



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2017/18**

---

*Petrolero Neo-Pánamax con 200000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 3:**

**ANÁLISIS DE FORMAS**

Escola Politécnica Superior



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA**  
**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

*CURSO 2017-2018*

**PROYECTO NÚMERO: 18-07**

**TIPO DE BUQUE:** PETROLERO DE CRUDOS

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:**  
BUREAU VERITAS, SOLAS, MARPOL NEO PANAMAX

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:**

200.000 TPM. Crudos del Petróleo y sus derivados con una densidad máxima de 0,99 g/ml

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 16 nudos en condiciones de servicio. 85% MCR + 15% de margen de mar. 18.000 millas a la velocidad de servicio.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** En cámara de bombas

**PROPULSIÓN:** Propulsión Diesel eléctrica 2 Líneas de ejes. LNG para servicios en puerto

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 30 personas en camarotes individuales

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** Los habituales en este tipo de buques.

Ferrol, 19 Setiembre 2017

ALUMNO/A: **D. Julio Barreiro Montes**

# Introducción

---

En este documento procederemos a hacer un análisis y una aproximación lo más exacta posible a las formas de nuestro buque para la investigación posterior de sus propiedades hidrostáticas.

Los contenidos de este cuaderno pueden dividirse en:

- Contornos de proa y popa
- Trazado del bulbo
- Derivación del plano de formas
- Coeficientes de bloque, área de maestra y flotación
- Plano de áreas seccionales
- Cartilla de trazado
- Planos del buque

Para la modelación, emplearemos el programa **Maxsurf Modeler**, a partir de uno de los barcos preestablecidos en el mismo.

La elección de las formas resulta vital en muchos aspectos:

- Reducir la resistencia al avance del buque y aumentar la velocidad operativa, además de mejorar el flujo de carena para evitar fenómenos de turbulencia y separación.
- Dotar al buque de la necesaria estabilidad (estática y dinámica) imprescindible para su seguridad.
- Prevenir la cavitación y las posibles fluctuaciones de presión, evitando de ese modo que se transmitan al casco y produzcan vibraciones.

Partiremos de las dimensiones obtenidas en los cuadernos anteriores:

Lpp	B	Cb	Desplaz	T	D	V	Fn	Peso en rosca	TPM
276	49	0,86	227751,8	19,09	25,75	16	0,158	27751,8	200000

## Índice

1.- Contornos de proa y popa .....	4
2.- Trazado del bulbo.....	5
3.- Derivación del plano de formas .....	6
4.- Coeficientes de bloque, maestra y flotación .....	8
5.- Plano de áreas seccionales.....	8
6.- Cartilla de trazado .....	9
7.- Planos .....	10
8.- Bibliografía .....	11
Anexo 1: Hidrostáticas del buque modelo .....	12
Anexo 2: Hidrostáticas del proyecto de buque.....	13
Anexo 3: Planos de crujía y líneas de agua .....	14
Anexo 4: Plano de cuadernas del buque.....	16

## 1.- Contornos de proa y popa

En el contorno de popa calcularemos la disposición y el tamaño que deberíamos dejarle al hueco de la hélice, teniendo en cuenta que en nuestro caso se trata de hélices dobles:

Según la información recibida, los mínimos siguen la fórmulas indicada a continuación:

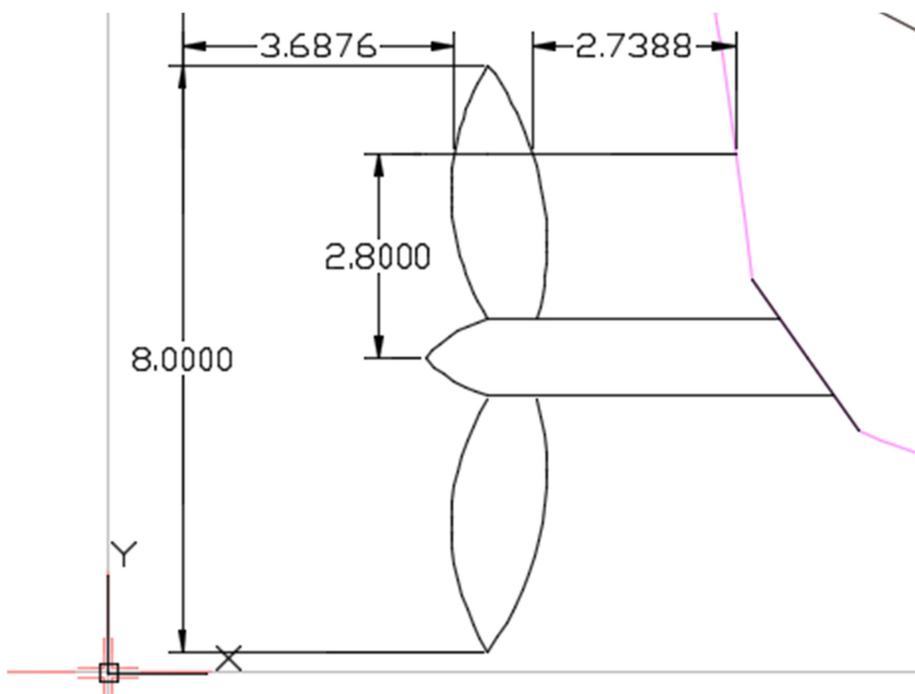
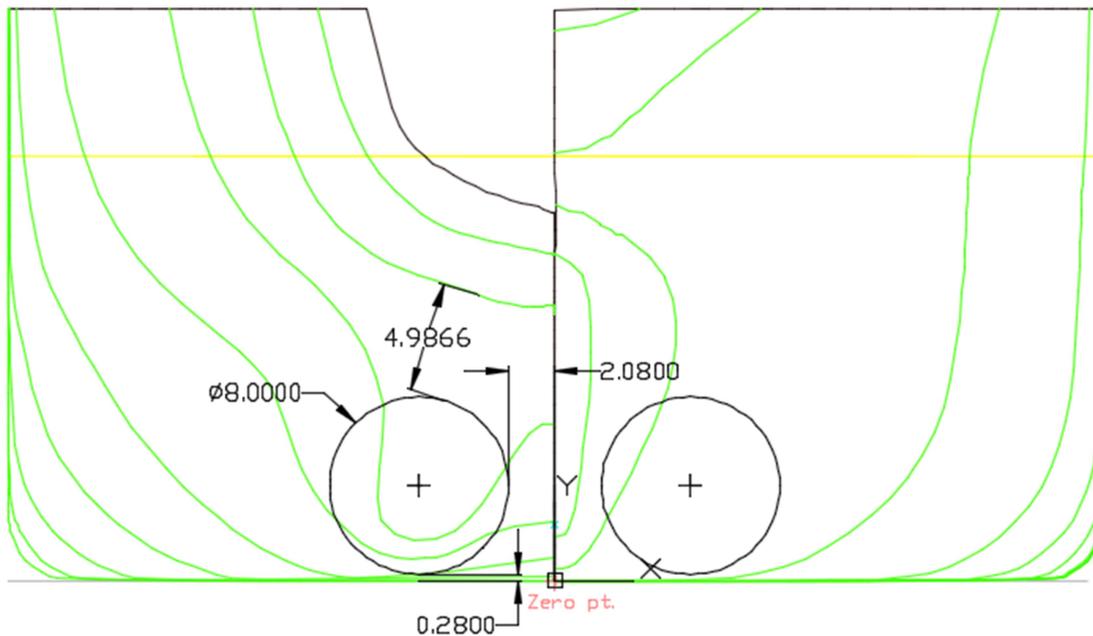
Distancia del borde a popa de pala al timón:  $0,2 * R = 0,8$  metros

Distancia del borde a proa de la pala al casco:  $(0,7 - 0,04 * Z_p) * R = 2,16$  metros

Distancia del extremo superior de la pala al casco del buque:

$(0,6 - 0,02 * Z_p) * R = 2,08$  metros

El resultado sobre nuestro buque quedaría como sigue a continuación.



## 2.- Trazado del bulbo

El bulbo se emplea para reducir la resistencia al avance y mejorar el comportamiento del buque en el mar, en nuestro caso reduciendo resistencia por olas rompientes.

El área transversal es de unos  $140 \text{ m}^2$ , existiendo cierto margen de error en la gráfica de áreas debido a la extensión de la roda que existe más allá de la perpendicular de proa.

Las formas se han basado en el bulbo del buque modelo, en el que tenemos una protuberancia de 4,57 metros, una altura total de 13,8 m cuya parte de mayor protuberancia va de 3,07m a 11,5 metros

