



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CURSO 2019/20

*BARCAZA BUNKERING MULTIPRODUCTO Y COLD
IRONING*

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNO

Julio Elías Sánchez

TUTOR

Raúl Villa Caro

FECHA

JULIO 2020

1 RPA

Escola Politécnica Superior



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.018-2019

PROYECTO NÚMERO 19-99

TIPO DE BUQUE: TOWED BUNKERING BARGE (BARCAZA DE BUNKERING SIN PROPULSIÓN PARA SER REMOLCADA)

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:

DNV GL Non self-propelled unit ICE CLASS C. Class notation: Barge SHELTERED WATERS. INTERNATIONAL VOYAGES. Código IMO para la construcción y el equipo de buques que transporten gases licuados a granel; Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el protocolo de 1978 y por el Protocolo de 1997 (Convenio MARPOL). Convenio Internacional sobre líneas de carga, 1966 Y ENMIENDAS. Convenio sobre el Reglamento Internacional para prevenir los abordajes, 1972 (Convenio COLREG). SOLAS ÚLTIMA EDICIÓN APLICABLE.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Capacidad de transporte y transferencia de LNG, así como operaciones de suministro eléctrico “cold ironing”. MULTIPRODUCTO DE COMBUSTIBLES FÓSILES COMO HFO LSFO MDO 2500 TPM. 450 m³ de LNG.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 10 nudos siendo remolcada o empujada. Calcular la capacidad de las embarcaciones auxiliares para ello.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Tanque/s para LNG de tipo C y su correspondiente brazo de transferencia. Dos grupos electrógenos a gas y uno DF y una grúa de transferencia de cables situada en un costado.

PROPULSIÓN: No autopropulsada. Posibilidad de duplicar la capacidad del diseño mediante un tren de barcasas. 2 o 4 unidades máximo.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 10 personas en camarotes individuales.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: DISPOSITIVO DE REMOLQUE POR PROA O DE SER EMPUJADA POR POPA.

Ferrol, 18 Marzo 2019

ALUMNO/A: **D^a Julio Elías Sánchez**

2 RESUMEN

2.1 Castellano

En estos Cuadernos se pretende reflejar el proceso completo del proyecto de diseño, construcción y evaluación económica de una barcaza de *bunkering* multiproducto, con capacidad de transporte tanto de combustibles navales tradicionales (HFO, MDO, LSFO) como de Gas Natural Licuado (LNG). Asimismo, el buque proyectado también será destinado a labores de suministro eléctrico entre buques (*Cold Ironing*).

2.2 Gallego

Nestes Cuadernos preténdese amosar o proceso completo do proxecto de diseño, construción e avaliación económica dunha barcaza de *bunkering* multiproducto, con capacidade de transporte tanto de combustibles navais tradicionais (HFO, MDO, LSFO) como de Gas Natural Licuado (LNG). Asemade, o buque proxectado tamén será destinado a labores de suministro eléctrico entre buques (*Cold Ironing*).

2.3 Inglés

In these Booklets the whole process of design, construction and economic evaluation of a multiproduct bunker barge, with capacity of transportation of traditional marine fuels (HFO, MDO, LSFO) and Liquefied Natural Gas (LNG). Likewise, the projected ship will also be destined to ship to ship electricity supply activities (Cold Ironing).



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2019/20**

*BARCAZA BUNKERING MULTIPRODUCTO Y COLD
IRONING*

Grado en Ingeniería Naval

Cuaderno 3

COEFICIENTES Y PLANO DE FORMAS.

ÍNDICE

1 RPA	2
2 Resumen	3
2.1 Castellano.....	3
2.2 Gallego	3
2.3 Inglés.....	3
3 Introducción	6
4 Dimensiones principales del buque.....	7
5 Contorno de proa	8
6 Contorno de popa	9
7 Proceso de generación de las formas	10
7.1 Formas del buque de partida	10
7.2 Obtención de las formas finales	11
8 Curva de áreas seccionales	16
9 Anexos.....	17

3 INTRODUCCIÓN

En el presente cuaderno se procederá a la obtención de las formas de nuestro buque proyecto. Para ello, en primer lugar se presentarán los valores de las medidas fundamentales para poder concretar las formas del casco.

Seguidamente, se pasará a la definición del contorno de proa, realizando un breve análisis para estudiar las posibles ventajas o desventajas de la implantación de un bulbo de proa, empleando como base para ello las características del buque proyectos fijadas en los anteriores cuadernos.

Una vez definido el contorno de proa, se hará lo mismo con el de popa. En este caso, diferirá en gran medida respecto a los cálculos típicos de las sociedades de clasificación, debido a la ausencia tanto de timón como de propulsor y a la presencia de la musca para el acople del remolcador empujador.

Una vez se han definido claramente los contornos de proa y popa, se procederá a la generación del plano de formas del buque, siendo común en la industria naval la utilización de 3 diferentes métodos para ello:

- Diseño libre a partir de las condiciones iniciales.
- Diseño a partir de series sistemáticas.
- Modificación de un diseño a través de una modificación afín.

