	50249	50251	50250
Calado (m)	9,299	9,278	9,194	9,017	8,787	8,521	8,258
LWL (m)	177,969	178,066	178,188	177,933	177,468	176,777	175,889
BWL (m)	29,460	29,573	29,915	30,499	31,35	32,083	30,068
Superficie mojada (m²)	8309,239	8356,472	8563,981	8780,941	8994,444	9196,176	9373,502
Área en la Flotación (m²)	4878,480	4833,946	4628,854	4387,222	4145,221	3910,243	3689,245
Cp	0,760	0,759	0,755	0,755	0,757	0,761	0,765
Cb	0,614	0,614	0,610	0,587	0,544	0,508	0,520
LCB (m)	2.616	2.632	2.625	2.646	2.647	2.665	2.693
	Fwd	Fwd	Fw0d	Fwd	Fwd	Fwd	Fwd
VCB (m)	6,195	6,187	6,194	6,256	6,386	6,592	6,87
GZ (m)	0	0,222	0,425	0,583	0,690	0,744	0,748
LCF (m)	3.352 Aft	3.977 Aft	7.517 Aft	10.781 Aft	13.547 Aft	15.578 Aft	16.659 Aft
	35°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Desplazamiento (Ton)	50254	50253	50251	50251	50252	50251	50251
Calado (m)	8,063	7,928	7,775	7,537	7,162	5,993	0
LWL (m)	174,952	173,919	171,902	169,808	167,719	165,301	162,616
BWL (m)	28,273	26,391	22,416	19,851	18,300	17,464	17,200
Superficie mojada (m²)	9521,584	9630,6	9754,413	9818,975	9857,227	9882,559	9910,047
Área en la Flotación (m²)	3483,296	3310,716	3006,943	2771,628	2620,512	2544,548	2525,182
Cp	0,769	0,773	0,780	0,789	0,803	0,820	0,839
Cb	0,533	0,554	0,621	0,683	0,740	0,780	0,753
LCB (m)	2.703	2.732	2.747	2.783	2.773	2.781	2.765
	Fwd						
VCB (m)	7,208	7,593	8,398	9,139	9,710	10,072	10,193
GZ (m)	0,704	0,617	0,336	-0,055	-0,505	-0,972	-1,423
LCF (m)	16.669 Aft	16.364 Aft	15.207 Aft	14.383 Aft	14.049 Aft	14.107 Aft	14.007 Aft

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Cumplimiento del criterio IMO.

Reglamentación	Criterio	Unidades	Valor mínimo requerido	Valor obtenido	Comprobación
IMO	Área a 30°	MxRad	0.055	0.267	CUMPLE
IMO	Área a 40° ó ángulo de inundación	MxRad	0.090	0.389	CUMPLE
IMO	Área entre 30° a 40° ó entre 30° y ángulo de inundación	MxRad	0.030	0.122	CUMPLE
IMO	GZ a 30°	M	0.200	0.747	CUMPLE
IMO	Ángulo de GZ máximo	Grados	25°	27.876	CUMPLE
IMO	GM	M	0.150	2.535	CUMPLE

Resultados de Hidromax, para la situación de carga analizada.

Draft Amidsh. m	11,013
Displacement tonne	47128
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	11,628
Draft at AP m	12,520
Draft at LCF m	12,074
Trim (+ve by stern) m	0,892
WL Length m	174,102
WL Beam m	30,889
Wetted Area m²	7472,267
Waterpl. Area m²	5112,090
Prismatic Coeff.	0,773
Block Coeff.	0,697
Midship Area Coeff.	0,956
Waterpl. Area Coeff.	0,947
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	5,830
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-4,835
KB m	6,192
KG m	10,560
BMt m	8,652
BML m	262,864
GMt m	4,284
GML m	258,495
KMt m	14,844
KML m	269,056
Immersion (TPc) tonne/cm	42,409
MTc tonne.m	683,433
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	3439,122
Max deck inclination deg	1,3
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,3

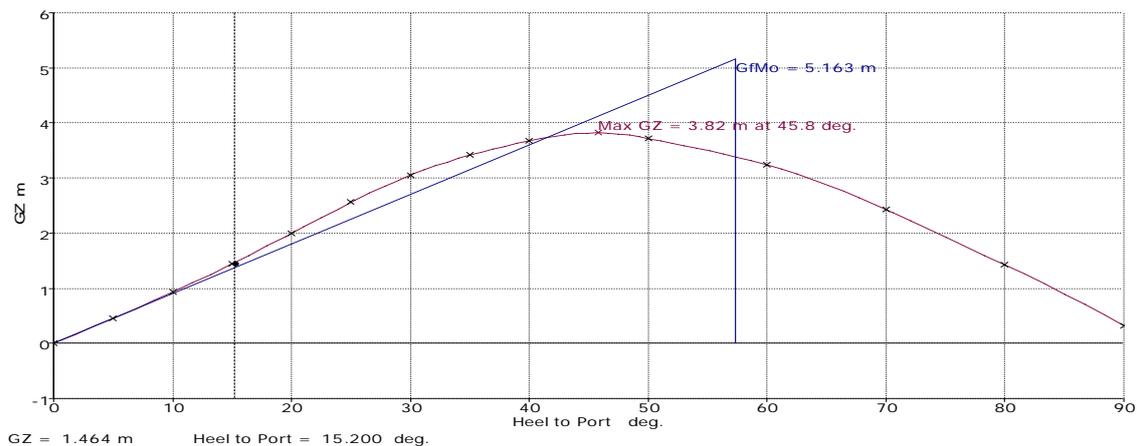
ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

4.6.3-3ª Condición de carga: Salida en lastre con el 100% de consumos, pero sin carga.

	%	PESO T	XG(m)	KG (m)	LG (m)	Msl
Lightship	1	8252	74,310	12,550	0	0
Doble fondo 1	100%	2086	42,067	1,038	0	0
Doble fondo 2	100%	4336	104,478	1,057	0	0
Agua dulce	100%	409,200	1,440	14,410	0	0
Almacenamiento	100%	219,300	62,356	1,025	0	0
Pique de proa	100%	606,000	167,103	11,952	0	0
Pique de popa	100%	743,000	0,075	9,181	0	0
Sedimentación babor	100%	91,500	18,380	14,410	-10,730	0
Sedimentación estribor	100%	91,500	18,380	14,410	10,730	0
Servicio diario babor	100%	73,200	7,880	14,410	-10,730	0
Servicio diario estribor	100%	73,200	7,880	14,410	10,730	0
Residuos	50%	446,700	27,050	5,800	0	2255,796
Aceite	100%	275,400	12,250	14,410	0	0
Bodega 1	0%	0	154,943	10,858	0	0
Bodega 2	0%	0	138,257	9,955	0	0
Bodega 3	0%	0	121,130	9,609	0	0
Bodega 4	0%	0	103,760	9,60	0	0
Bodega 5	0%	0	86,380	9,60	0	0
Bodega 6	0%	0	69,00	9,60	0	0
Bodega 7	0%	0	51,620	9,60	0	0
Bodega 8	0%	0	35,740	9,60	0	0
Doble casco 1	100%	3440	68,176	10,361	13,649	0
Doble casco 2	100%	3440	68,176	10,361	-13,649	0
	Medidas totales	24510,80	71,667	8,864	0	2255,796
		Fs corr=0,087 m	KG Fluido= 8,951 m			

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Se presenta la gráfica obtenida del brazo GZ obtenida para esta situación de carga



Escora a babor	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Desplazamiento (Ton)	25893	25890	25894	25894	25894	25892	25895
Calado (m)	8,356	8,332	8,265	8,163	8,037	7,875	7,625
LWL (m)	173,475	173,440	174,545	174,543	174,54	174,532	174,514
BWL (m)	29,459	29,572	29,913	30,490	31,269	31,538	30,600
Superficie mojada (m ²)	5818,152	5822,44	5839,436	5856,852	5877,581	5877,6	5808,587
Área en la Flotación (m ²)	4319,427	4339,096	4391,520	4459,249	4526,142	4516,366	4406,813
Cp	0,677	0,679	0,679	0,685	0,693	0,702	0,714
Cb	0,610	0,586	0,520	0,465	0,419	0,390	0,383
LCB (m)	13.120	13.110	13.106	13.104	13.098	13.093	13.091
	Aft						
VCB (m)	3,143	3,162	3,221	3,325	3,475	3,655	3,819
GZ (m)	0	0,454	0,929	1,441	1,996	2,564	3,048
LCF (m)		9.168	9.200	8.979	8.757	8.678	8.449
	9.121 Aft	Aft	Aft	Aft	Aft	Aft	Aft
	35°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Desplazamiento (Ton)	25895	25894	25894	25891	25891	25891	25891
Calado (m)	7,227	6,715	5,560	3,940	1,081	-6,987	0
LWL (m)	174,451	174,313	173,395	170,997	169,494	171,875	173,799
BWL (m)	29,412	26,754	22,453	19,861	18,304	17,465	17,200
Superficie mojada (m ²)	5757,196	5763,378	5820,819	5833,839	5828,052	5818	5822,406
Área en la Flotación (m ²)	4316,577	4157,458	3652,763	3266,015	2998,561	2824,114	2747,138
Cp	0,726	0,735	0,751	0,767	0,775	0,766	0,760
Cb	0,386	0,416	0,488	0,562	0,635	0,696	0,702
LCB (m)	13.088	13.087	13.107	13.108	13.120	13.141	13.149
	Aft						
VCB (m)	3,933	4,012	4,200	4,446	4,687	4,874	4,979
GZ (m)	3,418	3,677	3,720	3,235	2,428	1,426	0,322
LCF (m)		5.880	3.960	4.143	4.768	4.774	4.840
	7.883 Aft	Aft	Aft	Aft	Aft	Aft	Aft

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Cumplimiento del criterio IMO

Reglamentación	Criterio	Unidades	Valor mínimo requerido	Valor obtenido	Comprobación
IMO	Área a 30°	MxRad	0.055	0.777	CUMPLE
IMO	Área a 40° ó ángulo de inundación	MxRad	0.090	1.371	CUMPLE
IMO	Área entre 30° a 40° ó entre 30° y ángulo de inundación	MxRad	0.030	0.593	CUMPLE
IMO	GZ a 30°	M	0.200	3.820	CUMPLE
IMO	Ángulo de GZ máximo	Grados	25°	45.783	CUMPLE
IMO	GM	M	0.150	5.163	CUMPLE

Resultados de Hidromax, para la situación de carga analizada.

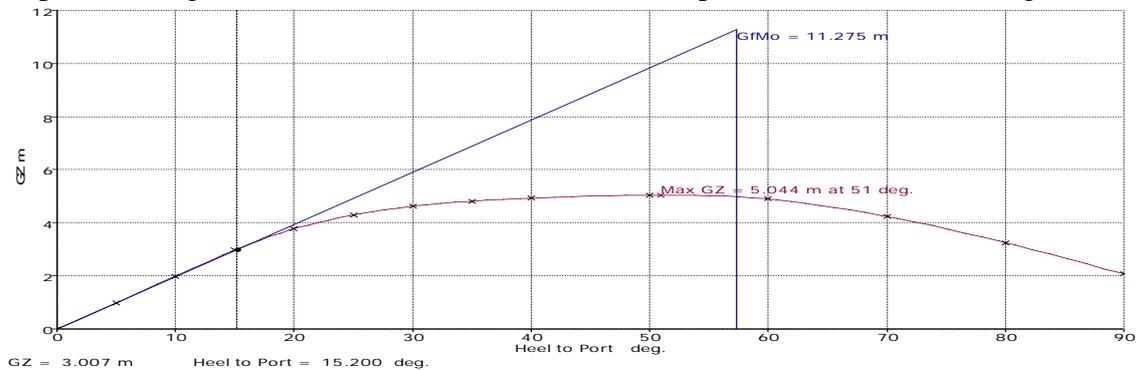
Draft Amidsh. m	6,649
Displacement tonne	24498
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	6,081
Draft at AP m	7,218
Draft at LCF m	6,649
Trim (+ve by stern) m	1,137
WL Length m	161,535
WL Beam m	30,833
Wetted Area m²	5612,692
Waterpl. Area m²	4546,318
Prismatic Coeff.	0,749
Block Coeff.	0,689
Midship Area Coeff.	0,940
Waterpl. Area Coeff.	0,913
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	5,755
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,008
KB m	3,774
KG m	10,560
BMt m	14,041
BML m	351,972
GMt m	7,256
GML m	345,186
KMt m	17,815
KML m	355,746
Immersion (TPc) tonne/cm	40,609
MTc tonne.m	486,008
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	3102,239
Max deck inclination deg	0,3
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,3

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

4.6.4-4ª Condición de carga: Llegada de la situación anterior con el 10% de consumos.

	%	PESO T	XG(m)	KG (m)	LG (m)	Msl
Lightship	1	8252	57,489	6,600	0	0
Doble fondo 1	100%	2086	42,067	1,038	0	0
Doble fondo 2	100%	4336	104,478	1,057	0	0
Agua dulce	10%	40,920	1,440	11,899	0	3960,833
Almacenamiento	10%	21,930	62,355	0,122	0	8192,707
Pique de proa	100%	606	167,103	11,952	0	0
Pique de popa	100%	743	0,075	9,181	0	0
Sedimentación babor	10%	9,150	18,380	11,899	-10,730	21,875
Sedimentación estribor	10%	9,150	18,380	11,899	10,730	21,875
Servicio diario babor	10%	7,320	7,880	11,899	-10,730	17,500
Servicio diario estribor	10%	7,320	7,880	11,899	10,730	17,500
Residuos	50%	446,700	27,050	5,800	0	2255,796
Aceite	10%	27,540	12,250	11,899	0	1894,243
Bodega 1	0%	0	154,943	10,858	0	0
Bodega 2	0%	0	138,257	9,955	0	0
Bodega 3	0%	0	121,130	9,609	0	0
Bodega 4	0%	0	103,760	9,600	0	0
Bodega 5	0%	0	86,380	9,600	0	0
Bodega 6	0%	0	69,000	9,600	0	0
Bodega 7	0%	0	51,620	9,600	0	0
Bodega 8	0%	0	35,740	9,600	0	0
Doble casco 1	100%	3440	68,176	10,361	13,649	0
Doble casco 2	100%	3440	68,176	10,361	-13,649	0
	Medidas totales					16382,328
		23473.03	73,941	6,300	0	
		Fs corr=1,076 m	KG Fluido=7,376 m			

Se presenta la gráfica obtenida del brazo GZ obtenida para esta situación de carga



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Escora a babor	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Desplazamiento (Ton)	18220	18219	18220	18219	18220	18221	18221
Calado (m)	2,896	2,900	2,901	2,879	2,773	2,560	2,234
LWL (m)	171,200	171,201	171,202	171,192	171,145	172,952	173,861
BWL (m)	29,457	29,564	29,849	29,739	27,779	25,470	23,842
Superficie mojada (m²)	4868,945	4871,141	4877,128	4860,38	4700,676	4545,307	4436,572
Área en la Flotación (m²)	4064,748	4075,537	4096,361	4053,64	3831,728	3629,952	3487,147
Cp	0,676	0,677	0,682	0,691	0,704	0,708	0,713
Cb	0,612	0,541	0,451	0,395	0,379	0,378	0,381
LCB (m)	10.796	10.780	10.778	10.775	10.771	10.770	10.764
	Aft						
VCB (m)	1,929	1,977	2,119	2,341	2,582	2,78	2,931
GZ (m)	0	0,987	1,989	2,972	3,770	4,290	4,617
LCF (m)		6.259	6.479	6.970	7.574	8.076	8.230
	6.210 Aft	Aft	Aft	Aft	Aft	Aft	Aft
	35°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Desplazamiento (Ton)	18221	18221	18221	18219	18220	18220	18219
Calado (m)	1,769	1,127	-0,953	-4,912	-12,759	-35,783	0
LWL (m)	173,550	173,016	170,245	163,099	165,464	168,559	170,939
BWL (m)	22,782	22,148	21,912	19,86	18,303	17,462	17,193
Superficie mojada (m²)	4366,977	4333,168	4348,712	4359,835	4363,084	4376,563	4398,264
Área en la Flotación (m²)	3398,576	3358,677	3389,408	3081,078	2815,435	2663,81	2601,363
Cp	0,722	0,730	0,748	0,788	0,784	0,778	0,777
Cb	0,385	0,389	0,400	0,484	0,563	0,655	0,756
LCB (m)	10.755	10.745	10.718	10.704	10.694	10.690	10.692
	Aft						
VCB (m)	3,04	3,108	3,108	3,003	2,973	2,99	3,035
GZ (m)	4,815	4,931	5,042	4,896	4,232	3,247	2,075
LCF (m)		8.082	7.186	6.183	6.120	6.147	6.175
	8.189 Aft	Aft	Aft	Aft	Aft	Aft	Aft