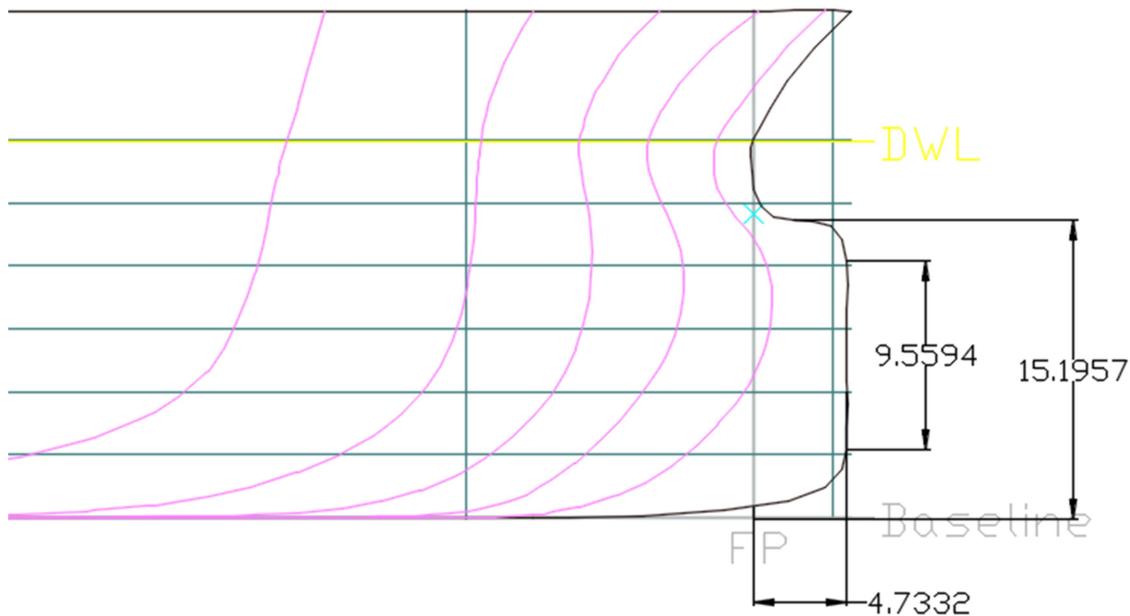
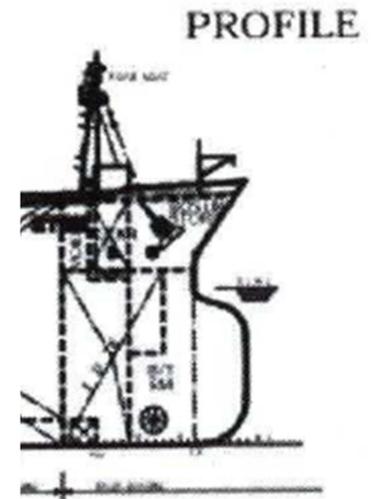
Esas medidas, **escaladas a nuestro buque**, nos dan:

La protuberancia mide 4,678 m,

La altura total del bulbo es de 15,45 m,

La parte de mayor protuberancia va de 3,43 metros a 12,875 metros

El resultado, con una manga de 16 metros, puede verse en la imagen inferior



### 3.- Derivación del plano de formas

Para hacer una aproximación lo más exacta posible de las formas del casco de nuestro buque, se ha tomado como modelo un buque preestablecido en el programa.

Este buque es el VLCC de la versión **MAXSURF Modeler** 64-bit.

Para su comparación se han distribuido 20 cuadernas equitativamente a lo largo de la eslora y 6 líneas longitudinales a lo largo de la manga.

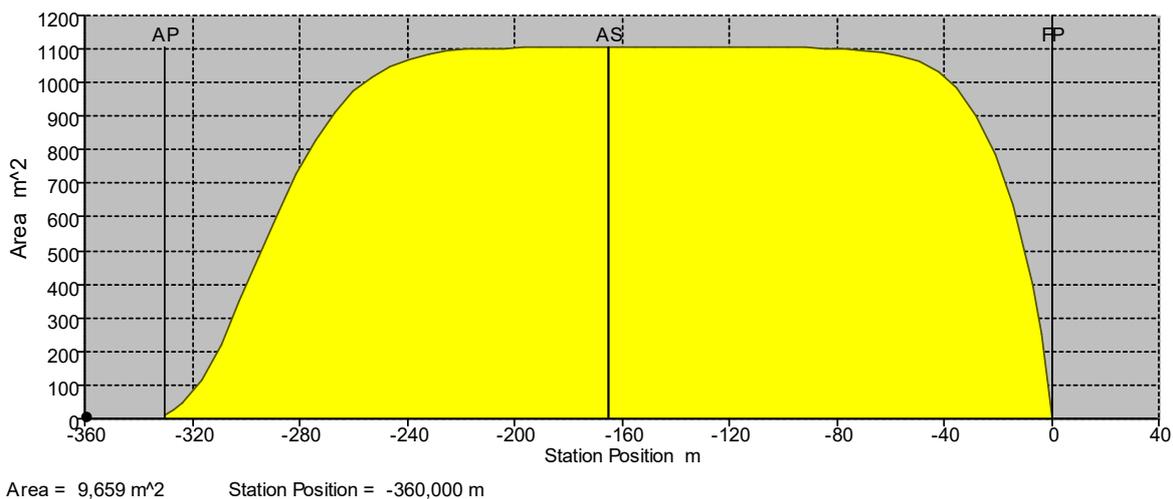
Las 6 líneas de agua han sido distribuidas equitativamente según el caudal de nuestro buque.