Para este proyecto en concreto se ha decidido emplear el tercer método, utilizando como buque base un modelo ya existente en la biblioteca del programa *Maxsurf*, cuyas formas son relativamente similares a las del buque base (OIZMENDI) y que sólo requerirá de pequeñas modificaciones y ajustes para adaptarse a nuestros requerimientos.

Al generar el plano de formas del buque proyecto, se obtienen mediante medición los coeficientes adimensionales reales del buque. Dichos coeficientes ya fueron estimados previamente en el cuaderno 1, pero será aquí donde se obtenga los valores definitivos.

Por último, se adjuntarán como anexos los planos definitivos del buque, así como los planos de los contornos de proa y popa.

4 DIMENSIONES PRINCIPALES DEL BUQUE

Las dimensiones principales de las que se partirá para realizar el cálculo de los coeficientes y las formas de nuestro buque proyecto serán las obtenidas tras realizar el dimensionamiento por regresión lineal de los buques de referencia seleccionados y una posterior evaluación de las diferentes alternativas disponibles. Todo este proceso está presentado y explicado con detalle en el cuaderno 1.

Llegados a este punto de la espiral de diseño, es extremadamente importante intentar que las formas resultantes de la elaboración de este cuaderno sean lo más semejantes posibles a las de diseño, ya que si no tanto los cálculos hidrostáticos y de estabilidad como los de resistencia al avance y estructural variarán considerablemente de los estimados inicialmente, afectando esto al dimensionamiento de los equipos y hasta la estructura del propio buque, lo que puede conllevar a serias desventajas a la hora de la evaluación económica y de seguridad del proyecto.

Una vez aproximadas los valores dimensionales, ya que en los astilleros no se trabaja con variaciones centesimales, las características principales de partida para nuestro buque son las siguientes:

Lpp	61,7	m
B	14,2	m
D	7,6	m
T	5,7	m
Cb	0,84	
Cm	0,996	
Cp	0,813	
Δ	4244,980	ton
v	10	knots
Fn	0,209	

A la hora de obtener las formas del buque sólo se tendrán en cuenta las dimensiones principales (eslora, manga, puntal y calado) y los coeficientes hidrostáticos (de bloque, de la maestra, prismático y de flotación), además claro está del desplazamiento de la carena. Los datos de partida relacionados con la hidrodinámica del buque (velocidad de servicio y número de Froude correspondiente) no serán significativos en esta etapa concreta del proyecto, pero sí serán empelados para consultar la idoneidad de las formas obtenidas, afectando, entre otros aspectos, a la selección de un bulbo de proa.

5 CONTORNO DE PROA

En este apartado presentaremos los parámetros necesarios para la instalación de un bulbo de proa, así como la evaluación de la necesidad de su instalación en nuestro buque proyecto.

Antes de decidir la instalación de un bulbo de proa en el casco del buque, el encargado del diseño del buque debe tener plena certeza de la necesidad de su instalación en el mismo, ya que ello supone un aumento de los costes generales de construcción, debido al aumento del peso de aceros, a una mayor complejidad constructiva, etc. No obstante, su introducción en buques lentos (como es el caso de este proyecto) puede conducir a una reducción considerable de la resistencia por formación de olas rompientes, componente que puede llegar a ser el 20% de la resistencia al avance total del buque.

Por lo tanto, la decisión de la conveniencia de instalación del bulbo de proa dependerá de varios factores, tales como, el tipo de buque, la velocidad, servicio e itinerarios previstos, tiempo de navegación en lastre, media carga o plena carga, etc. Con la finalidad de simplificar el proceso de selección se decidió fijar una serie de márgenes de aplicación respecto a una serie de parámetros, considerados como los más significativos, de acuerdo con los resultados de experiencias prácticas de numerosos buques. Estos son los siguientes:

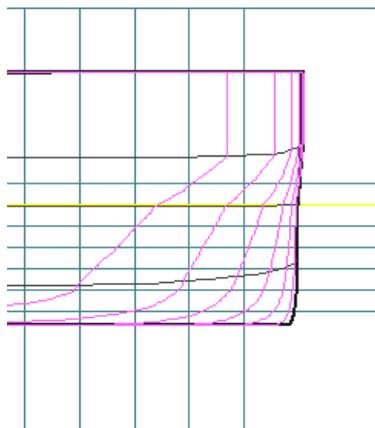
- $0,65 < C_b < 0,815$
- $5,5 < L_{pp}/B < 7$
- $0,24 < F_n < 0,57$
- $\frac{C_b \cdot B}{L_{pp}} > 0,135$

Los datos correspondientes a estos parámetros en el caso de nuestro buque son los siguientes:

- $C_b=0,84$
- $L_{pp}/B=4,356$
- $F_n=0,209$
- $C_b \cdot B/L_{pp}=0,192$

Como podemos observar, para el caso de nuestro proyecto sólo se cumplen la mitad de las condiciones necesarias para la instalación del bulbo de proa en el casco del buque. Además, en general, las buques barcazas carecen de este elemento constructivo, especialmente si no son autopropulsadas, al no ser la velocidad uno de los parámetros más determinantes de la explotación.