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Cumplimiento del criterio IMO

Reglamentación	Criterio	Unidades	Valor mínimo requerido	Valor obtenido	Comprobación
IMO	Área a 30°	MxRad	0.055	1.429	CUMPLE
IMO	Área a 40° ó ángulo de inundación	MxRad	0.090	2.267	CUMPLE
IMO	Área entre 30° a 40° ó entre 30° y ángulo de inundación	MxRad	0.030	0.838	CUMPLE
IMO	GZ a 30°	M	0.200	5.044	CUMPLE
IMO	Ángulo de GZ máximo	Grados	25°	50.970	CUMPLE
IMO	GM	M	0.150	11.275	CUMPLE

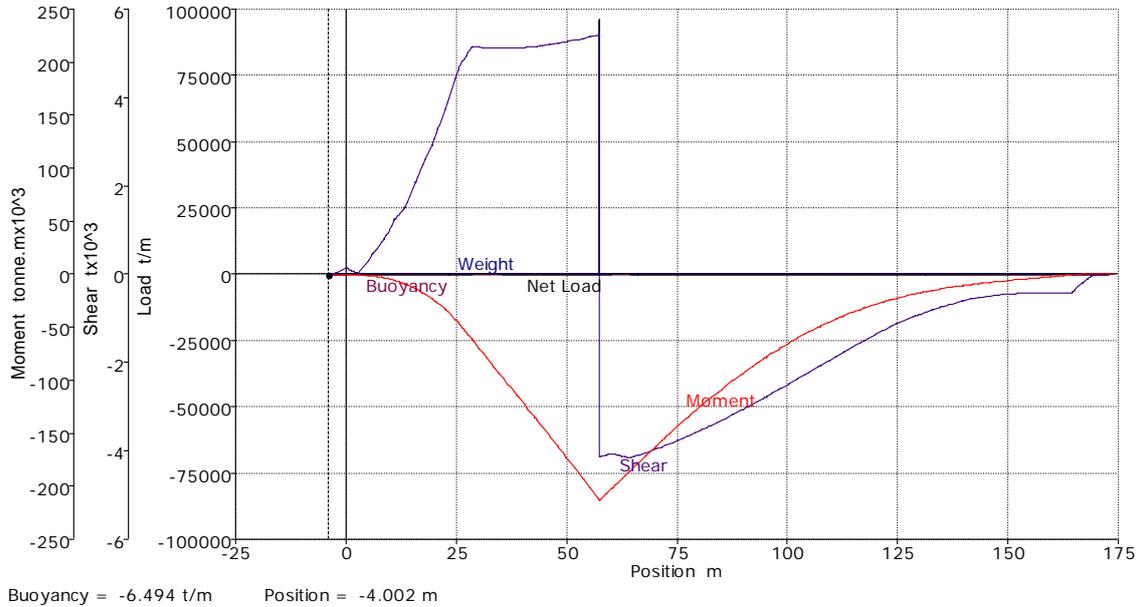
Resultados de Hidromax, para la situación de carga analizada.

Draft Amidsh. m	6,391
Displacement tonne	23398
Heel to Starboard degrees	0
Draft at FP m	6,030
Draft at AP m	6,931
Draft at LCF m	6,392
Trim (+ve by stern) m	0,901
WL Length m	160,767
WL Beam m	30,828
Wetted Area m²	5502,468
Waterpl. Area m²	4504,863
Prismatic Coeff.	0,749
Block Coeff.	0,689
Midship Area Coeff.	0,938
Waterpl. Area Coeff.	0,909
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	5,744
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	0,307
KB m	3,631
KG m	10,560
BMt m	14,590
BML m	360,605
GMt m	7,662
GML m	353,677
KMt m	18,222
KML m	364,236
Immersion (TPc) tonne/cm	40,184
MTc tonne.m	473,569
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	3115,477
Max deck inclination deg	0,2
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,2

4.7-RESISTENCIA LONGITUDINAL

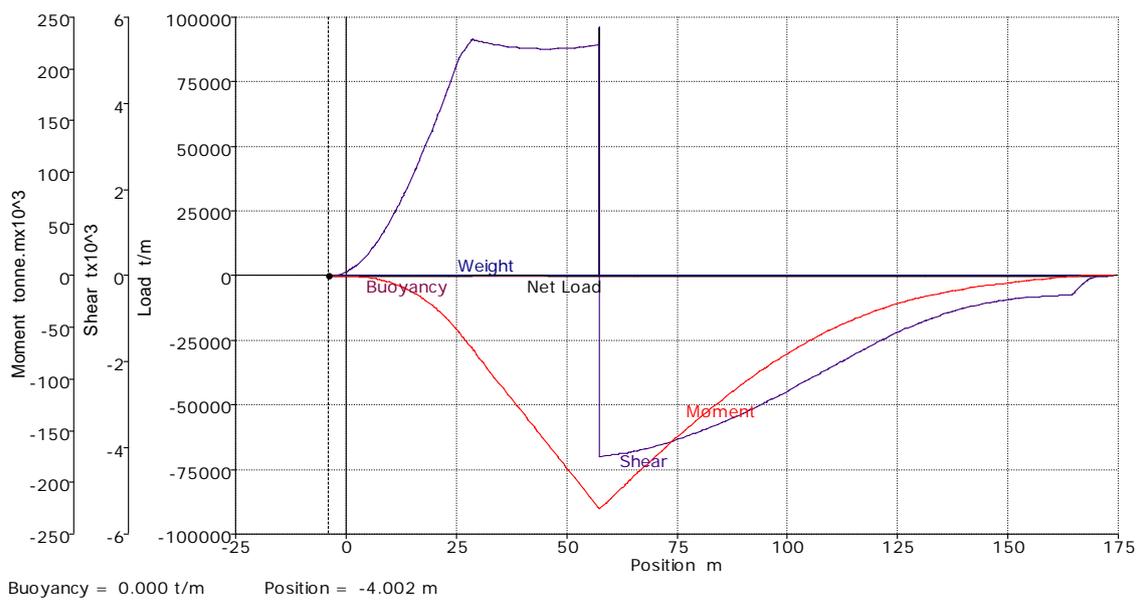
4.7.1-Esfuerzo longitudinal para la 1ª situación de carga.

Se presenta la gráfica.



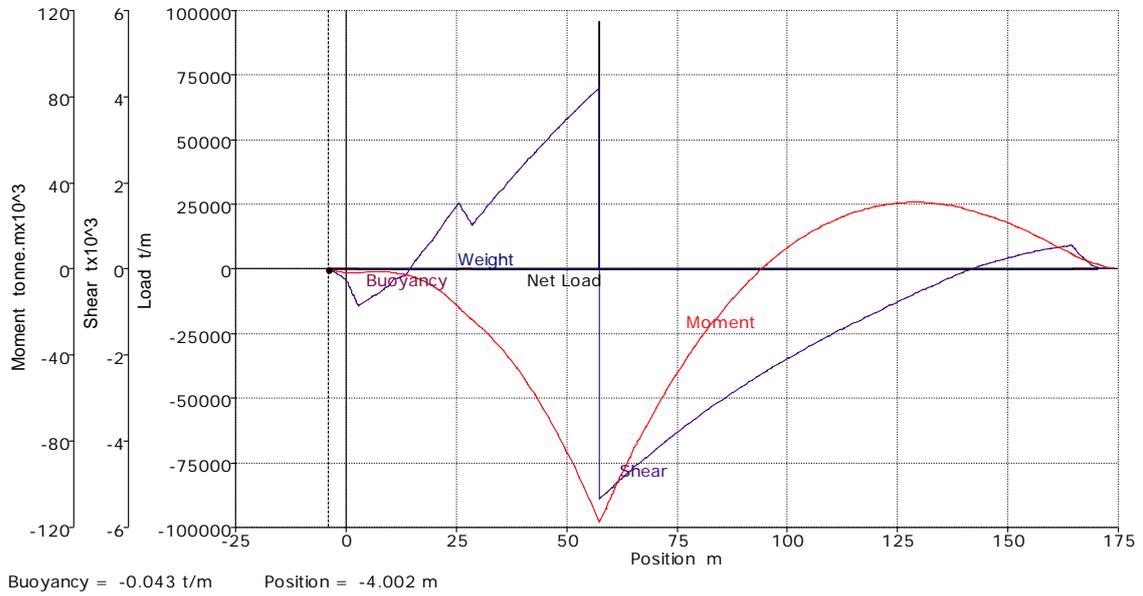
4.7.2-Esfuerzo longitudinal para la 2ª situación de carga.

Se presenta la gráfica.



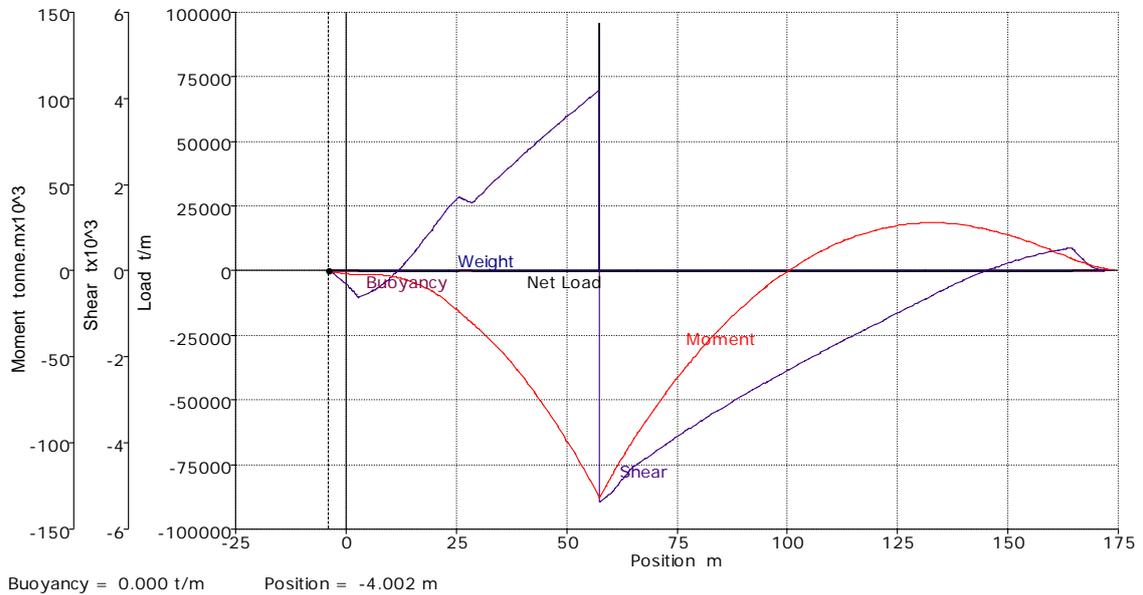
4.7.3-Esfuerzo longitudinal para la 3ª situación de carga.

Se presenta la gráfica



4.7.4-Esfuerzo longitudinal para la 4ª situación de carga.

Se presenta la gráfica



5-ESCANTILLONADO DE LA
CUADERNA MAESTRA

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

5.1-CÁLCULO DEL ESCANTILLONADO DE LA CUADERNA MAESTRA

Para realizar el escantillonado de la cuaderna maestra se debe utilizar la reglamentación de una Sociedad de Clasificación. En este caso se obtendrán los espesores mínimos reglamentarios de la siguiente forma:

5.1.1-Dimensiones principales a tener en cuenta

Eslora entre perpendiculares = 174,00 m

Eslora en la flotación = 184,3591 m (medido en AutoCAD)

Para el dimensionamiento de la Eslora de Escantillonado se tomará el menor valor de los dos siguientes:

$$L < 97\% L_{wl} \quad \text{ó} \quad L > 96\% L_{wl} \quad , \text{ por tanto,}$$

Eslora de escantillonado = 176,984 m

Manga de trazado = 30,89 m

Puntal de trazado = 17,80 m

Calado de diseño = 12,00 m

Para el dimensionamiento del Calado de Escantillonado, Lloyd's Register of Shipping recomienda un valor entre 0,200 m y 0,300 m, y se tomará el valor intermedio entre ambos, quedando como valor final para el Calado de Escantillonado de 12,250 m.

CB de escantillonado = 0,736

5.1.2Módulo mínimo reglamentario

Del estudio de momentos flectores en aguas tranquilas (M_s) en las distintas condiciones de carga se debe elegir el máximo de todos ellos. Sumando a éste el incremento del momento flector debido al oleaje (M_w) se obtiene el valor máximo del momento flector total:

$$M_T = M_S + M_W$$

Siendo:

$$M_W = \sigma_w \times C_1 \times L^2 \times B \times (CB + 0,7) \quad (\text{toneladas} \times \text{metro})$$

Factor $C_1 = 10,75 - ((300 - L) / 100)^{1,5}$ para buques con L_{pp} entre 90 y 300 metros.

$$\text{Factor } C_1 = 10,75 - ((300 - 176,984) / 100)^{1,5} \rightarrow \text{Factor } C_1 = \mathbf{9,3856}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Dividiendo el momento flector total, M_T por el esfuerzo admisible o de trabajo, σ_T , se obtendrá el módulo resistente exigido, W_{\min} . Sin embargo, para cada buque, el Reglamento de la Sociedad de Clasificación aplicable, exige un módulo mínimo en función de las dimensiones principales del mismo. Es decir, que el módulo resistente de la Cuaderna Maestra de un buque debe satisfacer un doble requerimiento:

- El esfuerzo máximo no debe sobrepasar el valor admisible σ_T .
- Dicho módulo no debe ser inferior a un cierto “valor mínimo reglamentario” que se calcula en función de las dimensiones principales del buque.

En muchas ocasiones se ajusta la Cuaderna Maestra para alcanzar el Módulo mínimo reglamentario y se procura encajar las diversas condiciones de carga de manera que los momentos flectores totales no excedan el producto de dicho módulo por el esfuerzo admisible, σ_T . Por ello hay que decir que, en muchos casos, es este valor del módulo mínimo, el que fija los incrementos de escantillones requeridos en concepto de Resistencia Longitudinal, por la Sociedad de Clasificación. Conscientes de la importancia de este hecho, dada su repercusión en el peso de acero del casco, las principales Sociedades de Clasificación, a través de las Asociaciones Internacionales de Sociedades de Clasificación, se han puesto de acuerdo en este asunto y exigen un Módulo mínimo reglamentario que viene dado por la expresión:

$$W_{\min} = (I / Y_{\max}) \geq M_T / \sigma_T$$

$$W_{\min} = (I / Y_{\max}) = C_1 \times f \times L^2 \times B \times (CB + 0,7) \quad (m^3)$$

Siendo $f = 1$, para caso de acero normal, se sustituyen todos los datos y se opera:

$$W_{\min} = 9,3856 \times 1 \times 176,984^2 \times 30,89 \times (0,736 + 0,7) \rightarrow W_{\min} = 13,040744 \quad m^3$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

5.1.3-Cubierta

Lloyd's Register of Shipping establece que el espesor mínimo de la cubierta, "t", deberá ser el mayor valor de:

$$T = \frac{s}{J} + 2,00 \quad ; \text{ donde } J = 1720,5 \sqrt{\frac{1 - \frac{1}{\alpha}}{\sigma}} \text{ para } \alpha \leq 2$$
$$\sigma = 175 \text{ N/mm}^2$$

S, es el espacio entre cuadernas, siendo este de 700 mm.

$$\text{Así, sustituyendo, obtenemos que } J = 1720,5 \sqrt{\frac{1 - \frac{1}{2}}{175}} ; \mathbf{J = 91,965}$$

$$T = \frac{700}{91,965} + 2,00 \rightarrow \mathbf{T = 9,611 \text{ mm.}}$$

$T = 0,001 \times S \times (0,059 \times L + 7) \sqrt{\frac{F_d}{Kl}}$; donde, F_d , es un factor de reducción local, que no será menor de 0,67 para las planchas y de 0,75 para refuerzos longitudinales, aunque en este caso, según la reglamentación, el valor de F_d , también puede ser dado igual a Kl , siempre que este no sea menor de 1. En nuestro caso, tanto F_d como Kl , será 1.

$$T = 0,001 \times 700 \times (0,059 \times 176,984 + 7) \sqrt{\frac{1}{1}} ; \mathbf{T = 12,209 \text{ mm}}$$

$$T = 0,00083 \times S \times \sqrt{L \times K} + 2,5 ; T = 0,00083 \times 700 \times \sqrt{176,984 \times 1,34} + 2,5 \rightarrow \mathbf{T = 11,447 \text{ mm}}$$

Por tanto, el mayor valor del espesor de la cubierta es 12,209 mm.