Cabe notar que en éste modelo se considera el punto 0 en la perpendicular de proa

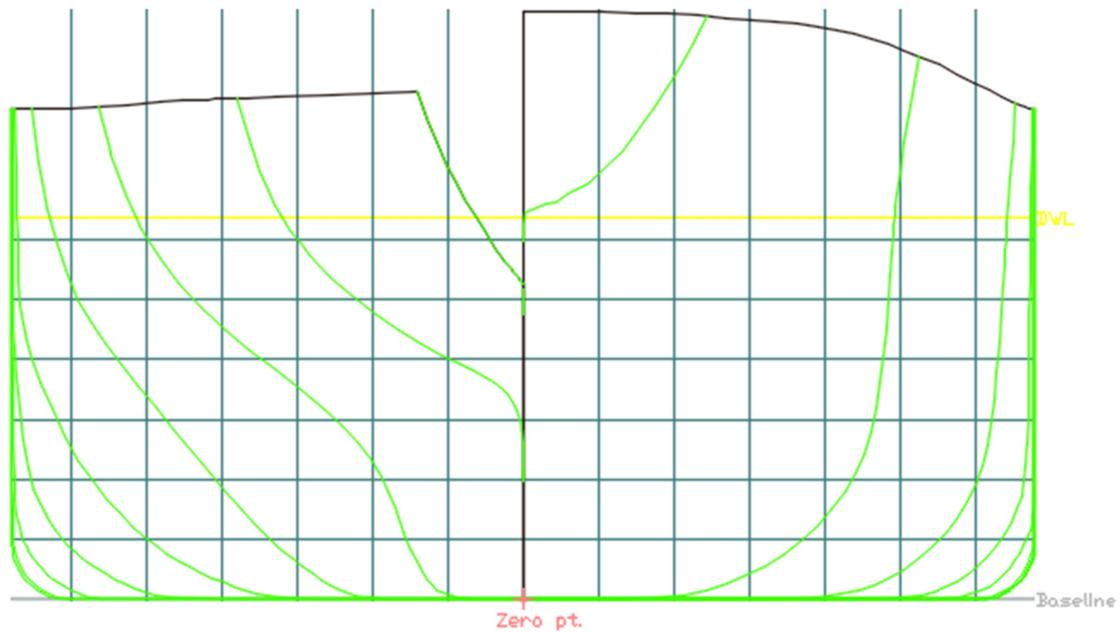
Las *propiedades hidrostáticas principales del buque modelo* son las siguientes:

Desplazamiento: 308625 t
Calado: 20,422 m
Manga: 54,252 m
Coefficiente de bloque (Cb): 0,823
Eslora en la flotación: 330,366 m
Coefficiente prismático (Cp): 0,844
Coefficiente de sección maestra (Cm): 0,996

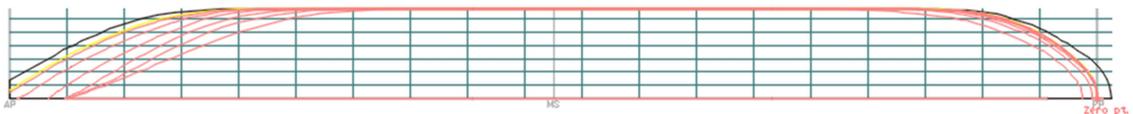
La *curva de áreas* de dicho modelo es la siguiente:



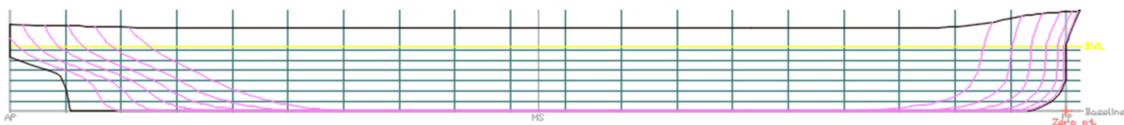
A continuación se muestran sus planos de formas:



*Plano de cuadernas del modelo*



*Plano de líneas de agua del modelo*



*Plano de crujía del modelo*

Las diferencias más notables son la presencia de un bulbo en la proa (cuyas dimensiones se tomaron en el apartado anterior) y el hecho de carecer de arrufo en la proa.