Por lo tanto la roda de la barcaza a proyectar tendrá la siguiente forma:



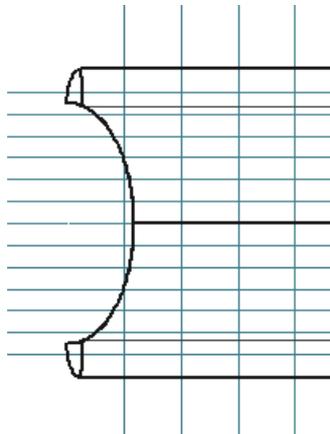
6 CONTORNO DE POPA

Para un buque convencional, uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta de las formas del mismo son los contornos de popa, ya que es necesario que el flujo de entrada de agua en la hélice sea el adecuado, para evitar bajos rendimientos o fenómenos no deseados, tales como la cavitación o la succión. Asimismo, los problemas de vibración también deben ser tenidos en cuenta a la hora de llevar a cabo este diseño.

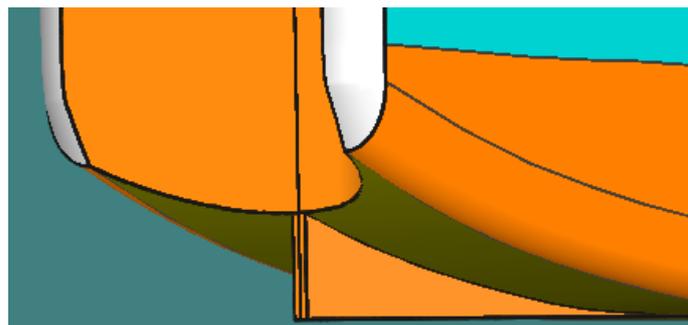
No obstante, debemos tener en cuenta que nuestro buque carece de medios de gobierno y propulsión propios, por lo que las formas de popa en este caso no tendrán tanta importancia, debiendo ser eso sí las adecuadas para el correcto acoplamiento del remolcador a la misma para propulsar la barcaza por empuje.

Como ya se mencionó en el cuaderno 1, el método de acople barcaza-remolcador seleccionado ha sido el Intercon. En este cuaderno no se va a mostrar el sistema en profundidad, pero sí se va a realizar un dimensionamiento de la muesca en la popa de la barcaza en donde se introducirá la proa de la embarcación auxiliar, ya que esto supone una importante variación en las formas de popa.

Para determinar las medidas exactas de la muesca de popa, en un primero momento se decidió adaptarlas a las formas de proa de un remolcador tipo seleccionado previamente. Tras un rápido análisis de la oferta, se seleccionó, por la compatibilidad de sus dimensiones y su potencia, el diseño *Pushbuster 3009* de la holandesa DAMEN. No obstante, el buque proyecto también debe presentar la capacidad de duplicar la carga, es decir, de poder acoplar su proa a la muesca de un buque análogo para realizar lo que en las RPA aparece denominado como “tren de barcazas”. De esta forma, la muesca de proa no debe estar dimensionada exclusivamente para las formas de proa del remolcador de referencia, sino para las del propio buque, ya que estas son mayores que las primeras, por lo que la embarcación empujadora siempre encajara en una muesca dimensionada de tal manera.



Por otro lado, con el fin de aportar estabilidad direccional y evitar posibles derivas del buque debidas a corrientes marinas y/o la acción del viento, se ha decidido instalar un “skeg” o quillote en crujía, desde el vértice de la muesca en el espejo de popa hasta donde el fondo del buque se vuelve coincidente con la línea de base.



7 PROCESO DE GENERACIÓN DE LAS FORMAS

7.1 Formas del buque de partida

Como ya se dijo anteriormente, para la obtención de las formas del buque objeto de nuestro proyecto emplearemos un método de transformación afín a partir de un buque referencia. Con este fin, se buscó en la biblioteca aportada por el software *Maxsurf* un barco de características similares al del proyecto. Inicialmente se pensó emplear el modelo de una barcaza paralelepípedica de proa redondeada (un tipo de navío muy similar al que se pretende diseñar), pero debido a una relación eslora-manga y un calado mucho menores, al realizar la modificación el buque resultante poseía unas formas muy deficientes. Se decidió entonces seleccionar otro modelo, denominado por el programa "*Anchor Handling Vessel*", que, a pesar de ser un tipo de buque muy específico y distinto al del proyecto (es un barco *supply* para apoyo y anclaje de plataformas petrolíferas) y poseer por tanto unas formas significativamente diferentes al mismo, sí tenía unas dimensiones semejantes.