5.1.4-Trancanil

Se estimará como valor mínimo de espesor, el valor mayor de los dados por las relaciones proporcionadas por la Lloyd's Register of Shipping.

$$T = \frac{s}{J} + 2,00 \quad ; \quad T = \frac{700}{91,965} + 2,00 \rightarrow \mathbf{T = 9,611 \text{ mm.}}$$

$$T = 0,0042 \times S \times \sqrt{Ht_1 \times K} \quad ; \quad T = 0,0042 \times 700 \times \sqrt{Ht \times K} \quad ; \text{ donde:}$$

Ht_1 , es la suma del calado mas el coeficiente C_w , siempre que este valor no exceda de 1,36T.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

El coeficiente $C_w = 7,71 \times 10^{-2} \times L \times e^{-0,0044L}$; sustituyendo los valores, obtenemos un valor de $C_w = 6,26$; $T + C_w = 12 + 6,26 = 18,26$

$1,36T$; $1,36 \times 12 = 16,32$, con lo cual, se toma el valor menor, en este caso, 16,32.

K , es el valor del factor de mayor acero de tensión, siendo este 1,34

Sustituyendo en la fórmula, tenemos: $T = 0,0042 \times 700 \times \sqrt{Ht \times K}$;

$$T = 0,0042 \times 700 \times \sqrt{16,32 \times 1,34} \rightarrow T = \mathbf{15,91 \text{ mm}}$$

$$T = 0,00083 \times S_x \times \sqrt{L \times K} + 2,5; T = 0,00083 \times 700 \times \sqrt{176,984 \times 1,34} + 2,5 \rightarrow T = \mathbf{11,447 \text{ mm}}$$

$$T = 0,001 \times S_x \times (0,059 \times L + 7) \sqrt{\frac{Fd}{Kl}}; T = 0,001 \times 700 \times (0,059 \times 176,984 + 7) \sqrt{\frac{1}{1}};$$

$$T = \mathbf{12,209 \text{ mm}}$$

Por tanto el valor mínimo de espesor del trancañil, es 15,91 mm.

5.1.3-Costado

Se divide el costado en dos partes, la superior, desde la mitad del puntal, y la inferior, por debajo de $D/2$.

Se tomará el mayor valor, de las siguientes expresiones:

Por encima de $D/2$:

$$T = 0,001 \times S_x \times (0,059 \times L + 7) \sqrt{\frac{Fd}{Kl}}; T = 0,001 \times 700 \times (0,059 \times 176,984 + 7) \sqrt{\frac{1}{1}};$$

$$T = \mathbf{12,209 \text{ mm}}$$

$$T = 0,0042 \times S_x \times \sqrt{Ht \times K}; T = 0,0042 \times 700 \times \sqrt{16,32 \times 1,34} \rightarrow T = \mathbf{15,91 \text{ mm}}$$

El valor mínimo del costado por encima de $D/2$, es de 15,91 mm.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

- **Por debajo de D/2:**

$$T = 0,001 \times S_x (0,059 \times L + 7) \sqrt{\frac{Fd}{Kl}} ; T = 0,001 \times 700 \times (0,059 \times 176,984 + 7) \sqrt{\frac{1}{1}} ;$$

$$T = \mathbf{12,209 \text{ mm}}$$

Siempre que este valor no sea menor que el obtenido del coeficiente medio dado por las expresiones:

$$T = 0,0042 \times S_x \sqrt{Ht \times K} ; T = 0,0042 \times 700 \times \sqrt{16,32 \times 1,34} \rightarrow T = \mathbf{15,91 \text{ mm}}$$

$$T = 0,0054 \times S_x \sqrt{\frac{Ht \times 2K}{2 - Fb}} ; T = 0,0054 \times 700 \times \sqrt{\frac{Ht \times 2K}{2 - Fb}} ; \text{ donde:}$$

Ht2, es la suma del calado T, mas un coeficiente dado por la expresión 0,5Cw. Este valor no será mayor de 1,2 veces el calado, es decir, 1,2T.

El coeficiente $C_w = 7,71 \times 10^{-2} \times L \times e^{-0,0044L}$; sustituyendo los valores, obtenemos un valor de $C_w = 6,26$; $T + 0,5C_w$; $Ht2 = 12 + (0,5 \times 6,26)$; $Ht2 = 15,13$

$1,2 \times 12 = 14,4$, con lo cual, se toma el valor menor, en este caso, 14,4.

Conocidos todos los datos, tenemos:

$$T = 0,0054 \times S_x \sqrt{\frac{Ht \times 2K}{2 - Fb}} ; T = 0,0054 \times 700 \times \sqrt{\frac{Ht \times 2K}{2 - Fb}} ; T = 0,0054 \times 700 \times \sqrt{\frac{14,4 \times 1,34}{2 - 1}} ;$$

$$\rightarrow T = \mathbf{16,60 \text{ mm.}}$$

Coeficiente medio; $(15,91 + 16,60) / 2 = 16,25 \text{ mm.}$

Por tanto, por debajo de D/2, el valor de referencia es 16,25 mm.

Como el espesor por encima de D/2, y por debajo de D/2, es muy similar, se unificará el espesor, siendo su valor final de 16 mm.

5.1.4-Pantoque:

Se estimará como valor mínimo de espesor, el valor mayor de los dados por las relaciones proporcionadas por la Lloyd's Register of Shipping.

$$T = \frac{s}{J} + 2,00 ; T = \frac{700}{91,965} + 2,00 \rightarrow T = \mathbf{9,611 \text{ mm.}}$$

$$T = 0,0052 \times S_x \sqrt{\frac{Ht \times 2K}{1,8 - Fb}} ; T = 0,0052 \times 700 \times \sqrt{\frac{14,4 \times 1,34}{1,8 - 1}} ; T = \mathbf{19,98 \text{ mm}}$$

El valor mínimo será el de 19,98 mm.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

5.1.5-Fondo:

Se determinará como el valor mínimo, el mayor de los dados por las expresiones:

$$T = \frac{s}{J} + 2,00 ; T = \frac{700}{91,965} + 2,00 \rightarrow T = \mathbf{9,611 \text{ mm.}}$$

$$T = 0,0052 \times S \times \sqrt{\frac{Ht2K}{1,8 - Fb}} ; T = 0,0052 \times 700 \times \sqrt{\frac{14,4 \times 1,34}{1,8 - 1}} ; T = \mathbf{19,98 \text{ mm}}$$

El valor mínimo será el de 19,98 mm.

5.1.6-Quilla Plana:

El espesor dado por la sociedad de clasificación, indica que el espesor de las planchas de la quilla, debe ser el del fondo, mas 2 mm, siempre que este valor no exceda del referido por la expresión:

$$T = 25 \sqrt{K} ; T = 25 \sqrt{1,34} ; T = \mathbf{28,93 \text{ mm}}$$

Espesor del fondo+2mm; tenemos que : $19,98+2= \mathbf{21,98 \text{ mm}}$

Como $21,98 < 28,93$; deducimos que:

El valor mínimo será el de 21,98 mm.

La anchura mínima de ésta será de:

$b = 70 \times B$, pero dicho valor ha de estar comprendido entre 750 mm y 1800 mm,

así que se procede a su cálculo:

$$b = 70 \times 30,89 = 2162,3 \text{ mm,}$$

Por tanto, el valor de la anchura mínima será de: $b = 1800 \text{ mm}$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

5.1.8-Quilla vertical

Lloyd's Register of Shipping establece que la anchura mínima de la quilla vertical, "d_{DB}", deberá ser de:

$$Ddb = 28 \times B + 205 \times \sqrt{T} = 28 \times 30,89 + 205 \times \sqrt{12} ; Ddb = \mathbf{1575,06 \text{ mm}}$$

El espesor mínimo de la quilla vertical será de:

$$T = (0,008 \times Ddb + 4) \times \sqrt{K} = (0,008 \times 1575,06 + 4) \times \sqrt{1,34} ; T = \mathbf{19,21 \text{ mm.}}$$

Por tanto el valor mínimo del espesor de la quilla vertical es 19,21 mm.

5.1.7-Doble fondo:

Lloyd's Register of Shipping establece que el espesor mínimo del doble fondo deberá ser el mayor valor de:

$$T = 0,005 \times S \times \sqrt{H1 \times K} ; \text{ donde H1 viene dado por la expresión :}$$

$$H1 = \left(H0 + \frac{D1}{8} \right).$$

H0, es la distancia en metros desde el punto medio de los refuerzos, hasta el punto de máxima carga, excluyendo las escotillas.

D1, es el puntal en metros, siempre que este valor no se a menor de 10, y mayor de 16

Como tenemos que H0= 7,8 metros, que nuestro puntal es de 17,80 metros, por tanto excede del valor máximo, 16, se tomará este dato como referencia.

$$\text{Sustituyendo tenemos: } H1 = \left(H0 + \frac{D1}{8} \right) \rightarrow H1 = \left(7,80 + \frac{16}{8} \right) \rightarrow \mathbf{H1 = 9,80 \text{ m}}$$

$$T_0 = 0,005 \times S \times \sqrt{H1 \times K} ; T = 0,005 \times 700 \times \sqrt{9,80 \times 1,34} ; T = \mathbf{12,68 \text{ mm.}}$$

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{2 - Fb}} ; T = \frac{12,68}{\sqrt{2 - 1}} ; T = \mathbf{12,68 \text{ mm.}}$$

$$T = 0,0009 \times S \times ((0,059 \times L) + 7) ; T = 0,0009 \times 700 \times ((0,059 \times 176,984) + 7) ; T = \mathbf{10,98 \text{ mm.}}$$

Por tanto el valor mínimo es el obtenido como 12,68 mm.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

5.1.8-Doble casco:

Para obtener los valores del doble casco, las sociedades de clasificación, en este caso el Lloyd's Register of Shipping, nos remite al mismo razonamiento que para el doble fondo, por tanto, el valor final es **T=12,68 mm**.

5.1.9-Vagra:

Lloyd's Register of Shipping establece que el espesor mínimo de los refuerzos transversales, en este caso las vagras está determinado por el mayor valor de los dados por:

$T = (0,008Ddb+4)\sqrt{K}$; donde Ddb, es la profundidad reglamentada para el centro del refuerzo. Este valor, no debe ser menor que: $Ddb=28B+205$ en mm.

$Ddb = 28 \times 17,80 + 205$; **Ddb= 703,4 mm**.

Pues bien, obtenido el valor en cuestión, se sustituye en la fórmula y se obtiene que:

$T = (0,008Ddb+4)\sqrt{K}$; $T = (0,008 \times 703,4 + 4)\sqrt{1,34}$; **T= 11,14 mm**.

$T = 0,00136(S+660)\sqrt[4]{K^2 \cdot L \cdot T}$; $T = 0,00136 \times (700+660)\sqrt[4]{1,34^2 \cdot 176,984 \cdot 12}$;
T= 14,53 mm.

Por tanto, el valor mínimo para el espesor de las vagras, es el de 14,53 mm.

5.1.10-Longitudinales:

El perfil adoptado para los refuerzos longitudinales, es el mismo para todos ellos, y sus características se representan en la tabla adjunta.

	LONGITUD mm	ESPESOR mm	ANCHURA mm	RADIO mm	AREA cm ²	PESO kg/m	INERCIA X cm ⁴	C.D.G. X cm	INERCIA Y cm ⁴	C.D.G. Y cm
DIMENSIONES	220	10	31	9	29	22,8	1400	13,4	23,85	0,93

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

5.1.11-Cálculo de las características geométrico-resistentes de la maestra.

Para calcular las características de la sección maestra se opera como se indica a continuación:

1. Se elige un eje horizontal de referencia, en este caso se puede tomar como tal, la línea base de trazado
2. El área A, de cada elemento es conocido, su espesor por su longitud de plancha
3. El momento estático del área del elemento respecto al eje de referencia será: $S=a*y$
4. El momento de inercia del área del elemento, respecto al eje de referencia, se calcula por la expresión: $I_b = I_p + ay^2$; siendo I_p el momento de inercia del elemento, o sea con respecto a un eje paralelo de referencia, pero pasando por el centro de gravedad del elemento.
5. Sumando las áreas de todos los elementos, obtendremos el área total de la sección maestra.: $A = \sum a$
6. Sumando algebraicamente los momentos estáticos de todos los elementos, obtendremos el momento estático total de la sección maestra.
 $S = S_1 + S_2$
7. la posición del eje neutro de la sección, que como se sabe, pasa por el centro de gravedad de la misma, vendrá definida por la ordenada:
 $Y_n = S/A$
8. El momento de inercia total de la sección respecto al eje de referencia, se calcula sumando los momentos de inercia de los elementos que la componen. $I_b = \sum I_b = \sum (I_p + ay^2) = \sum ay^2 + \sum I_p$
9. El momento de inercia de la sección respecto al eje neutro, se obtiene a partir del anterior, aplicando la corrección de Steiner.
 $I_n = I_b - AY_n^2 = \sum ay^2 + \sum I_p - Y_n^2 \sum a$
10. Los módulos resistentes de la sección, se pueden calcular dividiendo el momento de inercia I_n por las distancias desde el eje neutro, a los puntos de referencia de la línea base.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

(VER TABLA ANEXA DE ESCANTILLONADO)

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

5.1.12-Módulo resistente de la cuaderna maestra. Cálculos iniciales con los espesores obtenidos

En la siguiente tabla se muestra el módulo resistente de la cuaderna maestra obtenido tras haber calculado el momento de inercia de todos los elementos que la componen, considerando la Línea Base como referencia de cálculo.

Así, se mostrará el proceso en la siguiente tabla:

ELEMENTO	CANTIDAD	LONGITUD (mm)	ESPESOR (mm)	A (cm ²)	Y (m)	A*Y (cm ² x m)	A*Y ² (cm ² x m ²)	Ip (cm ² x m ²)
Cubierta	1	15429	12	1851,48	17,788	32934,12624	585832,2376	0
Costado, por encima de D/2	1	6700	16	1072	12,25	13132	160867	4010,173333
Costado, entre D / 2 y el Pantoque	1	7100	20	1420	5,35	7597	40643,95	5965,183333
Doble Casco	1	16000	13	2080	8,2	17056	139859,2	44373,33333
Doble Fondo	1	15429	13	2005,77	1,7935	3597,348495	6451,844526	0
Fondo	1	12645	20	2529	0,01	25,29	0,2529	0
Vagras	1	1500	15	225	0,77	173,25	133,4025	42,1875
Trancanil	1	15629	16	2500,64	17,988	44981,51232	809127,4436	0
Traca de Cinta	1	2000	21	420	13,35	5607	74853,45	140
Pantoque	1	900	20	180	0,8835	159,03	140,503005	12,15
1/2 Quilla Vertical	1	772	20	154,4	0,761	117,4984	89,4162824	7,668327467
½ Quilla plana	1	1000	22	220	0,011	2,42	0,02662	0
Longitudinales de Cubierta	2	220	10	22	17,582	386,804	6800,787928	0
Longitudinales de Costado	4	220	10	22	8,645	190,19	1644,19255	6,66667E-05
Longitudinales del Doble Casco	4	220	10	22	8,645	190,19	1644,19255	6,66667E-05
Longitudinales del Doble Fondo	2	220	10	22	1,322	29,084	38,449048	6,66667E-05
Longitudinales del Fondo	2	220	10	22	0,22	4,84	1,0648	6,66667E-05
SUMATORIOS				14768,29		126183,5835	1828127,414	54550,69609
Eje Neutro m)	8,544224379							
Inercia (m ⁴)	80,453726							
MÓDULO TOTAL Fondo (m³)	18,83230646				MÓDULO TOTAL (Cubierta) (m³)	17,38454545		

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Con los datos de esta tabla se obtienen los siguientes resultados para la posición del eje neutro y la inercia, considerando la sección para B/2:

$$\text{Eje Neutro} = 8,544224379 \text{ m}$$

$$\text{Inercia} = 80,453726 \text{ m}^4$$

A continuación se calculará el módulo resistente en el fondo y en cubierta:

$$\text{Módulo en el fondo} = \text{Inercia} / \text{Eje Neutro}$$

$$\text{Módulo en el fondo} = 80,453726 / 8,544224379 = \mathbf{9,416153232, m^3}$$

$$\text{Módulo en cubierta} = \text{Inercia} / (\text{Puntal} - \text{Eje Neutro})$$

$$\text{Módulo en cubierta} = 91,1268 / (17,80 - 8,544224379) = \mathbf{8,692272727 m^3}$$

Considerando la sección para la manga total de buque se obtendría que:

$$\text{Módulo total fondo} = \mathbf{18,83230646 m^3}$$

$$\text{Módulo total cubierta} = \mathbf{17,38454545 m^3}$$

Dado que el módulo mínimo reglamentario según Lloyd's Register of Shipping para el buque en proyecto es de **13,040744 m³**, el módulo de esta cuaderna cumple con dicha reglamentación tanto en el fondo como en cubierta, y por lo tanto, el escantillonado es adecuado.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

5.1.13-Momentos en aguas tranquilas

Mediante la fórmula de Navier, se puede obtener el máximo momento flector en aguas tranquilas:

- **Máximo momento flector en el fondo.**

$\sigma = M \text{ flector del fondo} / \text{Módulo del fondo} > \sigma = 175\text{N/mm}^2$ (buque de categoría 1)

Módulo del fondo= $18,83230646 \text{ m}^3$

Módulo flector del fondo= $17,50 \text{ Kg/mm}^2 \times 18,83230646 \text{ m}^3 \times 10^3$

Módulo flector del fondo= 329.565,3631 TxM

- **Máximo momento em cubierta**

$\sigma = M \text{ flector del fondo} / \text{Módulo del fondo} > \sigma = 175\text{N/mm}^2$ (buque de categoría 1)

Módulo de cubierta= $17,38454545 \text{ m}^3$

Módulo flector de la cubierta= $17,50 \text{ Kg/mm}^2 \times 17,38454545 \text{ m}^3 \times 10^3$

Módulo flector de la cubierta = 304.229,5454 TxM

6-MANIOBRABILIDAD

6.1-INTRODUCCIÓN

Las cualidades de maniobrabilidad del buque se suelen medir por tres características:

6.1.1-Facilidad de evolución

Esta cualidad está relacionada con el área que necesita el buque para realizar un cambio de rumbo importante, por ejemplo, 180°.