#### 4.- Coeficientes de bloque, maestra y flotación

En el cuaderno 1 se obtuvieron unos valores del coeficiente de bloque, prismático y de maestra empleando los buques de la base de datos y unas fórmulas, obteniendo:

$$CP = 0,8991 \quad Cb \text{ inicial} = 0,802 \quad Cm = 0,892$$

No obstante estos cálculos se hicieron antes de la selección de alternativa óptima, para la cual se escogió el coeficiente de bloque como variable. En el modelo final del buque, con las mismas fórmulas nos resultarán unos coeficientes de:

$$CP = 0,894 \quad Cb = 0,86 \quad Cm = 0,96$$

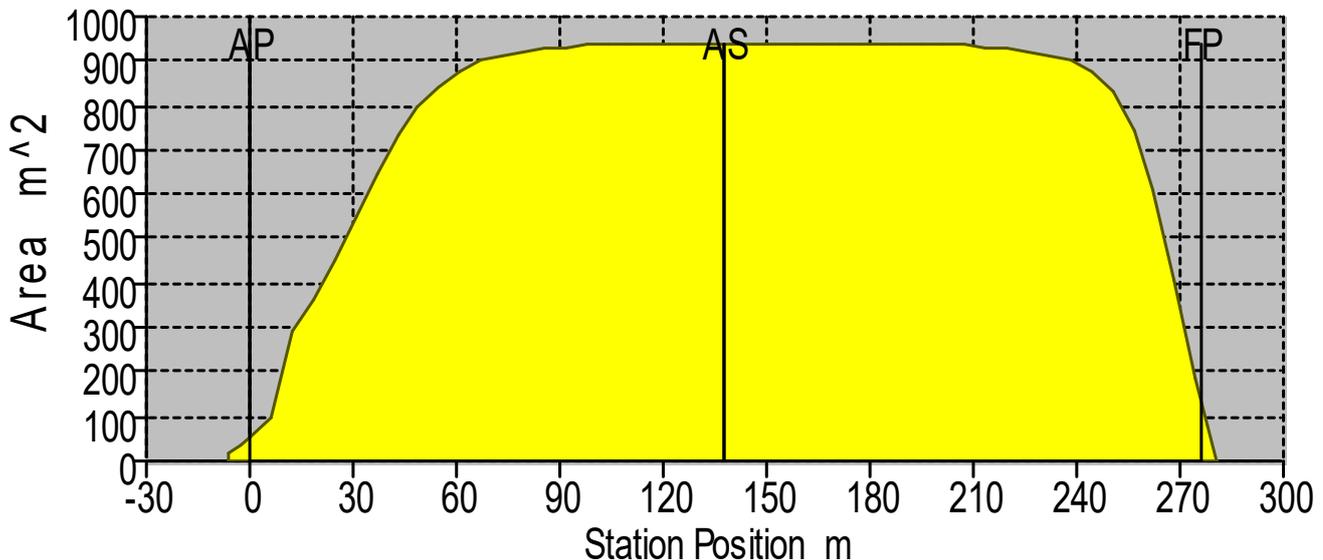
Y estas cifras las comparamos con las de la representación modelada, las cuales nos dan:

Coeficiente prismático (Cp)	0,859
Coeficiente de bloque (Cb)	0,856
Coeficiente de sección maestra (Cm)	0,996

Las diferencias entre los coeficientes son aceptables, el coeficiente de bloque es lo suficientemente similar como para no estorbar en los cálculos, y un coeficiente prismático más reducido implica unas formas más hidrodinámicas.

#### 5.- Plano de áreas seccionales

A continuación se muestra el plano de áreas seccionales de nuestro buque:



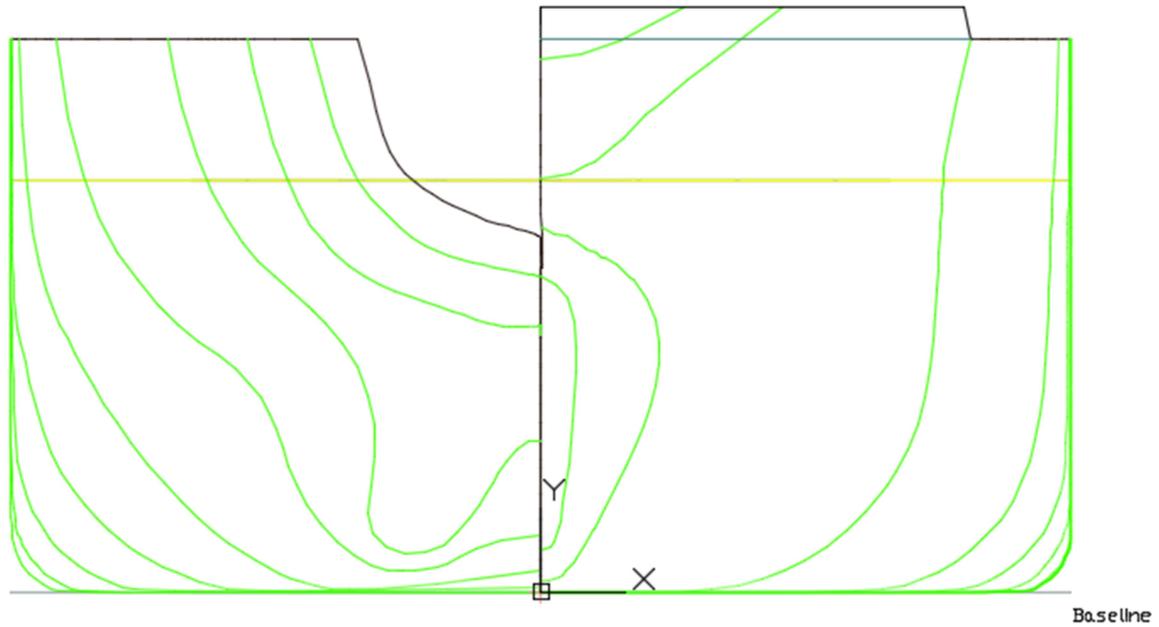
## 6.- Cartilla de trazado

La cartilla de trazado de nuestro buque sigue las formas siguientes:

		Waterl. 2	Waterl. 3	Waterl. 4	Waterl. 5	Waterl. 6	Waterl. 7
	Posición	3,2	6,4	9,6	12,8	16	19,2
Sección 1	0					5,088	8,444
Sección 2	14,526	7,97 3,389	7,686 1,31	8,129	10,236	13,551	15,481
Sección 3	29,053	10,17	11,802	13,335	17,078	19,679	21,131
Sección 4	43,579	15,53	18,573	20,698	22,435	23,37	23,779
Sección 5	58,105	20,307	22,553	23,585	24,236	24,425	24,428
Sección 6	72,632	23,216	24,221	24,404	24,475	24,5	24,497
Sección 7	87,158	24,296	24,482	24,499	24,5	24,501	24,499
Sección 8	101,684	24,48	24,498	24,5	24,501	24,501	24,5
Sección 9	116,211	24,501	24,501	24,501	24,501	24,501	24,499
Sección 10	130,737	24,501	24,501	24,501	24,501	24,501	24,499
Sección 11	145,263	24,501	24,501	24,501	24,501	24,501	24,499
Sección 12	159,789	24,501	24,501	24,501	24,501	24,501	24,499
Sección 13	174,316	24,501	24,501	24,501	24,501	24,501	24,499
Sección 14	188,842	24,501	24,501	24,501	24,501	24,501	24,499
Sección 15	203,368	24,499	24,5	24,501	24,501	24,501	24,498
Sección 16	217,895	24,351	24,474	24,478	24,48	24,482	24,484
Sección 17	232,421	23,476	24,258	24,314	24,339	24,359	24,384
Sección 18	246,947	21,122	22,71	23,233	23,435	23,569	23,722
Sección 19	261,474	14,481	16,862	17,825	18,228	18,417	18,612
Sección 20	276	2,56	4,156	5,285	5,257	2,047	1,122
Sección 21	280	0,886	1,35	1,625	1,507		

## 7.- Planos

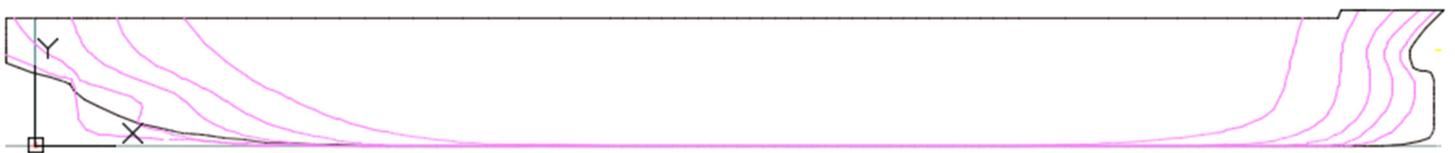
Los planos de nuestro buque tienen la forma presentada a continuación:



*Plano de cuadernas del buque.*



*Plano de líneas de agua del buque*



*Plano de crujía del buque*

Los planos a escala se mostrarán en los Anexos 3 y 4.

## 8.- Bibliografía

1. JUNCO OCAMPO, Fernando; DÍAZ CASAS, Vicente. Asignatura de “*Proyectos de buques y artefactos marinos 1*”. Universidad de A Coruña, Escuela Politécnica Superior de Ferrol, Curso 2017-2018.