Buque inicial Maxsurf (Anchor Handling Vessel)		
Measurement	Value	Units
Displacement	2521	t
Volume (displaced)	2459.74	m ³
Draft Amidships	5.000	m
Immersed depth	5.000	m
WL Length	50.143	m
Beam max. extents on WL	14.663	m
Wetted Area	974.764	m ²
Max. sect. area	71.482	m ²
Waterpl. Area	630.640	m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0.836	
Block coeff. (Cb)	0.815	
Max. sect. area coeff. (Cm)	0.977	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	1.045	
LCB length	25.880	from zero. (+ve fwd) m
LCF length	23.525	from zero. (+ve fwd) m
LCB %	62.856	from zero. (+ve fwd) %Lbp
LCF %	56.475	from zero. (+ve fwd) %Lbp
KB	2.800	m
KG fluid	0.000	m
BMt	3.927	m
BML	44.704	m
GMt corrected	6.727	m
GML	47.503	m
KMt	6.727	m
KML	47.503	m

Immersion (TPc)	6.464	tonne/cm
MTc	29.089	tonne.m
RM at 1deg = GMt. Dist.	295.995	tonne.m
Length:Beam ratio	2.808	
Beam:Draft ratio	2.993	
Length:Vol ^{0.333} ratio	3.050	

El plano de formas del mismo se adjuntará en los anexos disponibles al final del cuaderno.

Una vez escogido el buque referencia, el paso a seguir será la adaptación dimensional del mismo hasta que tenga unas medidas lo más próximas posibles a las estimadas en el cuaderno 1. Para ello lo primero que se debe hacer es identificar cuáles son las dimensiones características de cada diseño, que serán aquellas que habrá que modificar para ejecutar la transformación afín. A continuación adjuntamos unas tablas comparativas con los parámetros considerados como definitorios de las formas de ambos navíos:

Modelo	Lpp (m)	B (m)	D (m)	T (m)	Δ (ton)
Cuaderno 1	61,71	14,17	7,56	5,67	4245
Buque inicial	50,14	14,66		5	2521

Modelo	Coef. Bloque	Coef. Maestra	Coef. Prismático	Coef. Flotación
Cuaderno 1	0,84	0,996	0,813	0,915
Buque inicial	0,815	0,977	0,836	1,045

7.2 Obtención de las formas finales

Una vez identificados los valores de las dimensiones y las relaciones adimensionales que definen las formas de ambos buques, mediante la herramienta de software naval *Maxsurf* se va a proceder a modificar progresivamente las formas del buque inicial hasta conseguir finalmente un buque con unos medidas iguales o muy similares a los del buque dimensionado en el cuaderno 1, de tal forma que las formas del modelo se ajusten a las deseadas para nuestro buque proyecto.

La adaptación de las formas del buque inicial comenzará con el escalado del mismo, para acto seguido darle las dimensiones del buque proyecto.

Una vez realizado este primer paso, habrá que establecer la separación entre secciones, líneas de agua y planos longitudinales. Esto es necesario para poder identificar posteriormente las formas, ya que la intersección de las mismas con el casco serán los puntos que las definirán. Una vez conocidos, estos puntos podrán ser representados de forma numérica, en forma de cartilla de trazado o gráfica, en forma de plano de formas, que serán adjuntados en los anexos finales de este cuaderno.

A continuación pasaremos a realizar una transformación paramétrica para ajustar el coeficiente de bloque del modelo al del buque proyecto. El valor estimado inicialmente es relativamente alto y mayor que el del buque inicial del programa (0,84>0,815). Esto también pasa con el coeficiente de la maestra, pero no así con el prismático o el de flotación.

La razón de ello está en el hecho de que el modelo a modificar esté diseñado para navegar en condiciones de mar muy extremas y tenga la finalidad específica de realizar labores de apoyo a plataformas *offshore*, lo que repercute en unas formas muy particulares, con un gran castillo proa, en el que irá situado toda la maquinaria, habilitación y equipos del buque y unas formas muy prismáticas a popa del mismo, destinadas al transporte de material de anclaje y similares. Asimismo, la popa de la carena presenta un ángulo muy pronunciado hacia la proa, ya que el buque original debe llevar unos potentes *thrusters*. Esto conlleva a una reducción notable del calado, que explica la considerable diferencia con el estimado para el buque proyecto.

Mediante técnicas de transformación paramétrica, habrá que llenar las formas correspondientes a las líneas de agua inferiores, para ampliar los coeficientes de bloque y de la maestra. También habrá que incorporar el “skeg” y la muesca en las formas de popa.