Las magnitudes o parámetros que mejor definen la definen son el diámetro de giro y el diámetro de evolución o diámetro táctico.

6.1.2-Facilidad de gobierno

Esta cualidad engloba otras varias, la estabilidad dinámica, la rapidez de respuesta o la estabilidad en ruta. Sin duda, esta última es la más importante y mide la mayor o menor actividad sobre el timón para mantener una ruta determinada. Su indudable importancia crece con la longitud de la travesía, pues disminuye la resistencia al avance y por ende, el consumo de combustible.

Las maniobras que evalúan esta característica son las de zig-zag y la de espiral.

6.1.3-Facilidad de cambio de rumbo.

Esta cualidad goza de las dos cualidades antes reseñadas. Mide la habilidad del buque para cambiar de trayectoria en el menor espacio posible (facilidad de evolución) y con la mayor rapidez posible (facilidad de gobierno).

Las magnitudes o parámetros que mejor la definen son el avance y el número "P" de Norrbín, que representa el ángulo de rumbo girado por unidad de ángulo de timón empleado, cuando el buque ha recorrido una longitud igual a su eslora después del accionamiento del timón. También es obligado citar los índices de Nomoto, que se utilizan para resolver las ecuaciones del movimiento, sobre todo en la maniobra de zig-zag y, a pesar de las simplificaciones introducidas, están admitidas universalmente.

La predicción de las características de maniobrabilidad de los buques reviste grandes dificultades, tanto desde el punto de vista teórico como experimental. El problema es debido a la inexistencia de un planteamiento teórico matemáticamente resoluble y a las dificultades para la experimentación por los efectos de escala.

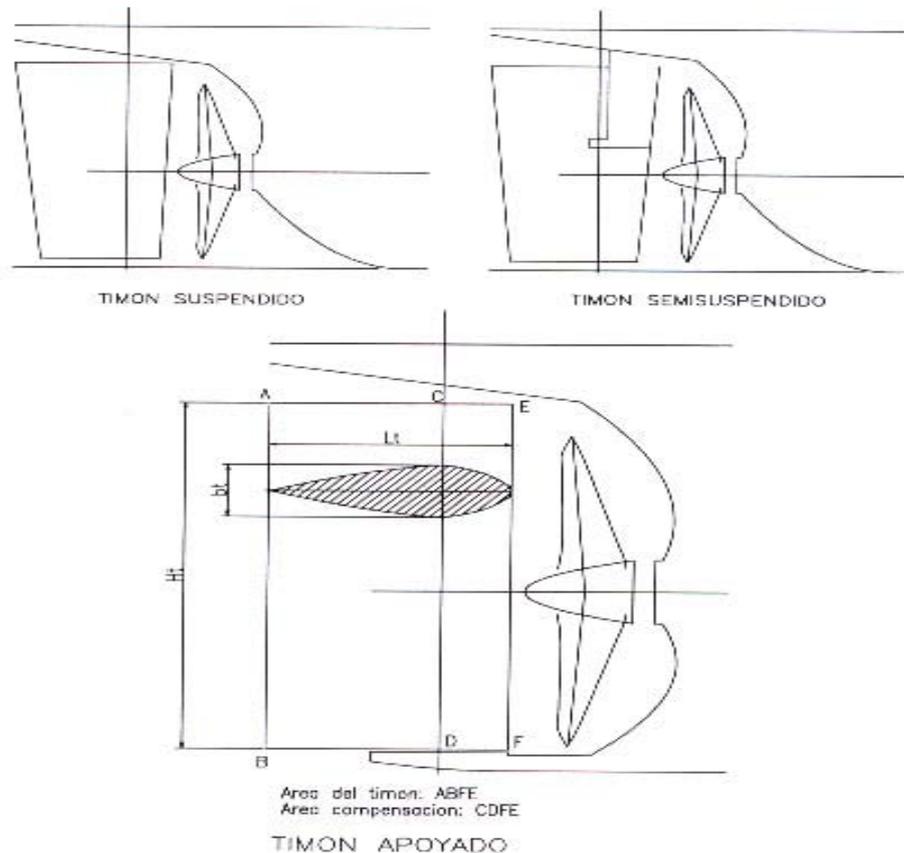
A causa de las dificultades antedichas, el problema teórico se ha abordado por dos caminos:

- Cálculo de los parámetros de maniobrabilidad.
- Simulación matemática de las maniobras.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

6.1.2-Tipos de timón y codaste, Áreas y forma del timón.

Los tipos de timones y codastes más usuales en buques mercantes son los que se presentan a continuación:



El tipo de timón seleccionado es suspendido, debido a que cumple satisfactoriamente las misiones propias del timón y resulta más sencillo y económico.

Los parámetros que definen básicamente la configuración del timón son:

- ✚ El área del timón, AR , es la superficie proyectada sobre el plano diametral. Frecuentemente se supone proporcional al área de deriva, es decir, al producto $L_{pp} \times T$. También se utiliza la fórmula recomendada por Det Norske Veritas y otros procedimientos más precisos.
- ✚ La configuración del timón, requiere definir la altura del timón, H_t , la longitud, L_t , y el perfil currentiforme utilizado, tipo y ancho máximo, b_t , que es función de la longitud del timón en esa sección. En la designación del tipo del timón los dos últimos dígitos representan la relación b_t / L_t en tanto por ciento.
- ✚ La compensación o área del timón a proa del eje de giro, que se suele definir como tanto por ciento del área total, suele variar entre el 20-25% de AR , el Norske Veritas lo limita superiormente en 25%.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

6.1.3-Índices de maniobrabilidad

Según la reglamentación de IMO, Resolución A.751(18) aprobada en noviembre de 1993 (para buques mayores de 100 m. de eslora y para cualquier buque quimiquero o de transporte de gas, construidos a partir de julio de 1994) la maniobrabilidad de un buque se considerará satisfactoria si cumple las siguientes condiciones:

✚ Capacidad de evolución.

El avance no excederá de cuatro esloras y media ($4,5 \times L_{pp}$) y el diámetro táctico no excederá de cinco esloras ($5 \times L_{pp}$) en la curva de evolución.

✚ Capacidad inicial de evolución.

Con la aplicación de un ángulo de 100° al timón de babor o a estribor, el buque cambiará el rumbo en 10° sin recorrer más de dos esloras y media ($2,5 \times L_{pp}$).

✚ Aptitud para corregir la guiñada y capacidad para mantener el rumbo:

En la maniobra de zig-zag en $10^\circ / 10^\circ$, el valor del primer ángulo de rebasamiento no excederá de:

- 10° , si la relación L_{pp} / V es menor de 10 segundos. Con la eslora y la velocidad en metros y metros/segundo, respectivamente.
- 20° , si la relación L_{pp} / V es mayor de 30 segundos.
- $[5 + 0,5 \times (L_{pp} / V)]$ grados, si L_{pp} / V está entre 10 y 30 segundos.
- En la maniobra de zig-zag en $10^\circ / 10^\circ$ el valor del segundo ángulo de rebasamiento no excederá de los valores anteriores en más de 15° .
- En la maniobra de zig-zag en $20^\circ / 20^\circ$ el valor del primer ángulo de rebasamiento no excederá de 25° .

✚ Capacidad de parada.

El recorrido del buque en la prueba de parada -con toda atrás- no excederá de quince veces la eslora ($15 \times L_{pp}$). No obstante, la Administración podrá modificar este valor cuando sea inaplicable en los buques de gran porte.

6.1.4-Empujadores transversales

Hasta ahora se ha considerado que la maniobra de gobierno era obtenida exclusivamente con timones convencionales, aunque las exigencias de la reglamentación IMO se refieren a la maniobra en general y se permite utilizar todos los recursos permanentes del buque.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

En buques con muchas maniobras de atraque, o de entrada y salida de puerto, se disponen empujadores transversales, normalmente en proa y a veces en proa y popa, que generan un empuje normal al plano diametral, aspirando agua de una banda y arrojándola en la contraria; en este buque se instalará sólo un empujador transversal a proa considerándolo suficiente. Para ello, se dispone una hélice dentro de un conducto prácticamente cilíndrico que atraviesa el casco. Su cálculo se basa en determinar el empuje lateral a realizar por m^2 , Fl , que es función del tipo de buque y de su eslora, y multiplicarlo por el área de deriva, $Lpp \times T$.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

6.2-ESTIMACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE MANIOBRABILIDAD REGULADAS POR IMO.

6.2.1-Diámetro de giro (turning diameter)

Para buques de 1 hélice, como es nuestro caso, tenemos:

$$DG=LPPx[4,19 - 203 CB / DELR + 47,4 TRI / LPP - 13B / LPP + 194 / DELR - 35,8AR / (LPP x T) + 7,79AB / (LPP x T)]$$

Siendo:

AR: área lateral proyectada de cada timón en m². Su valor es 38,703 m² (calculado posteriormente).

AB: área proyectada del perfil del bulbo de proa sobre crujía en m². Su valor estimado será de 28.

DELR: ángulo de timones. Su valor es 35°.

TRI: trimado, cuyo valor se dio a conocer anteriormente y es 0.

NTI: número de timones, cuyo valor conocido es 1.

$$DG= 174x[4,19-203x0,736/35+47,4x0/174-13x30,89/174+194/35-35,8x38,703/(174x12)+7,79x28/(174x12)]; \quad \mathbf{DG= 451,8954 \text{ metros}}$$

6.2.2.-Diámetro táctico o de evolución (tactical diameter)

Para buques de 1 hélice:

$$DT= LPP(0,91DG/LPP+0,234V/\sqrt{LPP} +0,675)$$

$$DT= 174(0,91x 451,8954/174+0,234x15/\sqrt{174} +0,675);$$

$$\mathbf{DT= 574,9748 \text{ metros}}$$

Para que el valor obtenido sea correcto, IMO requiere que dicho valor no exceda de 5 veces la eslora entre perpendiculares. Efectivamente, el valor es correcto, ya que:

$$\mathbf{5x174= 870 \text{ metros} < 574,9748 \text{ metros.}}$$

6.2.3-Avance

En nuestro caso, un buque de 1 hélice, tenemos:

$$AVDC= LPP(0,519 DT/LPP+1,33)$$

$$AVDC= 174x (0,519x 574,9748 / 174+1,33);$$

$$AVDC= 529,8319 \text{ metros.}$$

IMO requiere que este valor no exceda de 4,5 veces la eslora, efectivamente:

$$\mathbf{4,5x174= 783 \text{ metros} < 529,8319 \text{ metros.}}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

6.2.4-Caída o transferencia (transfer)

En nuestro caso;

$$\text{TRANS}=\text{LPP}(0,497\text{DT}/\text{LPP}-0,065)$$

$$\text{TRANS}= 174 \times (0,497 \times 574,9748 / 174 - 0,065);$$

$$\text{TRANS}= 274,4524 \text{ metros}$$

6.2.5-Facilidad de evolución inicial (inicial turning ability)

IMO requiere que, tras haber metido el timón 10° , el buque no recorra más de 2,5 veces su eslora, cuando su rumbo haya cambiado 10° .

$2.5 \times 174 = 435$ metros, es lo que debería recorrer cuando su rumbo haya cambiado en 10°

6.2.6-Facilidad para mantener el rumbo (course keeping ability)

Las ecuaciones que representan las rectas de regresión de las figuras que relacionan el primer ángulo de rebasamiento, DELO, con el parámetro $\text{CB} \times \text{B} / \text{LPP}$, para petroleros y graneleros, son las que siguen:

En la maniobra en Z de $10^\circ/10^\circ$ y en Z de $20^\circ/20^\circ$.

✚ Petroleros, primer ángulo de rebasamiento en la maniobra en Z de $10^\circ/10^\circ$

$$\text{DELO} / \text{DELR} = 3,20 (\text{CB} \times \text{B} / \text{LPP} + 0,10)$$

✚ Petroleros, primer ángulo de rebasamiento en la maniobra en Z de $20^\circ/20^\circ$

$$\text{DELO} / \text{DELR} = 5,20 (\text{CB} \times \text{B} / \text{LPP} + 0,0019)$$

Siendo DELR, el ángulo del timón, 10° y 20° respectivamente.

Se debe considerar un margen sobre los valores calculados en estas fórmulas, el programa Arqnaval, da un margen del 20%

IMO requiere ciertos valores máximos de los ángulos de rebasamiento en la maniobra en zig-zag, que se indican a continuación:

En la maniobra de zig-zag en $10^\circ/10^\circ$ el valor del primer ángulo de rebasamiento no excederá de:

$$-10^\circ, \text{ si } \text{Lpp}/\text{V} < 10 \text{ segundos}$$

$$-20^\circ, \text{ si } \text{Lpp}/\text{V} > 30 \text{ segundos}$$

$$-(5+0,5 \times (\text{Lpp}/\text{V}))^\circ, \text{ si } 10 \text{ segundos} < \text{Lpp}/\text{V} < 30 \text{ segundos}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

En la maniobra de zig-zag en 10°/10° el valor del segundo ángulo de rebasamiento no excederá de los valores anteriores en más de 15°.

En la maniobra de zig-zag en 20°/20° el valor del segundo ángulo de rebasamiento no excederá de 25°.

Aplicando las fórmulas, al buque estudio, nos dará unos determinados valores de ángulos, que detallamos a continuación.

- **Z 10°/10°**

$$\text{DELO} = 10 \times 3,20(0,736 \times 30,89 / 174 + 0,10) = 4,1787$$

Sumándole El 20% de margen, tenemos un ángulo **DELO = 5° 0' 51"**

- **Z 20°/20°**

$$\text{DELO} = 20 \times 5,20 \times (0,736 \times 30,89 / 174 + 0,019) = 13,5872$$

Sumándole el 20% de margen, tenemos un ángulo **DELO = 16° 18' 16.76"**

Como nuestra relación eslora, velocidad es: LPP/V; 174/(15x0,51444)→

LPP/V = 22,548 segundos, tenemos:

IMO requiere que los ángulos no excedan de:

- Z 10°/10°; $(5 + 0,5 \times (\text{LPP}/V)) = 16° 16' 26.4''$
- Z 10°/10° para segundo ángulo de maniobra;
 $16° 16' 26.4'' + 15° = 31° 16' 26.4''$
- Z 20°/20° segundo ángulo de rebasamiento; **no excederá 25°**

6.2.7- Facilidad de parada (Stopping ability)

En las publicaciones de SNAME, se representa un gráfico que indica la distancia recorrida por un buque tras la maniobra de todo atrás (crash stop). La distancia recorrida RH se representa adimensionalmente como $\text{RH} / \text{DISW}^{1/3}$, en función de un parámetro de potencia, PP:

$$\text{PP} = 0,305 \times V^3 \times \text{DISW} / (\text{PBA} \times \text{DP})$$

Con V la velocidad inicial en nudos, y PBA la máxima potencia dando atrás toda de un motor diesel, que oscila entre el 35 % y 40 % de la máxima potencia marcha atrás.

La ecuación que representa esta curva es:

$$\text{RH} = 0,305 \exp(0,773 - 5 \times 10^{-5} \text{PP} + 0,617 \ln(\text{PP})) \times \text{DISW}^{1/3}$$

Calculamos PBA:

$$\text{PBA} = 0,35 \times 11451,77646 = 4008,122 \text{ HP}$$

Con este dato conocido, Calculamos PP:

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

$$PP = 0,305 \times 15^3 \times 48.657,532 / (4008,122 \times 6,4425) \rightarrow$$
$$PP = 1.939,672$$

Ya conocidos los datos que necesitamos, procedemos a calcular RH:

$$RH = 0,305 \exp(0,773 - 5 \times 10^{-5} \times 1.939,672 + 0,617 \ln(1.939,672)) \times 48.657,532^{\frac{1}{3}}$$
$$RH = 1956,6874 \text{ metros.}$$

IMO requiere que la distancia Rh no exceda de 15 veces la eslora LPP

$15 \times 174 = 2.610 \text{ metros} > 1956,6874 \text{ metros}$, por tanto cumple con el reglamento de la IMO

6.2.8-Proyecto del timón:

A continuación se indican los procedimientos para estimar las dimensiones de timones convencionales formados por una pala con un eje de giro.

