



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica

Trabajo Fin de Máster

Programa en MATLAB para la
realización de cálculos de anteproyecto
de diversos tipos de buque

Máster Universitario en Ingeniería Naval y Oceánica

Departamento de Matemática aplicada y estadística

Alumno: Vicente Ramón Bernal

Tutor: Sergio Amat Plata







Agradecimientos

La elaboración de este trabajo fin de máster no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional de mi familia, que continuamente me ha estado apoyando desde que empecé la redacción de este documento.

En especial doy las gracias a mi madre, María Rosa, a mi padre, Julio, a mi hermana, Alicia y a mi pareja, Ana, quienes creyeron en mi capacidad para llevar a cabo este reto desde el primer momento, y a quienes agradezco que ayudaran siempre que lo he necesitado.

Por otro lado, presento mis agradecimientos a la Universidad Politécnica de Cartagena y la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica por su labor docente y por darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

Para terminar, doy las gracias a mi tutor, Sergio Amat Plata, tanto por su ayuda y atención prestada en múltiples tutorías, sin la cual no hubiese sido capaz de realizar este proyecto fin de máster, así como por su encomiable labor en la Universidad Politécnica de Cartagena.



Bibliografía

- ❖ Amat Plata, Sergio: Apuntes de Métodos Numéricos, 2015. Universidad Politécnica de Cartagena
- ❖ Ayuda de MATLAB R2012a.
- ❖ Barragán Guerrero, Diego Orlando: Manual de interfaz gráfica de usuario en MATLAB. (Disponible en: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10740/19/%255Bmatlab%255D_MATLAB_GUIDE.pdf)
- ❖ Infante, Juan Antonio; Rey, José María: Introducción a MATLAB. (Disponible en: <http://www.mat.ucm.es/~jair/matlab/notas.htm>)
- ❖ Casado Fernández, M^aCristina: Manual Básico de MATLAB. Servicios Informáticos UCM, Apoyo a la Investigación y Docencia. (Disponible en: http://www.sisoft.ucm.es/Manuales/MATLAB_r2006b.pdf)
- ❖ Alvariño Castro, Ricardo; Azpíroz Azpiroz, Juan José; Meizoso Fernandez, Manuel: El proyecto Básico del Buque Mercante, 1997. Fondo editorial de Ingeniería Naval. Colegio oficial de Ingenieros Navales
- ❖ Tudela Pérez, Juan Francisco: Apuntes de Proyectos, 2013. Universidad Politécnica de Cartagena
- ❖ García López, Domingo L: Apuntes de Hidrodinámica. Resistencia y propulsión, 2013. Universidad Politécnica de Cartagena
- ❖ Palomo López, Olavo: Apuntes de Hidrostática y Estabilidad, 2012. Universidad Politécnica de Cartagena
- ❖ Holtrop, J.; Mennen, G.G.J.: Approximate Power Prediction Method, 1982. International Shipbuilding Progress, Vol. 29.
- ❖ Yide Shen; Marchal, J.L.J.: Expressions of the Bp- δ Diagrams in Polynomial for Marine Propeller Series, 1993. The Royal Institution of Naval Architects.
- ❖ F. H. Todd, Ph. D: Series 60, Methodical Experiments with models of single-screw merchant ships. Department of the U.S. Navy.



Contenido

1.	Introducción y objetivos.....	14
2.	Fases de anteproyecto de buques	15
2.1.	Introducción	15
2.2.	El proyecto como un proceso cíclico e iterativo	15
3.	Tipos de buque que estudia el programa	18
3.1.	Introducción	18
3.2.	Estructura del programa en función de los buques estudiados.....	19
3.3.	Buque tipo 1.0 Buque portacontenedores.....	19
3.4.	Buque tipo 2.0 Buque Tanque.....	21
3.5.	Buque tipo 3.0 Buque granelero.....	23
3.6.	Buque tipo 4.0 Buque gasero	23
3.7.	Buque tipo 5.0 Buque RO-RO	24
3.8.	Buque tipo 6.0 Buque de pasaje	25
4.	Fundamentos del programa	26
4.1.	Inicialización del programa.....	26
4.2.	Estructura del programa	26
4.3.	Filosofía del programa y adquisición de permisos	27
4.4.	Ficheros Excel de generación de datos.....	28
4.5.	Fichero Excel de permisos	28
4.6.	Tipos de botones del programa	29
4.7.	Módulos y subrutinas	29
5.	Módulo 0. Menú Principal	31
5.1.	Fundamentos para la utilización del módulo.....	31
6.	Módulo 1. Dimensionamiento.....	32
6.1.	Fundamentos para la utilización del módulo.....	32
6.2.	Selección de velocidad de proyecto, tipo de buque y dimensión crítica	32
6.3.	Cálculo, comparación y guardado de dimensiones de buques	33
6.4.	Subrutina: Dimensionamiento de buque portacontenedores	35
6.5.	Subrutina: Dimensionamiento de buque tanque.....	39
6.6.	Subrutina: Dimensionamiento de buque granelero	44
6.7.	Subrutina: Dimensionamiento de buque gasero	47
6.8.	Subrutina. Dimensionamiento de buque RO-RO	50
6.9.	Subrutina. Dimensionamiento de buque de pasaje.....	53
7.	Módulo 2. Generación de Formas	56



7.1.	Fundamentos para la utilización del módulo.....	56
7.2.	Métodos de generación y optimización de formas	56
7.3.	Serie Sistemática 60	57
7.4.	Subrutina. Generación de Formas a partir de la Serie 60	58
7.5.	Buque base	77
7.6.	Subrutina. Generación de formas a partir de buque base	79
8.	Módulo 3. Cálculos de Arquitectura Naval.....	88
8.1.	Fundamentos para la utilización del módulo.....	88
8.2.	Métodos de integración aproximada	88
8.3.	Curvas hidrostáticas	90
8.4.	Subrutinas. Cálculos de Arquitectura naval a partir de formas de la serie 60 y de buque base.....	91
9.	Módulo 4. Resistencia al avance	130
9.1.	Fundamentos para la utilización del módulo.....	130
9.2.	Métodos de predicción de potencia. Método de Holtrop – Mennen	131
9.3.	Subrutina. Predicción de la potencia efectiva mediante el método de Holtrop-Mennen 132	
10.	Módulo 5. Propulsión.....	135
10.1.	Fundamentos para la utilización del módulo.....	135
10.2.	Proyecto de hélices. Serie B de Wageningen	136
10.3.	Subrutina. Proyecto de hélices	136
	Conclusiones	144
	Anexo I. Ayuda del módulo de Menú Principal.....	145
1.	Introducción	145
2.	Inicio del programa	145
3.	Acceso a módulos y obtención de permisos.....	145
4.	Borrado de perfiles	146
5.	Preguntas frecuentes.....	147
	Anexo II. Ayuda del módulo de Dimensionamiento.....	148
1.	Introducción	148
2.	Acceso al módulo y gestión de permisos	148
3.	Selección de la velocidad de proyecto	148
4.	Selección del tipo de buque y dimensión crítica	149
5.	Cálculo, comparación y guardado de dimensiones de buques	150
6.	Preguntas frecuentes.....	151



Anexo III. Ayuda del módulo de Generación de Formas.....	153
1. Introducción	153
2. Acceso al módulo y gestión de permisos	153
3. Cargar perfiles	153
4. Serie 60.....	154
5. Buque base	154
6. Líneas de agua, caja de cuadernas, curva de áreas y guardado de cartilla de trazado... ..	155
7. Preguntas frecuentes.....	157
Anexo IV. Ayuda del módulo de Cálculos de Arquitectura Naval	159
1. Introducción	159
2. Acceso al módulo y gestión de permisos	159
3. Cargar perfiles	159
4. Hidrostáticas.....	160
5. Actualizar perfiles y guardar hidrostáticas.....	161
6. Preguntas frecuentes.....	162
Anexo V. Ayuda del módulo de Resistencia al avance.....	163
1. Introducción	163
2. Acceso al módulo y gestión de permisos	163
3. Cargar perfiles	163
4. Forma de popa y rango de velocidades	164
5. EHP con perfil original o actualizado y modificación de perfil.....	164
6. Actualizar perfiles, mantener perfiles originales y guardar resultados	165
7. Preguntas frecuentes.....	167
Anexo VI. Ayuda del módulo de Propulsión	169
1. Introducción	169
2. Acceso al módulo y gestión de permisos	169
3. Cargar perfiles	169
4. Potencia al freno, n° de revoluciones, n° de tiempos, Ae/Ao y Kp	169
5. Cavitación, diámetro excesivo y potencia insuficiente	170
6. Preguntas frecuentes.....	172



Índice de tablas

Tabla 1 Tipos de botones del programa	29
Tabla 2 Curvas hidrostáticas (I)	90
Tabla 3 Curvas hidrostáticas (II).....	91

Índice de figuras

Figura 1 Modelo de proyecto lineal	15
Figura 2 Ciclo de vida en espiral.....	16
Figura 3 Evolución de selección de alternativas en un proyecto.....	16
Figura 4 Espiral de proyecto	17
Figura 5 Tipos de buque estudiados en el programa	19
Figura 6 Ejemplo de buque portacontenedores	20
Figura 7 Ejemplo de buque petrolero de productos	21
Figura 8 Ejemplo de buque quimiquero.....	22
Figura 9 Ejemplo de petrolero de productos	22
Figura 10 Ejemplo de buque granelero	23
Figura 11 Ejemplo de buque gasero.....	24
Figura 12 Ejemplo de buque RO-RO.....	24
Figura 13 Ejemplo de ferry	25
Figura 14 Ejemplo de buque de pasaje.....	25
Figura 15 Inicialización del programa	26
Figura 16 Estructura del programa.....	27
Figura 17 Apariencia ficheros Excel de generación de datos	28
Figura 18 Apariencia fichero Excel de permisos	29
Figura 19 Apariencia del Menú Principal	31
Figura 20 Apariencia del módulo de dimensionamiento.....	32
Figura 21 Selección de velocidad de proyecto.....	33
Figura 22 Ejemplo de selección de un buque quimiquero de 21 520 t de peso muerto	33
Figura 23 Batería de botones primarios del módulo de dimensionamiento	33
Figura 24 Ejemplo de comparación de dos buques portacontenedores.....	34
Figura 25 Generación de datos tras guardar el buque	34
Figura 26 Gráficas para el cálculo de las dimensiones principales de un buque portacontenedores Panamax.....	35
Figura 27 Gráfica para el cálculo de las dimensiones principales de un buque portacontenedores Post-Panamax (I).....	35
Figura 28 Gráfica para el cálculo de las dimensiones principales de un buque portacontenedores Post-Panamax (II).....	36
Figura 29 Subrutina. Dimensionamiento de buque portacontenedores (I).....	37
Figura 30 Subrutina. Dimensionamiento de buque portacontenedores (II)	38
Figura 31 Subrutina. Dimensionamiento de buque portacontenedores (III)	39
Figura 32 Gráficas para el cálculo de las dimensiones principales de un buque petrolero de crudo.....	40
Figura 33 Gráfica para el cálculo de las dimensiones principales de un buque quimiquero.....	41



Figura 34 Gráfica para el cálculo de las dimensiones principales de un buque petrolero de productos	42
Figura 35 Subrutina. Dimensionamiento de buque tanque (I)	43
Figura 36 Subrutina. Dimensionamiento de buque tanque (II)	44
Figura 37 Gráficas para el cálculo de las dimensiones principales de un buque granelero	45
Figura 38 Subrutina. Dimensionamiento de buque granelero (I)	46
Figura 39 Subrutina. Dimensionamiento de buque granelero (II).....	47
Figura 40 Gráficas para el cálculo de las dimensiones principales de un buque gasero con tanques a presión	48
Figura 41 Gráficas para el cálculo de las dimensiones principales de un buque gasero con tanques refrigerados	48
Figura 42 Subrutina. Dimensionamiento de buque gasero (I).....	49
Figura 43 Subrutina. Dimensionamiento de buque gasero (II)	50
Figura 44 Gráfica para el cálculo de las dimensiones principales de un buque RO-RO.....	51
Figura 45 Subrutina. Dimensionamiento de buque RO-RO.....	52
Figura 46 Regresiones lineales para la estimación de dimensiones principales de un buque RO-PAX.....	53
Figura 47 Regresiones lineales para la estimación de dimensiones principales de un buque crucero.....	53
Figura 48 Subrutina. Dimensionamiento de buque de pasaje	55
Figura 49 Apariencia del módulo de generación de formas.....	56
Figura 50 Ejemplo de gráfica de obtención de formas de la Serie 60.....	58
Figura 51 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (I)	58
Figura 52 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (II).....	59
Figura 53 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (III)	60
Figura 54 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (IV)	61
Figura 55 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (V).....	62
Figura 56 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (VI)	63
Figura 57 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (VII)	64
Figura 58 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (VIII).....	65
Figura 59 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (IX)	66
Figura 60 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (X).....	67
Figura 61 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XI)	68
Figura 62 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XII)	69
Figura 63 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XIII).....	70
Figura 64 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XIV)	71
Figura 65 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XV).....	72
Figura 66 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XVI)	73
Figura 67 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XVII)	74
Figura 68 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XVIII).....	75
Figura 69 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XIX)	76
Figura 70 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XX).....	77
Figura 71 Caja de cuadernas del fichero Excel "Formas1.xlsx"	77
Figura 72 Caja de cuadernas del fichero Excel "Formas2.xlsx"	78
Figura 73 Caja de cuadernas del fichero Excel "Formas3.xlsx"	78
Figura 74 Subrutina. Generación de formas a partir de buque base (I).....	80
Figura 75 Subrutina. Generación de formas a partir de buque base (II)	81



Figura 76 Subrutina. Generación de formas a partir de buque base (III)	82
Figura 77 Subrutina. Generación de formas a partir de buque base (IV)	83
Figura 78 Subrutina. Generación de formas a partir de buque base (V)	84
Figura 79 Subrutina. Generación de formas a partir de buque base (VI)	85
Figura 80 Subrutina. Generación de formas a partir de buque base (VII)	86
Figura 81 Subrutina. Generación de formas a partir de buque base (VIII)	87
Figura 82 Apariencia del módulo de cálculos de Arquitectura Naval.....	88
Figura 83 Integración por la regla de los trapecios	89
Figura 84 Subdivisión de intervalos con la primera regla de Simpson	89
Figura 85 Apariencia del cuadro de curvas hidrostáticas.....	90
Figura 86 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (I)	91
Figura 87 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (II).....	92
Figura 88 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (III).....	93
Figura 89 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (IV)	94
Figura 90 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (V).....	95
Figura 91 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (VI)	96
Figura 92 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (VII)	97
Figura 93 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (VIII)...	98
Figura 94 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (IX)	99
Figura 95 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (X).....	100
Figura 96 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XI) ...	101
Figura 97 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XII) ..	102
Figura 98 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XIII). 103	
Figura 99 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XIV) 104	
Figura 100 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XV) 105	
Figura 101 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XVI)	106
Figura 102 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XVII)	107
Figura 103 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XVIII)	108
Figura 104 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XIX)	109
Figura 105 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XX) 110	
Figura 106 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XXI)	111
Figura 107 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XXII)	112
Figura 108 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (I)... 112	
Figura 109 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (II) . 113	
Figura 110 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (III) 114	
Figura 111 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (IV) 115	
Figura 112 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (V) . 116	
Figura 113 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (VI) 117	
Figura 114 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (VII)	118



Figura 115 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (VII)	119
Figura 116 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (VIII)	120
Figura 117 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (IX)	121
Figura 118 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (X)	122
Figura 119 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (XI)	123
Figura 120 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (XII)	124
Figura 121 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (XIII)	125
Figura 122 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (XIV)	126
Figura 123 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (XV)	127
Figura 124 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (XVI)	128
Figura 125 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (XVII)	129
Figura 126 Apariencia del módulo de resistencia al avance	130
Figura 127 Subrutina. Predicción de la potencia efectiva mediante el método de Holtrop-Mennen (I)	132
Figura 128 Subrutina. Predicción de la potencia efectiva mediante el método de Holtrop-Mennen (II)	133
Figura 129 Subrutina. Predicción de la potencia efectiva mediante el método de Holtrop-Mennen (III)	134
Figura 130 Apariencia del módulo de propulsión	135
Figura 131 Ejemplo de expresiones polinómicas de los diagramas correspondientes a una hélice de 3 palas	137
Figura 132 Subrutina. Proyecto de la hélice (I)	137
Figura 133 Subrutina. Proyecto de la hélice (II)	138
Figura 134 Subrutina. Proyecto de la hélice (III)	139
Figura 135 Subrutina. Proyecto de la hélice (IV)	140
Figura 136 Subrutina. Proyecto de la hélice (V)	141
Figura 137 Subrutina. Proyecto de la hélice (VI)	142
Figura 138 Subrutina. Proyecto de la hélice (VII)	143
Figura 139 Inicialización del programa	145
Figura 140 Módulo 1 de dimensionamiento completado para buque 1	146
Figura 141 Consecución de acceso a Módulo 2 para buque 1	146
Figura 142 Apariencia del módulo de dimensionamiento	148
Figura 143 Selección de la velocidad de proyecto	149
Figura 144 Ejemplo de selección de un buque quimiquero de 21 520 t de peso muerto	149
Figura 145 Ejemplo de comparación de buques portacontenedores	150
Figura 146 Generación de datos tras guardar el buque	151
Figura 147 Apariencia del módulo de generación de formas	153
Figura 148 Cuadro de cargar perfil	153
Figura 149 Apariencia del cuadro de generación de formas a partir de la Serie 60	154



Figura 150 Apariencia del cuadro de generación de formas a partir de buque base	155
Figura 151 Apariencia de representación de líneas de agua con buque base	156
Figura 152 Apariencia de representación de caja de cuernas con serie 60.....	156
Figura 153 Apariencia de representación de curva de áreas con serie 60	156
Figura 154 Cartilla de trazado guardada en el fichero Excel	157
Figura 155 Apariencia del módulo de cálculos de arquitectura naval.....	159
Figura 156 Cuadro de cargar perfil	159
Figura 157 Ejemplo de selección del coeficiente prismático para su representación en la gráfica 3 con formas de la serie 60.....	160
Figura 158 Comparativa de curvas hidrostáticas	160
Figura 159 Comparación de perfil sin actualizar y perfil actualizado.....	161
Figura 160 Generación de curvas hidrostáticas tras completar el módulo	161
Figura 161 Apariencia del módulo de resistencia al avance	163
Figura 162 Cuadro de cargar perfil	163
Figura 163 Ejemplo de ajuste de forma de popa y rango de velocidades	164
Figura 164 Ejemplo de cálculo de la resistencia al avance con el perfil original.....	164
Figura 165 Ejemplo de cálculo de la resistencia al avance con el perfil modificado.....	165
Figura 166 Ejemplo de nuevo cálculo de la resistencia con el perfil modificado	165
Figura 167 Perfil 1 actualizado, limitados sus permisos al módulo de formas	166
Figura 168 Opción de mantener los perfiles originales.....	166
Figura 169 Obtención de la curva de potencia efectiva	167
Figura 170 Apariencia del módulo de propulsión	169
Figura 171 Cuadro de cargar perfil	169
Figura 172 Ejemplo de asignación de parámetros completada	170
Figura 173 Cálculo de hélices	171
Figura 174 Optimización de hélices.....	171
Figura 175 Guardado de la propulsión del buque	172



1. Introducción y objetivos

El presente trabajo fin de máster se centra en la realización de un programa en *MATLAB® R2012a* a través de su interfaz gráfica de usuario GUIDE que aborde la realización de diversos cálculos de anteproyecto para diversos tipos de buque. Tales cálculos son los siguientes:

1. Dimensionamiento.
2. Generación de formas.
3. Cálculos de Arquitectura Naval.
4. Resistencia al avance.
5. Propulsión.

La etapa inicial de cualquier anteproyecto está caracterizada por la incertidumbre y la necesidad de información base que sirva para sustentar los cálculos iniciales. Por ello, el objetivo de este programa es facilitar al proyectista dicho soporte inicial constituyendo una herramienta útil para el cálculo de los principales parámetros que se llevan a cabo en las fases iniciales de anteproyecto de buques mercantes. Así pues, con esta serie de cálculos automáticos se busca obtener un buque referencia que sirva de base para el desarrollo de un proyecto futuro.

Por otro lado, como novedad importante el programa distingue los principales tipos de buques mercantes (Portacontenedores, Tanques, Graneleros, Gaseros, buques de carga rodada y buques de pasaje) y considera las peculiaridades de cada uno de ellos en los cálculos realizados.

2. Fases de anteproyecto de buques

2.1.Introducción

El anteproyecto de un buque es un proceso complejo que requiere de la aplicación de conocimientos de múltiples disciplinas. A partir de un planteamiento general del buque y su dimensionamiento, debe profundizarse en el desarrollo de sus formas, disposición general, la definición de su planta propulsora tras la estimación de la potencia necesaria, de sus equipos, y realizar los cálculos necesarios asociados a su estructura, pesos, estabilidad, características de maniobrabilidad, etc. Durante este proceso de definición y cálculo se mantendrá como objetivo la optimización del proyecto.

Como todo proyecto complejo de ingeniería, se trata de un proceso cíclico e iterativo que se representa esquemáticamente mediante la llamada espiral de proyecto. A partir de una petición inicial de oferta, evolucionará en distintas etapas hasta alcanzar la configuración definitiva. Este proceso requiere una gestión adecuada para alcanzar el objetivo en plazo, coste y la calidad requerida.

2.2.El proyecto como un proceso cíclico e iterativo

El desarrollo de un proyecto puede seguir diversos modelos. Se llama ciclo de vida de un proyecto a las diferentes fases sucesivas en las que se agrupan las distintas actividades y tareas a desarrollar dentro de un proyecto de Ingeniería. Según el modelo que se aplique, el orden, número de fases y tareas que la componen variará de un proyecto a otro. En la mayor parte de los casos existen además interrelaciones y procesos de realimentación entre las distintas fases, estableciéndose necesariamente paralelismos temporales entre ellas.

En determinados proyectos se puede llegar a tener un modelo lineal, lo que facilita la división de tareas y el seguimiento.

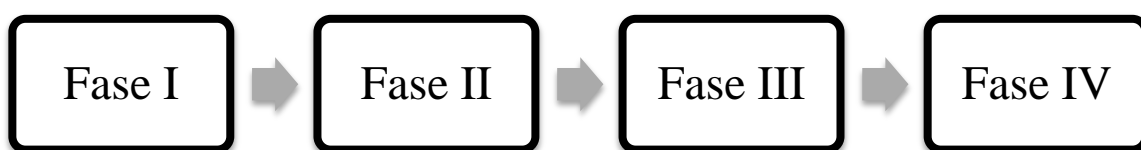


Figura 1 Modelo de proyecto lineal

En el caso de prototipos, con alto nivel de innovación tecnológica y riesgos asociados al uso de tecnologías poco maduras, se suele recurrir al desarrollo de un prototipo, que es utilizado como base para alcanzar la especificación definitiva.

Cuando se trata de proyectos aún más complejos se recurre a ciclos de vida en espiral, que puede considerarse una generalización del ciclo de vida con prototipo, donde el producto a lo largo de su desarrollo se puede considerar como una sucesión de prototipos que progresan hasta alcanzar el resultado definitivo.

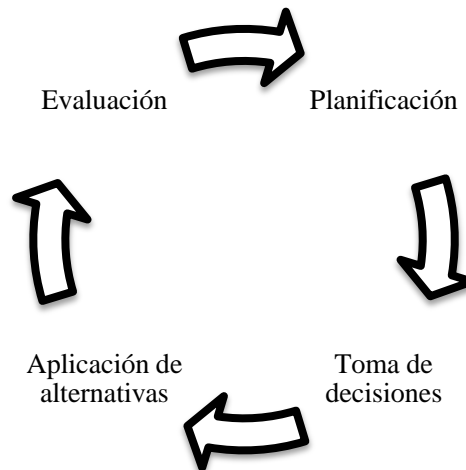


Figura 2 Ciclo de vida en espiral

En cualquier caso, la definición de un proyecto llevará consigo el planteamiento y estudio de diferentes alternativas, que deberán ser analizadas con detalle creciente hasta la selección de la alternativa a desarrollar finalmente en el proyecto.

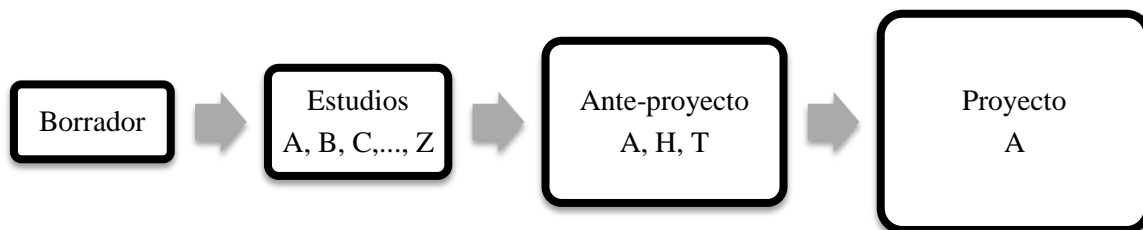


Figura 3 Evolución de selección de alternativas en un proyecto

Este proceso de selección de alternativas se liga directamente con la necesidad de optimizar el resultado a proyectar.

El proyecto de un buque se ajusta a este último modelo en espiral, en especial aquellos buques que requieran un alto desarrollo tecnológico. Salvo en casos excepcionalmente simples el Proyecto, tanto de Buques como de otros Artefactos, tiene dos características principales:

- ❖ Es cíclico. Esto significa que el proceso que lleva a la definición detallada del buque se realiza siempre en ciclos cuyo grado de definición es creciente. Entre cada dos ciclos hay, en general, decisiones económicas.
- ❖ Es iterativo. Pues dentro de cada ciclo el Proyecto sigue un proceso de prueba y error.

Esta circunstancia de proceso cíclico e iterativo queda plasmada en la Espiral de Proyecto, la cual es una representación esquemática de los distintos cálculos y decisiones de cada ciclo o etapa del proyecto. Así como de las verificaciones al final de cada ciclo, también denominadas revisiones del proyecto.

La espiral de proyecto solo sería descartada con proyectos nuevos muy similares a otros debidamente contrastados, en cuyo caso la consecución del objetivo es prácticamente directa, sin reprocesos, acercándose a un modelo lineal.

La espiral de proyecto puede representarse de diversas formas, desde formas muy sencillas hasta representaciones muy detalladas. Será también diferente en caso de proyectar un buque mercante o un buque de guerra.

El orden en que se desarrolla la espiral depende de qué aspectos se consideren más críticos. A modo de ejemplo puede considerarse:

- ❖ Resistencia al avance crítica:
 - Diseño de formas.
 - Estudio de resistencia al avance.
- ❖ Desplazamiento crítico:
 - Diseño estructural básico.
 - Cálculo del peso en rosca.
 - Situaciones de carga.
- ❖ Volumen de carga crítico:
 - Diseño de formas.
 - Disposición general.
 - Cálculo de volúmenes.