Una vez realizadas todas las transformaciones requeridas y considerándose obtenidas las formas definitivas de nuestro buque tendremos que fijar las cubiertas de intemperie del mismo (principal, de castillo y de toldilla), insertando en la principal los 2 tanques tipo C cilíndricos de gas natural, tal y como se establece en las RPA del proyecto, que fija la capacidad global de los mismos en 450 m³. En primera instancia, se ha decidido dimensionarlos con un radio de 2,25 m y una longitud de 15 m, lo que sobredimensiona la capacidad de GNL en unos 27 m³ (477 m³). Asimismo, habrá que modificar las formas superiores de proa y de popa, para establecer un castillo y una toldilla acordes con los requerimientos de nuestro buque, ya que, como ya se ha puntualizado anteriormente, el modelo seleccionado carece de toldilla y presenta un castillo sobredimensionado.

Teniendo en cuenta los buques de la base de datos (especialmente el modelo no propulsado *SamueLNG* desarrollado por *Ghenova*) y los requisitos relacionados con un buque de nuestras características, se ha llegado a la conclusión de que se necesita un castillo relativamente alto, para afrontar posibles impactos debidos a mala mar, y una toldilla con altura suficiente para poder desarrollar en su interior las labores de control y monitorización de las operaciones de *bunkering* y *cold ironing*, pero que permita tener plena visión frontal al remolcador que esté empujando la barcaza. Por otro lado, debido a la presencia de la muesca en popa el área útil de la toldilla se ve disminuido considerablemente, por lo que, al tener que ir dispuestos en ella las estaciones de control y las baterías de emergencia, nos vemos imposibilitados de colocar la habilitación en esta zona del buque. Tras un rápido análisis de las opciones restantes (no excesivas debido a las reducidas dimensiones de la barcaza) se ha decidido disponer la habilitación en la superestructura de proa. Por esta razón, se ha decidido ampliar la eslora del castillo respecto a los 12 m de la toldilla, dándole unos 15. Asimismo, se ha supuesto una altura de 12 y 11 metros respectivamente sobre la línea de base. Claro está que estos valores (tanto las longitudes como las alturas) pueden ser modificados conforme avance la espiral de diseño.

Una vez realizados todos los pasos necesarios para la adaptación de las formas originales del buque seleccionado en *Maxsurf* a las dimensiones deseadas, obtendremos del programa sin necesidad de realizar ningún cálculo adicional toda la información relativa a las medidas fundamentales de nuestro buque y a los coeficientes y parámetros hidrostáticos más importantes.

Para tener una mejor visualización del proceso de adaptación y obtención de las formas definitivas del barco, también se ha realizado una tabla comparativa de las características principales de los 3 diseños considerados, estando éstas constituidas por las dimensiones del buque y los coeficientes hidrostáticos.

A modo aclaratorio también se especifica que cuando se habla de los tres diseños de buque nos estamos refiriendo a los siguientes modelos:

- Buque Base Final, obtenido en el Cuaderno 1.
- Buque modelo inicial, obtenido a partir de la librería del programa *Maxsurf*.

- Buque modelo transformado, adaptación del segundo a las características del primero.

Buque final Maxsurf (Bunkering Towed Barge)		
Measurement	Value	Units
Displacement	4267	t
Volume (displaced)	4150.544	m ³
Draft Amidships	5.700	m
Immersed depth	5.700	m
WL Length	61.700	m
Beam max. extents on WL	14.200	m
Wetted Area	1609.098	m ²
Max. sect. area	79.287	m ²
Waterpl. Area	799.864	m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0.851	
Block coeff. (Cb)	0.834	
Max. sect. area coeff.	0.980	
Waterpl. area coeff.	0.913	
LCB length	30.982	from zero. (+ve fwd) m
LCF length	30.271	from zero. (+ve fwd) m
LCB %	50.068	from zero. (+ve fwd) %Lbp
LCF %	49.062	from zero. (+ve fwd) %Lbp
KB	3.007	m
KG fluid	0.000	m
BMt	3.027	m
BML	53.609	m
GMt corrected	6.033	m
GML	56.616	m
KMt	6.033	m
KML	56.616	m
Immersion (TPc)	8.199	tonne/cm
MTc	39.157	tonne.m
RM at 1deg = GMt. Dist.	449.343	tonne.m
Length:Beam ratio	4.345	
Beam:Draft ratio	2.491	
Length:Vol ^{0.333} ratio	3.835	

Parámetro	Cuaderno 1	Formas iniciales	Formas finales	Unidades
Eslora entre perp. (Lpp)	61.71	50.143	61.700	m
Manga (B)	14.17	14.663	14.200	m
Puntal (D)	7.56		7.60	m
Calado (T)	5.67	5.000	5.700	m
Desplazamiento (Δ)	4245	2521	4267	ton
Sup. Mojada (Sw)	1361.231	974.764	1609.098	m ²
Coef. de bloque (Cb)	0.84	0.815	0.834	
Coef. de la maestra (Cm)	0.996	0.977	0.980	
Coef. prismático (Cp)	0.813	0.836	0.851	
Coef. de flotación (Cwl)	0.915	1.045	0.913	

Como se puede observar, las formas finales obtenidas mediante el método de transformación afín son muy similares a las estimadas en primera instancia en el cuaderno 1. Los valores de las dimensiones principales (eslora, manga, puntal y calado) son idénticos, mientras que los coeficientes hidrostáticos varían ligeramente. El coeficiente de bloque, que es el escogido como el representativo para las formas del buque proyecto varía de los 0,84 inicialmente estimados a los 0,834. El resto (coeficientes de la maestra, prismático y de flotación) también varían respecto del original de manera similar.