6.2.9-Área proyectada de la pala

6.2.9.1-Primera aproximación

El área de la pala varía entre el 1,5% y el 2,5% del producto $L_{pp} \times T$, siendo T el calado de proyecto. Al aumentar el área disminuye el diámetro de giro, pero para áreas mayores del 2,5% esta disminución es insignificante.

6.2.9.2- Fórmula de Det Norske Veritas

El área del timón de un buque no debe ser menor del obtenido con la fórmula siguiente, aplicable a timones que trabajan del chorro de la hélice propulsora.

$$AR = 0,01 \times LPP \times Tx(1 + 50CB^2 (B/LPP)^2)$$
$$AR = 0,01 \times 174 \times 12 \times (1 + 50 \times 0,736^2 (30,89/174)^2)$$
$$AR = 38,703 \text{ m}^2$$

$$LPP \times T = 174 \times 12 = 2088; 1,5\% 2088 = 31,32 \text{ m}^2$$
$$2,5\% 2088 = 52,2 \text{ m}^2$$

Por tanto el valor está dentro de lo permitido por la primera aproximación.

6.2.9.3-Relación de aspecto

La relación de aspecto, que es el cociente entre la altura y la longitud media del timón, suele ser cercana a 1,5. La altura del timón debe elegirse de modo que, en lo posible, la pala esté situada en el chorro de la hélice y se tendrán en cuenta los huelgos recomendados entre hélice y timón. Por tanto, se empezará estableciendo la condición de que el timón será aproximadamente un metro más alto que el diámetro de la hélice:

$$h = (1 + DP) = (1 + 6,4425); \quad h = 7,4425 \text{ m}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Por tanto tenemos:

$$AR = Lt \times h; \quad 38,703 = Lt \times 7,4425; \quad Lt = 5,2002 \text{ m}$$

Por tanto, se tiene una **Relación de Aspecto = $h / Lt = 7,4425 / 5,2002 = 1,4312\text{m}$** .

6.2.9.4-Compensación:

El área de la pala a proa de su eje de giro, debe ser aproximadamente el 20% del área total y la longitud de la parte compensada no debe exceder del 35 % de la longitud total del timón.

Área de la pala a proa del eje de giro del timón = 20% x AR = **7,7406 m²**

Longitud de la parte compensada = 35 % x 5,2002 = **1,82007 m**

6.2.9.5-Mecha del timón

Según las reglas del Lloyd's Register of Shipping, el diámetro de la mecha de un timón rectangular no será menor que el calculado por la fórmula:

$$DM = 83,3 KR^3 \sqrt{(V+3)^2 \sqrt{AR^2} \times XP^2 + KN^2} \text{ mm.}$$

Donde:

KR es el coeficiente del timón, con los valores siguientes:

0,248 para marcha avante, timón detrás del propulsor

0,235 idem; timón no detrás del propulsor

0,185 marcha atrás

0,226 buque no propulsado

V es la máxima velocidad avante, en nudos, del buque en servicio, calado en carga, o bien velocidad marcha atrás, que no se tomará menor que la mitad de marcha avante

XP, distancia entre el eje del timón al centro de presión, según la fórmula

XP= 0,33 Lt-Xl (avante)

XP= XA-0,25Lt (atrás)

Donde XL, XA, son las distancias del eje del timón a los bordes de proa y popa de este.

KN, coeficiente según la disposición de los pinzotes del timón

2 ó mas KN=0

1 o ninguno KN= A1(0,67y1+0,17y2)-A2(y1+0,5y3)

Donde las medidas An e yn, son las indicadas en las figuras, tomadas del Lloyd's Register.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Lt= 5,2002; XL= 3,3801; XA= 1,82007; XP(AVANTE)= -2,085 m;
XP(ATRÁS)=0,52002 m; KR(MARCHA AVANTE)= 0,248; KR(ATRÁS)= 0,185

V en nudos, marcha avante=15 nudos

V atrás; V= 7.5 nudos

KN= 0

Sustituyendo en la expresión, tenemos:

$$DM= 83,3 KR^3 \sqrt{(V + 3)^2 \sqrt{AR^2} x XP^2 + KN^2} \text{ mm}$$

$$DM= (83,3x(0,248))^3 \sqrt{(15 + 3)^2 \sqrt{38,703^2} x 2,085^2 + 0^2}$$

$$DM= \mathbf{613,143 \text{ mm avante}}$$

$$DM= (83,3x(0,185))^3 \sqrt{(7,5 + 3)^2 \sqrt{38,703^2} x 0,52002^2 + 0^2}$$

$$DM= \mathbf{201,000 \text{ mm atrás}}$$

Luego la mecha del timón, tendrá un radio mínimo de 613,143 mm. para poder soportar los esfuerzos inducidos por el timón.

6.3-Cálculo de empujadores transversales

A continuación, se muestran una serie de expresiones, para el dimensionamiento preliminar de estos empujadores.

6.3.1-Empuje necesario

El empuje que debe proporcionar el empujador, depende del tipo de buque, del área lateral proyectada de la obra viva y de la obra muerta del buque.

Unos valores medios recomendados, son los siguientes:

Tipo de buque	Kg/m² de obra viva	Kg/m² de obra muerta
Ferry y pasaje	9 a 14	4 a 8
Carga, remolcador	6 a 9	4 a 8
Petrol, Granelero	5 a 7	3 a 6
Dragas	9 a 12	4 a 8

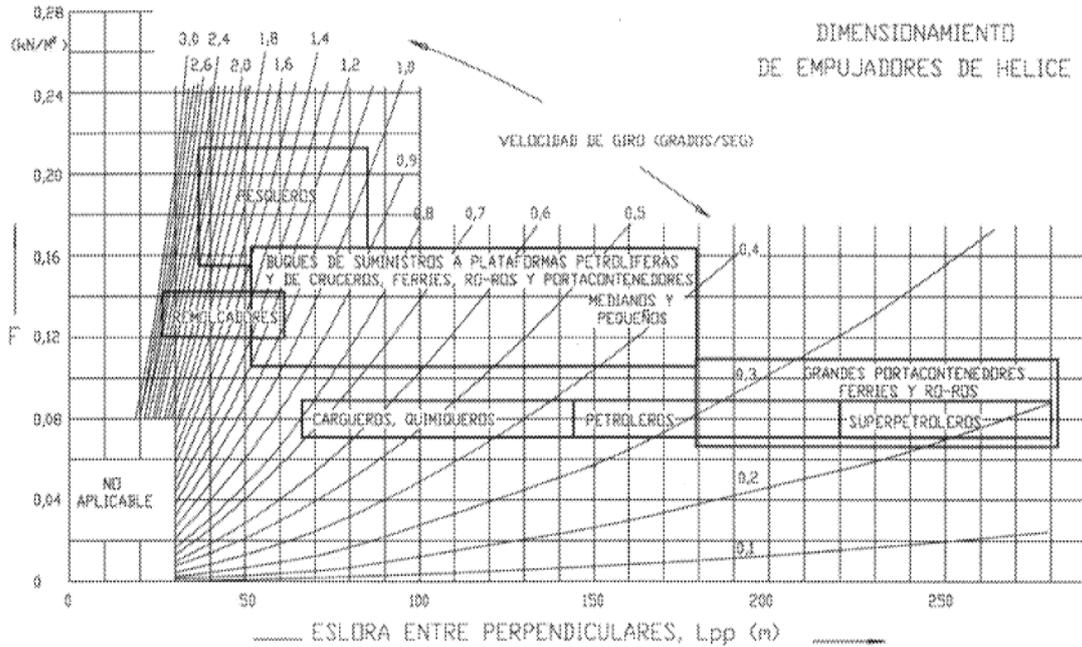
Se debe adoptar el mayor de los dos valores del empuje obtenidos de esta tabla.

En la gráfica, que a continuación se expone, se muestra la relación entre el empuje necesario, F(en Kn por m² de obra viva) de diversos tipos de buques, y su eslora en metros y la velocidad de giro VPSI que se pretenda alcanzar, en grados por segundo. Este gráfico, representa la fórmula:

$$VPSI= \frac{188}{LPP} \sqrt{F} .$$

Con esta expresión, y la gráfica que se muestra, se puede decidir el empuje necesario de la hélice empujadora.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO



Así, para una LPP de 174 metros, tenemos un empuje $F = 0,08 \text{ Kn/m}^2$

$$VPSI = \frac{188}{174} \sqrt{0,08} ; VPSI = 0,305 \text{ \% segundos} = 18,3360 \text{ \% minuto}$$

$$E = F \times LPP \times T = 0,08 \times 174 \times 12 = 167,04 \text{ KN}$$

6.3.2-Potencia necesaria:

Los empujadores de hélice en un túnel transversal, tienen un valor medio de 11Kg/HP, de la relación entre el empuje y la potencia del motor de accionamiento. Los empujadores del tipo chorro de agua (jet type), requieren aproximadamente un 20% mas de potencia.

Con un valor normal de 11Kg por HP del motor accionador, resulta un apotencia necesaria de .

$$P = K \times DISW^{\frac{2}{3}} ; \text{ donde K viene dado por al tabla:}$$

Tipo de buque	K
Ferry	1,75
Carguero	0,90
Granelero	0,75
Draga	1,10

$$P = 0,75 \times 48.657,532^{\frac{2}{3}} \rightarrow P = 999,60 \text{ HP}$$

7-POTENCIA

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

7.1-INTRODUCCIÓN

Una vez hecha una estimación de la potencia del buque por los métodos aproximados indicados en el proyecto preliminar, se procede a calcular la potencia de manera que su fiabilidad sea la mayor posible, empleando para ello los métodos de Holtrop y las Serie 60 con el módulo Hullspeed del programa Maxsurf. A continuación se muestran los resultados obtenidos referidos al buque considerado.

7.1.1-Tabla de datos

	VALUE	UNITS	HOLTROP	SERIE 60
LWL	174	m	174	174
BEAM	30,89	m	30,89	30,89
DRAFT	12	m	12	12
DISPLACE VOLUME	48634	m ³	48634	48634
WETTED AREA	8653	m ²	8653	8653
PRISMATIC COEFF	0,807		0,807	--
WATERPLANE AREA COEFF	4419,72		4419,72	--
1/2 ANGLE OF ENTRANCE	13	deg.	13	--
LCG FROM MIDSHIP(+ve for'd)	5,35	m	5,35	--
TRANSON AREA	8,39	m ²	8,39	--
MAX SECTIONAL AREA	346,352	m ²	--	--
BULB TRANSVERSE AREA	8,24	m ²	8,24	--
BULB HEIGHT FROM KEEL	5	m	5	--
DRAFT AT FP	12	m	12	--
DEADRISE AT 50% LWL	3,2	deg.	--	--
HARD CHINE OR ROUND	Hard chine		--	--
FRONTAL AREA	0	m ²		
HEADWIND	0	kts		
DRAG COEFF	0			
AIR DENSITY	0,001	T/m ³		
APPENDAGE AREA	0	m ²		
NOMINAL APP. LENGHT	0	m		
APPENDAGE FACTOR	1			
CORRELATION ALLOW	0,00040			
KINEMATIC VISCOSITY	0,0000011883	m ² /s		
WATER DENSITY	1,026	T/m ³		

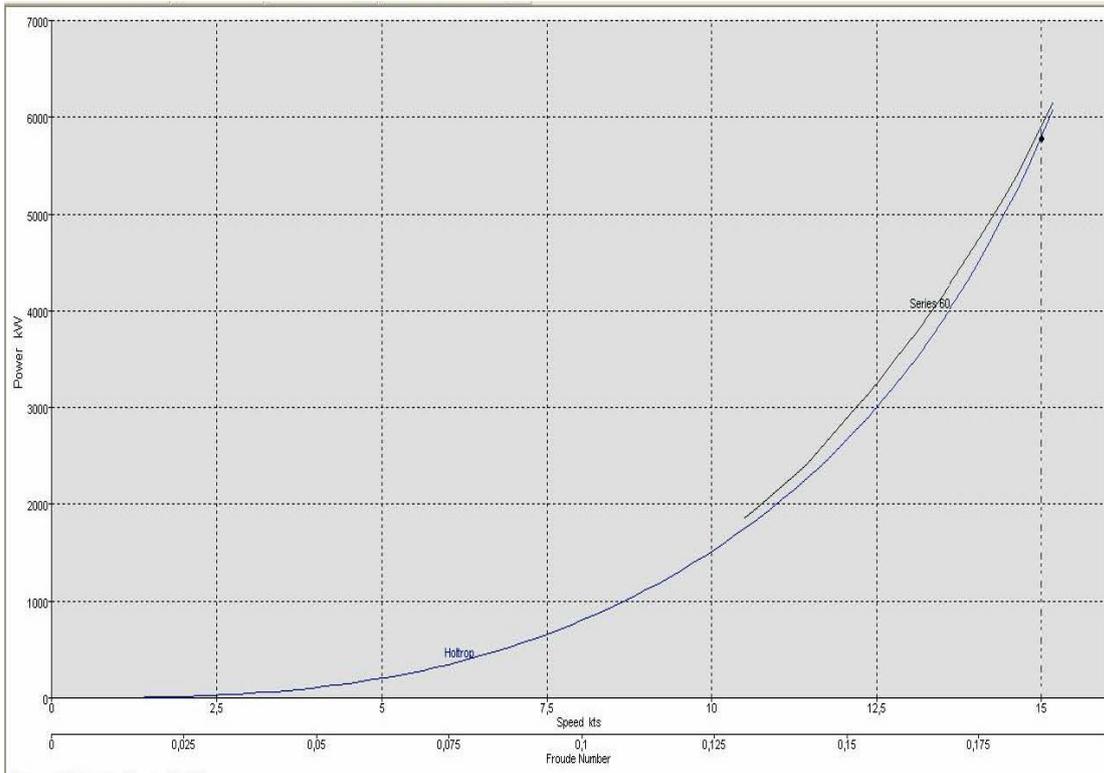
ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

7.2-Tabla de resultados

	SPEED NUDOS	HOLTROP RESISTEN KN	HOLTROP POWER KW	SERIE 60 RESISTEN KN	SERIE 60 POWER KW
1	0	--	--	--	--
2	0,38	0,62	0,12	--	--
3	0,75	2,24	0,87	--	--
4	1,13	4,79	2,77	--	--
5	1,5	8,21	6,33	--	--
6	1,88	12,47	12,03	--	--
7	2,25	17,56	20,33	--	--
8	2,62	23,47	31,69	--	--
9	3	30,17	46,56	--	--
10	3,38	37,66	65,39	--	--
11	3,75	45,93	88,6	--	--
12	4,13	54,97	116,64	--	--
13	4,5	64,77	149,94	--	--
14	4,88	75,33	188,91	--	--
15	5,25	86,63	233,99	--	--
16	5,62	98,69	285,58	--	--
17	6	111,48	344,11	--	--
18	6,38	125,01	409,98	--	--
19	6,75	139,27	483,62	--	--
20	7,13	154,26	565,43	--	--
21	7,5	169,98	655,84	--	--
22	7,88	186,43	755,26	--	--
23	8,25	203,6	864,13	--	--
24	8,63	221,52	982,9	--	--
25	9	240,19	1112,06	--	--
26	9,38	259,62	1252,14	--	--
27	9,75	279,86	1403,72	--	--
28	10,13	300,93	1567,47	--	--
29	10,5	322,89	1744,14	343,53	1855,62
30	10,88	345,8	1934,62	370,56	2073,12
31	11,25	369,75	2139,92	397,59	2301,06
32	11,63	394,83	2361,22	428,26	2561,16
33	12	421,15	2599,91	461,69	2850,18
34	12,38	448,86	2857,57	495,13	3152,1
35	12,75	478,11	3136,03	529,45	3472,75
36	13,13	509,08	3437,37	563,99	3808,12
37	13,5	541,97	3763,98	598,69	4157,89
38	13,88	576,99	4118,51	637,68	4551,73
39	14,25	614,38	4503,95	676,68	4960,61
40	14,63	654,41	4923,64	717,85	5400,95
41	15	697,36	5381,3	764,99	5903,16

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

7.3-Gráfica de resultados, según los métodos aplicados.