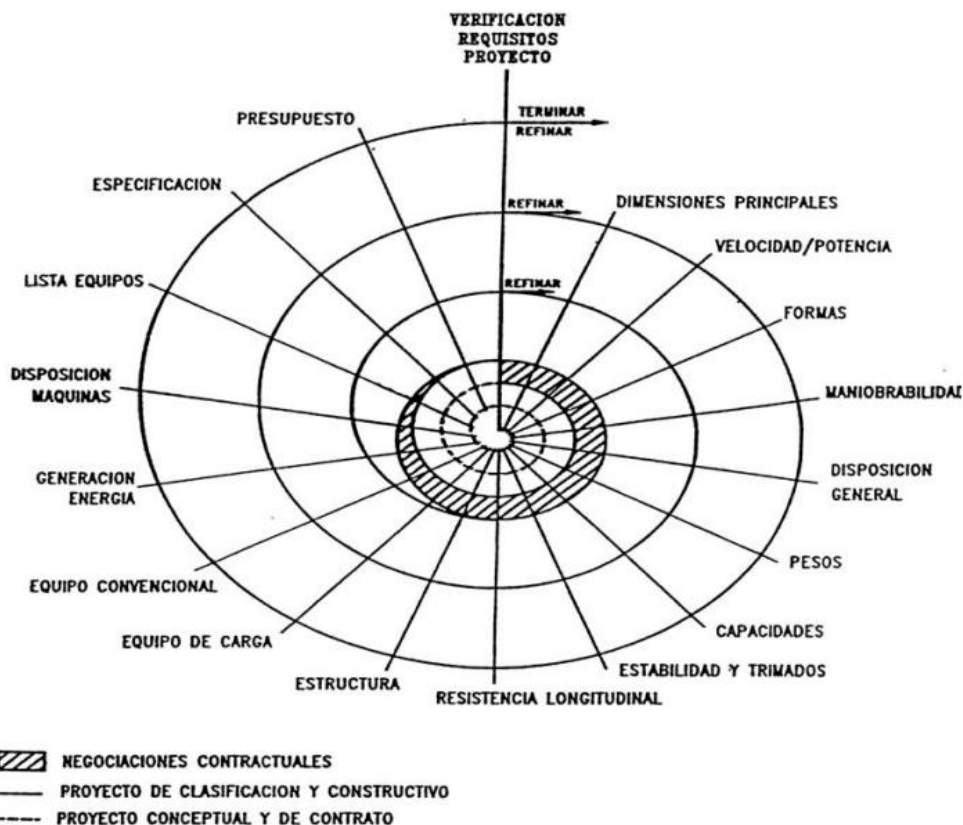


Figura 4 Espiral de proyecto



3. Tipos de buque que estudia el programa

3.1. Introducción

El programa se centra de forma exclusiva en el cálculo de buques comerciales (buques mercantes y buques de pasaje), que son los más estudiados de la bibliografía naval básica. El objetivo principal de este tipo de buque es el transporte de mercancías y/o personas, por lo que su clasificación en el programa se llevará a cabo considerando la carga o pasaje que éste va a transportar, así como el procedimiento de medida de la cantidad de ésta.

En el proyecto del buque mercante se deben de compatibilizar la igualdad de pesos y empujes (según el principio de Arquímedes) y la consecución de un volumen que dé cabida a toda la carga. Es decir, se ha de lograr, por un lado que el empuje o el volumen de la obra viva equivalga al peso muerto más el resto de pesos inevitables para el buen funcionamiento del buque, y por otro que todo el volumen del buque (obra viva más obra muerta) permita ubicar toda la carga más el resto de volúmenes necesarios para el buen servicio del buque.

Normalmente, en función de la densidad aparente de la carga, uno de los dos condicionantes es más restrictivo que el otro, lo que produce el primer criterio de clasificación:

- ❖ Buques de peso muerto, cuando el condicionante más exigente es el peso, que se presenta en los transportes de cargas muy densas o de bajo coeficiente de estiba.
- ❖ Buques de volumen, cuando el condicionante más exigente es el volumen de bodegas o de tanques de carga que se presenta con cargas poco densas o de alto coeficiente de estiba.

Existen otros tipos de cargas, que el tipo de envase o la forma de estiba, se pueden manejar como cargar bidimensionales, su altura es siempre constante, o incluso unidimensionales, altura y anchura constantes:

- ❖ Son los buques que se definen por su superficie (por ejemplo los transportes de paletas o los transportes de coches) o por su longitud de carril (como los buques RO-RO). Estos buques conceptualmente son también buques de volumen, pero su altura de entrepuentes es constante.

Otros tipos de cargas, también por el tipo de envase, requieren un tratamiento especial, son los transportes de cargas modulares y normalizadas, como los contenedores:

- ❖ Las dimensiones principales del buque se varían en cantidades discretas, dependiendo de las dimensiones de los módulos normalizados.

Además, se construyen buques especialmente concebidos para transportar cargas muy especiales, como cargas muy pesadas o transportes de barcasas, etc.

Por otro lado, en el proyecto de buques de pasaje la carga como tal puede ser o bien exclusivamente los pasajeros (cruceros o ferries), habilitando espacios para éstos ya sean camarotes o asientos en travesías cortas, o complementado el pasaje con un espacio adicional para albergar vehículos como es en los ferries de tipo RO-PAX.

3.2. Estructura del programa en función de los buques estudiados

Como ya se mencionó anteriormente, el programa se centra en aquellos buques comerciales que han sido ampliamente estudiados a lo largo de los años y de los cuales se tiene una información básica amplia, de forma que los cálculos de anteproyecto que éste realiza se sustenten de una información contrastada y tengan una validez razonable. A continuación se puede observar un esquema que se ha realizado sobre los tipos de buque que contempla el programa:

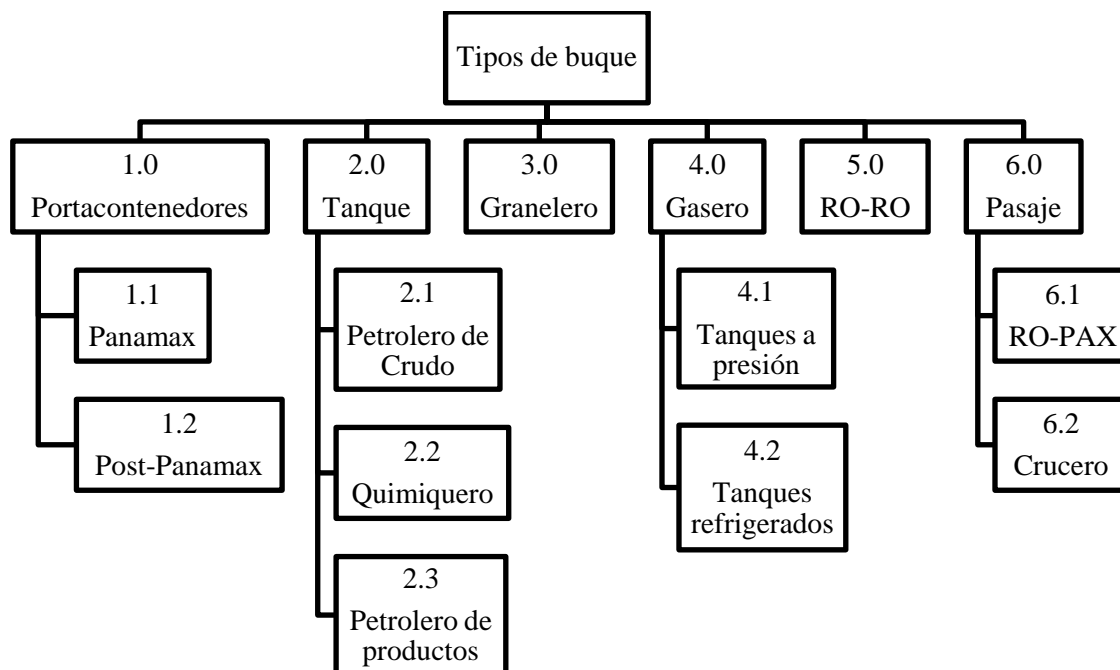


Figura 5 Tipos de buque estudiados en el programa

Nota. La enumeración empleada es la que se utiliza en el programa para la identificación de cada uno de los tipos de buque.

Esta clasificación se ha llevado a cabo en función de la información disponible en obras como “*El proyecto básico del buque mercante*” y así como en bases de datos de buques pertenecientes a otros proyectos universitarios. Con toda esta información, junto con algoritmos desarrollados por diversos autores ha sido posible la definición de un método de dimensionamiento y la obtención de formas para estos distintos tipos de buque.

3.3. Buque tipo 1.0 Buque portacontenedores

Algunos tipos de cargas, por el tipo de envase, requieren un tratamiento especial, son los transportes de cargas modulares; donde las dimensiones principales del buque dependen de las dimensiones de los módulos, variando en cantidades discretas, entre ellos los contenedores son los que se han adueñado del mercado.

El cambio en los métodos de transporte, con la introducción del transporte intermodal, combinación buque, tren y camión, ha introducido y extendido los buques portacontenedores. La unidad de carga, el contenedor (la paleta, en otros tipos de buque), es la base en la búsqueda del transporte integrado puerta a puerta que trata de reducir el número de manipulaciones de la carga, eliminando todas las operaciones superfluas.



Figura 6 Ejemplo de buque portacontenedores

Fuente. <http://www.businesskorea.co.kr>

Entre las principales ventajas e inconvenientes de los contenedores y de los buques portacontenedores celulares se pueden citar:

Entre sus ventajas se encuentran:

- ❖ Rapidez en la carga y descarga del buque, se obtienen hasta 30 ciclos/hora con cada grúa.
- ❖ Reducción de las necesidades de mano de obra, con el consiguiente ahorro en los costes.
- ❖ El contenedor protege a la propia carga, reduciéndose las reclamaciones por averías.
- ❖ Debido a la estandarización de las dimensiones de los contenedores, se puede combinar el uso del ferrocarril y el camión, lográndose el transporte integrado.
- ❖ Por su agilidad, el grado de ocupación de los portacontenedores es muy superior al de los buques convencionales.

Entre los inconvenientes se deben citar:

- ❖ Gran inversión en instalaciones portuarias.
- ❖ Necesidad de disponer de tres lotes completos de contenedores por buque, inversión que ha de sumarse a la del propio buque, que en sí mismo es ya más caro que un buque convencional.
- ❖ Elimina aquellos clientes que no pueden rellenar completamente un contenedor u obligar al relleno en puerto, con el consiguiente incremento del coste.
- ❖ Movilización de muchos contenedores vacíos que, al precisar estibarse en las capas más altas por estabilidad, deben ser manipulados innecesariamente en muchos casos.
- ❖ Como corolario de lo anterior, requiere un análisis detallado de la situación más conveniente de cada contenedor en el buque, para reducir el número de manipulaciones

durante el proceso de carga y descarga en cada puerto, lo que implica inversiones en equipos y programas informáticos.

El hecho de que las ventajas superen ampliamente a los inconvenientes ha supuesto el incremento del transporte de cargas en contenedores normalizados, convirtiéndolo en uno de los tipos de buque más construidos en los últimos años e indispensable para considerarlo en el programa desarrollado.

3.4. Buque tipo 2.0 Buque Tanque

Los buques de tipo tanque se destinan principalmente al transporte de cargas líquidas y gaseosas derivadas del petróleo, así como productos químicos (aunque en este caso los buques gaseros se han designado como un tipo de buque particular debido a sus diferencias constructivas en comparación con el clásico buque tanque). Este tipo de transporte se fundamenta en el transporte a granel en un determinado número de bodegas debidamente equipadas para albergar este tipo de fluidos.

Por su similitud constructiva en este tipo de buque se comprenden los tipos petrolero de crudo, químico y petrolero de productos.

En el caso de los petroleros de crudo se caracterizan por ser buques de un gran tonelaje y que alcanzan esloras de casi 500 m destinados al transporte de petróleo desde los países exportadores (principalmente en el Golfo Pérsico, Caribe y Golfo de Guinea) a los países importadores (como Europa, EEUU, China o Japón) y donde sus tanques de carga están protegidos en toda su longitud y anchura por tanques de lastre o espacios intermedios de tipo cofferdam, en cumplimiento al *Convenio MARPOL 73/78*.



Figura 7 Ejemplo de buque petrolero de productos

Fuente. <http://www.keyword-suggestions.com>

Otro tipo de buque considerado en este apartado es el buque químico. La pujanza de la industria química mundial crece a partir de la mitad del siglo XX. En la década de los sesenta aparecen los primeros químicos construidos específicamente para transportar sustancias en

algunos casos de alta peligrosidad. Lo que supone, que estos buques deben construirse cumpliendo especiales requisitos de seguridad.

Este tipo de buques se deben amoldar a las condiciones de los productos y de los tráficos, con lo que su peso muerto, aunque inferior al petrolero clásico presenta toda suerte de valores.

En cuanto a la contención de la carga, en este tipo de buque se puede transportar en diferentes tipos de tanques, existiendo buques que tienen una combinación de distintos tipos, siendo frecuente que sean tanques integrados bajo la cubierta superior y tanques independientes sobre la misma.

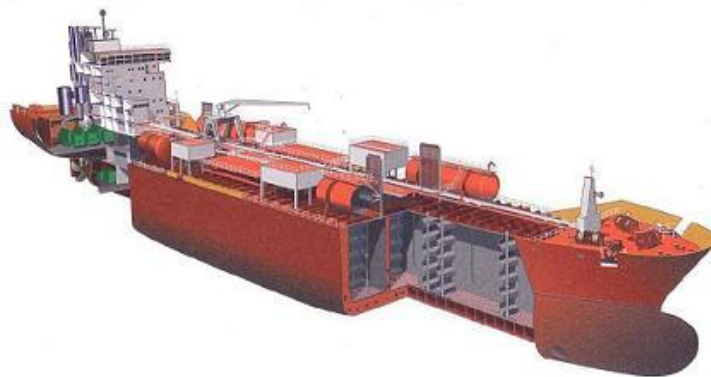


Figura 8 Ejemplo de buque quimiquero

Fuente. <http://www.chemicaltankerguide.com>

Cerrando el buque tipo 2.0, quedaría hablar del buque petrolero de productos. Éste es un tipo de buque proyectado para el transporte de diversos productos químicos en estado líquido. 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 puerto de carga y descarga hasta una flota residual de antiguos petroleros para transporte de crudo, con limitadas posibilidades de segregación.



Figura 9 Ejemplo de petrolero de productos

Fuente. <http://www.juancarlosdiazlorenzo.com>

3.5. Buque tipo 3.0 Buque granelero

Un buque granelero, también conocido comúnmente por su denominación anglosajona “*Bulk carrier*”, es un buque que se dedica al transporte de cargas secas a granel. Suele tratarse de un buque mercante de gran tamaño (hasta 200 000 toneladas de peso muerto), superando en algunos casos los 300 m de eslora, que normalmente navega a baja velocidad.

Estos buques de transporte de carga sólida a granel son fácilmente identificables por tener una única cubierta corrida con varias escotillas y unas correderas a uno o ambos lados por donde corren la tapa o tapas de las escotillas.

Los graneleros tipo “*Panamax*”, como el resto de familias de este tipo de buques, tienen el máximo tamaño permitido para pasar por el canal de Panamá, con una serie de limitaciones de calado y manga, lo que equivale a unas 60/70 mil toneladas de peso muerto.

Este tipo de buques pueden proyectarse para el transporte alterno de cereal, mineral o cargas mixtas secas y crudo (conocidos como OBO “*oil/bulk/ore*”). En el caso del transporte de cargas pesadas, sus bodegas están diseñadas para resistir golpes por la maquinaria de estiba.



Figura 10 Ejemplo de buque granelero

Fuente. <http://www.nskshipdesign.com>

3.6. Buque tipo 4.0 Buque gasero

Los gaseros son buques que transportan cargas, en estado líquido, que a temperatura ambiente y presión atmosférica se encuentran en estado gaseoso. La principal distinción que se realiza entre gaseros es en el tipo de carga que transporta, si es un LPG, para el transporte de gases licuados del petróleo, o si es un LNG, para el transporte de gas natural. Para transportar estas cargas se encuentran dos tipos de buque gasero, los de transporte presurizado y los de transporte refrigerado.

Por un lado, en el transporte presurizado la carga va a temperatura ambiente pero a elevada presión. Con este aumento de presión se reduce la temperatura de evaporación de la carga por lo que ésta se licúa. En estos casos los espesores de los tanques aumentan. En el caso del transporte presurizado los tanques deben de ser de sección circular con objeto de facilitar el reparto de presiones sobre la superficie y reducir en la medida de lo posible el espesor de la chapa.

Por otro lado, en el transporte refrigerado la carga se transporta a presión atmosférica a baja temperatura. Este tipo de buque transporta la carga a presión atmosférica por lo que el espesor de las chapas es muy bajo. Los tanques en estos casos deben permitir las dilataciones y contracciones que los incrementos de temperatura provocan.



Figura 11 Ejemplo de buque gasero

Fuente. <https://www.turbosquid.com>

3.7. Buque tipo 5.0 Buque RO-RO

Este tipo de buque se emplea para el transporte de carga rodada (tanto automóviles como camiones) y disponen de cubiertas continuas en toda la eslora. Los entrepuentes en estos buques normalmente son regulables en altura y la carga y descarga se realiza a través de rampas dispuesta en el costado o la popa, constituyendo un cierre hermético.

Durante la carga y descarga, el buque escora fácilmente, sobre todo con una rampa de popa, deformando la rampa si se alcanzan grandes escoras. Para prevenir esto, los RO-RO están equipados con un sistema anti-escora que distribuye automáticamente el agua entre dos tanques de lastre opuestos, manteniendo el buque adrizado.

Para evitar el movimiento de la carga (sobre ruedas) con mal tiempo, los vehículos se trincan mediante un sistema de amarre. Durante la carga y descarga se requiere un sistema de ventilación adicional para evacuar los gases de escape de los motores diesel de camiones y cabezas tractoras.



Figura 12 Ejemplo de buque RO-RO

Fuente. <https://es.pinterest.com>

3.8. Buque tipo 6.0 Buque de pasaje

En este apartado se pueden encontrar tanto los buques de transporte combinado de pasajeros y vehículos (Ferries), como los buques de transporte exclusivo de pasajeros (cruceros).

Por un lado, los ferries navegan generalmente entre dos puertos con un horario preestablecido. Los pasajeros conducen sus propios coches a bordo a través de una rampa, la cual puede o no ser parte del buque. Las cargas más características de este tipo de buques son camiones, coches y/o trenes con sus pasajeros.



Figura 13 Ejemplo de ferry

Fuente. <http://shipmanagementinternational.com>

Por otro lado, los cruceros se emplean para hacer viajes de vacaciones de lujo a países y puertos lejanos. A bordo existe una amplia gama de instalaciones para la relación y el entretenimiento, y el pasaje se aloja en camarotes durante su estancia.



Figura 14 Ejemplo de buque de pasaje

Fuente. <http://www.cadnav.com>

4. Fundamentos del programa

4.1. Inicialización del programa

Cómo ya se mencionó en el apartado 1 de objetivos, este programa está compuesto por una serie de módulos, en cada uno de los cuales se lleva a cabo una serie de cálculos relacionados con el proyecto del buque.

La carpeta “*Trabajo fin de master*” tiene que establecerse como directorio una vez abierto el programa *MATLAB® R2012a* y el usuario puede iniciar el programa introduciendo en la ventana de comandos la palabra “*TrabajoFindeMaster*”. Una vez realizado esto se iniciará la ventana correspondiente al menú principal, también denominado “*Módulo 0*”:

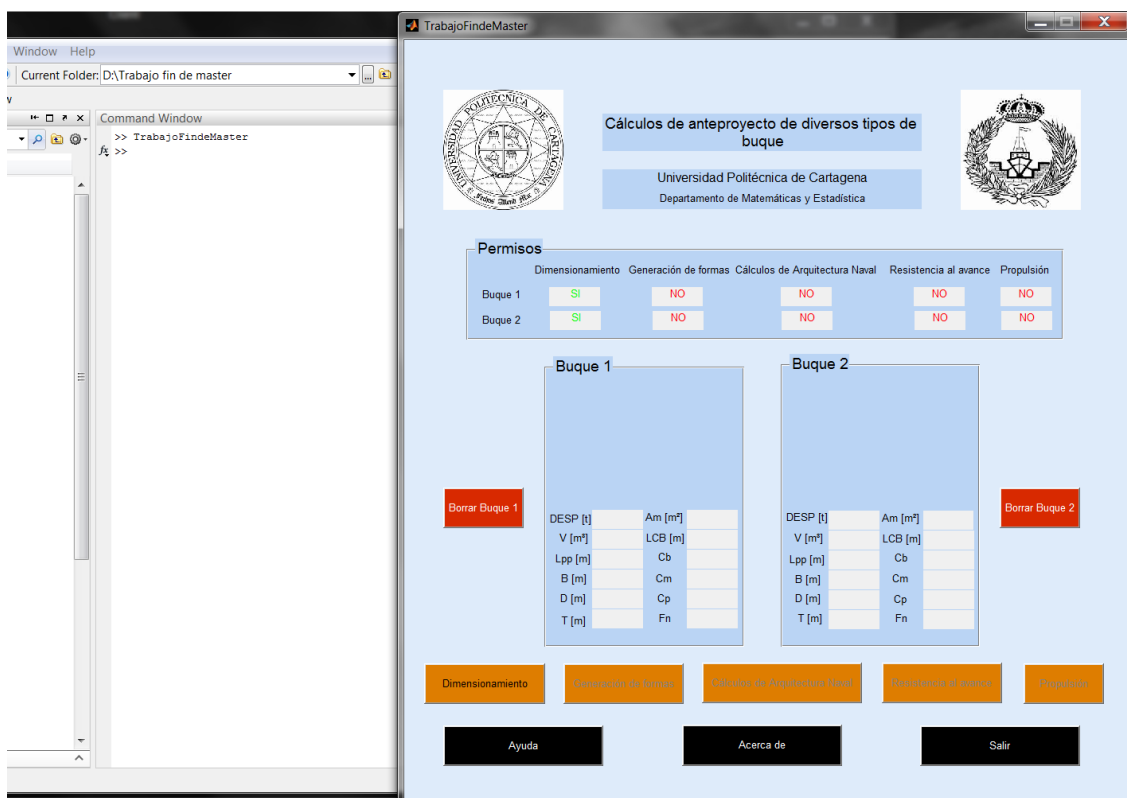


Figura 15 Inicialización del programa

Como se puede observar en la figura anterior, el programa da la posibilidad al usuario de manipular de forma simultánea dos buques, con lo que éste puede observar cómo cambian las características de los buques con la manipulación de los parámetros críticos y comparar la evolución de dichas características, lo que sirve al usuario como referencia para facilitar la definición del buque.

4.2. Estructura del programa

La estructura del programa parte de un menú principal, desde el cual el usuario puede observar el avance en los cálculos efectuados para cada uno de sus buques, así como los accesos que han sido desbloqueados y los que aún permanecen inaccesibles debido a que el usuario no ha avanzado lo suficiente.

Los módulos prácticos que componen el programa son: Dimensionamiento, Generación de Formas, Cálculos de Arquitectura Naval, Resistencia al avance y Propulsión. Adicionalmente se considera el Menú Principal como un módulo de gestión, a través del cual se accede al resto de módulos.

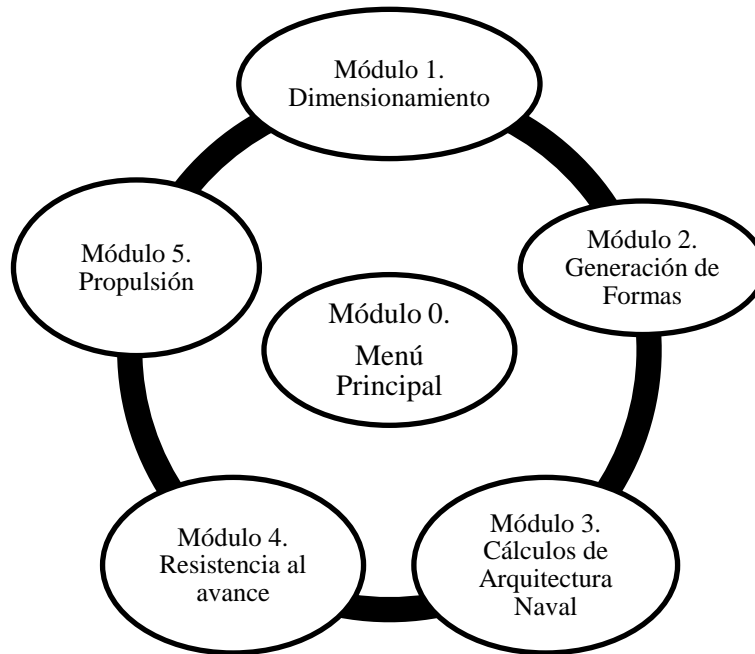


Figura 16 Estructura del programa

4.3. Filosofía del programa y adquisición de permisos

El programa consta de 5 módulos prácticos y el Menú Principal, de los cuales a excepción del primer módulo, el resto de ellos están inicialmente bloqueados. Éstos se van activando de forma concatenada conforme se completa de forma sucesiva cada uno de los módulos, partiendo del primer módulo.

La activación de un módulo se obtiene con la obtención del permiso de éste, lo cual se consigue cuando el módulo en ejecución ha sido completado hasta alcanzar la operación de guardado. Cabe mencionar que la obtención de permisos es de carácter individual para cada uno de los buques, con lo que cabe la posibilidad de acceder a uno de los módulos en el que únicamente se puede cargar uno de los buques.

El avance en el programa es siempre lineal, con lo que si se modifica un módulo anterior el acceso pasa a limitarse hasta el módulo siguiente al que previamente se ha completado. Por ejemplo, si para uno de los buques se dispone de acceso hasta el módulo 4 y se modifica el módulo 1 completándolo (es decir, llevando a cabo el guardado en este módulo), a continuación solo se dispondrá de acceso hasta el módulo 2, de forma que la información de los módulos posteriores aunque permanece guardada no es posible modificarla al no tener acceso a dichos módulos. Esto es consecuencia de que tras haber modificado un módulo previo los resultados que fueron obtenidos en los módulos siguientes no se corresponderían con los nuevos cambios realizados.



4.4. Ficheros Excel de generación de datos

Todos los datos generados en los distintos módulos del programa son guardados posteriormente en dos ficheros Excel denominados “*Buque1.xls*” y “*Buque2.xls*”. Una vez realizados los cálculos pertinentes y guardados en dichos ficheros, el usuario puede copiar estos archivos en cualquier otra carpeta o directorio personal, pero en ningún caso deberá de eliminar, manipular o mover dichos ficheros a otra carpeta, ya que esto podría alterar el normal funcionamiento del programa, así como la gestión de los permisos, propiciando a que el programa actúe de forma aleatoria.

	A	B	C	D
1	Buque tanque	2		
2	TPM	22434		
3	Velocidad de proyecto [kn]	19		
4	Desplazamiento	20097,6202		
5	Volumen de carena [V]	19607,4343		
6	Eslora entre perpendiculares [Lpp]	153,887		
7	Manga [B]	24,0535		
8	Puntal [D]	12		
9	Calado [T]	8		
10	Área de la Maestra	191,051513		
11	Posición centro carena [LCB]	-1,92283457		
12	Coefficiente de Bloque [Cb]	0,65116894		
13	Coefficiente de la Maestra [Cm]	0,99284674		
14	Coefficiente Prismático [Cp]	0,65586048		
15	Número de Froude [Fn]	0,25157142		
16	Coefficiente de flotación [Cf]	0,73943612		
17	CStern	0		
18				

Figura 17 Apariencia ficheros Excel de generación de datos

4.5. Fichero Excel de permisos

Como su nombre indica, el fichero Excel de permisos denominado “*Permisos.xlsx*” tiene la función de guardar el nivel de acceso que tiene el usuario dentro del programa en función del avance que se haya hecho en los módulos para cada uno de los dos buques.

En el momento en el que se completa un módulo, de forma automática el programa guarda en este fichero un valor identificativo que sirve posteriormente para que el usuario tenga acceso al siguiente módulo.

Por otro lado, este fichero también sirve para guardar ciertas especificaciones relacionadas con el tipo de buque y el tipo de formas que lo definen, de lo que se hablará más adelante.

Al igual que ocurre con los ficheros de generación de datos, eliminar, mover o manipular el contenido de este fichero puede suponer una alteración en el normal funcionamiento del programa, propiciando que el programa actúe de forma aleatoria.