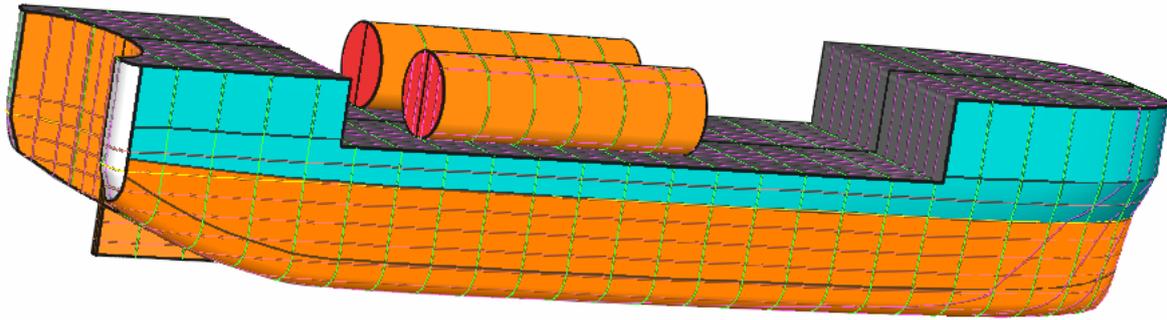
Llegados a este punto del proceso de diseño, debemos tener muy presente que era poco factible que las formas finales obtenidas en el programa fuesen idénticas a las obtenidas en el proceso de dimensionamiento inicial. Ello es debido principalmente a 2 factores:

El primero de ellos es el uso en la estimación inicial del valor medio de diversas formulaciones empíricas, basadas en datos de buques reales que pueden haber quedado obsoletos o diferir bastante del nuestro, seleccionando además muchas veces valores medios y aproximados. El software en cambio obtiene los valores a partir de la medición in situ del modelo del casco del buque, siendo por lo tanto resultados más precisos y acordes con la realidad que los obtenidos en el dimensionamiento inicial en el cuaderno 1.

El segundo de ellos es la ya mencionada variación de las formas en popa, con la incorporación de la musca de acople y el "skeg". La combinación de estos elementos constructivos es característica e incluso podría decirse prácticamente única de nuestro buque, por lo que es imposible que las formulaciones empíricas usadas en la etapa de dimensionamiento inicial la tuviesen en cuenta.

En definitiva, estas pequeñas variaciones en las relaciones adimensionales del buque implican también leves variaciones en el desplazamiento y la superficie mojada, que, teniendo en cuenta lo expuesto en los párrafos anteriores pueden considerarse inevitables y ser, por lo tanto, despreciadas.

El modelo definitivo de Maxsurf presenta el siguiente aspecto:

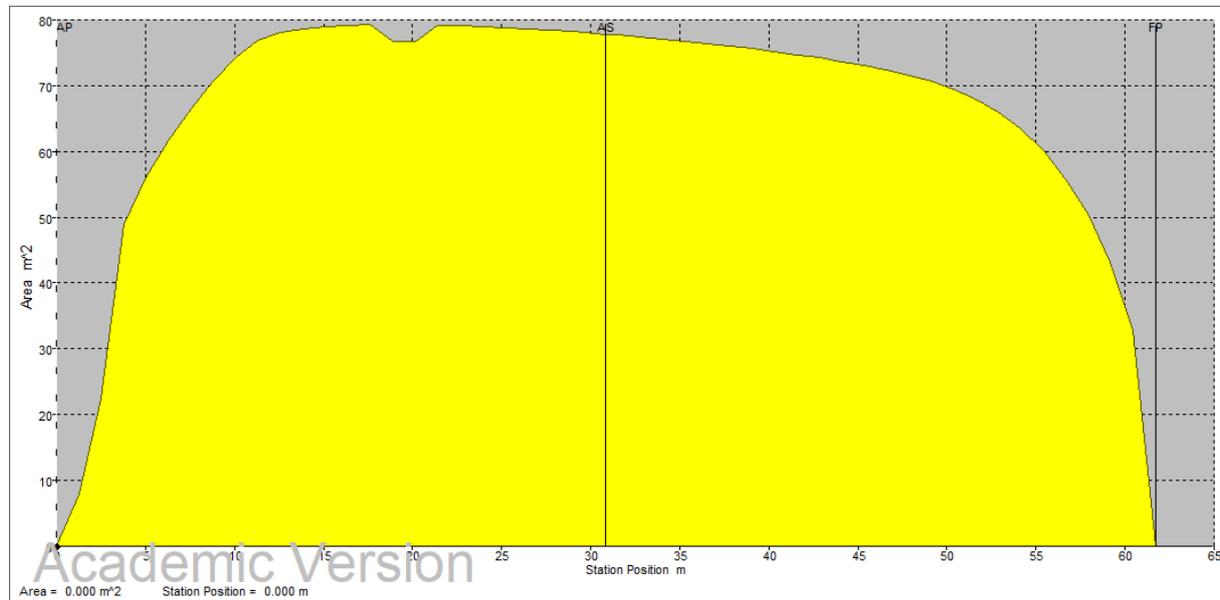


Como ya se dijo al comienzo del cuaderno el plano de formas y la caja de cuadernas se adjuntarán en los anexos finales del cuaderno.