7.3-Estimación del motor propulsor

La velocidad especificada se debe dar al 90% de las MCR del motor para tener en cuenta las sobrecargas del mismo durante la vida del buque por el ensuciamiento de la carena y las hélices entre varadas. Por tanto, la potencia del motor deberá ser un valor medio de los dos proporcionados por ambos métodos:

Potencia media $\rightarrow (5.831,3 + 5.903,16)/2 \rightarrow$ Potencia media = 5.867,23 KW

Potencia al 90% $\rightarrow 5.867,23 \times 0.9 = 5.280,507$ KW

DATOS DEL MOTOR PROPULSOR		
<i>Tipo De Motor Propulsor</i>	<i>Potencia (KW)</i>	<i>Régimen de Giro (r/min)</i>
4L51DF	6000	91
4L60MC	7680	91
5L60MC	9600	91
4S60MC	8160	91
5S60MC	10200	91
4S60MC-C	9040	91

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

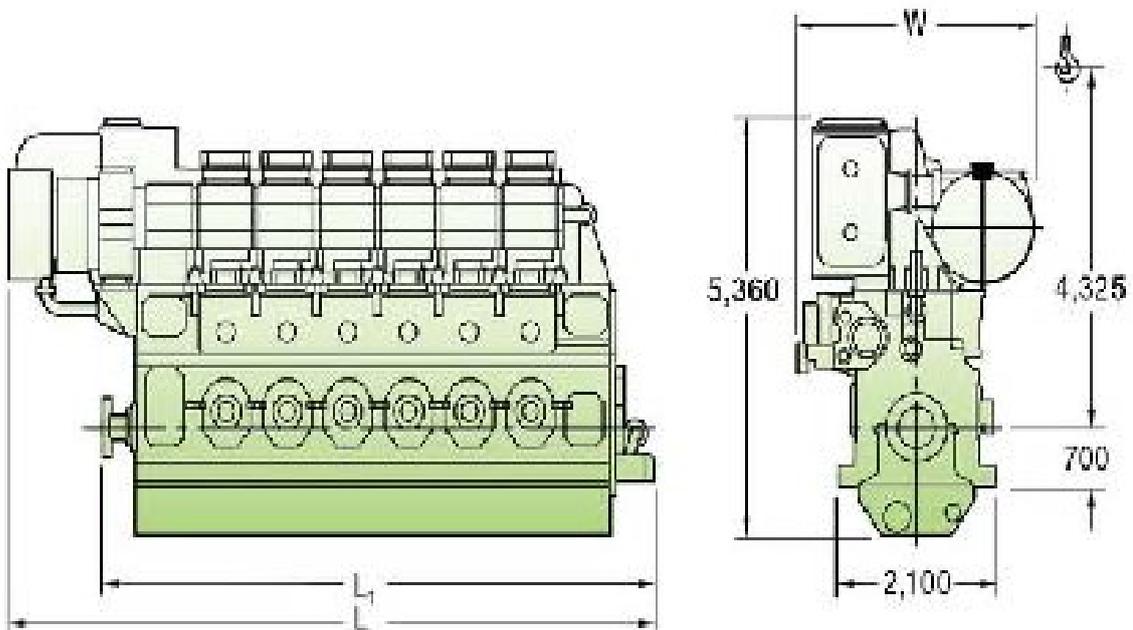
Después de ver los resultados de las características de motores, proporcionadas por el servicio oficial de MAN, nos decantamos por el motor definido como **4L51/DF** cuyas características específicas son las que se indican.

Puntos de trazado		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄
Velocidad	r/min	100	100	91	91
mep	bar	19.05	12.2	19.05	12.2
		kW	kW	kW	kW
4L51/DF		6000	5820	5900	5600

A continuación se muestran datos adicionales del motor propulsor escogido:

Cilindros	6
L_{min} (mm)	8.615
L₁ (mm)	7.290
A (mm)	5.380
B(mm)	4.325
C (mm)	2.100
D (mm)	700
W	3.965
DRY MASS	106
LHV_{min} (kJ/m³)	28,00

** La Masa puede variar un 10% dependiendo del diseño y las opciones escogidas*



ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

- Consumo Específico de Fuel Oil (SFOC) = 184 g / kWh
- Consumo de Aceite Lubricante y Aceites del Cilindro:
- Aceite Lubricante = 5,5 - 7,5 kg / cilindro 24 horas
- Aceites del Cilindro = 0,7 - 1,5 g / kWh

8-ARQUEO

8.1-CÁLCULO APROXIMADO DE FORMA DIRECTA.

Si no se dispone de un buque base o modelo, o si se desea tener un control mas detallado de cálculo de arqueo, este se puede determinar por el siguiente procedimiento, que utiliza información deducida de un análisis de buques existentes.

El volumen V, se considera desglosado en las siguientes partes, cuyo volumen se calcula aproximadamente por las fórmulas que se indican a continuación:

1. Volumen del casco por debajo de la cubierta de arqueo, hasta el nivel del puntal:

$$VBD=LPP \times B \times D \times CBD \text{ m}^3;$$

Donde CBD, viene dado por al expresión:

$$CBD= CB+0,35\left(\frac{D-T}{T}\right)(1-CB)$$

$$CBD= 0,736+ 0,35\left(\frac{17,80-12}{12}\right)(1-0,736) \rightarrow \mathbf{CBD= 0,780}$$

Sustituyendo En la expresión, obtenemos:

$$VBD=LPP \times B \times D \times CBD \text{ m}^3;$$

$$VBD= 174 \times 30,89 \times 17,80 \times 0,780; \rightarrow \mathbf{VBD= 74.624,556 \text{ m}^3}$$

2. Volumen debido a la brуска de la cubierta

$$VBR= 0,012 \times LPP \times B^2 \text{ m}^3$$

$$VBR= 0,0012 \times 174 \times 30,89^2 \rightarrow \mathbf{VBR= 199,235 \text{ m}^3}$$

3. Volumen debido al arrufo

Anteriormente se especificó que el arrufo de nuestro buque era nulo.

4. Volumen de superestructuras y casetas

Este termino depende básicamente del tamaño del buque, del número de sus tripulantes y estándar de los alojamientos. Para un estándar medio, correspondiente a buques actuales con tripulaciones reducidas, se puede estimar por.

$$VSUP= 41 \times LPP - 755 \text{ m}^3$$

$$VSUP= (41 \times 174) - 755 \rightarrow \mathbf{VSUP= 6.379 \text{ m}^3}$$

5. Volumen de brazolas de escotillas.

En nuestro caso, no disponemos de escotillas, sino de medios de carga y descarga, formados por bombas, con lo cual el volumen es cero.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Calculados los volúmenes de los diferentes espacios, tenemos que el volumen total será:

$$VT = VBD + VBR + VSUP$$
$$VT = 74.624,556 + 199,235 + 6.379 \rightarrow VT = 81.202,791 \text{ m}^3$$

Pues bien, como el arqueado bruto se determina por la expresión:

$$GT = K1 \times V, \text{ donde } K1 = 0,2 + 0,002 \log_{10} V$$

$$K1 = 0,2 + 0,002 \log_{10} 81.202,791 \rightarrow K1 = 0,21$$

Sustituyendo tenemos:

$$GT = 0,21 \times 81.202,791 \rightarrow GT = 17.052,586 \text{ m}^3$$

8.2-CÁLCULO DEL ARQUEO NETO

El arqueo neto se calcula por la expresión:

$$NT = K2 \times VCAR \left[\frac{4T}{3D} \right]^2 + K3(N1 + N2/10)$$

Donde:

$$K2 = 0,2 + 0,002 \log_{10} VCAR$$

$$K3 = 1,25 \times (GT + 10.000) / 10$$

N1, es el número de pasajeros en camarotes que no tengan mas de 8 literas

N2, es el número de los demás pasajeros

En caso de que la suma de N1 y N2, sean menores de 13, ambas cifras se considerarán igual a cero.

Se tendrá en cuenta, además que:

- el factor $\left(\frac{4T}{3D}\right)^2$, no se tomará superior a 1
- El termino $K2 \times VCAR \left[\frac{4T}{3D} \right]^2$, no se tomará inferior a 0,25 GT
- NT no se tomará inferior a 0,30 GT

VCAR = 58.524,967 m³, calculado anteriormente.

$$K2 = 0,2 + 0,002 \log_{10} VCAR \rightarrow 0,2 + 0,002 \log_{10} 58.524,967 \rightarrow K2 = 0,21$$

Tenemos que : $\left(\frac{4T}{3D}\right)^2 \rightarrow \left(\frac{4 \times 12}{3 \times 17,80}\right)^2 = 0,8079 < 1$, luego se puede tomar el valor

calculado

$$K2 \times VCAR \left[\frac{4T}{3D} \right]^2 \rightarrow 0,21 \times 58.524,967 (0,8079) = 9.929,287$$

Como 0,25 GT = 4.263,146, podemos tomar el valor 9.929,287

$$K3 = 1,25 \times (17.052,586 + 10.000) / 10 \rightarrow K3 = 3.381,573$$

Teniendo los datos necesarios, tenemos que NT es:

$$NT = K2 \times VCAR \left[\frac{4T}{3D} \right]^2 + K3(N1 + N2/10)$$

$$NT = 9.929,287 + 3.381,573 \rightarrow NT = 13.310,860 \text{ NT}$$

Comprobamos que 13.310,860 no es inferior al 30% de GT

$$0,30 \times 17052,586 = 5.115,775 < 13.310,860$$

9-FRANCOBORDO

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

9.1-CÁLCULO DEL FRANCOBORDO A PARTIR DE LA RELACIÓN CALDO /PUNTAL

Es evidente que si se conoce el caldo del buque, como es lo normal en la primera fase del proyecto, y se puede estimar la relación T/D, del calado del proyecto al puntal, se puede deducir inmediatamente el francobordo, ya que.

$$FB= D-T=T(D/T-1)= T \left(\frac{1}{\frac{T}{D}} -1 \right);$$

$$FB= 12 \left(\frac{1}{\frac{12}{17,80}} -1 \right) \rightarrow \mathbf{FB= 5,80 \text{ metros.}}$$

9.2-CÁLCULO SIMPLIFICADO DEL FRNACOBORDO POR MEDIO DE Y FÓRMULAS PROGRAMABLES.

Se indican a continuación una serie de fórmulas que son utilizadas en el programa Arqnaval.

9.2.1-Francobordo tubular.

Las siguientes expresiones calculan los francobordos tubulares, FBT, de los tipos A y B, dividiendo el campo de la eslora en cuatro partes.

En nuestro caso, el buque a estudio es del tipo A, ya que está proyectado para el transporte de cargas líquidas a granel. Así observando las tablas de francobordo tubular, existentes para este tipo de buques, y en función de la eslora, tenemos:

Eslora del buque (metros)	Francobordo (mm)
174	2320

Por medio de las fórmulas programables, y dividiendo la eslora en cuatro partes, tenemos:

- a) Eslora comprendida entre 50<L<100

TIPO A:

$$FBT=-59,7+8,36L+0,036L^2$$

$$FBT= -59,7+8,36 \times 174+0,036 \times 174^2$$

$$\mathbf{FBT= 2.484,876 \text{ mm}}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

b) Eslora comprendida entre $100 < L < 150$

TIPO A:

$$\text{FBT} = -335 + 13,56xL + 0,012xL^2$$

$$\text{FBT} = -335 + 13,56x174 + 0,012x174^2$$

$$\text{FBT} = \mathbf{2.387,752 \text{ mm}}$$

c) Eslora comprendida entre $150 < L < 250$

TIPO A:

$$\text{FBT} = 4729 - 452xL + 5,63xL^2$$

$$\text{Siendo } l = 1000/L \rightarrow l = 1000/174 \rightarrow l = \mathbf{5,747}$$

$$\text{FBT} = 4729 - 452x5,747 + 5,63x5,747^2$$

$$\text{FBT} = \mathbf{2.317,30 \text{ mm.}}$$

Obteniéndose un valor medio del FBT de.

$$\text{FBT}_{\text{medio}} = (2.484,876 + 2.387,752 + 2.317,30) / 3 \rightarrow \text{FBT}_{\text{medio}} = \mathbf{2.396,642 \text{ mm.}}$$

9.2.3-Corrección del coeficiente de bloque

En caso de que el CB sea mayor de 0,68, dado es el caso, tenemos.

$$\text{CB}_{85D} = 1,01 \times \text{CB} \rightarrow \text{CB}_{85D} = \mathbf{1,01 \times 0,736 = 0,743}$$

$$\text{C}_2 = \frac{\text{CB}_{85D} + 0,68}{1,36} \rightarrow \text{C}_2 = \frac{0,743 + 0,68}{1,36} = \mathbf{1,046}$$

9.2.4-Corrección por puntal.

En caso de que el puntal del buque exceda de $L/15$, se aumentará en:

$$\text{C}_3 = (D - L/15)R \text{ mm}$$

Como nuestro puntal es 17,80 metros $> 174/15$; $17,80 > 11,60$ metros, se aplicará la corrección:

$$R = 250, \text{ ya que nuestra eslora es superior a 120 metros.}$$

$$\text{C}_3 = (17,80 - 174/15)250 \rightarrow \text{C}_3 = \mathbf{2.603,33 \text{ mm.}}$$

9.2.5-Corrección por superestructuras.

Si la longitud total de las superestructuras es igual a la eslora del buque, se aplica al francobordo una corrección sustractiva D_e . En este caso, $D_e = 1070 \text{ mm}$.

Si la longitud de las superestructuras E , es menor que la eslora del buque, a la deducción anterior se le aplica un Porcentaje P según la tabla:

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

E / L	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Tipo A	0	7	14	21	31	41	52	63	75,3	87,7	100
Tipo B	0	5	10	15	23,5	32	46	63	75,3	87,7	100

La longitud de la superestructura es LSUP. Para determinarla hay que saber el número de plantas o pisos, PL es 5, la altura de entrepuente es 2,8 y el ancho de la superestructura es BSUP = 28 m.

$$LSUP = VSUP / (PL \times h B_{sup})$$

$$LSUP = 922,48 / (5 \times 2,8 \times 28) = \mathbf{23,52 \text{ m}}$$

$$\mathbf{\text{La relación E/L} = 23,52/174 \rightarrow \text{E/L} = 0,135}$$

El porcentaje Por de la tabla en cuestión, se puede aproximar por al fórmula.

$$\text{Por} = 0,26 + 58,9 \text{ E/L} + 42,9(\text{E/L})^2$$

$$\text{Por} = 0,26 + 58,9 \times 0,135 + 42,9(0,1351)^2$$

$$\text{Por} = 8,9945 \%$$

La corrección tiene un valor de:

$$C4 = \text{DexPor}/100 \text{ mm}; \rightarrow C4 = (1070 \times 8,9945)/100 \rightarrow \mathbf{C4 = 96,24 \text{ mm}}$$

9.2.6-Corrección por arrufo

Debido a que no se considera arrufo alguno, no se tendrá en cuenta esta corrección.

9.2.7-Francobordo de verano.

Se calcula mediante la expresión:

$$FBV = \text{FBT} \times C2 + \text{De} - C4 + C5$$

Donde.

FBT, es el francobordo tubular, calculado anteriormente, cuyo valor es 2.396,642 mm

C2, es la corrección del coeficiente de bloque, cuyo valor es 1,046

De, cuyo valor es 1070

C4, cuyo valor es 96,24 mm

C5, que es el valor del francobordo por arrufo, que es cero.

$$\text{FVB} = 2.396,642 \times 1,046 + 1070 - 96,24 \rightarrow \mathbf{\text{FVB} = 3.480,647 \text{ mm}}$$

9.2.8-Francobordo de agua dulce.

Se obtiene restando del francobordo mínimo en agua salada, el valor :

$$\frac{DISW}{40 \times TCI}$$

Donde el término TCI = $1,025 \times LPP \times B \times CWP / 100$;

$$\text{TCI} = 1,025 \times 174 \times 30,89 \times 0,8223 / 100 \rightarrow \mathbf{\text{TCI} = 45,3024 \text{ T/cm}}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Sustituyendo, tenemos que el valor de la corrección es.

$$\frac{DISW}{40 \times TCI} \rightarrow \frac{48.657,532}{40 \times 45,3024} \rightarrow 26,851 \text{ cm}$$

$$FB = FBV - \text{Corrección} \rightarrow FB = 3480,647 - 268,51 = 3.212,137 \text{ mm.}$$

9.2.9-Altura mínima en proa

La regla 39 del Convenio 1966 exige que la distancia vertical desde la cubierta expuesta hasta la flotación en la carga correspondiente al francobordo de verano, medida en la perpendicular de proa, no sea menor de:

$$\text{Si } LPP < 250 \text{ m} \quad 56 \times LPP \times (1 - LPP / 500) \times [1,36 / (CB + 0,68)]$$

Sustituyendo y operando en la ecuación, el valor de la Altura Mínima en Proa será:

$$56 \times 174 \times (1 - 174 / 500) \times [1,36 / (0,736 + 0,68)] \rightarrow 3.238,090 \text{ mm.}$$

Debido a que no se ha considerado arrufo alguno, se calcula la altura del castillo, cuya altura mínima será igual al 7 % de la eslora:

$$0,07 \times LPP = 0,07 \times 174 = 12,18 \text{ m}$$

10-EL PROYECTO
FINAL

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

10.1-ESPECIFICACIÓN RESUMIDA.