	A	B	C	D	E	F
1	ACCESOS	Dimensionamiento	Formas	Hidrostaticas	Resistencia	Propulsion
2	Buque 1	100	0	0	0	0
3	Buque 2	100	0	0	0	0
4	ESPECIFICACIONES	Dimensionamiento	Formas	Hidrostaticas	Resistencia	Propulsion
5	Buque 1	0	0	0	0	0
6	Buque 2	0	0	0	0	0
7						

Figura 18 Apariencia fichero Excel de permisos

4.6. Tipos de botones del programa

Como se puede observar el programa está compuesto por agrupaciones de botones de distinto color, que sirven para que el usuario asocie su color a la funcionalidad de los mismos en cada módulo del programa.

A continuación se recogen todos los tipos de botones que dispone el programa y la funcionalidad de ellos en los distintos módulos:

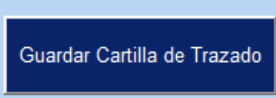
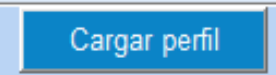
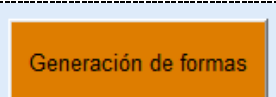
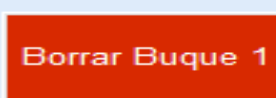
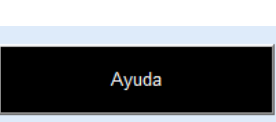
Ejemplo	Tipo de botón	Función
	Botones primarios	Se utilizan para llevar a cabo aquellas operaciones esenciales para completar el módulo.
	Botones secundarios	Se utilizan para la asignación de condicionantes u operaciones intermedias en el módulo.
	Botones de tránsito	Se utilizan para desplazarse entre módulos y para acceder a determinados manuales de ayuda.
	Botones de borrado	Se utilizan para el borrado de las bases de datos y los permisos. Son propios del menú principal.
	Botones auxiliares	Se utilizan para distintos propósitos y son propios del menú principal. Proporcionan acceso a manuales, información básica y salir del programa.

Tabla 1 Tipos de botones del programa

4.7. Módulos y subrutinas

Como ya que ha comentado previamente el programa está compuesto de una serie de módulos que enlazan entre sí gracias a unas variables que actúan como permisos de acceso entre los mismos.

Cada módulo constituye lo que se conoce en la programación como una interfaz gráfica de usuario GUIDE y a través de esa interfaz el usuario puede ordenar lo que quiere que el programa haga a partir de una serie de botones, barras deslizadoras, cuadros de texto, cuadros editables, etc.



Sin embargo, para llevar a cabo los cálculos el programa emplea lo que se conoce como subrutinas o scripts, en las cuales se desarrolla el grueso del cálculo que el programa desarrolla y que posteriormente es mostrado en la interfaz gráfica mediante valores y/o gráficas.

En los siguientes apartados se entra de lleno en la explicación del funcionamiento de los módulos y las subrutinas que contiene cada uno de ellos.

5. Módulo 0. Menú Principal

5.1. Fundamentos para la utilización del módulo

Este menú es el punto de partida del programa, desde el cual el usuario tiene acceso a todos los módulos de cálculo, siempre y cuando hayan sido desbloqueados previamente con al menos uno de los dos buques.

Su apariencia es similar a la de cualquier otro menú principal y está compuesto por: un cuadro superior donde se muestran los permisos que tiene cada uno de los buques proyectados, dos cuadros intermedios (conocidos como perfiles) que dan información básica de dichos buques y una serie de botones inferiores para acceder a los módulos que componen el programa.

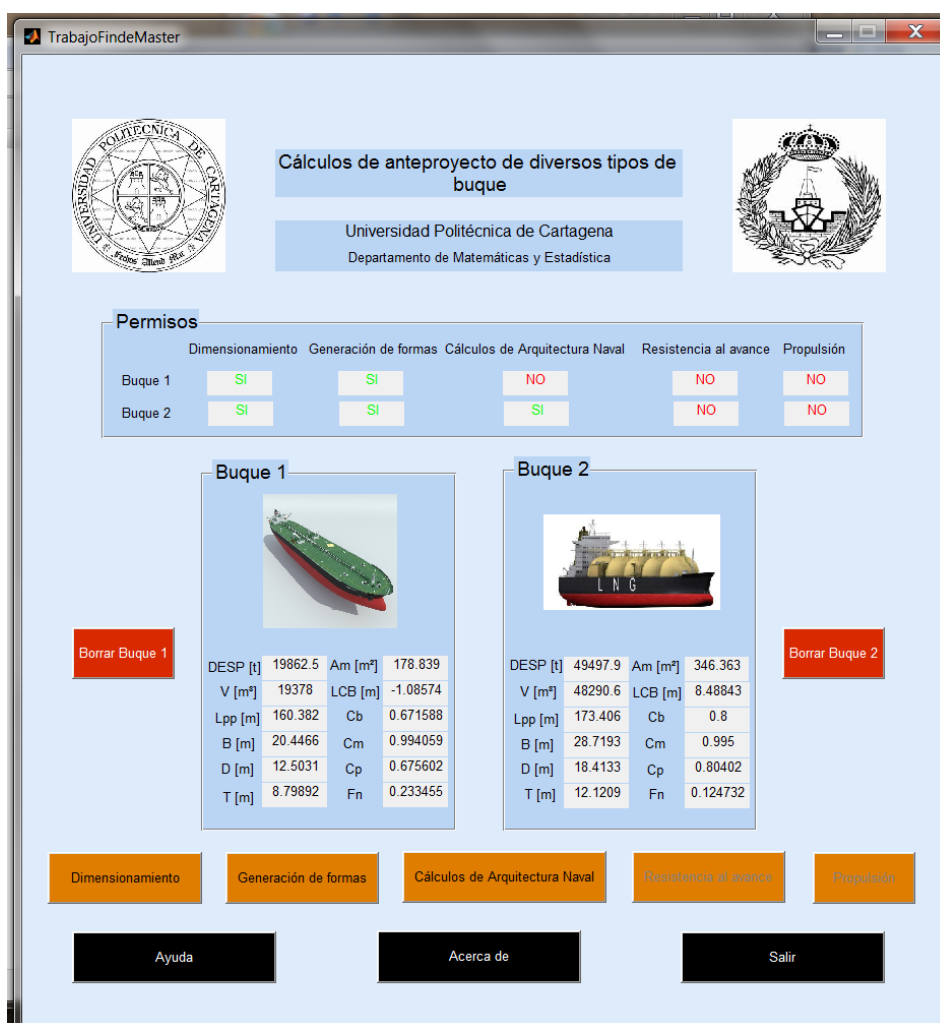


Figura 19 Apariencia del Menú Principal

Por otro lado, además de servir de punto de acceso para el resto de módulos, el Menú Principal también permite realizar el borrado completo de cualquiera de los perfiles guardados.

En el caso de tener alguna duda adicional sobre el funcionamiento de este módulo, el programa dispone de un tutorial de ayuda disponible pulsando el botón inferior izquierdo del programa, que también se encuentra en el apartado “Anexo I. Ayuda del módulo de menú principal” del presente trabajo.

6. Módulo 1. Dimensionamiento

6.1. Fundamentos para la utilización del módulo

En este módulo se lleva a cabo el dimensionamiento de cada uno de los buques tipo propuestos en el apartado 3 del presente trabajo. Para ello se ha utilizado la obra “*El proyecto básico del buque mercante*”, así otras fórmulas de diversos autores y bases de datos, con lo que se ha estimado las dimensiones y coeficientes principales de los buques proyecto.

La interfaz gráfica de este módulo está compuesta por una serie de cuadros en el lateral izquierdo en los que se recogen los tipos de buques disponibles para dimensionar, un cuadro superior adicional para la selección de la velocidad de proyecto y dos cuadros de mayor tamaño en el lateral derecho para mostrar los resultados obtenidos del dimensionamiento en cada uno de los buques proyecto.

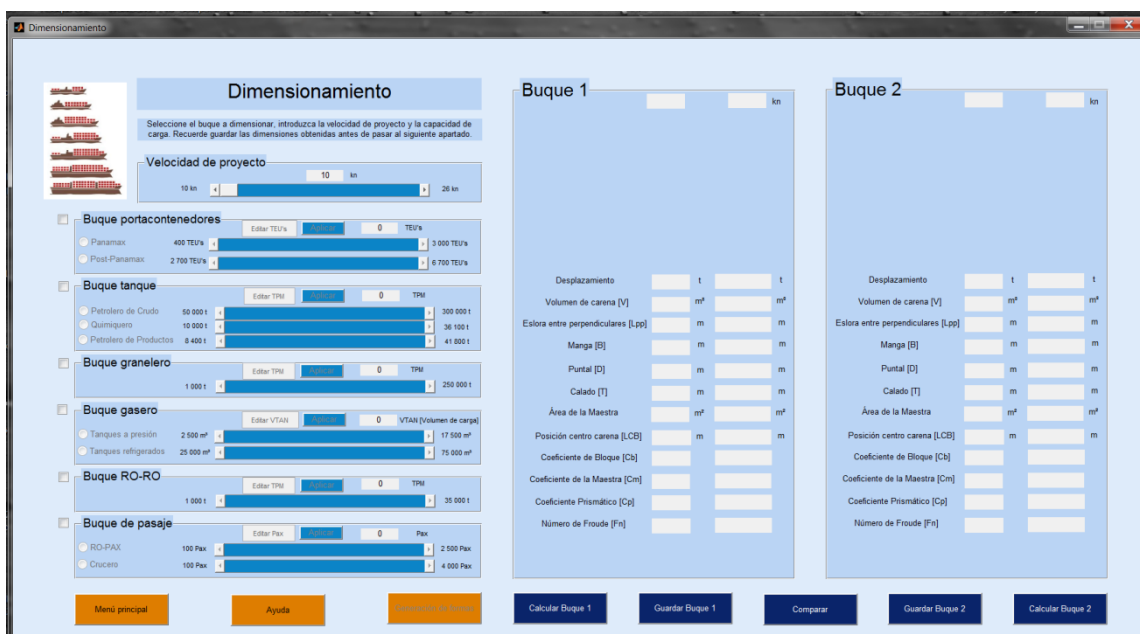


Figura 20 Apariencia del módulo de dimensionamiento

Para llevar a cabo un cálculo del dimensionamiento se debe de ajustar la velocidad de proyecto, seleccionar el tipo de buque a dimensionar y añadir un valor a su dimensión crítica. El usuario puede observar cómo cambian las dimensiones y coeficientes conforme se modifica la dimensión crítica y la velocidad de proyecto. Una vez obtenidas las dimensiones objeto pueden guardarse los resultados o compararlos con los del otro buque dimensionado.

6.2. Selección de velocidad de proyecto, tipo de buque y dimensión crítica

Por un lado para la selección de la velocidad de proyecto el programa dispone de una barra deslizadora que va desde 10 nudos hasta 26 nudos (rango de velocidades típicas de los buques de estudio).

Esta velocidad puede ser posteriormente modificada en el módulo de Resistencia al avance, por lo que no será un valor definitivo.

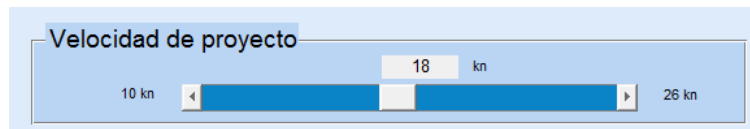


Figura 21 Selección de velocidad de proyecto

A diferencia de la velocidad de proyecto, la selección del tipo de buque y la dimensión crítica sí que serán definitivos en el proyecto del buque y no podrán ser modificables posteriormente en ningún otro módulo. Por ello, se deberá de seleccionar aquel tipo de buque que se desee estudiar y su dimensión crítica que puede introducirse mediante los cuadros editables o mediante las barras deslizadoras correspondientes a cada tipo de buque.

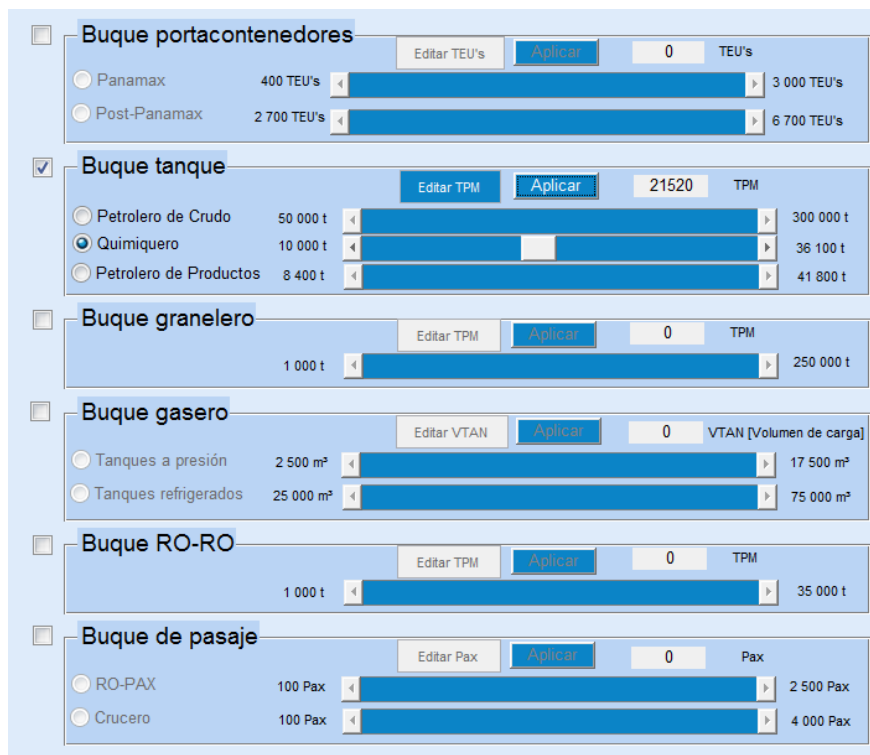


Figura 22 Ejemplo de selección de un buque quimiquero de 21 520 t de peso muerto

6.3. Cálculo, comparación y guardado de dimensiones de buques

En la parte inferior derecha del programa se encuentran los botones primarios del programa, que permiten al usuario calcular las dimensiones del buque, comparar ambos perfiles y guardar uno o los dos si se desea.

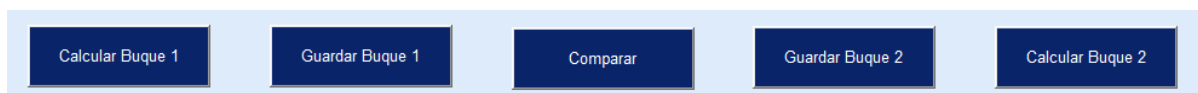


Figura 23 Batería de botones primarios del módulo de dimensionamiento

El procedimiento natural de empleo de estos botones es el siguiente: tras seleccionar la velocidad de proyecto, el tipo de buque y el valor de su dimensión crítica se pulsa el botón de "Calcular Buque 1" o "Calcular Buque 2". A continuación si se han calculado dos buques distintos y se desea comprobar cómo han variado sus dimensiones y coeficientes existe el botón "Comparar", el cual mostrará las diferencias que existen entre ellas.

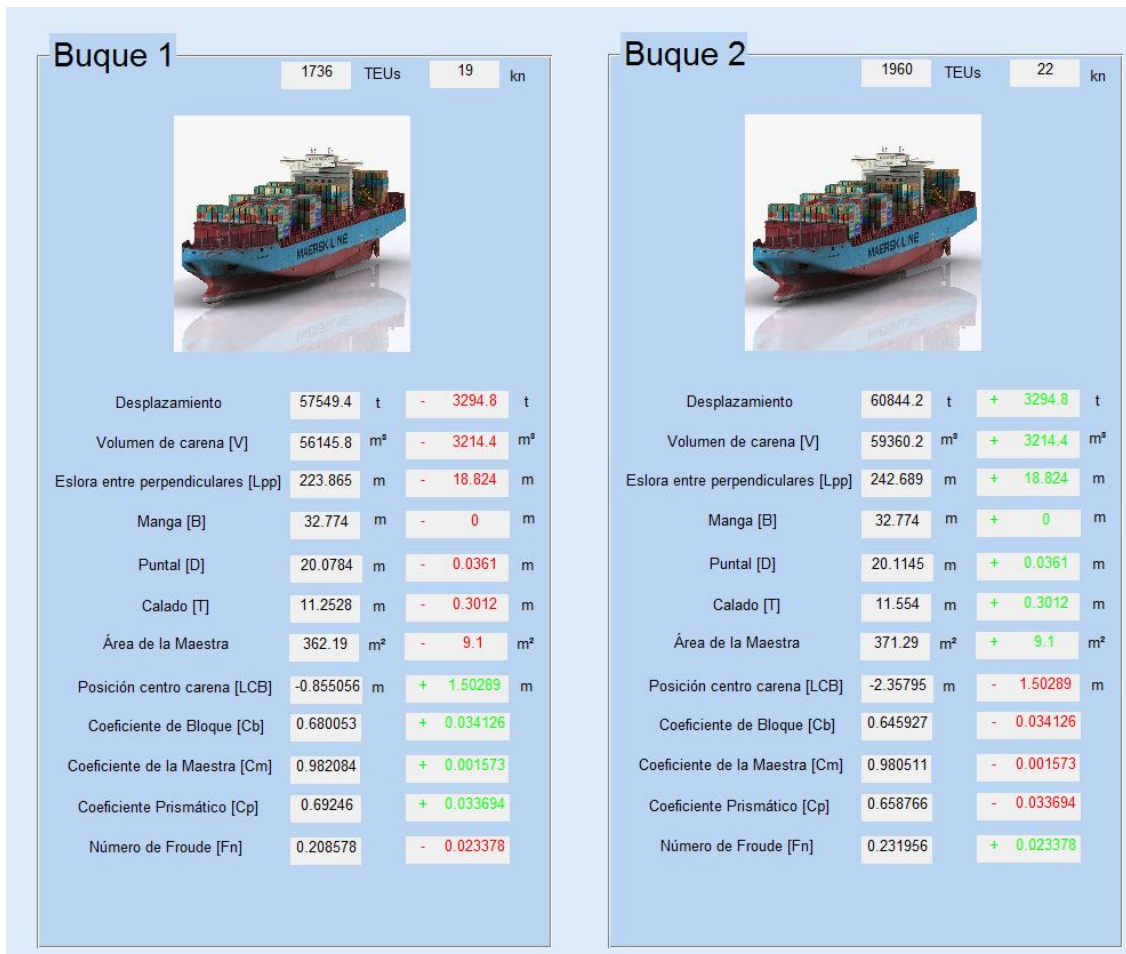


Figura 24 Ejemplo de comparación de dos buques portacontenedores

Por último, si las dimensiones obtenidas son las esperadas por el usuario puede guardarse estos datos con los botones “Guardar Buque 1” y/o “Guardar Buque 2” en los ficheros Excel de generación de datos. Con esta acción se desbloquea el acceso al módulo siguiente de Generación de Formas.

	A	B	C	D
1	Buque tanque	2		
2	TPM	23258		
3	Velocidad de proyecto [kn]	19		
4	Desplazamiento	29715		
5	Volumen de carena [V]	28990,2		
6	Eslora entre perpendiculares [Lpp]	165,472		
7	Manga [B]	23,4217		
8	Puntal [D]	14,5431		
9	Calado [T]	10,0307		
10	Área de la Maestra	233,308		
11	Posición centro carena [LCB]	1,06095		
12	Coefficiente de Bloque [Cb]	0,745721		
13	Coefficiente de la Maestra [Cm]	0,993072		
14	Coefficiente Prismático [Cp]	0,750924		
15	Número de Froude [Fn]	0,242605		
16	Coefficiente de flotación [Cf]	0		
17	CStern	0		
18				

Figura 25 Generación de datos tras guardar el buque

Nota. El coeficiente de flotación y CStern se estiman con posterioridad

6.4.Subrutina: Dimensionamiento de buque portacontenedores

El cálculo del dimensionamiento de un buque portacontenedores se lleva a cabo a través de la siguiente subrutina que se adjunta al final de este apartado. Por un lado, para el buque de tipo Panamax se calculan las dimensiones principales a partir de las siguientes fórmulas aproximativas que facilita la obra “*El proyecto básico del buque mercante*”.

Eslora entre perpendiculares

$$LPP = 113,5 + 0,082 \text{ NCHO} - 3607,5 / \text{NCHO}$$

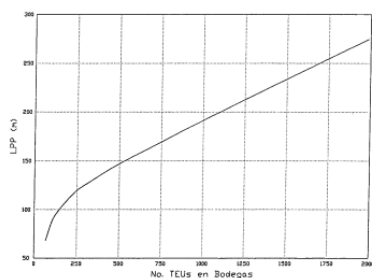


Figura 2.9.19.- Portacontenedores. (Panamá): Eslora en función del número de TEUs en bodegas.

Manga

$$B = \exp [0,674 - 2,7 \times 10^{-4} \text{ NCHO} + 0,44 \times \ln(\text{NCHO})]$$

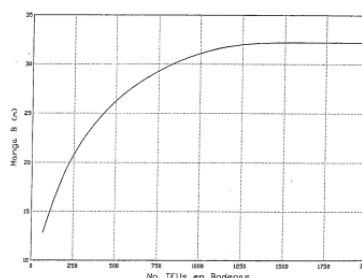


Figura 2.9.20.- Portacontenedores. (Panamá): Manga en función del número de TEUs en bodegas.

Puntal

$$D = \exp[0,249 - 5,36 \times 10^{-6} \text{ NCHO} + 0,375 \times \ln(\text{NCHO})]$$

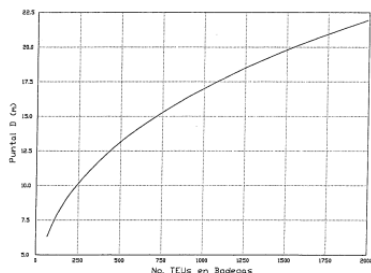


Figura 2.9.21.- Portacontenedores. (Panamá): Puntal en función del número de TEUs en bodegas.

Calado de francobordo

$$T = - 6,05 + 2,49 \ln(\text{NCHO})$$

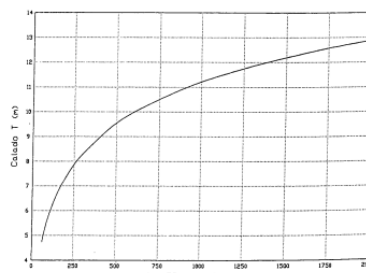


Figura 2.9.22.- Portacontenedores. (Panamá): Calado en función del número de TEUs en bodegas.

Figura 26 Gráficas para el cálculo de las dimensiones principales de un buque portacontenedores Panamax

Fuente. El proyecto básico del buque mercante

Por otro lado, para los buques de tipo Post-Panamax el cálculo de las dimensiones principales se lleva a cabo por fórmulas aproximativas que facilita la obra anteriormente citada.

Eslora entre perpendiculares

$$LPP = 279 + 0,0183 \text{ NCHÓ} - 1,19 \times 10^5 / \text{NCHO}$$

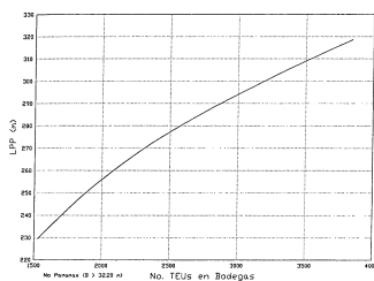


Figura 2.9.23.- Portacontenedores Post-Panamax: Eslora en función del número de TEUs en bodegas.

Manga

$$B = 42,8 - 5,72 \times 10^{-3} \text{ NCHO} + 1,69 \times 10^{-6} \text{ NCHO}^2$$

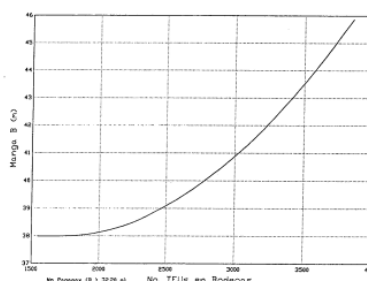


Figura 2.9.24.- Portacontenedores Post-Panamax: Manga en función del número de TEUs en bodegas.

Figura 27 Gráfica para el cálculo de las dimensiones principales de un buque portacontenedores Post-Panamax (I)

Fuente. El proyecto básico del buque mercante

Puntal

$$D = 18,8 + 2,11 \times 10^{-3} \text{ NCHO}$$

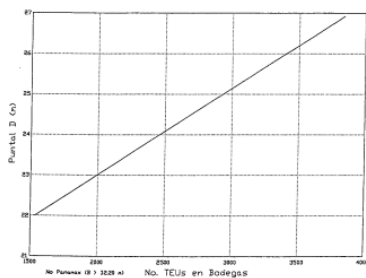


Figura 2.9.25.- Portacontenedores Post-Panamax: Puntal en función del número de TEUs en bodegas.

Calado de francobordo

$$T = 11,6 + 1,73 \times 10^{-4} / \text{NCHO} - 3,03 \times 10^{-7} / \text{NCHO}^2$$

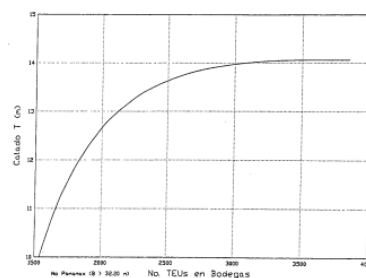


Figura 2.9.26.- Portacontenedores Post-Panamax: Calado en función del número de TEUs en bodegas.

Figura 28 Gráfica para el cálculo de las dimensiones principales de un buque portacontenedores Post-Panamax (II)

Fuente. El proyecto básico del buque mercante

A continuación se lleva a cabo una rectificación de estas dimensiones en función del número de bodegas, capas y filas de contenedores. Para tener una mayor información sobre este procedimiento se puede consultar la subrutina que se encuentra al final de este apartado.

El coeficiente de bloque se obtiene a partir de la fórmula de Katsoulis:

$$C_B = 0.8217fL_{pp}^{0.42}B^{-0.3072}T^{0.1721}V^{-0.6135}$$

Donde:

f : depende del tipo de buque. Buques Portacontenedores: 1.00.