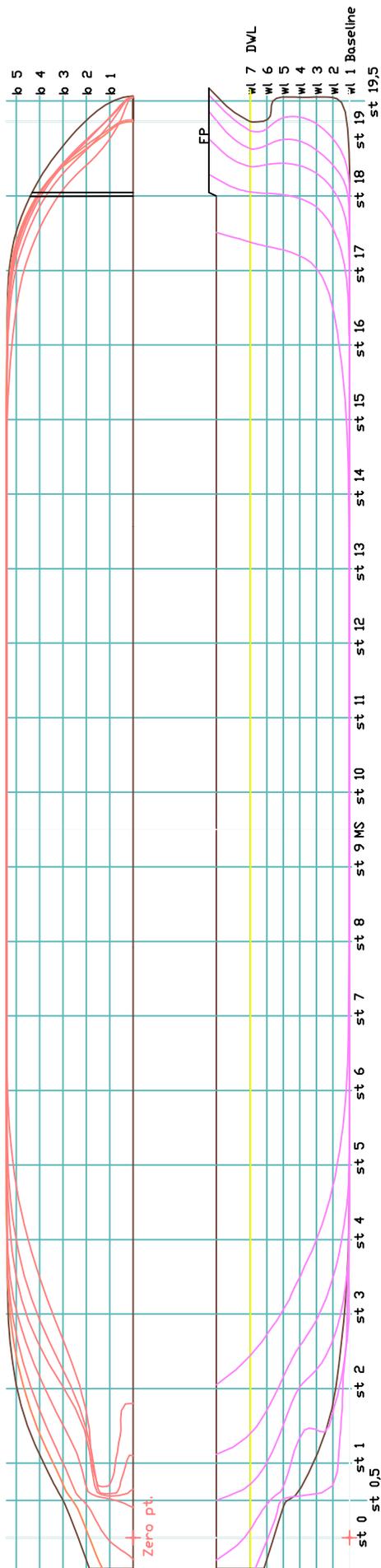
### Anexo 1: Hidrostáticas del buque modelo

Displacement	308625	t
Volume (displaced)	301097,6	m <sup>3</sup>
Draft Amidships	20,422	m
Immersed depth	20,422	m
WL Length	330,366	m
Beam max extents on WL	54,252	m
Wetted Area	27025,6	m <sup>2</sup>
Max sect. area	1103,764	m <sup>2</sup>
Waterpl. Area	16055,72	m <sup>2</sup>
Prismatic coeff. (Cp)	0,826	
Block coeff. (Cb)	0,823	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,996	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,896	
LCB length	12,304	from amidsh. (+ve fwd) m
LCF length	4,753	from amidsh. (+ve fwd) m
LCB %	3,725	from amidsh. (+ve fwd) % Lbp
LCF %	1,439	from amidsh. (+ve fwd) % Lbp
KB	10,598	m
KG fluid	0	m
BMt	11,909	m
BML	401,568	m
GMt corrected	22,506	m
GML	412,166	m
KMt	22,506	m
KML	412,166	m
Immersion (TPc)	164,571	tonne/cm
MTc	3850,487	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	121225,3	tonne.m
Length:Beam ratio	6,089	
Beam:Draft ratio	2,657	
Length:Vol <sup>0.333</sup> ratio	4,929	
Precision	Medium	61 stations