10.1.1-Descripción general

El buque se proyectará para el transporte de productos relacionados con el petróleo, almacenados en bodegas bajo cubierta, disponiendo de unas 8 bodegas en total.

La ruta a realizar será principalmente entre puertos españoles, aunque también hará travesía entre puertos del mediterráneo de países como Túnez y Argel.

Se dispondrá de Cámara de Máquinas y Superestructura a popa, así como bulbo de proa y empujadores transversales en la proa.

10.1.2-Características generales.

-Eslora total:	184 metros
-Eslora entre perpendiculares:	174 metros
-Manga de trazado:	30,89 metros
-Puntal de trazado:	17,80 metros
-Calado de trazado:	12 metros

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

10.1.3- Capacidades de Proyecto:

Arqueo	13.310,860 NT
Volumen de bodega 1	4330,678 m ³
Volumen de bodega 2	6006,372 m ³
Volumen de bodega 3	6216,457 m ³
Volumen de bodega 4	6425,921 m ³
Volumen de bodega 5	6425,921 m ³
Volumen de bodega 6	6525,426 m ³
Volumen de bodega 7	6525,426 m ³
Volumen de bodega 8	4664,945 m ³
Volumen de tanques de combustible	232,26 m ³
Volumen de tanques de residuos	978,576 m ³
Volumen de tanques de aceite	199,367 m ³

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

10.1.4-Estabilidad y situaciones de carga

El buque deberá cumplir con los criterios de estabilidad establecidos de cada uno de los países donde atraque.

Una vez construido, el buque será sometido a una prueba de estabilidad para determinar el peso en rosca y sus coordenadas del centro de gravedad.

Se estudiarán las condiciones de lastre y plena carga general en las situaciones de salida y llegada a puerto (100% y 10% de consumos respectivamente), así como los mismos casos que los anteriores pero sin carga.

10.1.5-Propulsión y Velocidad

El motor propulsor desarrollará una potencia continua de 7227,34 HP, la velocidad en servicio al calado de verano, es decir T = 12 m, con el motor desarrollando un 90% de su potencia máxima continua no será inferior a 15 nudos.

10.1.6-Autonomía.

El buque tendrá una autonomía no inferior a 1300 millas para un calado de 12 m y con el motor desarrollando el 90% de su potencia máxima continua.

10.1.7-Tripulación.

Se estimará una tripulación de 20 personas en total, cuya función de cada una de ellas se distribuirá de la siguiente manera:

Oficiales de cubierta

- 1 Capitán
- 1 Piloto de 1ª clase (Primer oficial)

Oficiales de Máquinas

- 1 Oficial de máquinas de 1ª clase (Jefe de máquinas)
- 1 Oficial de máquinas de 2ª clase (Primer maquinista)

Personal de maestranza y subalterno de cubierta

- 1 Contramaestre
- 4 Marineros

Personal de maestranza y subalterno de máquinas

- 2 Mecánicos
- 3 Engrasadores

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Personal de fonda

1 Cocinero

Alojamiento de la tripulación

El estándar para el alojamiento de la tripulación estará de acuerdo con el convenio 92 de la Organización Internacional de Trabajo (OIT).

10.1.8-Reglamentos.

El buque será clasificado por Lloyd's Register of Shipping y cumplirá con toda la reglamentación para navegar exigida por las correspondientes autoridades internacionales

10.1.9-Disposición General.

La disposición general, es similar a la de otros tipos de buques del mismo porte.

El buque dispondrá de popa de estampa, bulbo de proa y castillo de proa. La habitación o superestructura se dispone en la popa del buque, y sobre la cámara de máquinas se dispondrá el guardacalor, la chimenea. Hay que reseñar que la superestructura se encuentra separada del guardacalor y la chimenea y a proa de estas.

En la zona de carga se dispondrá de doble fondo y doble casco, como es requerido, donde se ubicarán los tanques de lastre. Estos tanques de lastre podrán estar comunicados los del doble fondo con los del costado.

La distribución de los principales espacios, de popa a proa son:

- Pique de popa
- Cámara de máquinas
- Cámara de bombas de trasiego de la carga
- Espacios de carga
- Cámara de bombas para trasiego de lastre
- Pique de proa

10.1.10-Configuración estructural

Casco

Desde el punto de vista estructural, el buque dispone de quilla plana, fondo, forro de fondo, forro de pantoque, forro de costado, cubierta superior, doble fondo con una altura de 1,48 m. de castillo de proa, de superestructura, de mamparos estancos de los piques de proa y popa, así como de los mamparos divisorios de los tanques de carga.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Tipo de reforzado:

Piques y Cámara de máquinas. Reforzado transversal.

- Fondo. Varengas y vagras intermedias.
- Costado. Cuadernas y dos palmejares intermedios.
- Cubierta. Baos y esloras intermedias.

Bodega. Reforzado longitudinal en fondo y cubierta, y transversal en el costado.

- Fondo. Longitudinales y varengas.
- Costado. Cuadernas, dos palmejares intermedios y bulárcamas
- Cubierta. Longitudinales y baos fuertes.

Mamparos principales. Reforzado vertical.

Pique de Popa y Pique de Proa, estancos ambos. Refuerzos verticales.

Zona de popa. Reforzado transversal.

- Mamparo. Refuerzos verticales.
- Cubierta. Baos

Requerimientos Estructurales.

El buque se proyectará de forma que el momento flector máximo en las condiciones de lastre y carga esté lo más próximo al mínimo exigido por las reglas del Lloyd's Register, al objeto de tener el menor peso posible de estructura.

Materiales.

Todo el acero que se emplee en la construcción del casco y superestructura será de construcción naval, calidad norma y del grado requerido por la Sociedad de Clasificación.

Protección del casco.

Todas las planchas y perfiles destinados a la estructura, antes de su tratamiento de pintura, se chorrearán y recibirán un mano de imprimación en taller.

Se instalarán ánodos fungibles de cinc para protección catódica del casco.

Motor principal: Se dispondrá de motor diesel engranada, de una hélice, siendo esta de paso controlable, proporcionando características de redundancia en la propulsión, factor de interés en evitación de accidentes por fallo de la maquinaria, timones del tipo suspendido.

Auxiliares: dos generadores diesel, así como propulsores en proa para mejorar la maniobrabilidad de unos 800 Kw., generadores de agua dulce, de emergencia, serpentines de calefacción para la carga.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

Bombas de carga, sistemas de lastre y bombas de lastre, adecuadas para producir la descarga y carga del buque en un tiempo razonable y adecuado.

Equipos de seguridad: Se dispondrán de tres unidades de botes salvavidas con capacidad para 10 personas, teniendo un bote salvavidas a popa de la superestructura de caída libre. Así mismo también se incluirán balsas salvavidas con capacidad para 30 personas, cada una de 10, una es de reserva lógicamente. Sistemas contra incendios.

1.3-Equipos de navegación, comunicación y radio.

11-PRESUPUESTO

11.1-PRESUPUESTO

El presupuesto aproximado del buque está realizado de acuerdo con las directrices y datos dados en la publicación “**El proyecto básico del buque mercante**”.

Este coste habrá de ser corregido para actualizarlo al año 2008 en función del incremento de precios de los bienes industriales dados por el Instituto Nacional de Estadísticas. Por tanto, a los costes obtenidos en cada apartado, se le sumará la variación del IPC desde el año 1996 hasta el 2008. De acuerdo con los datos de dicho Instituto, la Variación General del IPC en el periodo de los años mencionados, es del 44,7 %.

11.1.1-Costes de construcción.

Si se consideran ambos puntos de vista, el del comprador (armador) y el del vendedor (astillero) del buque; se necesitará saber por el astillero el coste de construcción, CC, y por el armador el coste de adquisición, CA, amén de los costes de operación, CO, y los ingresos, IN.

$$CC = CMg + CEq + CMo + CVa$$

Siendo:

CMg = Coste materiales a granel

CEq = Coste del equipo

CMo = Coste de la mano de obra

CVa = Costes varios

En la construcción del buque la mayor parte del coste del buque proviene de suministros exteriores al astillero, manejándose actualmente las cifras siguientes: del 70% al 80% son aportaciones ajenas y únicamente del 30% al 20%, del coste de construcción, es valor añadido por el propio astillero.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

11.1.2-Coste de los materiales a granel y de su montaje

11.1.2.1-Coste de ls materiales a granel, Cmg

Se considerarán materiales a granel: acero del casco, superestructuras, más el equipo metálico del casco, tales como escalas, pisos, etc.

$$CMg = cmg \times WST = ccs \times cas \times cem \times ps \times WST$$

Siendo:

$$WST: \text{Peso del acero del buque} = \mathbf{7.078,9 \text{ T}}$$

Cmg: Coeficiente del coste del material a granel. Se calcula como el producto de los siguientes coeficientes:

Ccs: Coste ponderado de chapas y perfiles de distintas calidades, entre 1,05 y 1,10. Se tomará un valor de Ccs = 1,08.

Cas: Relación entre peso bruto y neto, entre 1,08 y 1,15 = 1,12.

Cem: Incremento del equipo metálico, entre 1,03 y 1,10 = 1,08.

Ps: Precio del acero en 1996 = 511 €/ T.

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para el cálculo deseado, se sustituye y se opera:

$$CMg = 1,08 \times 1,12 \times 1,08 \times 511 \times 7.078,9 + 44,7\%$$

$$CMg = \mathbf{6,837768463 \times 10^6 \text{ €}}$$

11.1.2.2-Coste de la mano de obra del montaje de los materiales a granel

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$CmM = chm \times csh \times WST$$

Siendo:

$$WST: \text{Peso del acero del buque} = \mathbf{7.078,9 \text{ T}}$$

Chm: Coste horario medio del Astillero = 30 €/ h, (en 1996).

Csh: Coeficiente de horas por toneladas = 60 h / T.

Pst: Coste unitario del acero montado en cada astillero, donde:

$$Pst = Ccs \times Cas \times Cem \times Ps + Chm \times Csh$$

sustituyendo se tendrá que:

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

$$\begin{aligned} Pst &= (1,08 \times 1,12 \times 1,08 \times 511 + 30 \times 60) + 44,7\% \\ Pst &= 3.570,5507 \text{ €} \end{aligned}$$

Por tanto, el Coste de mano de obra de materiales a granel será:

$$CmM = 30 \times 60 \times 7.078,9 + 44,7\% \rightarrow CmM = 18,43770294 \times 10^6 \text{ €}$$

Finalmente, la suma del coste de materiales a granel y coste de la mano de obra formarán el **Coste de materiales a granel montado**:

$$\begin{aligned} CMg + CmM &= (6,837768463 \times 10^6 + 18,43770294 \times 10^6) \rightarrow \\ CMg + CmM &= 25,2754714 \times 10^6 \text{ €} \end{aligned}$$

11.1.3-Coste de los equipos, Ceq, y su montaje.

El coste de los equipos, Ceq, que incluye el coste de todo el servicio o sistema asociado a dichos equipos, (es decir, en el coste del equipo de manipulación de la carga está incluido el coste de todos los materiales del sistema de manipulación de la carga) y su coste de montaje, CmE.

$$CEq + CmE = CEc + CEp + CHf + CEr$$

Siendo:

Cec: Coste de los equipos de manipulación y almacenamiento de la carga.

Cep: Coste de los equipos de propulsión y sus auxiliares.

Chf: Coste de la habilitación y fonda.

Cer: Coste del equipo restante

11.1.3.1-Coste de los equipos de manipulación y almacenamiento de la carga

El coste de los equipos de manipulación y contención de la carga y de su montaje, Cec, es lo primero que se analiza cuando se elabora el presupuesto, ya que es la razón de ser del buque, pero es muy difícil su sistematización de forma genérica por lo que se debe estudiar caso a caso, es decir por tipo de buque.

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

A continuación se presenta un listado detallado de precios de equipo y montaje:

1. Bomba de lastre de tipo pozo profundo: **12000 €**
2. Instalación para monitorizar la carga (consola en cámara de control de carga más equipos en cubierta), que incluye
 - Sistema fijo de sondas para tanques de carga.
 - Sistema fijo de temperatura de tanques de carga.
 - Sistema de alto nivel y de rebose de tanques de carga.
 - Sistema fijo de presión en tanques de carga.
 - Sistema de manejo de válvulas de lastre.
 - Sistema de apertura / cierre de válvulas neumáticas o hidráulicas de carga.

SUBTOTAL: 150000 €

3. Máquinas de limpiado de tanques: **24000 €(3000 €/ unidad)**
4. Sistema de aireación de tanques de carga: **12000 €**
5. Sistema de calefacción de tanques de carga, que incluye serpentines en tanques de carga así como válvulas de entrada y retorno de vapor en cubierta: **13000 €**
6. Duchas y lava ojos de emergencia: **500 €**
7. Grúa de cubierta: **20000 €**
8. Sistema de ventilación de tanques de carga que incluye ventilador fijo y tuberías de conexionado: **6000 €**
9. Mangueras de carga: **4000 €(1000 €/ unidad)**
10. Sistema de gas inerte y lavado con crudo: **40000 €**
11. Otros: Tuberías de carga y lastre en cubierta, válvulas en cubierta y manifold, pasarelas y pasamanos: **2000 €**
12. Equipos portátiles para detección de gases tóxicos e inflamables: **2000 €**

TOTAL: 285500 €

11.1.3.2-Coste de os equipos de propulsión y sus auxiliares, montaje incluido

En los primeros ciclos del proyecto se pueden calcular como función exponencial e incluso lineal (exponente uno) de la potencia propulsora, PB. Siendo cep el coeficiente de coste unitario.

$$CEp = cep \times PB$$

Para motores de 4T, $240 \text{ €} < Cep < 300 \text{ €/ KW}$.

Tomando $Cep = 300 \text{ €}$ y un valor de $PB = 9.040 \text{ KW}$, se obtiene un coste de los equipos de propulsión y auxiliares igual a:

$$CEp = 300 \times 9.040 + 44,7\% \rightarrow CEp = 3,924264 \times 10^6 \text{ €}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

11.1.3.3-Coste de la habilitación y fonda , montadas.

Se halla mediante la fórmula:

$$CHf = chf \times nch \times NT$$

Siendo:

chf: Coste unitario de la habilitación y fonda = 38000 €/ tripulante (en 1996).

nch: Nivel de calidad de la habilitación. Su valor está entre 0,90 y 1,20, y se tomará como 1,05.

NT: Número de tripulantes = 20.

Por tanto:

$$CHf = 38000 \times 1,05 \times 20 + 44,7\% \rightarrow CHf = 1,154706 \times 10^6 \text{ €}$$

11.1.3.4-Coste y mano de obra del equipo restante.

Se obtiene como el producto del coste unitario del peso, cer, por el peso del equipo restante, Wer. Así:

$$CEr = cer \times WEr = cpe \times pst \times WEr$$

Siendo:

Cpe: Coeficiente de comparación del coste del equipo restante con el coste del acero montado. Si no se dispone de estadísticas, en esta primera iteración del presupuesto, se estima cero como el producto del coeficiente de comparación del coste del equipo restante, Cpe, con el coste unitario del acero montado, Pst, donde se puede tomar $1,25 < Cpe < 1,35$.

El valor que se tomará será de $Cpe = 1,30$.

Pst: coste unitario del acero montado, donde $pst = 3185,6123 \text{ €}$ (calculado anteriormente).

WER: Peso equipo restante = 390 t.

Por tanto:

$$CEr = 1,30 \times 3185,6123 \times 390 + 44,7\% \rightarrow CEr = 2,337057566 \times 10^6 \text{ €}$$

Finalmente, el Coste de los Equipos y su montaje, será:

$$CEq + CmE = CEc + CEp + CHf + Cer$$

Sustituyendo y operando se obtendrá el valor buscado:

$$CEq + CmE = 7,701527566 \times 10^6 \text{ €}$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

11.1.3.5-Costes varios aplicados, Cva

Son costes que no intervienen directamente en la producción, pero tienen un coste directo para el Astillero. Se calcula mediante:

$$CVa = eva \times CC$$

Siendo:

Eva Oscila entre el intervalo (0,05 – 0,10) = 0,075

CC: Coste de construcción, que será:

$$CC = (CMg + CmM) + (CEq + CmE) = (25,2754714 + 7,701527566) \times 10^6 \text{ €}$$
$$CC = 32,976998 \times 10^6 \text{ €}$$

De donde sustituyendo, obtenemos que:

$$CVa = 0,075 \times 32,976998 \times 10^6 \text{ €} \rightarrow CVa = 2,473274922 \times 10^6 \text{ €}$$

Finalmente, el Coste Total de Construcción del buque será:

$$CC_{total} = CC + CVa \rightarrow 32,976998 \times 10^6 + 2,473274922 \times 10^6 \rightarrow$$

$$CC_{total} = 35,45027292 \times 10^6$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

11.2.-COSTE DE ADQUISICIÓN. INVERSIÓN TOTAL.