El número de Froude se obtiene de su fórmula natural:

$$F_N = \frac{V}{\sqrt{gL_{pp}}}$$

El coeficiente de la maestra viene dado por la fórmula de M. Meizoso, válida para buques portacontenedores:

$$C_M = 1 - 0.062F_N^{0.792}$$

Conocido el coeficiente de bloque y el coeficiente de la maestra, el coeficiente prismático se obtiene directamente mediante:

$$C_P = \frac{C_B}{C_M}$$

La posición longitudinal del centro de carena se estima mediante la fórmula de L.Troost:

$$LCB = (17.5C_P - 12.5) \frac{L_{pp}}{100}$$



El desplazamiento puede ser calculado por su fórmula natural, como viene a continuación:

$$\Delta = \rho C_B L_{pp} B T$$

Por último se obtiene el área de la maestra mediante su fórmula natural:

$$A_M = C_M B T$$

Como se puede observar se ha reducido el número de estimaciones en la medida de lo posible. A continuación se adjunta la subrutina de este cálculo.

```
function [Lpp, B, D, T, Cb, Cm, Cp, Fn, Xb, Am, DESP]=Dimensionamiento1 (TEU, V, tip
o1)
%
%TRABAJO FIN DE MÁSTER
%Programa en MATLAB para la realización de cálculos de anteproyecto de
%diversos tipos de buque
%
%Máster Universitario en Ingeniería Naval y Oceánica
%Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica, UPCT
%Departamento de Matemática aplicada y estadística
%
%Alumno: Ramón Bernal, Vicente
%Tutor: Amat Plata, Sergio
%
%Subrutina: Dimensionamiento de buque portacontenedores.
%Resumen: En esta subrutina se lleva a cabo el cálculo del
dimensionamiento
%de un buque portacontenedores. Se calculan sus dimensiones y
coeficientes
%principales a partir de su velocidad de proyecto y dimensión crítica
%(N° de TEU's).
%
%
%Si el portacontenedores es panamax tipol=1
%Si el portacontenedores es postpanamax tipol=2
if tipol ~= 1 && tipol ~= 2
    return
else
    NCHO=ceil(0.6*TEU);
if tipol == 1
    %Calculamos las dimensiones principales para el portacontenedores
    %panamax
    Lpp=113.5+0.082*NCHO-3607.5/NCHO;
    B=exp(0.674-2.7*10^(-4)*NCHO+0.44*log(NCHO));
    D=exp(0.249-5.36*10^(-6)*NCHO+0.375*log(NCHO));
    T=-6.05+2.49*log(NCHO);
end
if tipol == 2
    %Calculamos las dimensiones principales para el portacontenedores
    %postpanamax
    Lpp=279+0.0183*NCHO-1.19*10^5/NCHO;
    B=42.8-5.72*10^(-3)*NCHO+1.69*10^(-6)*NCHO^2;
    D=18.8+2.11*10^(-3)*NCHO;
    T=11.6+1.73*10^(4)/NCHO-3.03*10^7/NCHO^2;
end
end
```

Figura 29 Subrutina. Dimensionamiento de buque portacontenedores (I)



```

%Cálculo de las distintas esloras del buque portacontenedores
Lap=0.06*Lpp;
Lcm=0.14*Lpp;
Lfp=0.06*Lpp;
Lc=0.74*Lpp;
%Cálculo aproximativo de la disposición de los contenedores
NHOL=(Lc+1.5)/(0.12+12.19+0.12+1.5);
NHOL=ceil(NHOL);
NCC=(B+0.09)/(2.438+0.04);
NCC=floor(NCC);
Ddf=B/15;
NCD=(D-Ddf-0.08-0.768+1)/2.59;
NCD=ceil(NCD);
%Vectores de numero de bodegas, filas y capas de contenedores
NHOL=[NHOL-1 NHOL NHOL+1];
NCC=[NCC-1 NCC NCC+1];
NCD=[NCD-1 NCD NCD+1];
%Optimización de las dimensiones del buque
for i=1:3
    for j=1:3
        for k=1:3
            Lc=(0.12+12.19+0.12)*NHOL(i)+1.5*NHOL(i)-1.5;
            B=2.438*NCC(j)+0.09*NCC(j)-0.09;
            D=Ddf+0.08+2.59*NCD(k)+0.768-1;
            Lpp=Lc/0.74;
            if tipo1 == 1
                if NCHO/1000 < 1
                    if
                        5.2<Lpp/B&&Lpp/B<6.5&&1.7<B/D&&B/D<2.2&&2.4<B/T&&B/T<3.2&&10.5<Lpp/D&&
                        Lpp/D<13&&0.63<T/D&&T/D<0.79
                            NHOLdef=NHOL(i);
                            NCCdef=NCC(j);
                            NCDdef=NCD(k);
                            break;
                        end
                    end
                    if 1<NCHO/1000&&NCHO/1000<1.5
                        if
                            5.7<Lpp/B&&Lpp/B<7.5&&1.6<B/D&&B/D<1.9&&2.4<B/T&&B/T<3.1&&10.5<Lpp/D&&
                            Lpp/D<12.7&&0.57<T/D&&T/D<0.7
                                NHOLdef=NHOL(i);
                                NCCdef=NCC(j);
                                NCDdef=NCD(k);
                                break;
                            end
                        end
                    end
                    if 1.5<NCHO/1000&&NCHO/1000<2
                        if
                            6.5<Lpp/B&&Lpp/B<8.5&&1.5<B/D&&B/D<1.7&&2.4<B/T&&B/T<2.9&&11<Lpp/D&&Lp
                            p/D<13.5&&0.55<T/D&&T/D<0.65
                                NHOLdef=NHOL(i);
                                NCCdef=NCC(j);
                                NCDdef=NCD(k);
                                break;
                            end
                        end
                    end
                end
            end
        end
    end
end

```

Figura 30 Subrutina. Dimensionamiento de buque portacontenedores (II)

Eslora entre perpendiculares

$$LPP = \exp [3,92 - 9,36 \cdot 10^{-5} WPM' + 0,33 \ln(WPM')]$$

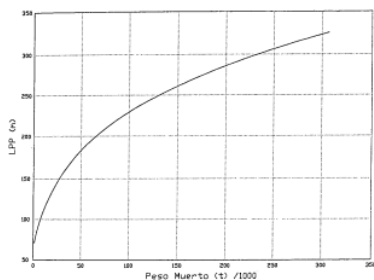


Figura 2.1.36.- Eslora en función del peso muerto.

Manga

$$B = 38,8 + 0,068 WPM' - 430,8 / WPM'$$

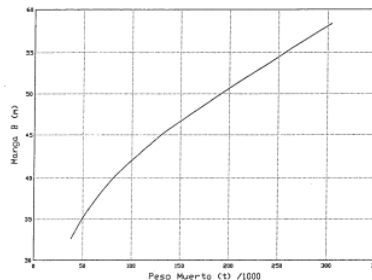


Figura 2.2.37.- Manga en función del peso muerto.

Puntal

$$D = 14,77 + 0,055 WPM'$$

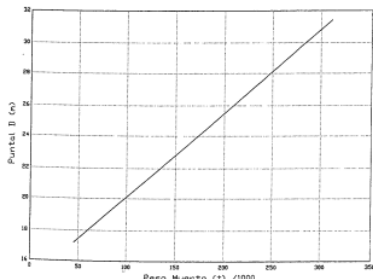


Figura 2.2.38.- Puntal en función del peso muerto.

Calado de francobordo

$$T = \exp [1,39 + 3,81 \times 10^{-4} WPM' + 0,276 \ln(WPM')]$$

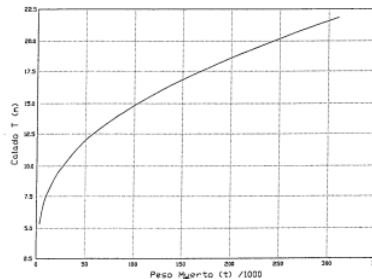


Figura 2.2.39.- Calado en función del peso muerto.

Figura 32 Gráficas para el cálculo de las dimensiones principales de un buque petrolero de crudo

Fuente. El proyecto básico del buque mercante

En este caso el desplazamiento se ha obtenido a partir de una serie de regresiones lineales obtenidas de una serie de base de datos de buques petroleros de crudo:

$$\Delta = 1.1946 PM + 2494.5 \quad 45\,000\,t < PM \leq 100\,000\,t$$

$$\Delta = 1.1614 PM + 5807.2 \quad 100\,000\,t < PM \leq 200\,000\,t$$

$$\Delta = 1.1074 PM + 16611 \quad 200\,000\,t < PM \leq 300\,000\,t$$

El coeficiente de bloque se obtiene de su fórmula natural:

$$C_B = \frac{\Delta}{\rho L_{pp} B T}$$

Por otro lado, para los buques quimiqueros el cálculo de las dimensiones principales se lleva a cabo por fórmulas aproximativas que facilita la obra anteriormente citada.

Eslora entre perpendiculares

$$LPP = 206,5 - 1,438 \times 10^6 / VTAN + 4,62 \times 10^9 / VTAN^2$$

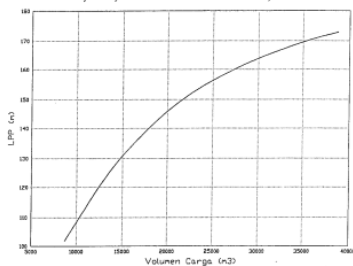


Figura 2.3.10.- Eslora en función del volumen de carga.

Manga

$$B = 13,9 + 4,3 \times 10^{-4} VTAN$$

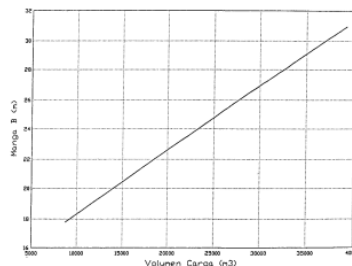


Figura 2.3.11.- Manga en función del volumen de carga.

Puntal

$$D = 8,1 + 2,6 \times 10^{-4} VTAN - 2,92 \times 10^{-9} VTAN^2$$

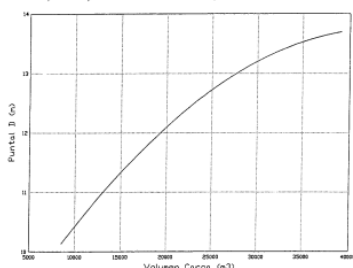


Figura 2.3.12.- Puntal en función del volumen de carga.

Calado de francobordo

$$T = 12,1 - 7,62 \times 10^{-4} / VTAN + 3,51 \times 10^{-8} / VTAN^2$$

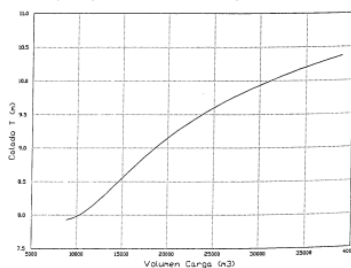


Figura 2.3.13.- Calado en función del volumen de carga.

Figura 33 Gráfica para el cálculo de las dimensiones principales de un buque quimiquero

Fuente. El proyecto básico del buque mercante

El coeficiente de bloque se obtiene a partir de la fórmula de Katsoulis:

$$C_B = 0.8217fL_{pp}^{0.42}B^{-0.3072}T^{0.1721}V^{-0.6135}$$

Donde:

f : depende del tipo de buque. Buques quimiqueros: 1.06.

El desplazamiento se obtiene a partir de su fórmula natural:

$$\Delta = \rho C_B L_{pp} B T$$

Para finalizar, en los buques de tipo petrolero de productos se obtienen las dimensiones principales con las siguientes fórmulas de estimación:

Eslora entre perpendiculares

$$LPP = 183,4 - 516 \cdot 346,7 / VTAN^2 + 10^9 / VTAN^2$$

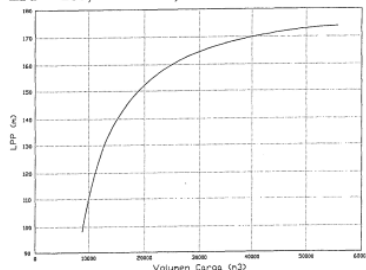


Figura 2.4.8.- Eslora en función del volumen de tanques.

Manga

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

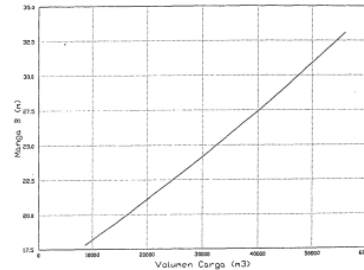


Figura 2.4.9.- Manga en función del volumen de tanques.

Puntal

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

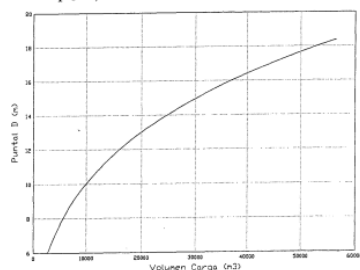


Figura 2.4.10.- Puntal en función del volumen de tanques.

Calado de francobordo

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

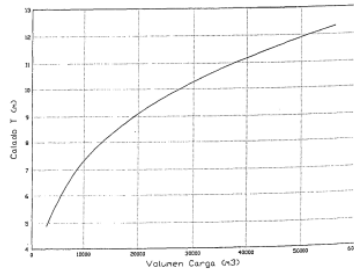


Figura 2.4.11.- Calado en función del volumen de tanques.

Figura 34 Gráfica para el cálculo de las dimensiones principales de un buque petrolero de productos

Fuente. El proyecto básico del buque mercante

Al igual que en los buques petroleros de crudo, en los petroleros de productos el desplazamiento es estimado a partir de una serie de regresiones lineales:

$$\Delta = 1.2418 PM + 1235.5$$

$$VTAN < 20\,000\,m^3$$

$$\Delta = 1.1805 PM + 2258.9$$

$$20\,000\,m^3 < VTAN$$

El coeficiente de bloque se obtiene en este caso a partir de su fórmula natural:

$$C_B = \frac{\Delta}{\rho L_{pp} B T}$$

El resto de cálculos de esta subrutina son comunes a los tres tipos de buques que la componen. El primero en realizarse es el número de Froude, obtenido de su fórmula:

$$F_N = \frac{V}{\sqrt{gL_{pp}}}$$

El coeficiente de la maestra viene dado por la fórmula de J. Torroja:

$$C_M = 1 - 2 F_N^4$$

$$F_N < 0.5$$

$$C_M = 0.75 + (1 - F_N)^4$$

$$0.5 < F_N < 1$$

El coeficiente prismático se obtiene a partir del coeficiente de bloque y del coeficiente de la maestra:

$$C_P = \frac{C_B}{C_M}$$

La posición longitudinal del centro de carena se estima mediante la fórmula de L.Troost:



$$LCB = (17.5C_p - 12.5) \frac{L_{pp}}{100}$$

Por último se obtiene el área de la maestra mediante su fórmula natural:

$$A_M = C_M BT$$

A continuación se adjunta la subrutina de todo el cálculo que se ha explicado previamente:

```
function
[Lpp,B,D,T,Cb,Cm,Cp,Fn,Xb,Am,DESP]=Dimensionamiento2(V,PM,tipos)
%
%TRABAJO FIN DE MÁSTER
%Programa en MATLAB para la realización de cálculos de anteproyecto de
%diversos tipos de buque
%
%Máster Universitario en Ingeniería Naval y Oceánica
%Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica, UPCT
%Departamento de Matemática aplicada y estadística
%
%Alumno: Ramón Bernal, Vicente
%Tutor: Amat Plata, Sergio
%
%Subrutina: Dimensionamiento de buque tanque.
%Resumen: En esta subrutina se lleva a cabo el cálculo del
dimensionamiento
%de un buque tanque. Se calculan sus dimensiones y coeficientes
%principales a partir de su velocidad de proyecto y dimensión
crítica (TPM) .
%
%
%Si tipos=1 es un buque petrolero de crudo, si tipos=2 es un buque
%quimiquero, y si tipos=3 es un buque petrolero de productos.
if tipos ~= 1 && tipos ~= 2 && tipos ~= 3
    return
else
    if tipos == 1
        %BUQUE PETROLERO DE CRUDO
        %Cálculo de dimensiones principales
        WPM=PM/1000;
        Lpp=exp(3.92-9.36*10^(-5)+0.33*log(WPM));
        B=38.8+0.068*WPM-430.8/WPM;
        D=14.77+0.055*WPM;
        T=exp(1.39+3.81*10^(-4)*WPM+0.276*log(WPM));
        %Estimación de desplazamiento
        if 45000<PM && PM<=100000
            DESP=1.1946*PM+2494.5;
        elseif 100000<PM && PM<=200000
            DESP=1.1614*PM+5807.2;
        elseif 200000<PM
            DESP=1.1074*PM+16611;
        end
        %Cálculo del coeficiente de bloque
        Cb=DESP/1.025/Lpp/B/T;
    end
end
```

Figura 35 Subrutina. Dimensionamiento de buque tanque (I)



```

if tipo2 == 2
    %BUQUE QUIMICUERO
    %Cálculo de dimensiones principales
    VTAN=PM/(37300/39260);
    Lpp=206.5-1.438*10^6/VTAN+4.62*10^9/VTAN^2;
    B=13.9+4.3*10^(-4)*VTAN;
    D=8.1+2.6*10^(-4)*VTAN-2.92*10^(-9)*VTAN^2;
    T=12.1-7.2*10^4/VTAN+3.51*10^8/VTAN^2;
    %Estimación del coeficiente de bloque
    Cb=0.8217*1.06*Lpp^0.42*B^(-0.3072)*T^0.1721*V^(-0.6135);
    %Cálculo del desplazamiento
    DESP=1.025*Cb*Lpp*B*T;
end
if tipo2 == 3
    %BUQUE PETROLERO DE PRODUCTOS
    %Cálculo de dimensiones principales
    VTAN=PM/(46801/56000);
    if VTAN < 25000
        Lpp=-2*10^(-7)*VTAN^2+0.0114*VTAN+20.2;
    else
        Lpp=-10^(-8)*VTAN^2+0.0016*VTAN+128.69;
    end
    B=15.6+0.00025*VTAN+1.116*10^(-9)*VTAN^2;
    D=exp(-0.534-634/VTAN+0.316*log(VTAN));
    T=exp(-0.578-348.7/VTAN+0.283*log(VTAN));
    %Estimación del desplazamiento
    if 20000>=VTAN
        DESP=1.2418*PM+1235.5;
    else
        DESP=1.1805*PM+2258.9;
    end
    Cb=DESP/1.025/Lpp/B/T;
end
%Cálculos comunes a los tres tipos de buques
%Cálculo del n° de froude
Fn=V*0.51445/(9.81*Lpp)^0.5;
%Estimación del coeficiente de la maestra
if 0.5>Fn
    Cm=1-2*Fn^4;
else
    Cm=0.75+(1-Fn)^4;
end
%Cálculo del coeficiente prismático
Cp=Cb/Cm;
%Cálculo del área de la maestra
Am=Cm*B*T;
%Cálculo de la posición longitudinal del centro de carena
Xb=(17.5*Cp-12.5)*Lpp/100;
end

```

Figura 36 Subrutina. Dimensionamiento de buque tanque (II)

6.6. Subrutina: Dimensionamiento de buque granelero

Al igual que en el resto de casos anteriores, la estimación de las dimensiones principales del buque se han obtenido a partir de fórmulas aproximativas, ya que permiten dar valores para un rango superior de tamaños de buques.

Eslora entre perpendiculares

$$LPP = \exp [4,05 - 0,0003 WPM' + 0,31 \ln (WPM')]$$

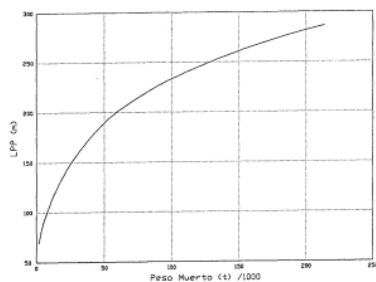


Figura 2.1.36.- Eslora en función del peso muerto.

Manga

$$B = \exp [2,31 + 0,00069 WPM' + 0,27 \ln (WPM')]$$

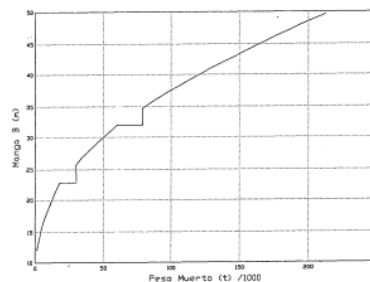


Figura 2.1.37.- Manga en función del peso muerto.

Puntal

$$D = \exp [1,68 - 0,29 / WPM' + 0,3 \ln (WPM')]$$

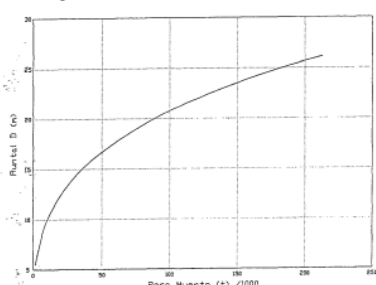


Figura 2.1.38.- Puntal en función del peso muerto.

Calado de francobordo

$$T = \exp [1,30 + 0,00032 WPM' + 0,3 \ln (WPM')]$$

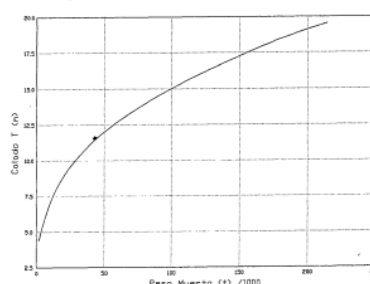


Figura 2.1.39.- Calado en función del peso muerto.

Figura 37 Gráficas para el cálculo de las dimensiones principales de un buque granelero

Fuente. El proyecto básico del buque mercante

El desplazamiento para este tipo de buque se ha obtenido a partir de regresiones lineales, a partir de bases de datos existentes de buques graneleros.

$$\Delta = 1.1876 PM + 145.77$$

$$PM \leq 50\,000\,t$$

$$\Delta = 1.1625 PM + 1400.60$$

$$50\,000\,t < PM \leq 100\,000\,t$$

$$\Delta = PM / 0.86$$

$$100\,000\,t < PM \leq 150\,000\,t$$

$$\Delta = 1.0967 PM + 9910.10$$

$$150\,000\,t < PM$$

El cálculo del coeficiente de bloque se realiza por su propia fórmula:

$$C_B = \frac{\Delta}{\rho L_{pp} B T}$$

Análogamente número de Froude obtenido de su fórmula:

$$F_N = \frac{V}{\sqrt{gL_{pp}}}$$



El coeficiente de la maestra viene dado por la fórmula de J. Torroja:

$$C_M = 1 - 2 F_N^4 \quad F_N < 0.5$$

$$C_M = 0.75 + (1 - F_N)^4 \quad 0.5 < F_N < 1$$

El coeficiente prismático se obtiene a partir del coeficiente de bloque y del coeficiente de la maestra:

$$C_P = \frac{C_B}{C_M}$$

La posición longitudinal del centro de carena se estima mediante la fórmula de L. Troost:

$$LCB = (17.5 C_P - 12.5) \frac{L_{pp}}{100}$$

Por último se obtiene el área de la maestra mediante su fórmula natural:

$$A_M = C_M B T$$

A continuación se adjunta la subrutina de todo el cálculo que se ha explicado previamente:

```
function
[Lpp, B, D, T, Cb, Cm, Cp, Fn, Xb, Am, DESP]=Dimensionamiento3(V, PM, tipo3)
%
%TRABAJO FIN DE MÁSTER
%Programa en MATLAB para la realización de cálculos de anteproyecto de
%diversos tipos de buque
%
%Máster Universitario en Ingeniería Naval y Oceánica
%Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica, UPCT
%Departamento de Matemática aplicada y estadística
%
%Alumno: Ramón Bernal, Vicente
%Tutor: Amat Plata, Sergio
%
%Subrutina: Dimensionamiento de buque granelero.
%Resumen: En esta subrutina se lleva a cabo el cálculo del
dimensionamiento
%de un buque granelero. Se calculan sus dimensiones y coeficientes
principales a partir de su velocidad de proyecto y dimensión
crítica (TPM) .
%
%
%Si tipo3=1 se ha activado correctamente el permiso de cálculo del
%dimensionamiento de un buque granelero
if tipo3 ~= 1
    return
else
```

Figura 38 Subrutina. Dimensionamiento de buque granelero (I)

```

if tipo3 == 1
    %BUQUE GRANELERO
    WPM=PM/1000;
    Lpp=exp(4.05-0.0003*WPM+0.31*log(WPM));
    B=exp(2.31+0.00069*WPM+0.27*log(WPM));
    D=exp(1.68-0.29/WPM+0.3*log(WPM));
    T=exp(1.3+0.00032*WPM+0.3*log(WPM));

end
% Cálculo del número de froude
Fn=V*0.51445/(9.81*Lpp)^0.5;
% Estimación del desplazamiento
if 50000>PM
    DESP=1.1876*PM+145.77;
elseif 50000<=PM && PM<=100000
    DESP=1.1625*PM+1400.6;
elseif 100000<PM && PM<=150000
    DESP=PM/0.86;
else
    DESP=1.0967*PM+9910.1;
end
%Cálculo del coeficiente de bloque
Cb=DESP/1.025/Lpp/B/T;
%Estimación del coeficiente de la maestra
if 0.5>Fn
    Cm=1-2*Fn^4;
else
    Cm=0.75+(1-Fn)^4;
end
%Cálculo del coeficiente prismático
Cp=Cb/Cm;
%Cálculo del área de la maestra
Am=Cm*B*T;
%Estimación de la posición longitudinal del centro de carena
Xb=(17.5*Cp-12.5)*Lpp/100;
end
    
```

Figura 39 Subrutina. Dimensionamiento de buque granelero (II)

6.7.Subrutina: Dimensionamiento de buque gasero

Los buques gaseros, como ya se ha explicado previamente se dividen en buques con tanques a presión y buques con tanques refrigerados. Por lo que, como es lógico su dimensionamiento deberá de ser distinto en función de qué tipo de tanques lleve consigo:

Eslora entre perpendiculares

$$LPP = \exp [1,64 + 1,41 \times 10^{-6} VTAN + 0,345 \times \ln(VTAN)]$$

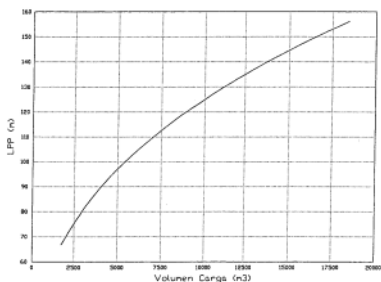


Figura 2.8.10.- Gaseros con tanques a presión: Eslora en función del volumen de carga.

Manga

$$B = 10,4 + 0,0014 VTAN - 3,61 \times 10^{-8} VTAN^2$$

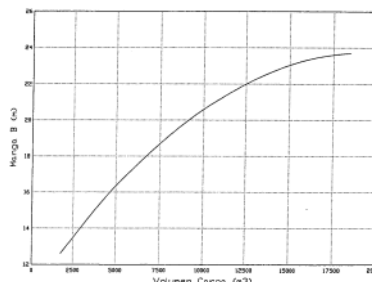


Figura 2.8.11.- Gaseros con tanques a presión: Manga en función del volumen de carga.

Puntal

$$D = 16,1 - 38,5 \times 10^5 / VTAN + 3,72 \times 10^7 / VTAN^2$$

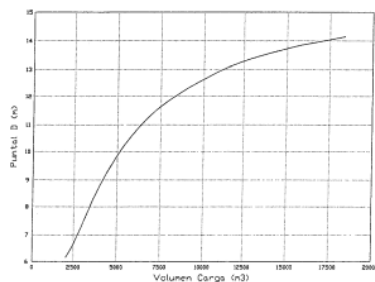


Figura 2.8.12.- Gaseros con tanques a presión: Puntal en función del volumen de carga.

Calado de francobordo

$$T = \exp[-1,98 - 2,34 \times 10^{-5} VTAN + 0,476 \times \ln(VTAN)]$$

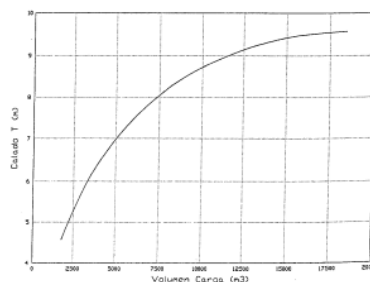


Figura 2.8.13.- Gaseros con tanques a presión: Calado en función del volumen de carga.

Figura 40 Gráficas para el cálculo de las dimensiones principales de un buque gasero con tanques a presión

Fuente. El proyecto básico del buque mercante

Eslora entre perpendiculares

$$LPP = 102,5 + 2,28 VTAN' - 0,011 VTAN'^2$$

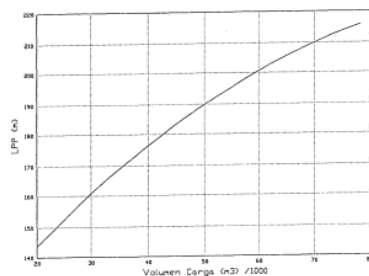


Figura 2.8.14.- Gaseros con tanques refrigerados: Eslora en función del volumen de carga.

Manga

$$B = 30,3 + 0,088 VTAN' - 188 / VTAN'$$

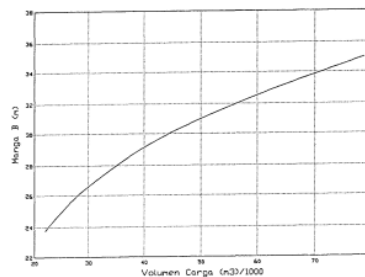


Figura 2.8.15.- Gaseros con tanques refrigerados: Manga en función del volumen de carga.