## Anexo 2: Hidrostáticas del proyecto de buque

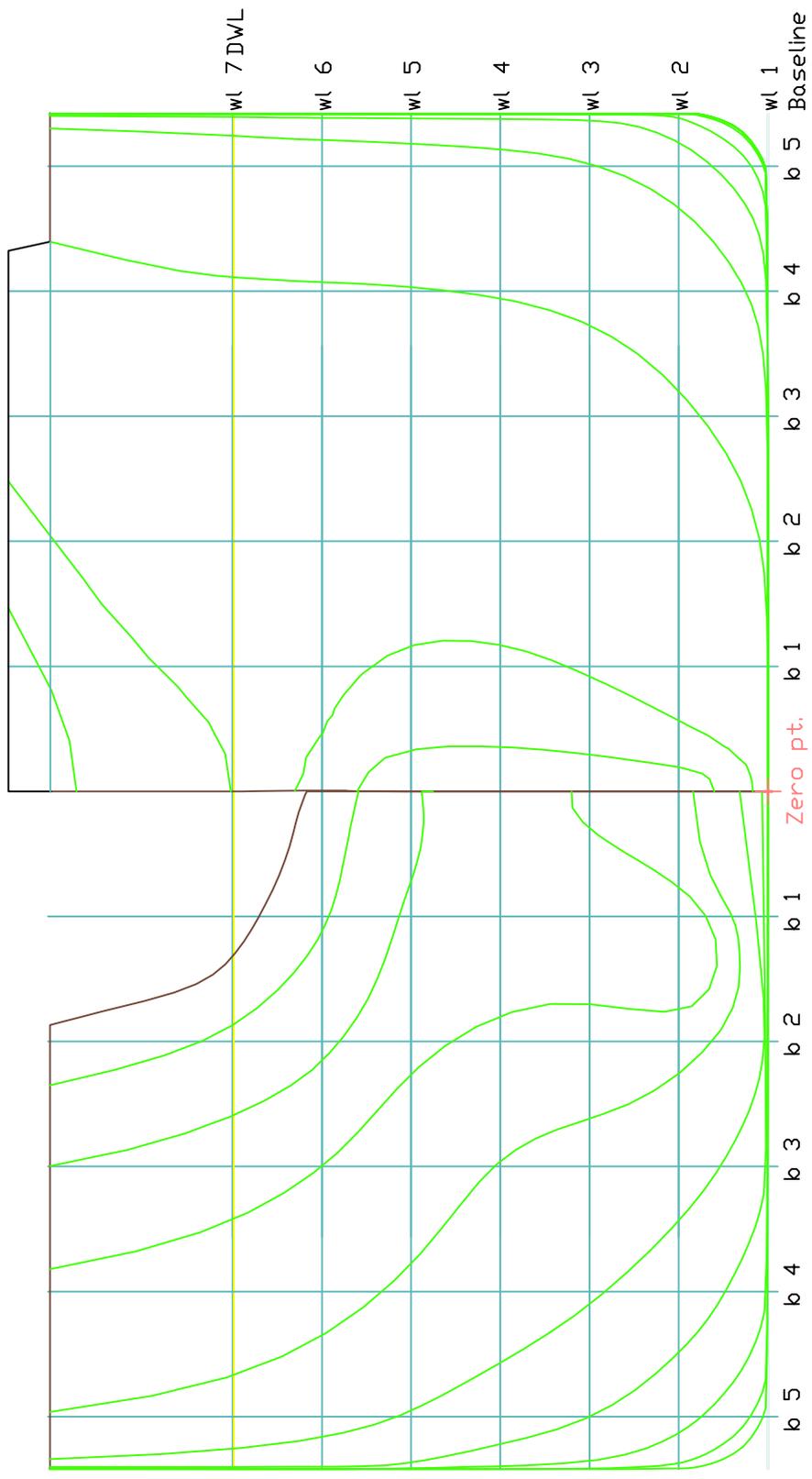
Displacement	226579	t
Volume (displaced)	221052,5	m <sup>3</sup>
Draft Amidships	19,1	m
Immersed depth	19,104	m
WL Length	282,073	m
Beam max extents on WL	49	m
Wetted Area	21648,07	m <sup>2</sup>
Max sect. area	932,394	m <sup>2</sup>
Waterpl. Area	12466,98	m <sup>2</sup>
Prismatic coeff. (Cp)	0,859	
Block coeff. (Cb)	0,856	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,996	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,922	
LCB length	7,724	from amidsh. (+ve fwd) m
LCF length	0,668	from amidsh. (+ve fwd) m
LCB %	2,799	from amidsh. (+ve fwd) % Lbp
LCF %	0,242	from amidsh. (+ve fwd) % Lbp
KB	9,885	m
KG fluid	0	m
BMt	10,373	m
BML	312,384	m
GMt corrected	20,258	m
GML	322,269	m
KMt	20,258	m
KML	322,269	m
Immersion (TPc)	127,787	tonne/cm
MTc	2645,627	Tonne*m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	80107,65	Tonne*m
Length:Beam ratio	5,632	
Beam:Draft ratio	2,566	
Length:Vol <sup>0.333</sup> ratio	4,565	
Precision	Medium	64 stations

# **Anexo 3: Planos de cruzía y líneas de agua**



E.P.S Grado Ingeniería naval y Oceánica Anexo 3 Cuaderno 3	
Título del proyecto: Petrolero Neo-Pánamax 200000 TPM	
Trabajo fin de grado Proyecto número 18-07	Escala: 1:1200
Autor: Julio Barreiro Montes	Fecha: 16-07-2018

# **Anexo 4: Plano de cuadernas del buque**



E.P.S Grado Ingeniería naval y Oceánica Anexo 3 Cuaderno 3	
Título del proyecto: Petrolero Neo-Pánamax 200000 TPM	
Trabajo fin de grado Proyecto número 18-07	Escala: 1:250
Autor: Julio Barreiro Montes	Fecha: 16-07-2018