Se verifica que, el coste de adquisición, CA, para el armador, o precio de venta del astillero, es igual al coste de construcción, CC, más el beneficio industrial, BI, menos las primas (o bonificaciones) a la construcción naval, BCN. En un mercado libre debe coincidir con el precio de mercado.

$$CA = CC + BI - BCN$$

11.2.1-Beneficio industrial, BI.

El beneficio industrial está limitado precisamente por el precio de mercado, lo que ha obligado en demasiadas ocasiones al astillero a contratar con pérdidas. Hoy, es ésta la situación actual, lamentablemente, por lo tanto, el beneficio industrial será considerado nulo.

11.2.2-Primas y bonificaciones a la construcción naval,BCN

Los gobiernos han establecido diversas modalidades o bonificaciones a la construcción naval, BCN, entre otras razones, para evitar las pérdidas antes citadas e impedir la quiebra y cierre de los astilleros por los tremendos problemas laborales que conlleva en el propio astillero y en la industria asociada. En consecuencia, las primas o bonificaciones normalmente vienen regidas por la legislación nacional, aunque actualmente la Unión Europea trata de hacerlas desaparecer, y en España se calculan como un tanto por ciento de la inversión total, IT, que se define como:

$$BCN = bcn \times IT$$

Siendo:

$$bcn = 0,09 + 44,7\% = 0,13023$$

Si al coste de adquisición, CA, se le añaden los gastos del armador, GA, se obtiene la inversión total, IT, a realizar por el armador:

$$IT = CA + GA = CC + BI - BCN + GA$$

ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

11.2.3- Gastos del armador, GA.

En esta partida se incluyen no sólo los cargos y respetos que el armador adquiere directamente para el buque, sino también todos los costes directos a cargo del armador tales como: los gastos notariales, hipotecas, intereses intercalares, inspección de la construcción del buque, adiestramiento de la tripulación, e IVA. Se puede estimar como:

$$GA = ga \times IT$$

Siendo:

$$ga = 0,225 \text{ ya que } 0,20 < ga < 0,25$$

Resumiendo, se puede expresar la inversión total, IT, como:

$$IT = CC + BI \times CC - bcn \times IT + ga \times IT$$

O también:

$$IT = [(1 + BI) \times CC] / [(1 + bcn - ga)]$$

Se sustituye y opera puesto que todos los datos son conocidos y quedaría:

$$IT = [(1 + BI) \times CC] / [(1 + bcn - ga)] \rightarrow [(1 + 0) \times 32,976998] / [(1 + 0,13023 - 0,225)] \rightarrow \mathbf{IT = 36,42941352 \times 10^6}$$

Ahora que se conoce la inversión total (IT), se podrán calcular las primas y bonificaciones, así como los gastos del armador:

$$BCN = bcn \times IT = 0,13023 \times 36,42941352 \times 10^6 \rightarrow \mathbf{BCN = 4,744202523 \times 10^6 \text{ €}}$$

$$GA = ga \times IT = 0,225 \times 36,42941352 \times 10^6 \rightarrow \mathbf{GA = 8,196618042 \times 10^6 \text{ €}}$$

Finalmente, el Coste de Adquisición, CA, será:

$$CA = CC + BI - BCN = (32,976998 + 0 - 4,744202523) \times 10^6 \rightarrow \mathbf{CA = 28,23279548 \times 10^6 \text{ €}}$$

12-BIBLIOGRAFÍA

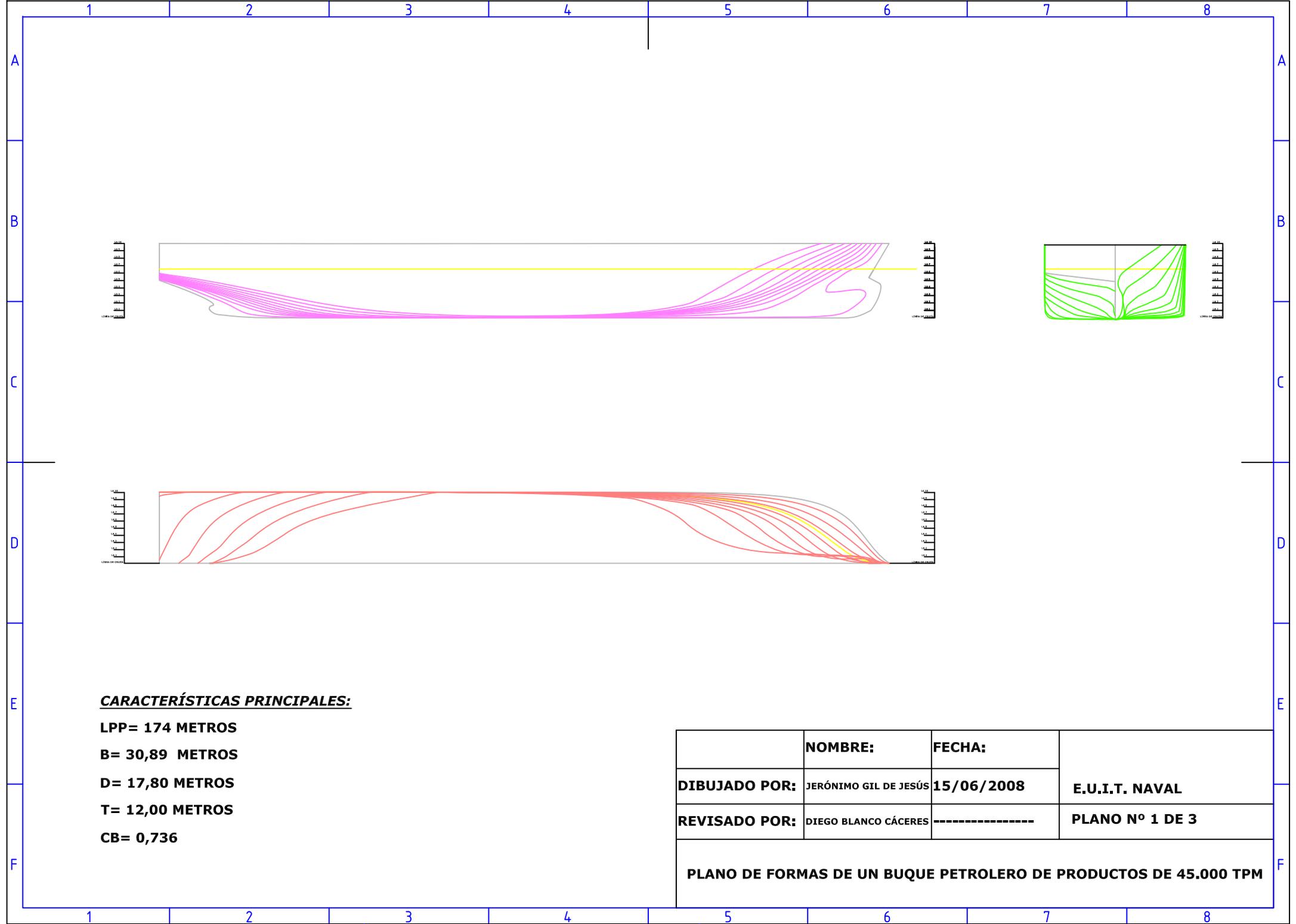
ANTEPROYECTO DE UN BUQUE PETROLERO

En el desarrollo del presente trabajo, se han consultado libros de la Escuela de Ingeniería Técnica Naval, que paso a detallar a continuación:

- **FUNDAMENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN NAVAL**, cuyos autores son: Jerónimo Pérez Sánchez, Ricardo Miguel de la Villa y Juan A. Lamas León.
- **EL PROYECTO BÁSICO DEL BUQUE MERCANTE**, cuyos autores son: Ricardo Alvariño, Juan José Aspíroz y Manuel Meizoso.
- **LIBRO DE PROYECTO DE FIN DE CARRERA Y APUNTES**, cuyo autor es Diego Blanco Cáceres
- **TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN NAVAL**, cuyo autor es Francisco Valencia Bernal.
- **TEORÍA DEL BUQUE I**, cuyos autores son: Aurelio guzmán Cabañas y pedro Gallardo Mateo
- **TEORÍA DEL BUQUE II**, cuyos autores son: Aurelio guzmán Cabañas y pedro Gallardo Mateo
- **CÁLCULO DE ESTRUCTURAS MARINAS**, cuyo autor es Antonio barrios Gallego
- **ESTRUCTURA DEL BUQUE**, cuyos autores son: Gerardo M. López García y Vicente Benita Fernández.
- **DIBUJO DE ESTRUCTURAS MARINAS**, de Gaspar Penagos García
- **REGLAMENTO DE CLASIFICACIÓN DEL LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING**

Además de los mencionados libros de texto, se han consultado diferentes páginas de Internet, entre las que destaco:

- www.manbw.com
- www.distances.com
- www.revistanaval.com
- www.formsys.com



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

LPP= 174 METROS

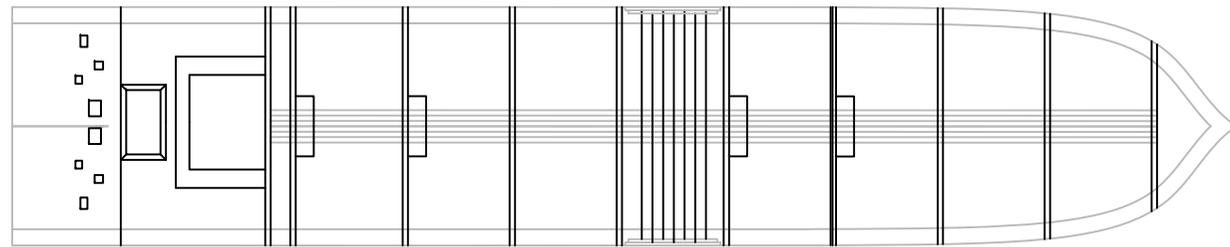
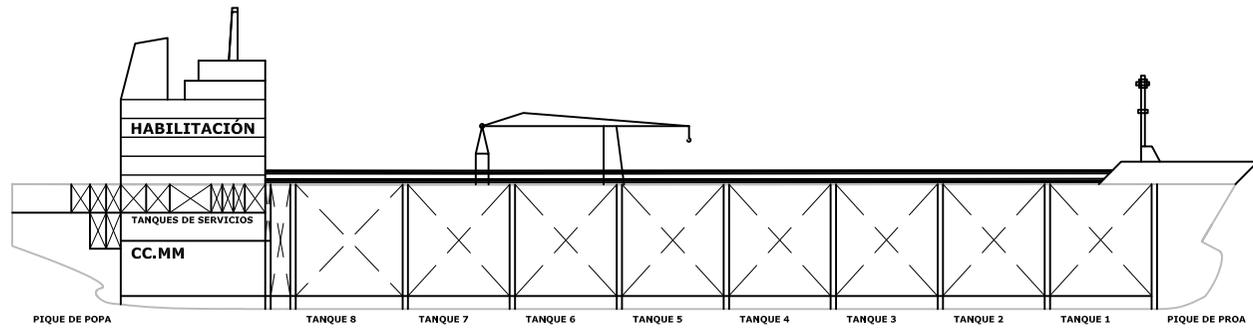
B= 30,89 METROS

D= 17,80 METROS

T= 12,00 METROS

CB= 0,736

	NOMBRE:	FECHA:	E.U.I.T. NAVAL
DIBUJADO POR:	JERÓNIMO GIL DE JESÚS	15/06/2008	
REVISADO POR:	DIEGO BLANCO CÁCERES	-----	PLANO Nº 1 DE 3
PLANO DE FORMAS DE UN BUQUE PETROLERO DE PRODUCTOS DE 45.000 TPM			



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

LPP= 174 METROS

B= 30,89 METROS

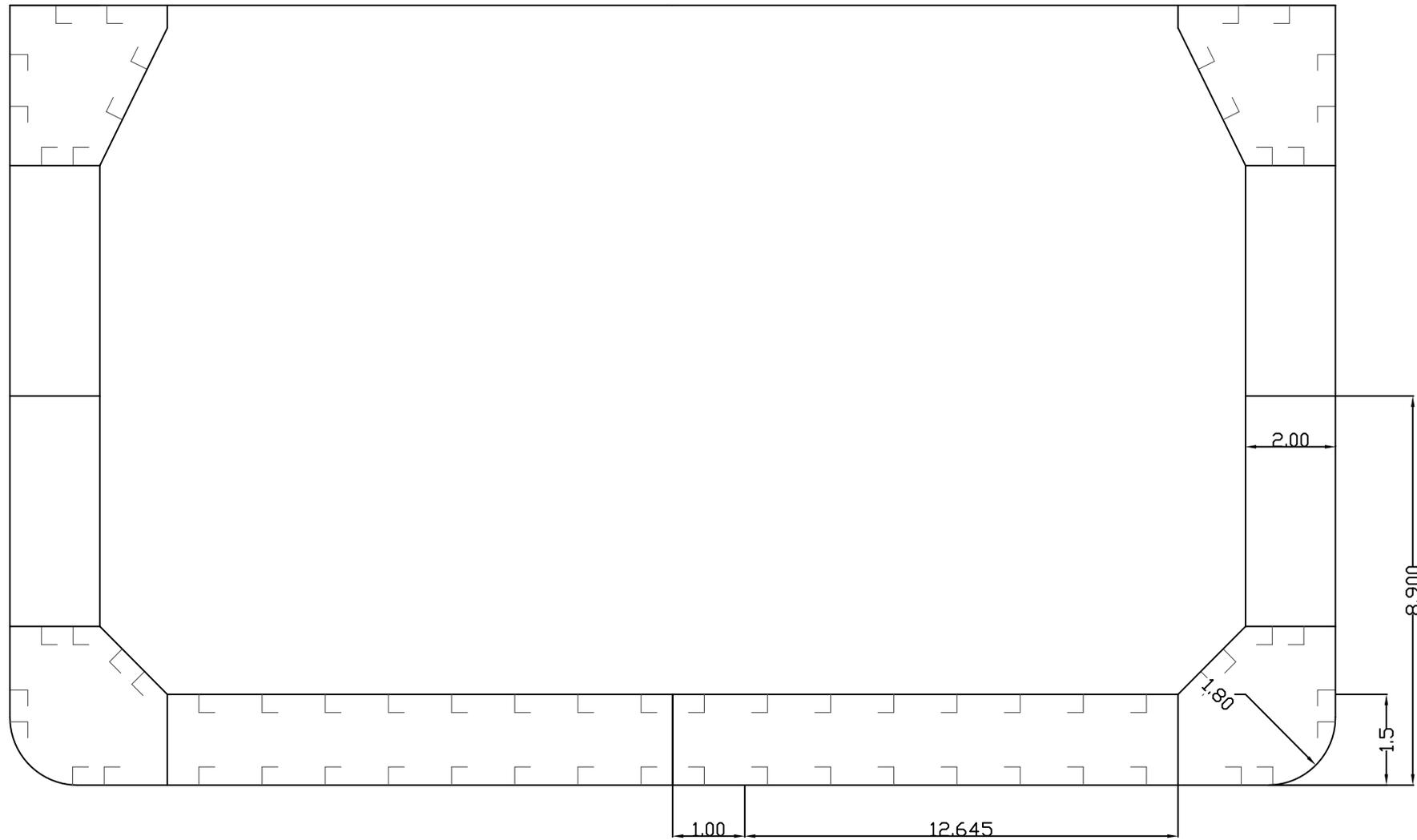
D= 17,80 METROS

T= 12,00 METROS

CB= 0,736

	NOMBRE:	FECHA:	E.U.I.T. NAVAL
DIBUJADO POR:	JERÓNIMO GIL DE JESÚS	15/06/2008	
REVISADO POR:	DIEGO BLANCO CÁCERES	-----	PLANO Nº 2 DE 3

PLANO DE FORMAS DE UN BUQUE PETROLERO DE PRODUCTOS DE 45.000 TPM



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

- LPP= 174 METROS**
- B= 30,89 METROS**
- D= 17,80 METROS**
- T= 12,00 METROS**
- CB= 0,736**

	NOMBRE:	FECHA:	E.U.I.T. NAVAL
DIBUJADO POR:	JERÓNIMO GIL DE JESÚS	15/06/2008	
REVISADO POR:	DIEGO BLANCO CÁCERES	-----	PLANO Nº 3 DE 3
PLANO DE CUADERNA MAESTRA DE UN BUQUE PETROLERO DE PRODUCTOS DE 45.000 TPM			