Puntal

$$D = 18,2 + 0,066 VTAN' - 87,7 / VTAN'$$

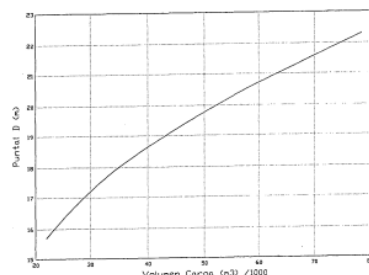


Figura 2.8.16.- Gaseros con tanques refrigerados: Puntal en función del volumen de carga.

Calado de francobordo

$$T = 13,4 - 22,6 / VTAN' - 996 / VTAN'^2$$

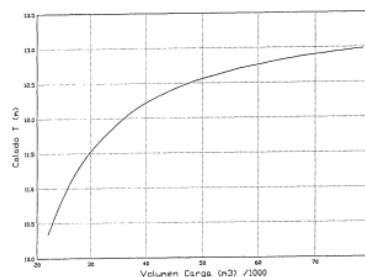


Figura 2.8.17.- Gaseros con tanques refrigerados: Calado en función del volumen de carga.

Figura 41 Gráficas para el cálculo de las dimensiones principales de un buque gasero con tanques refrigerados

Fuente. El proyecto básico del buque mercante

El resto de cálculos de esta subrutina son comunes para ambos tipos de buques. El coeficiente de bloque se obtiene a partir de la fórmula de Katsoulis:

$$C_B = 0,8217 f L_{pp}^{0,42} B^{-0,3072} T^{0,1721} V^{-0,6135}$$

Donde:



f : depende del tipo de buque. Buques gaseros: 1.04.

El desplazamiento se obtiene a partir de su fórmula natural:

$$\Delta = \rho C_B L_{pp} B T$$

Análogamente número de Froude obtenido de su fórmula:

$$F_N = \frac{V}{\sqrt{gL_{pp}}}$$

El coeficiente de la maestra viene dado por la fórmula de J. Torroja:

$$C_M = 1 - 2 F_N^4 \quad F_N < 0.5$$

$$C_M = 0.75 + (1 - F_N)^4 \quad 0.5 < F_N < 1$$

El coeficiente prismático se obtiene a partir del coeficiente de bloque y del coeficiente de la maestra:

$$C_P = \frac{C_B}{C_M}$$

La posición longitudinal del centro de carena se estima mediante la fórmula de L.Troost:

$$LCB = (17.5C_P - 12.5) \frac{L_{pp}}{100}$$

Por último se obtiene el área de la maestra mediante su fórmula natural:

$$A_M = C_M B T$$

```
function
[Lpp,B,D,T,Cb,Cm,Cp,Fn,Xb,Am,DESP]=Dimensionamiento4(V,VTAN,tipo4)
%
%TRABAJO FIN DE MÁSTER
%Programa en MATLAB para la realización de cálculos de anteproyecto de
%diversos tipos de buque
%
%Máster Universitario en Ingeniería Naval y Oceánica
%Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica, UPCT
%Departamento de Matemática aplicada y estadística
%
%Alumno: Ramón Bernal, Vicente
%Tutor: Amat Plata, Sergio
%
%Subrutina: Dimensionamiento de buque gasero.
%Resumen: En esta subrutina se lleva a cabo el cálculo del
dimensionamiento
%de un buque gasero. Se calculan sus dimensiones y coeficientes
%principales a partir de su velocidad de proyecto y dimensión
crítica(VTAN).
```

Figura 42 Subrutina. Dimensionamiento de buque gasero (I)

```

%
%
%Si tipo4=1 se dimensiona un buque gasero con tanques a presión, y si
%tipo4=2 se dimensiona un buque gasero con tanques refrigerados.
if tipo4 ~= 1 && tipo4 ~= 2
else
    if tipo4 == 1
        %BUQUE GASERO CON TANQUES A PRESIÓN
        Lpp=exp(1.64+1.41*10^(-6)*VTAN+0.345*log(VTAN));
        B=10.4+0.0014*VTAN-3.61*10^(-8)*VTAN^2;
        D=16.1-38.5*10^3/VTAN+3.72*10^7/VTAN^2;
        T=exp(-1.98-2.34*10^(-5)*VTAN+0.476*log(VTAN));
    end
    if tipo4 == 2
        %BUQUE GASERO CON TANQUES REFRIGERADOS
        Lpp=102.5+2.28*VTAN/1000-0.011*(VTAN/1000)^2;
        B=30.3+0.088*VTAN/1000-188/VTAN*1000;
        D=18.2+0.066*VTAN/1000-87.7/VTAN*1000;
        T=13.4-22.6/VTAN*1000-996/(VTAN/1000)^2;
    end
    %Cálculo del numero de froude
    Fn=V*0.51445/(9.81*Lpp)^0.5;
    %Estimación del coeficiente de bloque
    Cb=0.8217*1.04*Lpp^0.42*B^(-0.3072)*T^0.1721*V^(-0.6135);
    %Cálculo del desplazamiento
    DESP=1.025*Cb*Lpp*B*T;
    %Estimación del coeficiente de la maestra
    if 0.5>Fn
        Cm=1-2*Fn^4;
    else
        Cm=0.75+(1-Fn)^4;
    end
    %Cálculo del coeficiente prismático
    Cp=Cb/Cm;
    %Cálculo del área de la maestra
    Am=Cm*B*T;
    %Estimación de la posición longitudinal del centro de carena
    Xb=(17.5*Cp-12.5)*Lpp/100;
end

```

Figura 43 Subrutina. Dimensionamiento de buque gasero (II)

6.8.Subrutina. Dimensionamiento de buque RO-RO

Al igual que en el resto de casos anteriores, la estimación de las dimensiones principales del buque se han obtenido a partir de fórmulas aproximativas, ya que permiten dar valores para un rango superior de tamaños de buques.

Eslora entre perpendiculares

$$LPP = \exp[1,58 + 98,32 / WPM + 0,368 \times \ln(WPM)]$$

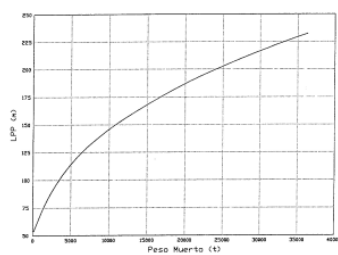


Figura 2.10.27.- Eslora en función del peso muerto.

Manga

$$B = 13,55 + 0,0011 WPM - 1,57 \times 10^{-8} WPM^2$$

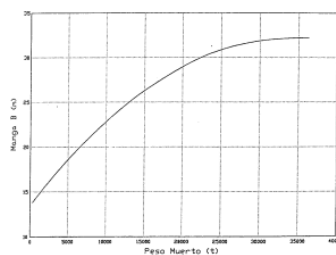


Figura 2.10.28.- Manga en función del peso muerto.

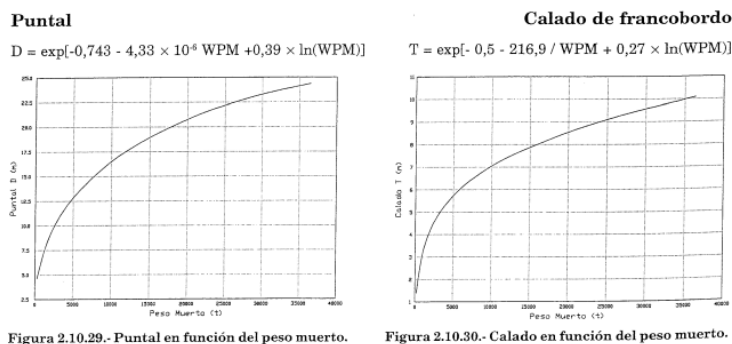


Figura 44 Gráfica para el cálculo de las dimensiones principales de un buque RO-RO

Fuente. El proyecto básico del buque mercante

El coeficiente de bloque se obtiene a partir de la fórmula de Katsoulis:

$$C_B = 0.8217 f L_{pp}^{0.42} B^{-0.3072} T^{0.1721} V^{-0.6135}$$

Donde:

f : depende del tipo de buque. Buques RO-RO: 0.97.

El desplazamiento se obtiene a partir de su fórmula natural:

$$\Delta = \rho C_B L_{pp} B T$$

Análogamente número de Froude obtenido de su fórmula:

$$F_N = \frac{V}{\sqrt{g L_{pp}}}$$

El coeficiente de la maestra viene dado por la fórmula de J. Torroja:

$$C_M = 1 - 2 F_N^4 \quad F_N < 0.5$$

$$C_M = 0.75 + (1 - F_N)^4 \quad 0.5 < F_N < 1$$

El coeficiente prismático se obtiene a partir del coeficiente de bloque y del coeficiente de la maestra:

$$C_P = \frac{C_B}{C_M}$$

La posición longitudinal del centro de carena se estima mediante la fórmula de L.Troost:

$$LCB = (17.5 C_P - 12.5) \frac{L_{pp}}{100}$$

Por último se obtiene el área de la maestra mediante su fórmula natural:

$$A_M = C_M B T$$



```

function
[Lpp,B,D,T,Cb,Cm,Cp,Fn,Xb,Am,DESP]=Dimensionamiento5(V,PM,tipo5)
%
%TRABAJO FIN DE MÁSTER
%Programa en MATLAB para la realización de cálculos de anteproyecto de
%diversos tipos de buque
%
%Máster Universitario en Ingeniería Naval y Oceánica
%Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica, UPCT
%Departamento de Matemática aplicada y estadística
%
%Alumno: Ramón Bernal, Vicente
%Tutor: Amat Plata, Sergio
%
%Subrutina: Dimensionamiento de buque RO-RO.
%Resumen: En esta subrutina se lleva a cabo el cálculo del
dimensionamiento
%de un buque RO-RO. Se calculan sus dimensiones y coeficientes
%principales a partir de su velocidad de proyecto y dimensión
crítica(TPM) .
%
%
%Si tipo5=1 se ha activado correctamente el permiso de cálculo del
%dimensionamiento de un buque RO-RO
if tipo5 ~= 1
    return
else
    if tipo5 == 1
        %BUQUE RO-RO
        Lpp=exp(1.58+98.32/PM+0.368*log(PM));
        B=13.55+0.0011*PM-1.57*10^(-8)*PM^2;
        D=exp(-0.743-4.33*10^(-6)*PM+0.39*log(PM));
        T=exp(-0.5-216.9/PM+0.27*log(PM));
    end
    %Cálculo del número de froude
    Fn=V*0.51445/(9.81*Lpp)^0.5;
    %Estimación del coeficiente de bloque
    Cb=0.8217*0.97*Lpp^0.42*B^(-0.3072)*T^0.1721*V^(-0.6135);
    %Cálculo del desplazamiento
    DESP=1.025*Cb*Lpp*B*T;
    %Estimación del coeficiente de la maestra
    if 0.5>Fn
        Cm=1-2*Fn^4;
    else
        Cm=0.75+(1-Fn)^4;
    end
    %Cálculo del coeficiente prismático
    Cp=Cb/Cm;
    %Cálculo del área de la maestra
    Am=Cm*B*T;
    %Posición longitudinal del centro de carena
    Xb=(17.5*Cp-12.5)*Lpp/100;
end
end

```

Figura 45 Subrutina. Dimensionamiento de buque RO-RO



6.9.Subrutina. Dimensionamiento de buque de pasaje

En este caso las dimensiones principales han sido estimadas mediante regresiones lineales tanto para los buques tipo RO-PAX, como para los buques tipo crucero, siendo el factor limitante de 1500 y 2000 pasajeros respectivamente.

$$Pax < 1500$$

$$L_{pp} = 0.0287 Pax + 154.95$$

$$B = 0.003 Pax + 25.367$$

$$T = -0.0001 Pax + 6.3895$$

$$D = 0.0006 Pax + 8.75$$

$$Pax > 1500$$

$$L_{pp} = 0.017 Pax + 143.04$$

$$B = 0.002 Pax + 23.893$$

$$T = 0.0009 Pax + 4.778$$

$$D = 0.0008 Pax + 7.8324$$

Figura 46 Regresiones lineales para la estimación de dimensiones principales de un buque RO-PAX

$$Pax < 2000$$

$$L_{pp} = 0.0535 Pax + 104.34$$

$$B = 0.0082 Pax + 16.752$$

$$T = 0.0015 Pax + 4.6777$$

$$D = T/0.675$$

$$Pax > 2000$$

$$L_{pp} = 0.0171 Pax + 195.34$$

$$B = 0.0036 Pax + 23.708$$

$$T = 0.0004 Pax + 6.7965$$

$$D = T/0.675$$

Figura 47 Regresiones lineales para la estimación de dimensiones principales de un buque crucero

El coeficiente de bloque se obtiene a partir de la fórmula de Katsoulis:

$$C_B = 0.8217fL_{pp}^{0.42}B^{-0.3072}T^{0.1721}V^{-0.6135}$$

Donde:



f : depende del tipo de buque. Buques RO-PAX: 1.09/ Buques crucero: 1.00

El desplazamiento se obtiene a partir de su fórmula natural:

$$\Delta = \rho C_B L_{pp} B T$$

Análogamente número de Froude obtenido de su fórmula:

$$F_N = \frac{V}{\sqrt{gL_{pp}}}$$

El coeficiente de la maestra viene dado por la fórmula de J. Torroja:

$$C_M = 1 - 2 F_N^4 \quad F_N < 0.5$$

$$C_M = 0.75 + (1 - F_N)^4 \quad 0.5 < F_N < 1$$

El coeficiente prismático se obtiene a partir del coeficiente de bloque y del coeficiente de la maestra:

$$C_P = \frac{C_B}{C_M}$$

La posición longitudinal del centro de carena se estima mediante la fórmula de L.Troost:

$$LCB = (17.5C_P - 12.5) \frac{L_{pp}}{100}$$

Por último se obtiene el área de la maestra mediante su fórmula natural:

$$A_M = C_M B T$$

```
function
[Lpp,B,D,T,Cb,Cm,Cp,Fn,Xb,Am,DESP]=Dimensionamiento6(V,Pax,tipo6)
%
%TRABAJO FIN DE MÁSTER
%Programa en MATLAB para la realización de cálculos de anteproyecto de
%diversos tipos de buque
%
%Máster Universitario en Ingeniería Naval y Oceánica
%Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica, UPCT
%Departamento de Matemática aplicada y estadística
%
%Alumno: Ramón Bernal, Vicente
%Tutor: Amat Plata, Sergio
%
%Subrutina: Dimensionamiento de buque de pasaje.
%Resumen: En esta subrutina se lleva a cabo el cálculo del
dimensionamiento
%de un buque de pasaje. Se calculan sus dimensiones y coeficientes
%principales a partir de su velocidad de proyecto y dimensión
crítica(PAX).
```



```

%Si tipo6=1 se dimensiona un RO-PAX, y sitipo6=2 se dimensiona un
crucero.
if tipo6 ~= 1 && tipo6 ~= 2
    return
else
    if tipo6 == 1
        if Pax <= 1500
            %RO-PAX < 1500 PAX
            Lpp=0.0287*Pax+154.95;
            B=0.003*Pax+25.367;
            T=-0.0001*Pax+6.3895;
            D=0.0006*Pax+8.75;
        elseif Pax > 1500
            %RO-PAX > 1500 PAX
            Lpp=0.017*Pax+143.04;
            B=0.002*Pax+23.893;
            T=0.0009*Pax+4.778;
            D=0.0008*Pax+7.8324;
        end
        %Estimación de coeficiente de bloque
        Cb=0.8217*1.09*Lpp^0.42*B^(-0.3072)*T^0.1721*V^(-0.6135);
    elseif tipo6 == 2
        if Pax <= 2000
            %Crucero < 2000 PAX
            Lpp=0.0535*Pax+104.34;
            B=0.0082*Pax+16.752;
            T=0.0015*Pax+4.6777;
            D=T/0.675;
        elseif Pax > 2000
            %Crucero > 2000 PAX
            Lpp=0.0171*Pax+195.34;
            B=0.0036*Pax+23.708;
            T=0.0004*Pax+6.7965;
            D=T/0.675;
        end
        %Estimación de coeficiente de bloque
        Cb=0.8217*1*Lpp^0.42*B^(-0.3072)*T^0.1721*V^(-0.6135);
    end
    %Cálculo de número de froude
    Fn=V*0.51445/(9.81*Lpp)^0.5;
    %Cálculo del desplazamiento
    DESP=1.025*Cb*Lpp*B*T;
    %Estimación del coeficiente de la maestra
    if 0.5>Fn
        Cm=1-2*Fn^4;
    else
        Cm=0.75+(1-Fn)^4;
    end
    %Cálculo del coeficiente prismático
    Cp=Cb/Cm;
    %Cálculo del área de la maestra
    Am=Cm*B*T;
    %Posición longitudinal del centro de carena
    Xb=(17.5*Cp-12.5)*Lpp/100;
end

```

Figura 48 Subrutina. Dimensionamiento de buque de pasaje

7. Módulo 2. Generación de Formas

7.1. Fundamentos para la utilización del módulo

Una vez han sido dimensionados uno o los dos buques previamente, se pasa a la obtención de sus formas. Esto se realiza en el segundo módulo, conocido como generación de formas. En él se tiene la oportunidad de crear unas formas a partir de la Serie Sistemática 60 o a partir de un buque base.

La interfaz gráfica de este módulo está compuesta por una serie de cuadros: un cuadro inicial en el lateral izquierdo superior que sirve para cargar el buque o buques de los que se desea obtener sus formas; bajo el cuadro anterior se divisan dos cuadros donde se muestran las especificaciones que el usuario desea que se tengan en cuenta en la creación de las formas así como el procedimiento que se va a seguir; y para finalizar, dos cuadros de mayor tamaño en el lateral derecho donde se muestran los perfiles cargados, así como las formas obtenidas, con la posibilidad de guardarlas o descartarlas.

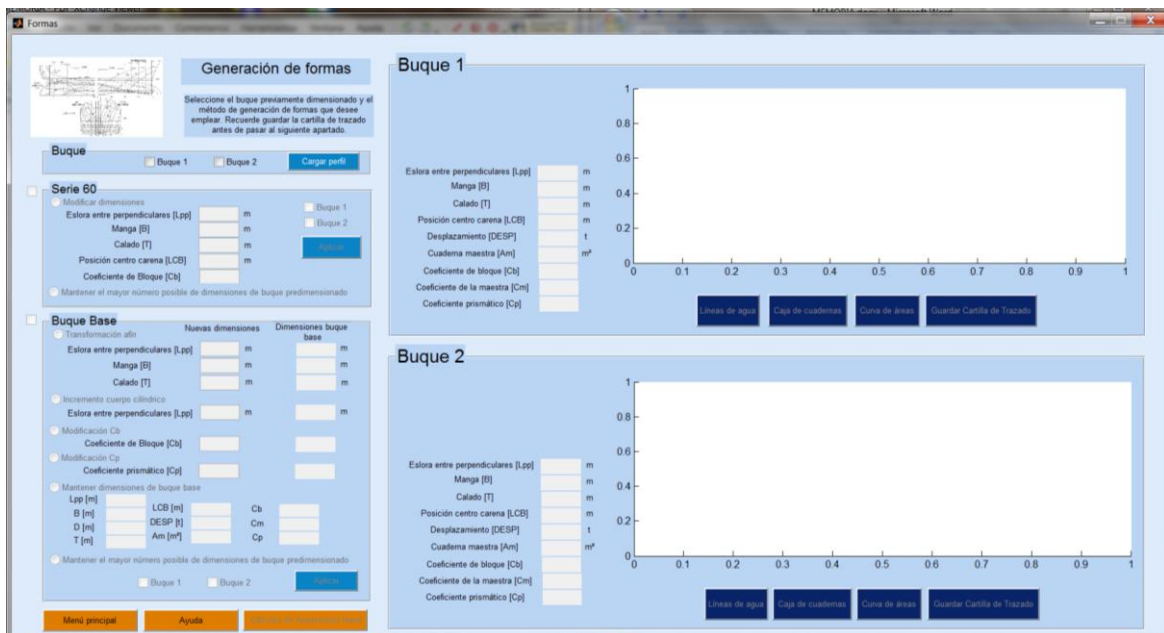


Figura 49 Apariencia del módulo de generación de formas

Para llevar a cabo la obtención de las formas, se debe de en primer lugar cargar el buque del que se desee obtenerlas y elegir el procedimiento que se empleará para la obtención de éstas. Cada procedimiento dispone de una serie de combinaciones y alteraciones que se pueden realizar por el usuario a juicio de éste y que posteriormente serán desarrolladas en los siguientes apartados.

7.2. Métodos de generación y optimización de formas

Como bien es sabido existen diversos métodos para la generación de las formas preliminares de un buque. Entre dichos métodos, los más conocidos son las series sistemáticas y la utilización de los buques base. Lo habitual a día de hoy, es a partir de los métodos anteriormente mencionados crear un buque que se aproxime a las dimensiones y coeficientes que se están buscando y utilizar métodos CFD para la optimización de la carena, así como pruebas en canales de experiencias hidrodinámicas.



Sin embargo, la implementación de un módulo de CFD en el programa podría conformar un Trabajo Fin de Máster en sí, por lo que se decidió descartar esta opción. Además, como ha sido mencionado en repetidas ocasiones este programa está exclusivamente dedicado a cálculos de anteproyecto, los cuales se encuentran en las primeras fases de la espiral de proyectos, y son las estimaciones previas al buque que se pretende construir.

Por todo ello, la optimización de carenas mediante métodos numéricos no es contemplada en este módulo, el cual se quedará en la generación de formas. Las formas generadas en éste podrán ser utilizadas para la creación de la carena como superficie NURBS en otros programas, y su posterior estudio hidrodinámico.

7.3. Serie Sistemática 60

Durante los últimos años se han desarrollado series sistemáticas para distintos tipos de buques. Este método consiste en interpolar la forma del nuevo proyecto entre las de un conjunto de modelos de los que se conocen no sólo su geometría sino también todas sus características hidrodinámicas. Esta información se logra ensayando series de carenas en las que se van cambiando sistemáticamente algunos de los parámetros principales de las formas.

En general las series tratan de cubrir determinados sectores dentro de ciertos tipos de buques. Como ocurre en el caso de la Serie 60, que es la que se utiliza en este módulo y que se emplea para buques mercantes de una sola hélice con coeficientes de bloque que van desde 0.60 a 0.80.

La Serie 60 es publicada en Julio de 1963 por *F.H. Todd*, con el título de “*Series 60, Methodical experiments with models of single-screw merchant ships*”. Esta investigación fue llevada a cabo en el canal de experiencias hidrodinámicas “*David Taylor Model Basin*” de la *U.S. Navy*.

A pesar de haber sido publicadas durante los años 60, estas formas han sido utilizadas como base para la obtención de formas en los proyectos durante muchos años. Además, a partir de estas formas se han ido obteniendo otras Series Sistemáticas derivadas de las primeras.

Por todo ello y por ser una referencia en las formas de buques mercantes se decidió implementar esta serie en el módulo de Generación de Formas.

De forma resumida, la Serie 60 divide el buque en un cuerpo de proa, un cuerpo de popa y un cuerpo cilíndrico. Para el cuerpo de proa se obtiene el coeficiente prismático de éste, y de forma análoga para el cuerpo de popa.

A partir de gráficas como la que se puede ver en la siguiente figura se obtienen las líneas de agua entrando con el coeficiente prismático del cuerpo de entrada y del cuerpo de salida. A partir de los puntos correspondientes a cada línea de agua se obtienen igualmente las secciones. Estas gráficas han sido convertidas en ecuaciones polinómicas de segundo y tercer grado a partir de una serie de puntos tomados sobre las mismas.

Se tiene que tener en cuenta que las ecuaciones que representan las formas son aproximaciones de las gráficas, por lo que en las zonas extremas de éstas (coeficientes prismáticos altos y bajos), las formas podrían no ser tan exactas como cabría esperar, y es recomendable alejarse de estos valores.