8 CURVA DE ÁREAS SECCIONALES

Las curvas de áreas seccionales representan la distribución del volumen de carena (masa de agua desplazada por la parte sumergida del casco) a lo largo de la eslora del buque. Se obtienen a partir de la representación para cada sección o cuaderna del buque de su respectiva área de maestra. Nos permite evaluar la bondad y continuidad de nuestras formas, resaltando posibles codillos o salientes que produzcan resultados hidrodinámicos negativos.

Se puede obtener directamente del programa *Maxsurf*.

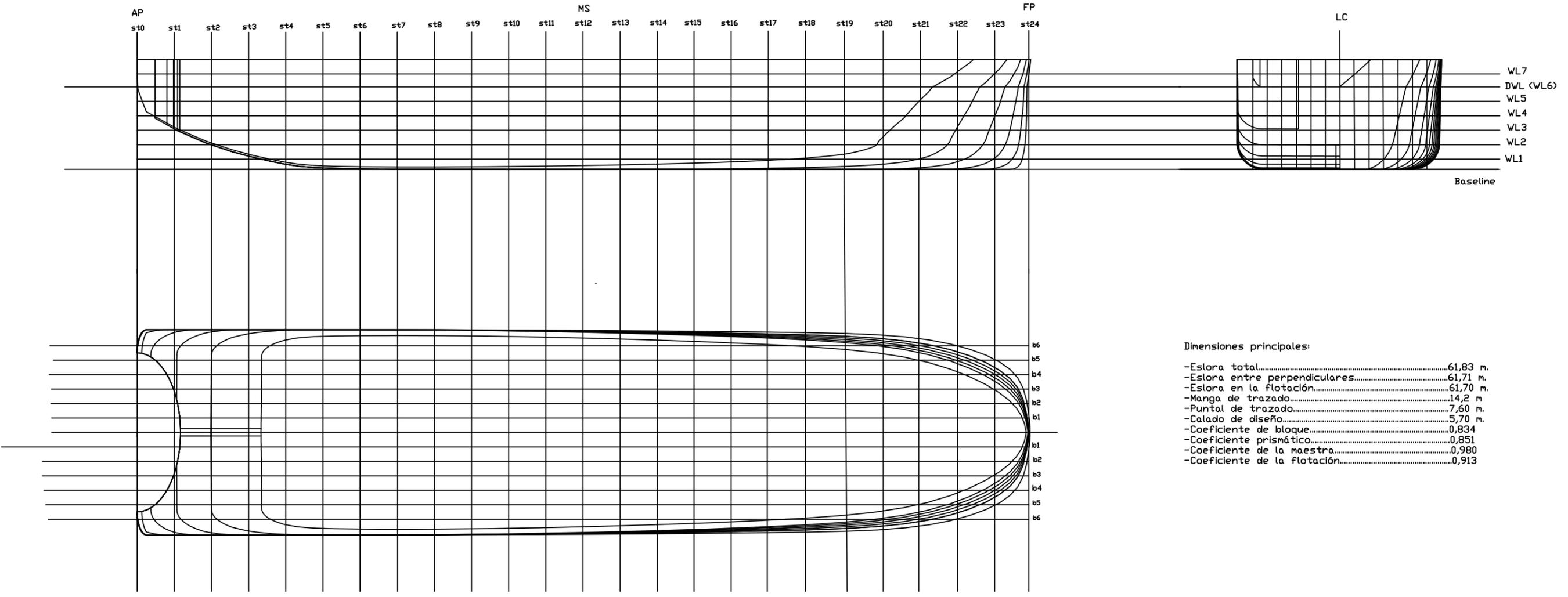


Por lo que podemos observar, el volumen de la carena es inexistente en la perpendicular de popa, comienza a crecer a partir de ella hasta alcanzar máximo en el pantoque del buque y se mantiene prácticamente constante hasta la sección media del buque, iniciando un leve descenso a partir de ella hasta alcanzar las amuras, donde ya comienza un descenso significativo, hasta anularse al alcanzar la perpendicular de proa.