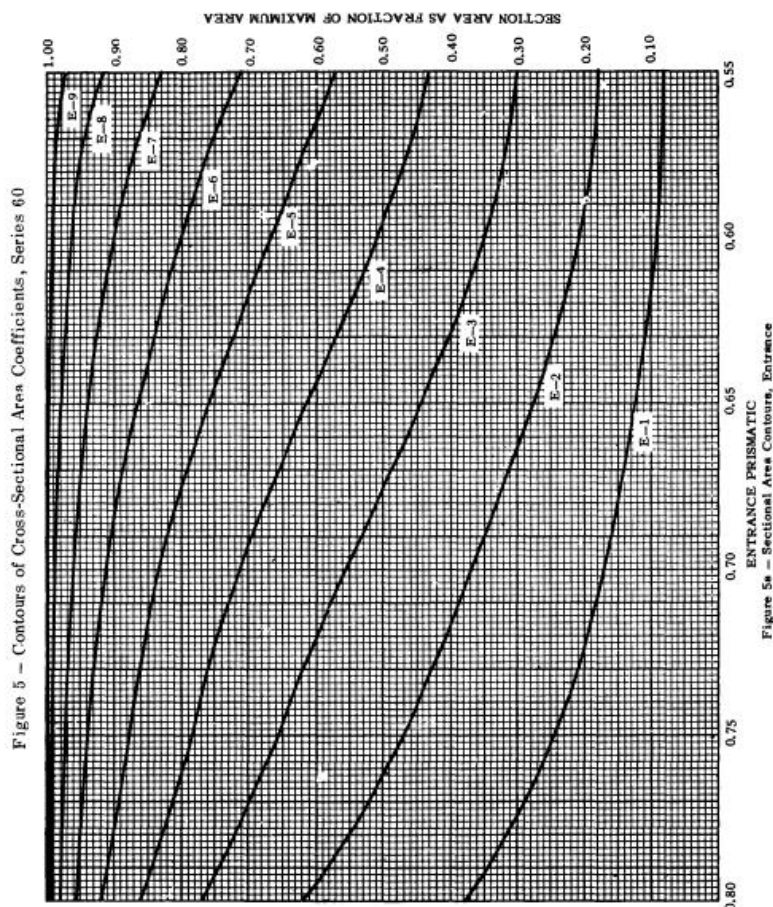


Figure 5 - Contours of Cross-Sectional Area Coefficients, Series 60

Figure 5a - Sectional Area Contours, Entrance

Figura 50 Ejemplo de gráfica de obtención de formas de la Serie 60

7.4.Subrutina. Generación de Formas a partir de la Serie 60

A continuación se adjunta la subrutina que describe la obtención de formas de la Serie 60. Si se desea tener una mayor información puede consultarse la publicación “Series 60, Methodical experiments with models of single-screw merchant ships”.

```

Function [Cx, Amx, Curvadeareas, Manga0T, Manga0075T, Manga025T, Manga05T, Man
ga075T, ...
Manga1T, Manga125T, Manga15T, Seccion0, Seccion1, Seccion2, Seccion3, Seccion
4, ...
Seccion5, Seccion6, Seccion7, Seccion8, Seccion9, Seccion10, Seccion11, Secci
on12, ...
Seccion13, Seccion14, Seccion15, Seccion16, Seccion17, Seccion18, Seccion19,
Seccion20] ...
    =Formas1 (Lpp, B, T, LCB, Cb)
%
%TRABAJO FIN DE MÁSTER
%Programa en MATLAB para la realización de cálculos de anteproyecto de
%diversos tipos de buque
%
%Máster Universitario en Ingeniería Naval y Oceánica
%Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica, UPCT
%Departamento de Matemática aplicada y estadística
    
```

Figura 51 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (I)



```

%Alumno: Ramón Bernal, Vicente
%Tutor: Amat Plata, Sergio
%
%Subrutina: Obtención de formas a partir de la serie 60.
%Resumen: Geometría de una carena deducida de la serie 60, a partir de
la
%eslora entre perpendiculares, manga, calado, LCB y Cb.
%
%
%Obtención de LCB en % de la eslora
LCB=LCB/Lpp*100;
%Obtención de Le eslora de entrada
if Cb>0.775
    Le=(-0.01*LCB+0.315)*Lpp;
elseif Cb>0.725 && Cb<=0.775
    Le=(-0.009*LCB+0.3645)*Lpp;
elseif Cb>0.675 && Cb<=0.725
    Le=(-0.01*LCB+0.415)*Lpp;
elseif Cb>0.625 && Cb<=0.675
    Le=(-0.0025*LCB+0.4738)*Lpp;
elseif Cb<=0.625
    Le=0.5*Lpp;
end
%Obtención de Lx eslora de cuerpo cilíndrico
Lx=(-33.333*Cb^3+73.286*Cb^2-51.767*Cb+11.877)*Lpp;
%Obtención de coeficiente prismático total y relación Cpe/Cpr
CpT=0.94*Cb+0.0505;
if Cb<0.625
    CpeCpr=0.07*LCB+1.005;
elseif 0.625<=Cb && 0.675>Cb
    CpeCpr=0.0603*LCB+0.9856;
elseif 0.675<=Cb && 0.725>Cb
    CpeCpr=0.051*LCB+0.9569;
elseif 0.725<=Cb && 0.775>Cb
    CpeCpr=0.0603*LCB+0.9389;
elseif Cb>=0.775
    CpeCpr=0.0677*LCB+0.9231;
end
%Obtención Lr eslora de salida
Lr=Lpp-Le-Lx;
%Obtención coeficiente prismático del cuerpo de salida
Cpr=(CpT*Lpp-Lx)/(CpeCpr*Le+Lr);
%Obtención coeficiente prismático del cuerpo de entrada
Cpe=CpeCpr*Cpr;
%Obtención coeficiente prismático del cuerpo cilíndrico
Cx=0.1*Cb+0.915;
%Obtención del área de la maestra
Amx=B*T*Cx;
%Obtención de CURVA DE ÁREAS
Areapp=zeros(11,2);
Areapr=zeros(11,2);
    
```

Figura 52 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (II)



```

%CURVA DE ÁREAS CUERPO DE POPA
Areapp(1,2)=0.01;
Areapp(2,2)=8.6824*Cpr^2-10.478*Cpr+3.2511;
Areapp(3,2)=9.4313*Cpr^2-10.769*Cpr+3.2857;
Areapp(4,2)=1.3176*Cpr^2+0.1775*Cpr-0.2211;
Areapp(5,2)=-2.9475*Cpr^2+5.6621*Cpr-1.8182;
Areapp(6,2)=-3.0236*Cpr^2+5.4163*Cpr-1.4917;
Areapp(7,2)=-4.161*Cpr^2+6.4789*Cpr-1.5903;
Areapp(8,2)=-2.9195*Cpr^2+4.4106*Cpr-0.6949;
Areapp(9,2)=-2.1706*Cpr^2+3.1194*Cpr-0.1303;
Areapp(10,2)=0.4646*Cpr^2-0.5256*Cpr+1.1374;
Areapp(11,2)=5.9259*Cpe^3-13*Cpe^2+9.478*Cpe-1.2964;
%CURVA DE ÁREAS CUERPO DE PROA
Areapr(1,2)=5.9259*Cpe^3-13*Cpe^2+9.478*Cpe-1.2964;
Areapr(2,2)=5.9259*Cpe^3-13*Cpe^2+9.478*Cpe-1.2964;
Areapr(3,2)=-1.6429*Cpe^2+2.5036*Cpe+0.0439;
Areapr(4,2)=13.333*Cpe^3-30*Cpe^2+22.667*Cpe-4.78;
Areapr(5,2)=-3.7143*Cpe^2+5.9686*Cpe-1.4477;
Areapr(6,2)=-3.2857*Cpe^2+5.8357*Cpe-1.6464;
Areapr(7,2)=-0.8571*Cpe^2+2.9057*Cpe-0.9146;
Areapr(8,2)=2.7143*Cpe^2-1.7271*Cpe+0.421;
Areapr(9,2)=4.7857*Cpe^2-4.735*Cpe+1.3341;
Areapr(10,2)=4.8571*Cpe^2-5.3914*Cpe+1.5774;
%CURVA DE ÁREAS
Areapp=Amx*Areapp;
Areapr=Amx*Areapr;
for i=2:11
    Areapp(i,1)=Areapp(i-1,1)+Lr/10;
end
Areapr(1,1)=Lr+Lx;
for i=2:11
    Areapr(i,1)=Areapr(i-1,1)+Le/10;
end
Curvadeareas=zeros(22,2);
for i=1:11
    Curvadeareas(i,1)=Areapp(i,1);
    Curvadeareas(i,2)=Areapp(i,2);
end
for i=1:11
    Curvadeareas(i+11,1)=Areapr(i,1);
    Curvadeareas(i+11,2)=Areapr(i,2);
end
    
```

Figura 53 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (III)



```

%CÁLCULO LÍNEAS DE AGUA
%calculo de mangas para 0T
Manga0T=zeros (22,3) ;

Manga0T (2,2)=26.923*Cpr^3-48.5*Cpr^2+29.058*Cpr-5.78 ;
Manga0T (3,2)=2.5641*Cpr^3+3*Cpr^2-6.5564*Cpr+2.35 ;
Manga0T (4,2)=115.38*Cpr^3-225*Cpr^2+146.76*Cpr-31.85 ;
Manga0T (5,2)=243.59*Cpr^3-485*Cpr^2+322.24*Cpr-71.13 ;
Manga0T (6,2)=124.36*Cpr^3-254.5*Cpr^2+174.51*Cpr-39.59 ;
Manga0T (7,2)=123.08*Cpr^3-256*Cpr^2+178.29*Cpr-40.9 ;
Manga0T (8,2)=60.256*Cpr^3-129.5*Cpr^2+93.424*Cpr-21.79 ;
Manga0T (9,2)=-15.385*Cpr^3+22*Cpr^2-7.8615*Cpr+0.93 ;
Manga0T (10,2)=58.974*Cpr^3-121*Cpr^2+82.903*Cpr-17.99 ;
Manga0T (11,2)=-1.0704*Cpe^2+1.7349*Cpe+0.2978 ;

Manga0T (12,2)=-1.0704*Cpe^2+1.7349*Cpe+0.2978 ;
Manga0T (13,2)=-1.0704*Cpe^2+1.7349*Cpe+0.2978 ;
Manga0T (14,2)=-2.4724*Cpe^2+4.0131*Cpe-0.6557 ;
Manga0T (15,2)=-50.667*Cpe^3+100.4*Cpe^2-64.373*Cpe+14.104 ;
Manga0T (16,2)=-82*Cpe^3+163.7*Cpe^2-106.07*Cpe+22.902 ;
Manga0T (17,2)=-95.333*Cpe^3+191.7*Cpe^2-125.24*Cpe+27.012 ;
Manga0T (18,2)=-90.667*Cpe^3+182.4*Cpe^2-119.17*Cpe+25.574 ;
Manga0T (19,2)=-53.333*Cpe^3+110*Cpe^2-73.367*Cpe+16 ;
Manga0T (20,2)=-20.667*Cpe^3+44.9*Cpe^2-31.123*Cpe+6.994 ;
Manga0T (21,2)=-4*Cpe^3+9.4*Cpe^2-6.84*Cpe+1.594 ;

Manga0T=B/2*Manga0T ;

for i=2:11
    Manga0T (i,1)=Manga0T (i-1,1)+Lr/10 ;
end
Manga0T (12,1)=Lr+Lx ;
for i=13:21
    Manga0T (i,1)=Manga0T (i-1,1)+Le/10 ;
end
Manga0T (1,1)=0.383*Lpp/20 ;
Manga0T (22,1)=Lpp-Lpp/20+0.747*Lpp/20 ;

%calculo de mangas para 0075T
Manga0075T=zeros (22,3) ;

Manga0075T (2,2)=2.4549*Cpr^2-2.885*Cpr+0.8974 ;
Manga0075T (3,2)=5.9431*Cpr^2-6.8269*Cpr+2.0766 ;
Manga0075T (4,2)=2.9195*Cpr^2-2.4106*Cpr+0.6049 ;
Manga0075T (5,2)=-1.0332*Cpr^2+3.0568*Cpr-1.1317 ;
Manga0075T (6,2)=-6.5118*Cpr^2+10.358*Cpr-3.4109 ;
Manga0075T (7,2)=-8.3981*Cpr^2+12.712*Cpr-4.004 ;
Manga0075T (8,2)=-7.6492*Cpr^2+11.421*Cpr-3.3594 ;
Manga0075T (9,2)=-5.0901*Cpr^2+7.53*Cpr-1.8152 ;
Manga0075T (10,2)=-2.1706*Cpr^2+3.1194*Cpr-0.1303 ;
Manga0075T (11,2)=-0.3568*Cpe^2+0.645*Cpe+0.7126 ;
    
```

Figura 54 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (IV)



```

Manga0075T(12,2)=-0.3568*Cpe^2+0.645*Cpe+0.7126;
Manga0075T(13,2)=-0.3568*Cpe^2+0.645*Cpe+0.7126;
Manga0075T(14,2)=-2.5477*Cpe^2+3.9183*Cpe-0.5242;
Manga0075T(15,2)=-3.4271*Cpe^2+5.4799*Cpe-1.2496;
Manga0075T(16,2)=-3.5678*Cpe^2+6.0497*Cpe-1.6741;
Manga0075T(17,2)=-2.5879*Cpe^2+5.0812*Cpe-1.594;
Manga0075T(18,2)=-47.333*Cpe^3+94.9*Cpe^2-60.957*Cpe+12.984;
Manga0075T(19,2)=-34*Cpe^3+70.9*Cpe^2-46.99*Cpe+10.234;
Manga0075T(20,2)=4*Cpe^2-4*Cpe+1.1;
Manga0075T(21,2)=3.593*Cpe^2-4.1515*Cpe+1.2603;

Manga0075T=B/2*Manga0075T;

for i=2:11
    Manga0075T(i,1)=Manga0075T(i-1,1)+Lr/10;
end
Manga0075T(12,1)=Lr+Lx;
for i=13:22
    Manga0075T(i,1)=Manga0075T(i-1,1)+Le/10;
end

for i=1:22
    Manga0075T(i,3)=0.075*T;
end
Manga0075T(1,1)=0.383*Lpp/20;
Manga0075T(22,1)=Lpp-Lpp/20+0.9*Lpp/20;

%calculo de mangas para 025T
Manga025T=zeros(22,3);

Manga025T(2,2)=4.3412*Cpr^2-5.2388*Cpr+1.6406;
Manga025T(3,2)=3.8767*Cpr^2-3.7132*Cpr+0.9731;
Manga025T(4,2)=2.6352*Cpr^2-1.6449*Cpr+0.2977;
Manga025T(5,2)=-0.853*Cpr^2+3.2969*Cpr-1.2914;
Manga025T(6,2)=-6.9003*Cpr^2+11.13*Cpr-3.6648;
Manga025T(7,2)=-7.9335*Cpr^2+12.186*Cpr-3.7766;
Manga025T(8,2)=-7.2607*Cpr^2+10.649*Cpr-2.9554;
Manga025T(9,2)=-2.9195*Cpr^2+4.4106*Cpr-0.6749;
Manga025T(10,2)=-0.7573*Cpr^2+1.1667*Cpr+0.5524;
Manga025T(11,2)=-0.5603*Cpe^2+0.8692*Cpe+0.6627;

Manga025T(12,2)=-0.5603*Cpe^2+0.8692*Cpe+0.6627;
Manga025T(13,2)=-0.5603*Cpe^2+0.8692*Cpe+0.6627;
Manga025T(14,2)=-1.6683*Cpe^2+2.5568*Cpe+0.0113;
Manga025T(15,2)=-3.5025*Cpe^2+5.3852*Cpe-1.0981;
Manga025T(16,2)=-3.7857*Cpe^2+6.1621*Cpe-1.5686;
Manga025T(17,2)=-13.333*Cpe^3+24*Cpe^2-12.567*Cpe+2.41;
Manga025T(18,2)=-32.667*Cpe^3+65.1*Cpe^2-41.043*Cpe+8.716;
Manga025T(19,2)=-26.667*Cpe^3+56*Cpe^2-36.933*Cpe+8.08;
Manga025T(20,2)=-12.667*Cpe^3+30.1*Cpe^2-21.443*Cpe+4.956;
Manga025T(21,2)=-2.6667*Cpe^3+9.6*Cpe^2-8.1933*Cpe+2.126;

Manga025T=B/2*Manga025T;
    
```

Figura 55 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (V)



```

for i=2:11
    Manga025T(i,1)=Manga025T(i-1,1)+Lr/10;
end
Manga025T(12,1)=Lr+Lx;
for i=13:22
    Manga025T(i,1)=Manga025T(i-1,1)+Le/10;
end

for i=1:22
    Manga025T(i,3)=0.25*T;
end
Manga025T(1,1)=0.383*Lpp/20;
Manga025T(22,1)=Lpp-Lpp/20+0.916*Lpp/20;

%calculo de mangas para 05T
Manga05T=zeros(22,3);

Manga05T(2,2)=7.2887*Cpr^2-8.9009*Cpr+2.7888;
Manga05T(3,2)=9.5354*Cpr^2-10.774*Cpr+3.2126;
Manga05T(4,2)=2.9195*Cpr^2-1.4106*Cpr+0.1049;
Manga05T(5,2)=-4.4453*Cpr^2+8.2445*Cpr-2.8774;
Manga05T(6,2)=-7.8294*Cpr^2+12.181*Cpr-3.8397;
Manga05T(7,2)=-5.4786*Cpr^2+8.3013*Cpr-2.1891;
Manga05T(8,2)=-3.3841*Cpr^2+4.9361*Cpr-0.8123;
Manga05T(9,2)=-0.7573*Cpr^2+1.1667*Cpr+0.5524;
Manga05T(10,2)=1;
Manga05T(11,2)=1;

Manga05T(12,2)=1;
Manga05T(13,2)=6.3333*Cpe^3-13.45*Cpe^2+9.4817*Cpe-1.22;
Manga05T(14,2)=14*Cpe^3-29.9*Cpe^2+21.29*Cpe-4.064;
Manga05T(15,2)=-2.407*Cpe^2+3.7485*Cpe-0.4697;
Manga05T(16,2)=-3.3116*Cpe^2+5.4118*Cpe-1.2313;
Manga05T(17,2)=-3.0071*Cpe^2+5.4225*Cpe-1.473;
Manga05T(18,2)=-0.4975*Cpe^2+2.4148*Cpe-0.7219;
Manga05T(19,2)=2.1005*Cpe^2-0.907*Cpe+0.1746;
Manga05T(20,2)=5.3116*Cpe^2-5.3118*Cpe+1.5013;
Manga05T(21,2)=6.1156*Cpe^2-6.9681*Cpe+2.0683;

Manga05T=B/2*Manga05T;

for i=2:11
    Manga05T(i,1)=Manga05T(i-1,1)+Lr/10;
end
Manga05T(12,1)=Lr+Lx;
for i=13:22
    Manga05T(i,1)=Manga05T(i-1,1)+Le/10;
end

for i=1:22
    Manga05T(i,3)=0.5*T;
end

```

Figura 56 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (VI)



```

Manga05T(1,1)=0.383*Lpp/20;
Manga05T(22,1)=Lpp-Lpp/20+0.926*Lpp/20;

%calculo de mangas para 075T
Manga075T=zeros(22,3);

Manga075T(2,2)=13.981*Cpr^2-17.019*Cpr+5.27;
Manga075T(3,2)=11.498*Cpr^2-12.882*Cpr+3.8492;
Manga075T(4,2)=2.2467*Cpr^2-0.8736*Cpr+0.1737;
Manga075T(5,2)=-5.1942*Cpr^2+8.5357*Cpr-2.612;
Manga075T(6,2)=-4.5214*Cpr^2+6.9987*Cpr-1.7709;
Manga075T(7,2)=-2.9195*Cpr^2+4.4106*Cpr-0.6849;
Manga075T(8,2)=-1.692*Cpr^2+2.4681*Cpr+0.0988;
Manga075T(9,2)=1;
Manga075T(10,2)=1;
Manga075T(11,2)=1;

Manga075T(12,2)=1;
Manga075T(13,2)=1;
Manga075T(14,2)=1;
Manga075T(15,2)=-2.6231*Cpe^2+4.0236*Cpe-0.5427;
Manga075T(16,2)=-3.4523*Cpe^2+5.5817*Cpe-1.2658;
Manga075T(17,2)=-2.8643*Cpe^2+5.2314*Cpe-1.3869;
Manga075T(18,2)=-0.8794*Cpe^2+2.9616*Cpe-0.8855;
Manga075T(19,2)=1.1357*Cpe^2+0.4005*Cpe-0.2218;
Manga075T(20,2)=6.0251*Cpe^2-6.2018*Cpe+1.7862;
Manga075T(21,2)=6.3317*Cpe^2-7.2432*Cpe+2.1613;

Manga075T=B/2*Manga075T;

for i=2:11
    Manga075T(i,1)=Manga075T(i-1,1)+Lr/10;
end
Manga075T(12,1)=Lr+Lx;
for i=13:22
    Manga075T(i,1)=Manga075T(i-1,1)+Le/10;
end

for i=1:22
    Manga075T(i,3)=0.75*T;
end
Manga075T(1,1)=0.308*Lpp/20;
Manga075T(22,1)=Lpp-Lpp/20+0.966*Lpp/20;
    
```

Figura 57 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (VII)



```

%calculo de mangas para 1T
%Atención en DWL se suma un nuevo punto al vector
Manga1T=zeros(23,3);

Manga1T(2,2)=15.194*Cpr^2-18.836*Cpr+5.902;
Manga1T(3,2)=18.19*Cpr^2-22*Cpr+6.9303;
Manga1T(4,2)=8.5783*Cpr^2-9.4718*Cpr+3.0743;
Manga1T(5,2)=0.5687*Cpr^2+0.4687*Cpr+0.1843;
Manga1T(6,2)=-2.4549*Cpr^2+3.885*Cpr-0.6274;
Manga1T(7,2)=-2.0665*Cpr^2+3.1137*Cpr-0.2134;
Manga1T(8,2)=-1.692*Cpr^2+2.4681*Cpr+0.0888;
Manga1T(9,2)=-0.3308*Cpr^2+0.5182*Cpr+0.7981;
Manga1T(10,2)=1;
Manga1T(11,2)=1;
Manga1T(12,2)=1;

Manga1T(13,2)=1;
Manga1T(14,2)=1;
Manga1T(15,2)=1;
Manga1T(16,2)=10.667*Cpe^3-24.4*Cpe^2+18.673*Cpe-3.784;
Manga1T(17,2)=-4.2412*Cpe^2+6.5769*Cpe-1.5591;
Manga1T(18,2)=-3.1457*Cpe^2+5.5402*Cpe-1.4407;
Manga1T(19,2)=-1.2362*Cpe^2+3.4065*Cpe-0.9929;
Manga1T(20,2)=2.9548*Cpe^2-1.9668*Cpe+0.5439;
Manga1T(21,2)=5.6432*Cpe^2-5.655*Cpe+1.6126;
Manga1T(22,2)=6.3065*Cpe^2-7.1415*Cpe+2.1151;

Manga1T=B/2*Manga1T;

for i=3:12
    Manga1T(i,1)=Manga1T(i-1,1)+Lr/10;
end
Manga1T(13,1)=Lr+Lx;
for i=14:23
    Manga1T(i,1)=Manga1T(i-1,1)+Le/10;
end

for i=1:23
    Manga1T(i,3)=1*T;
end
Manga1T(1,1)=-0.337*Lpp/20;

%calculo de mangas para 125T
Manga125T=zeros(24,3);

Manga125T(2,2)=18.204*Cpr^2-22.626*Cpr+7.287;
Manga125T(3,2)=13.488*Cpr^2-16.242*Cpr+5.3891;
Manga125T(4,2)=5.4505*Cpr^2-6.0498*Cpr+2.3458;
Manga125T(5,2)=0.2843*Cpr^2+0.2344*Cpr+0.5771;
Manga125T(6,2)=-0.7489*Cpr^2+1.2912*Cpr+0.4054;
Manga125T(7,2)=-0.1422*Cpr^2+0.3828*Cpr+0.7814;
Manga125T(8,2)=0.99;
Manga125T(9,2)=1;
Manga125T(10,2)=1;
Manga125T(11,2)=1;
Manga125T(12,2)=1;

```

Figura 58 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (VIII)



```

Manga125T(13,2)=1;
Manga125T(14,2)=1;
Manga125T(15,2)=1;
Manga125T(16,2)=20.667*Cpe^3-44.9*Cpe^2+32.523*Cpe-6.864;
Manga125T(17,2)=-3.1709*Cpe^2+5.042*Cpe-1.0069;
Manga125T(18,2)=-2.8141*Cpe^2+4.997*Cpe-1.2094;
Manga125T(19,2)=-0.9045*Cpe^2+2.8633*Cpe-0.7516;
Manga125T(20,2)=2.2412*Cpe^2-1.0769*Cpe+0.3091;
Manga125T(21,2)=5.2864*Cpe^2-5.2101*Cpe+1.5152;
Manga125T(22,2)=6.3065*Cpe^2-7.1415*Cpe+2.1451;
Manga125T(23,2)=3.3333*Cpe^3-5.5*Cpe^2+3.0167*Cpe-0.53;

Manga125T=B/2*Manga125T;

for i=3:12
    Manga125T(i,1)=Manga125T(i-1,1)+Lr/10;
end
Manga125T(13,1)=Lr+Lx;
for i=14:23
    Manga125T(i,1)=Manga125T(i-1,1)+Le/10;
end

for i=1:24
    Manga125T(i,3)=1.25*T;
end
Manga125T(1,1)=-0.5*Lpp/20;
Manga125T(24,1)=Lpp-Lpp/20+1.06*Lpp/20;

%calculo de mangas para 15T
Manga15T=zeros(24,3);

Manga15T(2,2)=12.739*Cpr^2-15.951*Cpr+5.4046;
Manga15T(3,2)=8.6063*Cpr^2-10.723*Cpr+4.0177;
Manga15T(4,2)=1.1374*Cpr^2-1.0626*Cpr+1.0486;
Manga15T(5,2)=1.9904*Cpr^2-2.3595*Cpr+1.61;
Manga15T(6,2)=-0.3744*Cpr^2+0.6456*Cpr+0.7077;
Manga15T(7,2)=0.99;
Manga15T(8,2)=1;
Manga15T(9,2)=1;
Manga15T(10,2)=1;
Manga15T(11,2)=1;
Manga15T(12,2)=1;

Manga15T(13,2)=1;
Manga15T(14,2)=1;
Manga15T(15,2)=1;
Manga15T(16,2)=24*Cpe^3-51.8*Cpe^2+37.15*Cpe-7.856;
Manga15T(17,2)=-3.196*Cpe^2+4.9437*Cpe-0.913;
Manga15T(18,2)=35.333*Cpe^3-74.7*Cpe^2+53.037*Cpe-11.722;
Manga15T(19,2)=-1.3367*Cpe^2+3.2136*Cpe-0.7475;
Manga15T(20,2)=1.809*Cpe^2-0.7266*Cpe+0.3332;
Manga15T(21,2)=4.5226*Cpe^2-4.3166*Cpe+1.338;
Manga15T(22,2)=6.3065*Cpe^2-7.1415*Cpe+2.2151;
Manga15T(23,2)=2.7714*Cpe^2-3.324*Cpe+1.034;
    
```

Figura 59 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (IX)



```

Manga15T=B/2*Manga15T;

for i=3:12
    Manga15T(i,1)=Manga15T(i-1,1)+Lr/10;
end
Manga15T(13,1)=Lr+Lx;
for i=14:23
    Manga15T(i,1)=Manga15T(i-1,1)+Le/10;
end

for i=1:24
    Manga15T(i,3)=1.5*T;
end
Manga15T(1,1)=-0.575*Lpp/20;
Manga15T(24,1)=Lpp-Lpp/20+1.084*Lpp/20;

%CÁLCULO DE SECCIONES
%Sección 0
Seccion0=zeros(4,3);

Seccion0(1,2)=0;
Seccion0(2,2)=Manga1T(2,2);
Seccion0(3,2)=Manga125T(2,2);
Seccion0(4,2)=Manga15T(2,2);

Seccion0(1,3)=0.84*T;
Seccion0(2,3)=T;
Seccion0(3,3)=1.25*T;
Seccion0(4,3)=1.5*T;

%Sección 1
Seccion1=zeros(9,3);

Seccion1(:,1)=1*Lr/10;

Seccion1(1,2)=0;
Seccion1(2,2)=Manga0T(2,2);
Seccion1(3,2)=Manga0075T(2,2);
Seccion1(4,2)=Manga025T(2,2);
Seccion1(5,2)=Manga05T(2,2);
Seccion1(6,2)=Manga075T(2,2);
Seccion1(7,2)=Manga1T(3,2);
Seccion1(8,2)=Manga125T(3,2);
Seccion1(9,2)=Manga15T(3,2);

Seccion1(1,3)=0;
Seccion1(2,3)=0;
Seccion1(3,3)=0.075*T;
Seccion1(4,3)=0.25*T;
Seccion1(5,3)=0.5*T;
Seccion1(6,3)=0.75*T;
Seccion1(7,3)=T;
Seccion1(8,3)=1.25*T;
Seccion1(9,3)=1.5*T;

```

Figura 60 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (X)



```
%Sección 2
Seccion2=zeros (9,3) ;

Seccion2 (:,1)=2*Lr/10;

Seccion2 (1,2)=0;
Seccion2 (2,2)=Manga0T (3,2) ;
Seccion2 (3,2)=Manga0075T (3,2) ;
Seccion2 (4,2)=Manga025T (3,2) ;
Seccion2 (5,2)=Manga05T (3,2) ;
Seccion2 (6,2)=Manga075T (3,2) ;
Seccion2 (7,2)=Manga1T (4,2) ;
Seccion2 (8,2)=Manga125T (4,2) ;
Seccion2 (9,2)=Manga15T (4,2) ;

Seccion2 (1,3)=0;
Seccion2 (2,3)=0;
Seccion2 (3,3)=0.075*T;
Seccion2 (4,3)=0.25*T;
Seccion2 (5,3)=0.5*T;
Seccion2 (6,3)=0.75*T;
Seccion2 (7,3)=T;
Seccion2 (8,3)=1.25*T;
Seccion2 (9,3)=1.5*T;

%Sección 3
Seccion3=zeros (9,3) ;

Seccion3 (:,1)=3*Lr/10;

Seccion3 (1,2)=0;
Seccion3 (2,2)=Manga0T (4,2) ;
Seccion3 (3,2)=Manga0075T (4,2) ;
Seccion3 (4,2)=Manga025T (4,2) ;
Seccion3 (5,2)=Manga05T (4,2) ;
Seccion3 (6,2)=Manga075T (4,2) ;
Seccion3 (7,2)=Manga1T (5,2) ;
Seccion3 (8,2)=Manga125T (5,2) ;
Seccion3 (9,2)=Manga15T (5,2) ;

Seccion3 (1,3)=0;
Seccion3 (2,3)=0;
Seccion3 (3,3)=0.075*T;
Seccion3 (4,3)=0.25*T;
Seccion3 (5,3)=0.5*T;
Seccion3 (6,3)=0.75*T;
Seccion3 (7,3)=T;
Seccion3 (8,3)=1.25*T;
Seccion3 (9,3)=1.5*T;
```

Figura 61 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XI)



```
%Sección 4
Seccion4=zeros (9,3) ;

Seccion4 (: ,1)=4*Lr/10;

Seccion4 (1,2)=0;
Seccion4 (2,2)=Manga0T (5,2) ;
Seccion4 (3,2)=Manga0075T (5,2) ;
Seccion4 (4,2)=Manga025T (5,2) ;
Seccion4 (5,2)=Manga05T (5,2) ;
Seccion4 (6,2)=Manga075T (5,2) ;
Seccion4 (7,2)=Manga1T (6,2) ;
Seccion4 (8,2)=Manga125T (6,2) ;
Seccion4 (9,2)=Manga15T (6,2) ;

Seccion4 (1,3)=0;
Seccion4 (2,3)=0;
Seccion4 (3,3)=0.075*T;
Seccion4 (4,3)=0.25*T;
Seccion4 (5,3)=0.5*T;
Seccion4 (6,3)=0.75*T;
Seccion4 (7,3)=T;
Seccion4 (8,3)=1.25*T;
Seccion4 (9,3)=1.5*T;

%Sección 5
Seccion5=zeros (9,3) ;

Seccion5 (: ,1)=5*Lr/10;

Seccion5 (1,2)=0;
Seccion5 (2,2)=Manga0T (6,2) ;
Seccion5 (3,2)=Manga0075T (6,2) ;
Seccion5 (4,2)=Manga025T (6,2) ;
Seccion5 (5,2)=Manga05T (6,2) ;
Seccion5 (6,2)=Manga075T (6,2) ;
Seccion5 (7,2)=Manga1T (7,2) ;
Seccion5 (8,2)=Manga125T (7,2) ;
Seccion5 (9,2)=Manga15T (7,2) ;

Seccion5 (1,3)=0;
Seccion5 (2,3)=0;
Seccion5 (3,3)=0.075*T;
Seccion5 (4,3)=0.25*T;
Seccion5 (5,3)=0.5*T;
Seccion5 (6,3)=0.75*T;
Seccion5 (7,3)=T;
Seccion5 (8,3)=1.25*T;
Seccion5 (9,3)=1.5*T;
```

Figura 62 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XII)



```
%Sección 6
Seccion6=zeros (9,3) ;

Seccion6 (: ,1)=6*Lr/10;

Seccion6 (1,2)=0;
Seccion6 (2,2)=Manga0T (7,2) ;
Seccion6 (3,2)=Manga0075T (7,2) ;
Seccion6 (4,2)=Manga025T (7,2) ;
Seccion6 (5,2)=Manga05T (7,2) ;
Seccion6 (6,2)=Manga075T (7,2) ;
Seccion6 (7,2)=Manga1T (8,2) ;
Seccion6 (8,2)=Manga125T (8,2) ;
Seccion6 (9,2)=Manga15T (8,2) ;

Seccion6 (1,3)=0;
Seccion6 (2,3)=0;
Seccion6 (3,3)=0.075*T;
Seccion6 (4,3)=0.25*T;
Seccion6 (5,3)=0.5*T;
Seccion6 (6,3)=0.75*T;
Seccion6 (7,3)=T;
Seccion6 (8,3)=1.25*T;
Seccion6 (9,3)=1.5*T;

%Sección 7
Seccion7=zeros (9,3) ;

Seccion7 (: ,1)=7*Lr/10;

Seccion7 (1,2)=0;
Seccion7 (2,2)=Manga0T (8,2) ;
Seccion7 (3,2)=Manga0075T (8,2) ;
Seccion7 (4,2)=Manga025T (8,2) ;
Seccion7 (5,2)=Manga05T (8,2) ;
Seccion7 (6,2)=Manga075T (8,2) ;
Seccion7 (7,2)=Manga1T (9,2) ;
Seccion7 (8,2)=Manga125T (9,2) ;
Seccion7 (9,2)=Manga15T (9,2) ;

Seccion7 (1,3)=0;
Seccion7 (2,3)=0;
Seccion7 (3,3)=0.075*T;
Seccion7 (4,3)=0.25*T;
Seccion7 (5,3)=0.5*T;
Seccion7 (6,3)=0.75*T;
Seccion7 (7,3)=T;
Seccion7 (8,3)=1.25*T;
Seccion7 (9,3)=1.5*T;
```

Figura 63 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XIII)



```
%Sección 8
Seccion8=zeros(9,3);

Seccion8(:,1)=8*Lr/10;

Seccion8(1,2)=0;
Seccion8(2,2)=Manga0T(9,2);
Seccion8(3,2)=Manga0075T(9,2);
Seccion8(4,2)=Manga025T(9,2);
Seccion8(5,2)=Manga05T(9,2);
Seccion8(6,2)=Manga075T(9,2);
Seccion8(7,2)=Manga1T(10,2);
Seccion8(8,2)=Manga125T(10,2);
Seccion8(9,2)=Manga15T(10,2);

Seccion8(1,3)=0;
Seccion8(2,3)=0;
Seccion8(3,3)=0.075*T;
Seccion8(4,3)=0.25*T;
Seccion8(5,3)=0.5*T;
Seccion8(6,3)=0.75*T;
Seccion8(7,3)=T;
Seccion8(8,3)=1.25*T;
Seccion8(9,3)=1.5*T;

%Sección 9
Seccion9=zeros(9,3);

Seccion9(:,1)=9*Lr/10;

Seccion9(1,2)=0;
Seccion9(2,2)=Manga0T(10,2);
Seccion9(3,2)=Manga0075T(10,2);
Seccion9(4,2)=Manga025T(10,2);
Seccion9(5,2)=Manga05T(10,2);
Seccion9(6,2)=Manga075T(10,2);
Seccion9(7,2)=Manga1T(11,2);
Seccion9(8,2)=Manga125T(11,2);
Seccion9(9,2)=Manga15T(11,2);

Seccion9(1,3)=0;
Seccion9(2,3)=0;
Seccion9(3,3)=0.075*T;
Seccion9(4,3)=0.25*T;
Seccion9(5,3)=0.5*T;
Seccion9(6,3)=0.75*T;
Seccion9(7,3)=T;
Seccion9(8,3)=1.25*T;
Seccion9(9,3)=1.5*T;
```

Figura 64 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XIV)



```
%Sección 10
Seccion10=zeros (9,3) ;

Seccion10 (:,1)=10*Lr/10;

Seccion10 (1,2)=0;
Seccion10 (2,2)=Manga0T (11,2) ;
Seccion10 (3,2)=Manga0075T (11,2) ;
Seccion10 (4,2)=Manga025T (11,2) ;
Seccion10 (5,2)=Manga05T (11,2) ;
Seccion10 (6,2)=Manga075T (11,2) ;
Seccion10 (7,2)=Manga1T (12,2) ;
Seccion10 (8,2)=Manga125T (12,2) ;
Seccion10 (9,2)=Manga15T (12,2) ;

Seccion10 (1,3)=0;
Seccion10 (2,3)=0;
Seccion10 (3,3)=0.075*T;
Seccion10 (4,3)=0.25*T;
Seccion10 (5,3)=0.5*T;
Seccion10 (6,3)=0.75*T;
Seccion10 (7,3)=T;
Seccion10 (8,3)=1.25*T;
Seccion10 (9,3)=1.5*T;

%Sección 11
Seccion11=zeros (9,3) ;

Seccion11 (:,1)=Lr+Lx+1*Le/10;

Seccion11 (1,2)=0;
Seccion11 (2,2)=Manga0T (13,2) ;
Seccion11 (3,2)=Manga0075T (13,2) ;
Seccion11 (4,2)=Manga025T (13,2) ;
Seccion11 (5,2)=Manga05T (13,2) ;
Seccion11 (6,2)=Manga075T (13,2) ;
Seccion11 (7,2)=Manga1T (14,2) ;
Seccion11 (8,2)=Manga125T (14,2) ;
Seccion11 (9,2)=Manga15T (14,2) ;

Seccion11 (1,3)=0;
Seccion11 (2,3)=0;
Seccion11 (3,3)=0.075*T;
Seccion11 (4,3)=0.25*T;
Seccion11 (5,3)=0.5*T;
Seccion11 (6,3)=0.75*T;
Seccion11 (7,3)=T;
Seccion11 (8,3)=1.25*T;
Seccion11 (9,3)=1.5*T;
```

Figura 65 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XV)



```
%Sección 12
Seccion12=zeros (9,3) ;

Seccion12 (:,1)=Lr+Lx+2*Le/10;

Seccion12 (1,2)=0;
Seccion12 (2,2)=Manga0T (14,2) ;
Seccion12 (3,2)=Manga0075T (14,2) ;
Seccion12 (4,2)=Manga025T (14,2) ;
Seccion12 (5,2)=Manga05T (14,2) ;
Seccion12 (6,2)=Manga075T (14,2) ;
Seccion12 (7,2)=Manga1T (15,2) ;
Seccion12 (8,2)=Manga125T (15,2) ;
Seccion12 (9,2)=Manga15T (15,2) ;

Seccion12 (1,3)=0;
Seccion12 (2,3)=0;
Seccion12 (3,3)=0.075*T;
Seccion12 (4,3)=0.25*T;
Seccion12 (5,3)=0.5*T;
Seccion12 (6,3)=0.75*T;
Seccion12 (7,3)=T;
Seccion12 (8,3)=1.25*T;
Seccion12 (9,3)=1.5*T;

%Sección 13
Seccion13=zeros (9,3) ;

Seccion13 (:,1)=Lr+Lx+3*Le/10;

Seccion13 (1,2)=0;
Seccion13 (2,2)=Manga0T (15,2) ;
Seccion13 (3,2)=Manga0075T (15,2) ;
Seccion13 (4,2)=Manga025T (15,2) ;
Seccion13 (5,2)=Manga05T (15,2) ;
Seccion13 (6,2)=Manga075T (15,2) ;
Seccion13 (7,2)=Manga1T (16,2) ;
Seccion13 (8,2)=Manga125T (16,2) ;
Seccion13 (9,2)=Manga15T (16,2) ;

Seccion13 (1,3)=0;
Seccion13 (2,3)=0;
Seccion13 (3,3)=0.075*T;
Seccion13 (4,3)=0.25*T;
Seccion13 (5,3)=0.5*T;
Seccion13 (6,3)=0.75*T;
Seccion13 (7,3)=T;
Seccion13 (8,3)=1.25*T;
Seccion13 (9,3)=1.5*T;
```

Figura 66 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XVI)



```
%Sección 14
Seccion14=zeros (9,3) ;

Seccion14 (:,1)=Lr+Lx+4*Le/10;

Seccion14 (1,2)=0;
Seccion14 (2,2)=Manga0T (16,2) ;
Seccion14 (3,2)=Manga0075T (16,2) ;
Seccion14 (4,2)=Manga025T (16,2) ;
Seccion14 (5,2)=Manga05T (16,2) ;
Seccion14 (6,2)=Manga075T (16,2) ;
Seccion14 (7,2)=Manga1T (17,2) ;
Seccion14 (8,2)=Manga125T (17,2) ;
Seccion14 (9,2)=Manga15T (17,2) ;

Seccion14 (1,3)=0;
Seccion14 (2,3)=0;
Seccion14 (3,3)=0.075*T;
Seccion14 (4,3)=0.25*T;
Seccion14 (5,3)=0.5*T;
Seccion14 (6,3)=0.75*T;
Seccion14 (7,3)=T;
Seccion14 (8,3)=1.25*T;
Seccion14 (9,3)=1.5*T;

%Sección 15
Seccion15=zeros (9,3) ;

Seccion15 (:,1)=Lr+Lx+5*Le/10;

Seccion15 (1,2)=0;
Seccion15 (2,2)=Manga0T (17,2) ;
Seccion15 (3,2)=Manga0075T (17,2) ;
Seccion15 (4,2)=Manga025T (17,2) ;
Seccion15 (5,2)=Manga05T (17,2) ;
Seccion15 (6,2)=Manga075T (17,2) ;
Seccion15 (7,2)=Manga1T (18,2) ;
Seccion15 (8,2)=Manga125T (18,2) ;
Seccion15 (9,2)=Manga15T (18,2) ;

Seccion15 (1,3)=0;
Seccion15 (2,3)=0;
Seccion15 (3,3)=0.075*T;
Seccion15 (4,3)=0.25*T;
Seccion15 (5,3)=0.5*T;
Seccion15 (6,3)=0.75*T;
Seccion15 (7,3)=T;
Seccion15 (8,3)=1.25*T;
Seccion15 (9,3)=1.5*T;
```

Figura 67 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XVII)



%Sección 16

```
Seccion16=zeros(9,3);

Seccion16(:,1)=Lr+Lx+6*Le/10;

Seccion16(1,2)=0;
Seccion16(2,2)=Manga0T(18,2);
Seccion16(3,2)=Manga0075T(18,2);
Seccion16(4,2)=Manga025T(18,2);
Seccion16(5,2)=Manga05T(18,2);
Seccion16(6,2)=Manga075T(18,2);
Seccion16(7,2)=Manga1T(19,2);
Seccion16(8,2)=Manga125T(19,2);
Seccion16(9,2)=Manga15T(19,2);

Seccion16(1,3)=0;
Seccion16(2,3)=0;
Seccion16(3,3)=0.075*T;
Seccion16(4,3)=0.25*T;
Seccion16(5,3)=0.5*T;
Seccion16(6,3)=0.75*T;
Seccion16(7,3)=T;
Seccion16(8,3)=1.25*T;
Seccion16(9,3)=1.5*T;
```

%Sección 17

```
Seccion17=zeros(9,3);

Seccion17(:,1)=Lr+Lx+7*Le/10;

Seccion17(1,2)=0;
Seccion17(2,2)=Manga0T(19,2);
Seccion17(3,2)=Manga0075T(19,2);
Seccion17(4,2)=Manga025T(19,2);
Seccion17(5,2)=Manga05T(19,2);
Seccion17(6,2)=Manga075T(19,2);
Seccion17(7,2)=Manga1T(20,2);
Seccion17(8,2)=Manga125T(20,2);
Seccion17(9,2)=Manga15T(20,2);

Seccion17(1,3)=0;
Seccion17(2,3)=0;
Seccion17(3,3)=0.075*T;
Seccion17(4,3)=0.25*T;
Seccion17(5,3)=0.5*T;
Seccion17(6,3)=0.75*T;
Seccion17(7,3)=T;
Seccion17(8,3)=1.25*T;
Seccion17(9,3)=1.5*T;
```

Figura 68 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XVIII)



```
%Sección 18
Seccion18=zeros (9,3) ;

Seccion18 (:,1)=Lr+Lx+8*Le/10;

Seccion18 (1,2)=0;
Seccion18 (2,2)=Manga0T (20,2) ;
Seccion18 (3,2)=Manga0075T (20,2) ;
Seccion18 (4,2)=Manga025T (20,2) ;
Seccion18 (5,2)=Manga05T (20,2) ;
Seccion18 (6,2)=Manga075T (20,2) ;
Seccion18 (7,2)=Manga1T (21,2) ;
Seccion18 (8,2)=Manga125T (21,2) ;
Seccion18 (9,2)=Manga15T (21,2) ;

Seccion18 (1,3)=0;
Seccion18 (2,3)=0;
Seccion18 (3,3)=0.075*T;
Seccion18 (4,3)=0.25*T;
Seccion18 (5,3)=0.5*T;
Seccion18 (6,3)=0.75*T;
Seccion18 (7,3)=T;
Seccion18 (8,3)=1.25*T;
Seccion18 (9,3)=1.5*T;

%Sección 19
Seccion19=zeros (9,3) ;

Seccion19 (:,1)=Lr+Lx+9*Le/10;

Seccion19 (1,2)=0;
Seccion19 (2,2)=Manga0T (21,2) ;
Seccion19 (3,2)=Manga0075T (21,2) ;
Seccion19 (4,2)=Manga025T (21,2) ;
Seccion19 (5,2)=Manga05T (21,2) ;
Seccion19 (6,2)=Manga075T (21,2) ;
Seccion19 (7,2)=Manga1T (22,2) ;
Seccion19 (8,2)=Manga125T (22,2) ;
Seccion19 (9,2)=Manga15T (22,2) ;

Seccion19 (1,3)=0;
Seccion19 (2,3)=0;
Seccion19 (3,3)=0.075*T;
Seccion19 (4,3)=0.25*T;
Seccion19 (5,3)=0.5*T;
Seccion19 (6,3)=0.75*T;
Seccion19 (7,3)=T;
Seccion19 (8,3)=1.25*T;
Seccion19 (9,3)=1.5*T;
```

Figura 69 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XIX)

```

%Sección 20
Seccion20=zeros (3,3) ;

Seccion20 (: , 1)=Lr+Lx+10*Le/10 ;

Seccion20 (1,2)=Manga1T (23,2) ;
Seccion20 (2,2)=Manga125T (23,2) ;
Seccion20 (3,2)=Manga15T (23,2) ;

Seccion20 (1,3)=T ;
Seccion20 (2,3)=1.25*T ;
Seccion20 (3,3)=1.5*T ;
    
```

Figura 70 Subrutina. Generación de formas a partir de la serie 60 (XX)

7.5. Buque base

El otro método que se ha considerado en la Generación de Formas ha sido la utilización de buques base. Para ello, se han obtenido las formas de 3 buques ejemplo y su cartilla de trazado ha sido definida en los archivos Excel “Formas1.xlsx”, “Formas2.xlsx” y “Formas3.xlsx”.

El programa permite a su vez la derivación de estas formas a partir de transformaciones afines, incremento de la longitud del cuerpo cilíndrico y la modificación del coeficiente prismático y de bloque. Con ello, se consigue obtener una gran variedad de formas y abarcar un mayor rango de éstas.

Por cuestiones de tiempo en la elaboración del presente proyecto no ha sido posible la obtención de un mayor número de carenas base, pero sin embargo, se debe de mencionar que el programa está preparado para una ampliación del número de cartillas de trazado disponibles, con vistas a ajustarse mejor a unas formas determinadas de un tipo de buque concreto.

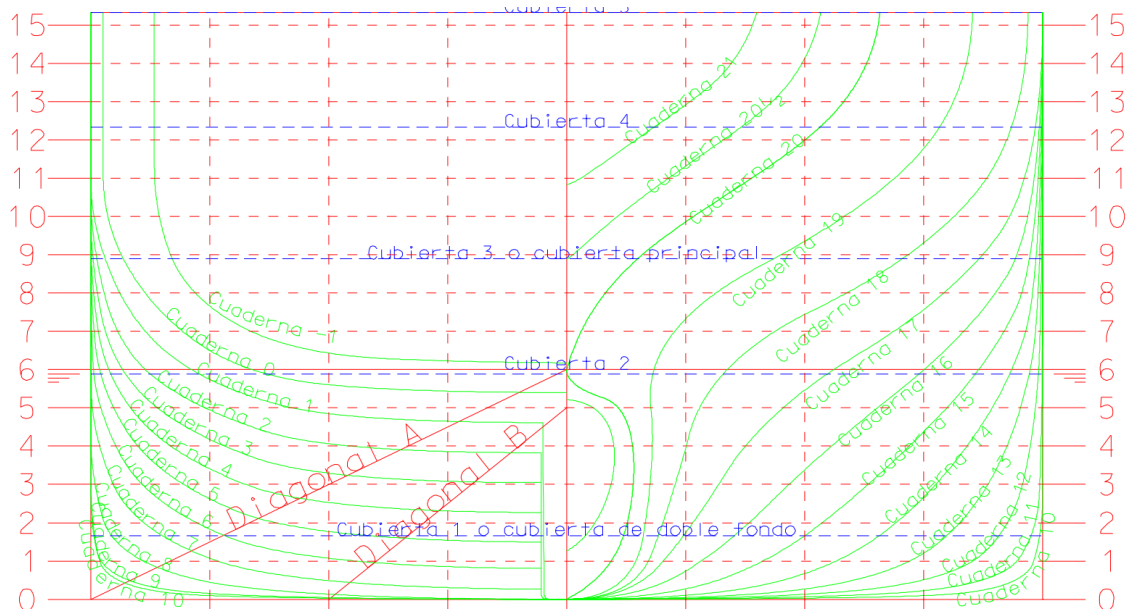


Figura 71 Caja de cuadernas del fichero Excel "Formas1.xlsx"

Fuente. Urrutía Nebreda, Juan; Vicario González, Jorge: Buque de crucero, proyecto nº1491. Universidad Politécnica de Madrid

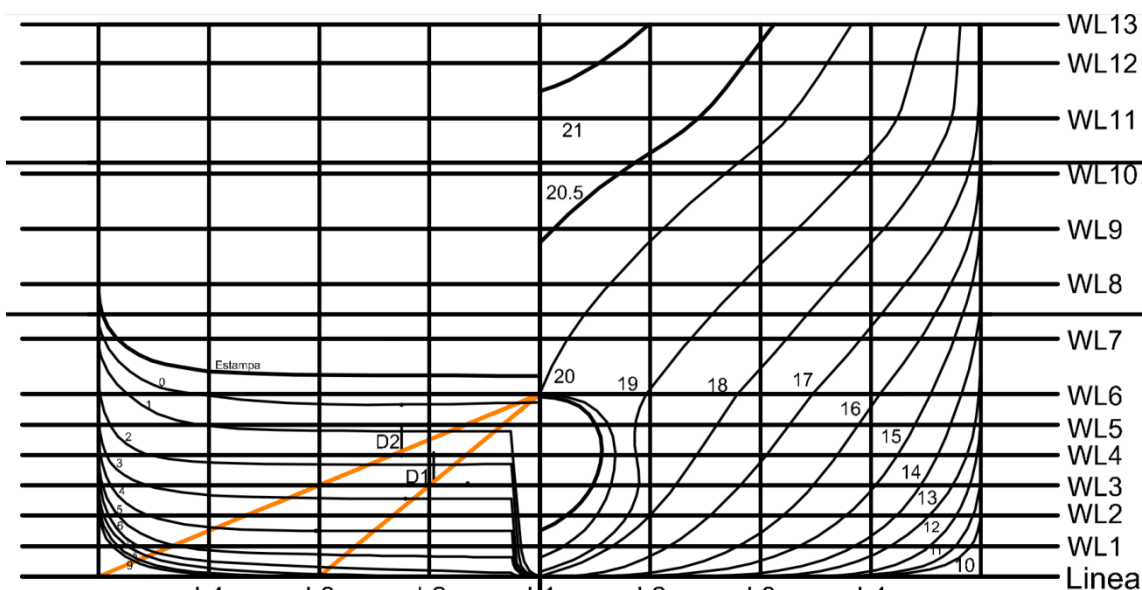


Figura 72 Caja de cuadernas del fichero Excel "Formas2.xlsx"

Fuente. Arias Rodrigo, Carlos; Díaz Gutiérrez, David; Buque ROPAX de 1200 pasajeros, 5230 metros lineales de carga y 11500 TPM, proyecto n°229. Universidad Politécnica de Madrid

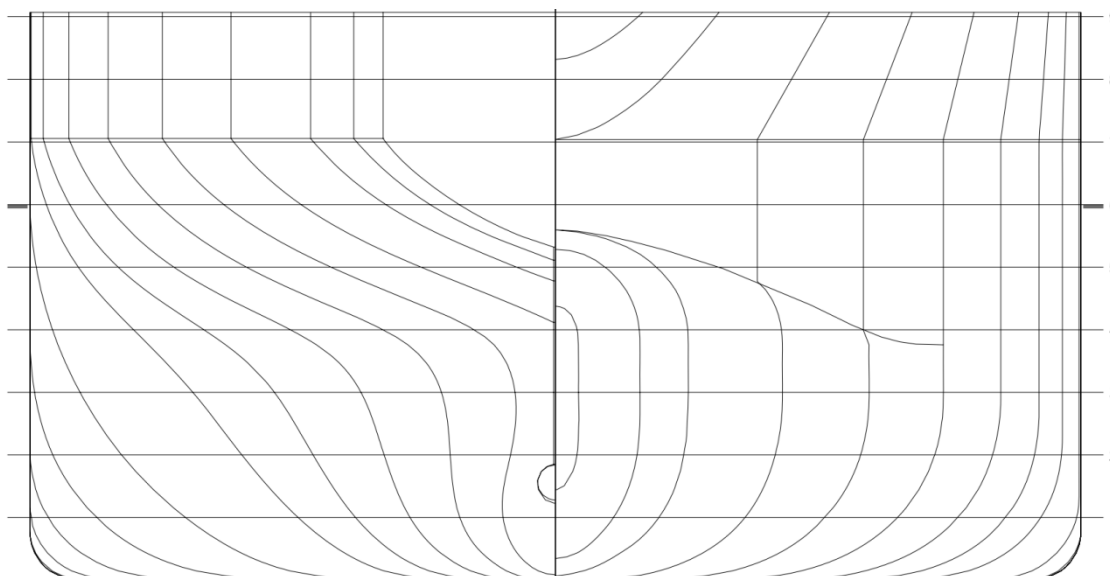


Figura 73 Caja de cuadernas del fichero Excel "Formas3.xlsx"

Fuente. Durango Ramón, José Antonio; Petrolero de crudo de 150 000 TPM, proyecto n°1731, Universidad Politécnica de Madrid

La derivación de formas requiere de la elección de unas formas base que cumplan las exigencias fundamentales del proyecto y posean parámetros de forma similar a los que se han definido durante el dimensionamiento. Por ello se han definido tres carenas diferentes entre sí en cuanto a eslora, y con coeficientes de bloque intermedios para poder ajustarse al mayor número posible de formas.

La transformación afín permite modificar las dimensiones principales del buque base para lograr las dimensiones principales del buque a proyectar. Esta transformación implica que a cada punto de la carena se le aplican las siguientes relaciones:



$$x = \frac{L_{pp}}{L_{ppb}} x_b$$

$$y = \frac{B}{B_b} y_b$$

$$z = \frac{T}{T_b} z_b$$

Dónde el subíndice b corresponde al buque base y las dimensiones sin subíndice al buque a proyectar.