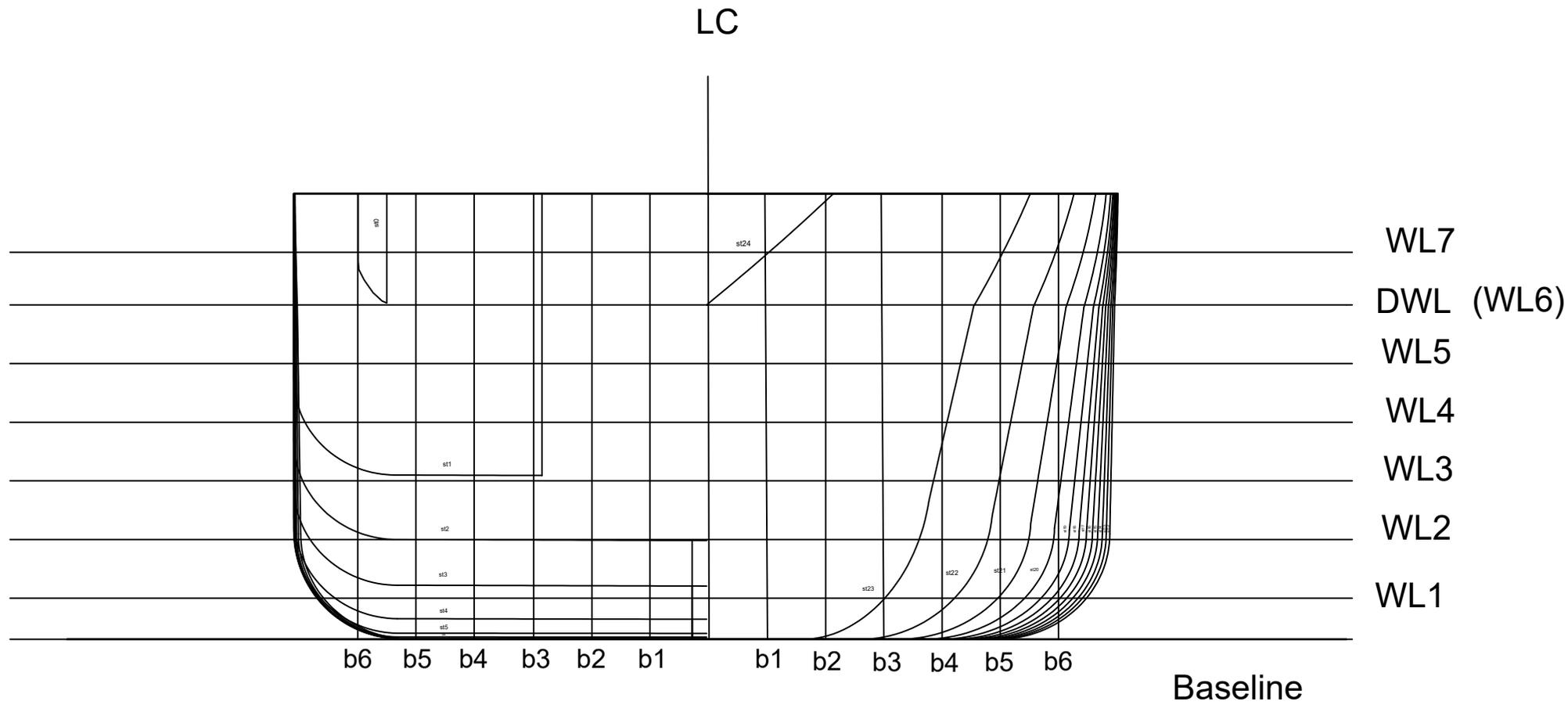
De la lectura de estas curvas se pueden destacar varios aspectos. Uno de ellos es el hecho de que no haya ninguna área del casco (por pequeña que fuese) sumergida fuera de las perpendiculares del buque. Esto es debido a la ausencia del bulbo de proa y de timón, por lo que las perpendiculares coinciden completamente con las intersecciones de la línea de flotación con la proa y popa de la embarcación. También podemos observar un quiebro pronunciado a proa de la zona de pantoque que podría ser debido a la finalización del quillote.

Por último, podemos observar que el crecimiento de la carena inmediatamente posterior a la perpendicular de popa presenta un cambio de pendiente, más o menos a mitad de distancia del pantoque. Esto era esperado, debido a la pérdida de carena que supone la muesca para el acople con la embarcación auxiliar. Es por ello que el cambio de pendiente coincide con el fin del radio longitudinal de la muesca.

9 ANEXOS



Unidad:		Nombre	Fecha	 Escuela Politécnica Superior UNIVERSIDADE DA CORUÑA
mm	Autor	Julio Elías		
	Tutor	Raúl Villa		Barcaza Bunkering y Cold Ironing
Escala:	Título del plano:			Proyecto N°:
1:200	Plano de formas			19-99



Unidad: mm		Nombre	Fecha	 Escola Politécnica Superior UNIVERSIDADE DA CORUÑA
	Autor	Julio Elías		
	Tutor	Raúl Villa		
Escala: 1:100	Título del plano: Caja de Cuadernas			Proyecto N°: 19-99