En cuanto al incremento de la longitud del cuerpo cilíndrico, se trata de una transformación longitudinal y que consiste en añadir o quitar una longitud constante “M” alrededor de $L_{pp}/2$.

$$\text{Para } x_b > \frac{L_{pp}}{2} \quad x = x_b + M$$

Por otro lado, el programa permite también hacer una modificación del coeficiente prismático a la vez que se realiza una de las dos anteriores operaciones. Para ello se utilizan las siguientes expresiones:

$$\begin{array}{ll} \text{Para } 0 < x < \frac{L_{pp}}{2} & x = x_b \frac{1 - C_P}{1 - C_{PB}} \\ \text{Para } x = \frac{L_{pp}}{2} & x = x_b \\ \text{Para } \frac{L_{pp}}{2} < x < L_{PP} & x = x_b \frac{1 - C_P}{1 - C_{PB}} + \frac{C_P - C_{PB}}{1 - C_{PB}} L_{PP} \end{array}$$

Además, el programa también permite hacer una modificación del coeficiente de bloque si se va a realizar una transformación afín o un incremento del cuerpo cilíndrico. Para lo cual se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\begin{array}{ll} \text{Para } 0 < x < \frac{L_{pp}}{2} & x = x_b \frac{C_M - C_B}{C_M - C_{BB}} \\ \text{Para } x = \frac{L_{pp}}{2} & x = x_b \\ \text{Para } \frac{L_{pp}}{2} < x < L_{PP} & x = x_b \frac{C_M - C_B}{C_M - C_{BB}} + \frac{C_B - C_{BB}}{C_M - C_{BB}} L_{PP} \end{array}$$

7.6.Subrutina. Generación de formas a partir de buque base

A continuación se adjunta la subrutina que se ejecuta para la obtención de las formas a partir de los buques bases definidos previamente.



```

function [Curvadeareas,Lda1,Lda2,Lda3,Lda4,Lda5,Lda6,...
Lda7,Lda9,Lda11,Lda13,Lda15,Seccion0,Seccion1,Seccion2,Seccion3,Seccio
n4,Seccion5,Seccion6,...
Seccion7,Seccion8,Seccion9,Seccion10]=Formas2(Tipo2,Tipo3,Lppf,Bf,Tf,C
pf,Cbf,Formas)
%
%TRABAJO FIN DE MÁSTER
%Programa en MATLAB para la realización de cálculos de anteproyecto de
%diversos tipos de buque
%
%Máster Universitario en Ingeniería Naval y Oceánica
%Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica, UPCT
%Departamento de Matemática aplicada y estadística
%
%Alumno: Ramón Bernal, Vicente
%Tutor: Amat Plata, Sergio
%
%Subrutina: Obtención de formas a partir de un buque base.
%Resumen:Geometría obtenida de uno de los buques bases ejemplo y
posterior
%derivación de las formas
%
%
%Operación de cargar las formas
if Formas == 1
    Buque=xlsread('Formas1.xlsx','Datos','A1:G176');
elseif Formas == 2
    Buque=xlsread('Formas2.xlsx','Datos','A1:G176');
elseif Formas == 3
    Buque=xlsread('Formas3.xlsx','Datos','A1:G176');
end
%Asignación de secciones de buque base
Seccion0=Buque(1:16,1:3);
Seccion1=Buque(17:32,1:3);
Seccion2=Buque(33:48,1:3);
Seccion3=Buque(49:64,1:3);
Seccion4=Buque(65:80,1:3);
Seccion5=Buque(81:96,1:3);
Seccion6=Buque(97:112,1:3);
Seccion7=Buque(113:128,1:3);
Seccion8=Buque(129:144,1:3);
Seccion9=Buque(145:160,1:3);
Seccion10=Buque(161:176,1:3);
%Asignación de líneas de agua de buque base
Lda1=Buque(1:13,4:6);
Lda2=Buque(14:26,4:6);
Lda3=Buque(27:39,4:6);
Lda4=Buque(40:52,4:6);
Lda5=Buque(53:65,4:6);
Lda6=Buque(66:78,4:6);
Lda7=Buque(79:91,4:6);
Lda9=Buque(92:104,4:6);
Lda11=Buque(105:117,4:6);
Lda13=Buque(118:130,4:6);
Lda15=Buque(131:143,4:6);

```

Figura 74 Subrutina. Generación de formas a partir de buque base (I)



```

%Asignación de dimensiones y coeficientes de buque base
Lpp=Buque (6,7) ;
B=Buque (7,7) ;
T=Buque (9,7) ;
Cb=Buque (12,7) ;
Cm=Buque (13,7) ;
Cp=Buque (14,7) ;
Xb=Buque (11,7) ;

%Transformación afín
if Tipo2 == 1 || Tipo2 == 13 || Tipo2 == 14 || Tipo2 == 6
    %Modificación posición longitudinal
    if Tipo3 == 1 || Tipo3 == 4 || Tipo3 == 5 || Tipo3 == 7 || Tipo2
    == 6
        Seccion0 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Seccion0 (:,1) ;
        Seccion1 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Seccion1 (:,1) ;
        Seccion2 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Seccion2 (:,1) ;
        Seccion3 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Seccion3 (:,1) ;
        Seccion4 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Seccion4 (:,1) ;
        Seccion5 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Seccion5 (:,1) ;
        Seccion6 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Seccion6 (:,1) ;
        Seccion7 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Seccion7 (:,1) ;
        Seccion8 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Seccion8 (:,1) ;
        Seccion9 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Seccion9 (:,1) ;
        Seccion10 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Seccion10 (:,1) ;
        Lda1 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Lda1 (:,1) ;
        Lda2 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Lda2 (:,1) ;
        Lda3 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Lda3 (:,1) ;
        Lda4 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Lda4 (:,1) ;
        Lda5 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Lda5 (:,1) ;
        Lda6 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Lda6 (:,1) ;
        Lda7 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Lda7 (:,1) ;
        Lda9 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Lda9 (:,1) ;
        Lda11 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Lda11 (:,1) ;
        Lda13 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Lda13 (:,1) ;
        Lda15 (:,1)=(Lppf/Lpp)*Lda15 (:,1) ;
        Lpp=Lppf ;
    end
end

```

Figura 75 Subrutina. Generación de formas a partir de buque base (II)



```

%Modificación posición transversal
if Tipo3 == 2 || Tipo3 == 4 || Tipo3 == 6 || Tipo3 == 7 ||
Tipo2 == 6
    Seccion0(:,2)=(Bf/B)*Seccion0(:,2);
    Seccion1(:,2)=(Bf/B)*Seccion1(:,2);
    Seccion2(:,2)=(Bf/B)*Seccion2(:,2);
    Seccion3(:,2)=(Bf/B)*Seccion3(:,2);
    Seccion4(:,2)=(Bf/B)*Seccion4(:,2);
    Seccion5(:,2)=(Bf/B)*Seccion5(:,2);
    Seccion6(:,2)=(Bf/B)*Seccion6(:,2);
    Seccion7(:,2)=(Bf/B)*Seccion7(:,2);
    Seccion8(:,2)=(Bf/B)*Seccion8(:,2);
    Seccion9(:,2)=(Bf/B)*Seccion9(:,2);
    Seccion10(:,2)=(Bf/B)*Seccion10(:,2);
    Lda1(:,2)=(Bf/B)*Lda1(:,2);
    Lda2(:,2)=(Bf/B)*Lda2(:,2);
    Lda3(:,2)=(Bf/B)*Lda3(:,2);
    Lda4(:,2)=(Bf/B)*Lda4(:,2);
    Lda5(:,2)=(Bf/B)*Lda5(:,2);
    Lda6(:,2)=(Bf/B)*Lda6(:,2);
    Lda7(:,2)=(Bf/B)*Lda7(:,2);
    Lda9(:,2)=(Bf/B)*Lda9(:,2);
    Lda11(:,2)=(Bf/B)*Lda11(:,2);
    Lda13(:,2)=(Bf/B)*Lda13(:,2);
    Lda15(:,2)=(Bf/B)*Lda15(:,2);
    B=Bf;
end
%Modificación posición vertical
if Tipo3 == 3 || Tipo3 == 5 || Tipo3 == 6 || Tipo3 == 7 ||
Tipo2 == 6
    Seccion0(:,3)=(Tf/T)*Seccion0(:,3);
    Seccion1(:,3)=(Tf/T)*Seccion1(:,3);
    Seccion2(:,3)=(Tf/T)*Seccion2(:,3);
    Seccion3(:,3)=(Tf/T)*Seccion3(:,3);
    Seccion4(:,3)=(Tf/T)*Seccion4(:,3);
    Seccion5(:,3)=(Tf/T)*Seccion5(:,3);
    Seccion6(:,3)=(Tf/T)*Seccion6(:,3);
    Seccion7(:,3)=(Tf/T)*Seccion7(:,3);
    Seccion8(:,3)=(Tf/T)*Seccion8(:,3);
    Seccion9(:,3)=(Tf/T)*Seccion9(:,3);
    Seccion10(:,3)=(Tf/T)*Seccion10(:,3);
    Lda1(:,3)=(Tf/T)*Lda1(:,3);
    Lda2(:,3)=(Tf/T)*Lda2(:,3);
    Lda3(:,3)=(Tf/T)*Lda3(:,3);
    Lda4(:,3)=(Tf/T)*Lda4(:,3);
    Lda5(:,3)=(Tf/T)*Lda5(:,3);
    Lda6(:,3)=(Tf/T)*Lda6(:,3);
    Lda7(:,3)=(Tf/T)*Lda7(:,3);
    Lda9(:,3)=(Tf/T)*Lda9(:,3);
    Lda11(:,3)=(Tf/T)*Lda11(:,3);
    Lda13(:,3)=(Tf/T)*Lda13(:,3);
    Lda15(:,3)=(Tf/T)*Lda15(:,3);
    T=Tf;
end
end

```

Figura 76 Subrutina. Generación de formas a partir de buque base (III)



```

%Incremento cuerpo cilindrico
if Tipo2 == 2 || Tipo2 == 23 || Tipo2 == 24
    Aux=ones(16,1)*(Lppf-Lpp);
    Seccion5(:,1)=Aux(:,1)+Seccion5(:,1);
    Seccion6(:,1)=Aux(:,1)+Seccion6(:,1);
    Seccion7(:,1)=Aux(:,1)+Seccion7(:,1);
    Seccion8(:,1)=Aux(:,1)+Seccion8(:,1);
    Seccion9(:,1)=Aux(:,1)+Seccion9(:,1);
    Seccion10(:,1)=Aux(:,1)+Seccion10(:,1);
    Aux=ones(13,1)*(Lppf-Lpp);
    for i=1:13
        if Lda1(i,1)>Lpp/2
            Lda1(i,1)=Aux(i,1)+Lda1(i,1);
        end
        if Lda2(i,1)>Lpp/2
            Lda2(i,1)=Aux(i,1)+Lda2(i,1);
        end
        if Lda3(i,1)>Lpp/2
            Lda3(i,1)=Aux(i,1)+Lda3(i,1);
        end
        if Lda4(i,1)>Lpp/2
            Lda4(i,1)=Aux(i,1)+Lda4(i,1);
        end
        if Lda5(i,1)>Lpp/2
            Lda5(i,1)=Aux(i,1)+Lda5(i,1);
        end
        if Lda6(i,1)>Lpp/2
            Lda6(i,1)=Aux(i,1)+Lda6(i,1);
        end
        if Lda7(i,1)>Lpp/2
            Lda7(i,1)=Aux(i,1)+Lda7(i,1);
        end
        if Lda9(i,1)>Lpp/2
            Lda9(i,1)=Aux(i,1)+Lda9(i,1);
        end
        if Lda11(i,1)>Lpp/2
            Lda11(i,1)=Aux(i,1)+Lda11(i,1);
        end
        if Lda13(i,1)>Lpp/2
            Lda13(i,1)=Aux(i,1)+Lda13(i,1);
        end
        if Lda15(i,1)>Lpp/2
            Lda15(i,1)=Aux(i,1)+Lda15(i,1);
        end
    end
Lpp=Lppf;
end

```

Figura 77 Subrutina. Generación de formas a partir de buque base (IV)

```

%Modificación Cp
if Tipo2 == 4 || Tipo2 == 6 || Tipo2 == 14 || Tipo2 == 24
    Seccion0(:,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Seccion0(:,1);
    Seccion1(:,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Seccion1(:,1);
    Seccion2(:,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Seccion2(:,1);
    Seccion3(:,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Seccion3(:,1);
    Seccion4(:,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Seccion4(:,1);
    Seccion6(:,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Seccion6(:,1)+(Cpf-Cp)/(1-
Cp)*Lpp;
    Seccion7(:,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Seccion7(:,1)+(Cpf-Cp)/(1-
Cp)*Lpp;
    Seccion8(:,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Seccion8(:,1)+(Cpf-Cp)/(1-
Cp)*Lpp;
    Seccion9(:,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Seccion9(:,1)+(Cpf-Cp)/(1-
Cp)*Lpp;
    Seccion10(:,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Seccion10(:,1)+(Cpf-Cp)/(1-
Cp)*Lpp;
for i=1:13
    if Lda1(i,1)>0 && Lda1(i,1)<Lpp/2
        Lda1(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda1(i,1);
    end
    if Lda2(i,1)>0 && Lda2(i,1)<Lpp/2
        Lda2(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda2(i,1);
    end
    if Lda3(i,1)>0 && Lda3(i,1)<Lpp/2
        Lda3(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda3(i,1);
    end
    if Lda4(i,1)>0 && Lda4(i,1)<Lpp/2
        Lda4(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda4(i,1);
    end
    if Lda5(i,1)>0 && Lda5(i,1)<Lpp/2
        Lda5(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda5(i,1);
    end
    if Lda6(i,1)>0 && Lda6(i,1)<Lpp/2
        Lda6(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda6(i,1);
    end
    if Lda7(i,1)>0 && Lda7(i,1)<Lpp/2
        Lda7(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda7(i,1);
    end
    if Lda9(i,1)>0 && Lda9(i,1)<Lpp/2
        Lda9(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda9(i,1);
    end
    if Lda11(i,1)>0 && Lda11(i,1)<Lpp/2
        Lda11(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda11(i,1);
    end
    if Lda13(i,1)>0 && Lda13(i,1)<Lpp/2
        Lda13(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda13(i,1);
    end
    if Lda15(i,1)>0 && Lda15(i,1)<Lpp/2
        Lda15(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda15(i,1);
    end
    if Lda1(i,1)>Lpp/2 && Lda1(i,1)<Lpp
        Lda1(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda1(i,1)+(Cpf-Cp)/(1-Cp)*Lpp;
    end
    if Lda2(i,1)>Lpp/2 && Lda2(i,1)<Lpp
        Lda2(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda2(i,1)+(Cpf-Cp)/(1-Cp)*Lpp;
    end
end

```

Figura 78 Subrutina. Generación de formas a partir de buque base (V)



```

if Lda3(i,1)>Lpp/2 && Lda3(i,1)<Lpp
Lda3(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda3(i,1)+(Cpf-Cp)/(1-Cp)*Lpp;
end
if Lda4(i,1)>Lpp/2 && Lda4(i,1)<Lpp
Lda4(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda4(i,1)+(Cpf-Cp)/(1-Cp)*Lpp;
end
if Lda5(i,1)>Lpp/2 && Lda5(i,1)<Lpp
Lda5(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda5(i,1)+(Cpf-Cp)/(1-Cp)*Lpp;
end
if Lda6(i,1)>Lpp/2 && Lda6(i,1)<Lpp
Lda6(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda6(i,1)+(Cpf-Cp)/(1-Cp)*Lpp;
end
if Lda7(i,1)>Lpp/2 && Lda7(i,1)<Lpp
Lda7(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda7(i,1)+(Cpf-Cp)/(1-Cp)*Lpp;
end
if Lda9(i,1)>Lpp/2 && Lda9(i,1)<Lpp
Lda9(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda9(i,1)+(Cpf-Cp)/(1-Cp)*Lpp;
end
if Lda11(i,1)>Lpp/2 && Lda11(i,1)<Lpp
Lda11(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda11(i,1)+(Cpf-Cp)/(1-Cp)*Lpp;
end
if Lda13(i,1)>Lpp/2 && Lda13(i,1)<Lpp
Lda13(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda13(i,1)+(Cpf-Cp)/(1-Cp)*Lpp;
end
if Lda15(i,1)>Lpp/2 && Lda15(i,1)<Lpp
Lda15(i,1)=(1-Cpf)/(1-Cp)*Lda15(i,1)+(Cpf-Cp)/(1-Cp)*Lpp;
end
end
Cp=Cpf;
Cb=Cp*Cm;
end

%Modificación Cb
if Tipo2 == 3 || Tipo2 == 6 || Tipo2 == 13 || Tipo2 == 23
Seccion0(:,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Seccion0(:,1);
Seccion1(:,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Seccion1(:,1);
Seccion2(:,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Seccion2(:,1);
Seccion3(:,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Seccion3(:,1);
Seccion4(:,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Seccion4(:,1);
Seccion6(:,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Seccion6(:,1)+(Cb-Cb)/(Cm-
Cb)*Lpp;
Seccion7(:,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Seccion7(:,1)+(Cb-Cb)/(Cm-
Cb)*Lpp;
Seccion8(:,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Seccion8(:,1)+(Cb-Cb)/(Cm-
Cb)*Lpp;
Seccion9(:,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Seccion9(:,1)+(Cb-Cb)/(Cm-
Cb)*Lpp;
Seccion10(:,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Seccion10(:,1)+(Cb-Cb)/(Cm-
Cb)*Lpp;
for i=1:13
if Lda1(i,1)>0 && Lda1(i,1)<Lpp/2
Lda1(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda1(i,1);
end
if Lda2(i,1)>0 && Lda2(i,1)<Lpp/2
Lda2(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda2(i,1);
end
if Lda3(i,1)>0 && Lda3(i,1)<Lpp/2
Lda3(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda3(i,1);
end

```

Figura 79 Subrutina. Generación de formas a partir de buque base (VI)



```

if Lda4(i,1)>0 && Lda4(i,1)<Lpp/2
    Lda4(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda4(i,1);
end
if Lda5(i,1)>0 && Lda5(i,1)<Lpp/2
    Lda5(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda5(i,1);
end
if Lda6(i,1)>0 && Lda6(i,1)<Lpp/2
    Lda6(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda6(i,1);
end
if Lda7(i,1)>0 && Lda7(i,1)<Lpp/2
    Lda7(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda7(i,1);
end
if Lda9(i,1)>0 && Lda9(i,1)<Lpp/2
    Lda9(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda9(i,1);
end
if Lda11(i,1)>0 && Lda11(i,1)<Lpp/2
    Lda11(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda11(i,1);
end
if Lda13(i,1)>0 && Lda13(i,1)<Lpp/2
    Lda13(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda13(i,1);
end
if Lda15(i,1)>0 && Lda15(i,1)<Lpp/2
    Lda15(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda15(i,1);
end
if Lda1(i,1)>Lpp/2 && Lda1(i,1)<Lpp
    Lda1(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda1(i,1)+(Cbf-Cb)/(Cm-Cb)*Lpp;
end
if Lda2(i,1)>Lpp/2 && Lda2(i,1)<Lpp
    Lda2(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda2(i,1)+(Cbf-Cb)/(Cm-Cb)*Lpp;
end
if Lda3(i,1)>Lpp/2 && Lda3(i,1)<Lpp
    Lda3(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda3(i,1)+(Cbf-Cb)/(Cm-Cb)*Lpp;
end
if Lda4(i,1)>Lpp/2 && Lda4(i,1)<Lpp
    Lda4(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda4(i,1)+(Cbf-Cb)/(Cm-Cb)*Lpp;
end
if Lda5(i,1)>Lpp/2 && Lda5(i,1)<Lpp
    Lda5(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda5(i,1)+(Cbf-Cb)/(Cm-Cb)*Lpp;
end
if Lda6(i,1)>Lpp/2 && Lda6(i,1)<Lpp
    Lda6(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda6(i,1)+(Cbf-Cb)/(Cm-Cb)*Lpp;
end
if Lda7(i,1)>Lpp/2 && Lda7(i,1)<Lpp
    Lda7(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda7(i,1)+(Cbf-Cb)/(Cm-Cb)*Lpp;
end
if Lda9(i,1)>Lpp/2 && Lda9(i,1)<Lpp
    Lda9(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda9(i,1)+(Cbf-Cb)/(Cm-Cb)*Lpp;
end
if Lda11(i,1)>Lpp/2 && Lda11(i,1)<Lpp
    Lda11(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda11(i,1)+(Cbf-Cb)/(Cm-
Cb)*Lpp;
end
if Lda13(i,1)>Lpp/2 && Lda13(i,1)<Lpp
    Lda13(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda13(i,1)+(Cbf-Cb)/(Cm-
Cb)*Lpp;
end

```

Figura 80 Subrutina. Generación de formas a partir de buque base (VII)



```

if Lda15(i,1)>Lpp/2 && Lda15(i,1)<Lpp
    Lda15(i,1)=(Cm-Cbf)/(Cm-Cb)*Lda15(i,1)+(Cbf-Cb)/(Cm-
Cb)*Lpp;
    end
end
Cb=Cbf;
end

%Obtención curva de áreas
Curvadeareas=ones(11,2);
for i=1:11
    Curvadeareas(i,1)=Lpp/10*(i-1)*Curvadeareas(i,1);
end
Curvadeareas(1,2)=2*T/6/3*(Seccion0(1,2)+4*Seccion0(2,2)+2*Seccion0(3,
2)+...
    4*Seccion0(4,2)+2*Seccion0(5,2)+4*Seccion0(6,2)+Seccion0(7,2));
Curvadeareas(2,2)=2*T/6/3*(Seccion1(1,2)+4*Seccion1(2,2)+2*Seccion1(3,
2)+...
    4*Seccion1(4,2)+2*Seccion1(5,2)+4*Seccion1(6,2)+Seccion1(7,2));
Curvadeareas(3,2)=2*T/6/3*(Seccion2(1,2)+4*Seccion2(2,2)+2*Seccion2(3,
2)+...
    4*Seccion2(4,2)+2*Seccion2(5,2)+4*Seccion2(6,2)+Seccion2(7,2));
Curvadeareas(4,2)=2*T/6/3*(Seccion3(1,2)+4*Seccion3(2,2)+2*Seccion3(3,
2)+...
    4*Seccion3(4,2)+2*Seccion3(5,2)+4*Seccion3(6,2)+Seccion3(7,2));
Curvadeareas(5,2)=2*T/6/3*(Seccion4(1,2)+4*Seccion4(2,2)+2*Seccion4(3,
2)+...
    4*Seccion4(4,2)+2*Seccion4(5,2)+4*Seccion4(6,2)+Seccion4(7,2));
Curvadeareas(6,2)=2*T/6/3*(Seccion5(1,2)+4*Seccion5(2,2)+2*Seccion5(3,
2)+...
    4*Seccion5(4,2)+2*Seccion5(5,2)+4*Seccion5(6,2)+Seccion5(7,2));
Curvadeareas(7,2)=2*T/6/3*(Seccion6(1,2)+4*Seccion6(2,2)+2*Seccion6(3,
2)+...
    4*Seccion6(4,2)+2*Seccion6(5,2)+4*Seccion6(6,2)+Seccion6(7,2));
Curvadeareas(8,2)=2*T/6/3*(Seccion7(1,2)+4*Seccion7(2,2)+2*Seccion7(3,
2)+...
    4*Seccion7(4,2)+2*Seccion7(5,2)+4*Seccion7(6,2)+Seccion7(7,2));
Curvadeareas(9,2)=2*T/6/3*(Seccion8(1,2)+4*Seccion8(2,2)+2*Seccion8(3,
2)+...
    4*Seccion8(4,2)+2*Seccion8(5,2)+4*Seccion8(6,2)+Seccion8(7,2));
Curvadeareas(10,2)=2*T/6/3*(Seccion9(1,2)+4*Seccion9(2,2)+2*Seccion9(3,
2)+...
    4*Seccion9(4,2)+2*Seccion9(5,2)+4*Seccion9(6,2)+Seccion9(7,2));
Curvadeareas(11,2)=2*T/6/3*(Seccion10(1,2)+4*Seccion10(2,2)+2*Seccion1
0(3,2)+...
    4*Seccion10(4,2)+2*Seccion10(5,2)+4*Seccion10(6,2)+Seccion10(7,2));

```

Figura 81 Subrutina. Generación de formas a partir de buque base (VIII)

8. Módulo 3. Cálculos de Arquitectura Naval

8.1. Fundamentos para la utilización del módulo

Con las formas generadas en uno o en los dos buques, se tiene la posibilidad de seguir el transcurso del programa con el módulo de cálculos de Arquitectura Naval. En este módulo es posible consultar las hidrostáticas de la carena que se ha creado con anterioridad, así como actualizar mediante éstas el volumen de carena, coeficientes del buque y otras características geométricas del buque.

La interfaz gráfica de este módulo está compuesta por una serie de cuadros: un cuadro inicial en el lateral izquierdo superior que sirve para cargar el buque o buques de los que se desea obtener las hidrostáticas; bajo este cuadro se encuentra un cuadro en el cual el usuario especifica las curvas hidrostáticas que va a dibujar; debajo de este cuadro se encuentran los perfiles de ambos buques; y para finalizar, existen dos cuadros de mayor tamaño en el lateral derecho donde se muestran las curvas hidrostáticas dibujadas para cada uno de los buques.

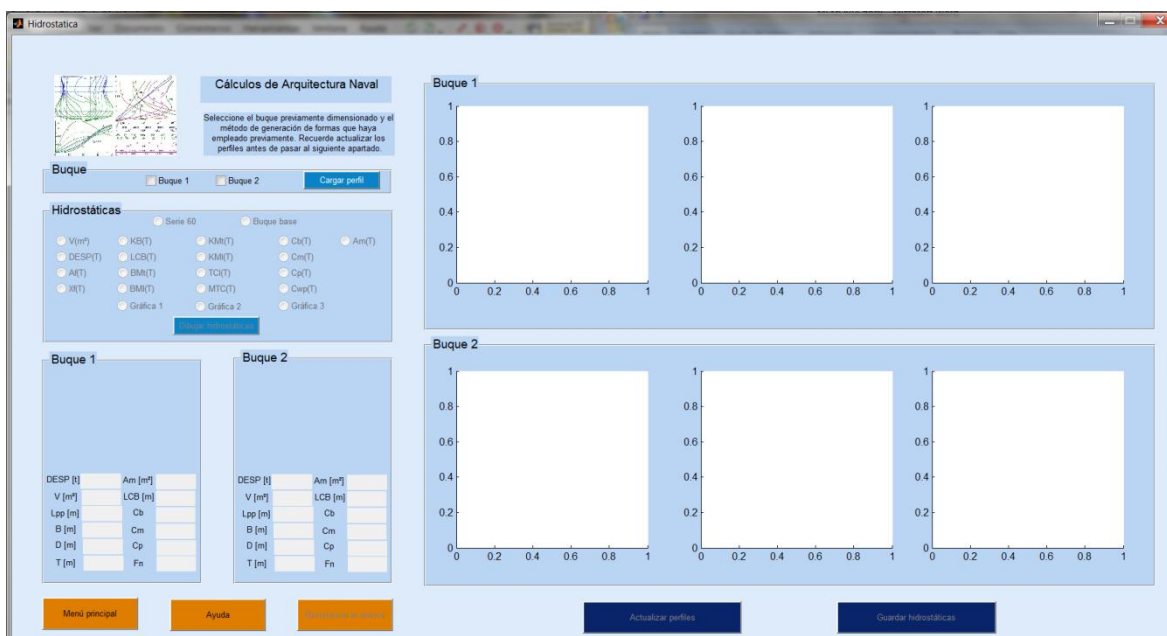


Figura 82 Apariencia del módulo de cálculos de Arquitectura Naval

Para llevar a cabo la obtención de las hidrostáticas el usuario debe seleccionar el tipo de formas que ha utilizado, ya sean definidas a partir de la Serie 60 o de un buque base, la curva hidrostática que desea representar y la gráfica donde quiere dibujarla. Si ambos buques han definido sus formas con el mismo procedimiento, la curva se dibuja en ambas gráficas superior e inferior. El fundamento de la representación de las hidrostáticas es la comparación de las mismas entre ambos buques, por lo que únicamente se dispone de un botón para realizar la acción de representarlas. Posteriormente puede ser actualizada la geometría de la carena, así como sus coeficientes y características geométricas.

8.2. Métodos de integración aproximada

Para calcular las áreas, volúmenes y momentos de las distintas líneas de agua y secciones de la carena es necesario utilizar varios métodos de integración aproximada. Los métodos de integración utilizados en estas subrutinas son la regla de los trapecios y el método de Simpson.

En la regla de los trapecios, se trata de un procedimiento que consiste en calcular el área entre dos ordenadas consecutivas como si fuera un trapecio. Para ello se divide el intervalo de integración $[a, b]$ en una serie de subintervalos, según el número de ordenadas que dispongamos, siendo el área de un intervalo k :

$$A_k = \frac{(y_{k-1} + y_k)}{2} h$$

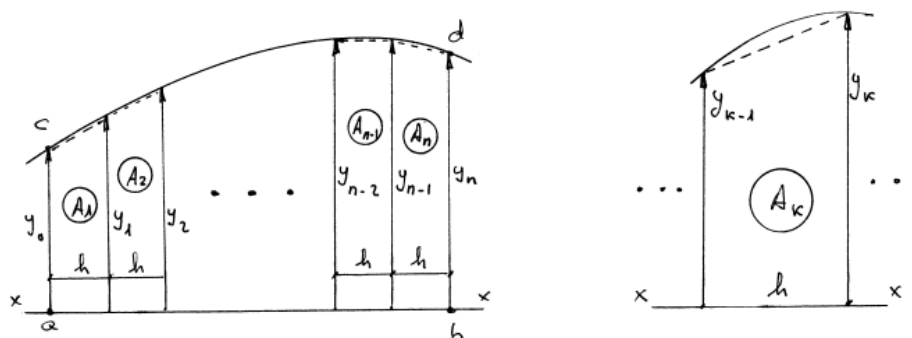


Figura 83 Integración por la regla de los trapecios

Fuente. Palomo López, Olavo: Apuntes de Hidrostática y Estabilidad, 2012. Universidad Politécnica de Cartagena

La integral resulta como:

$$I = A_1 + A_2 + \dots + A_n$$

En la integración mediante el método de Simpson, el área se calcula agrupando con tres ordenadas (primera regla) o con cuatro (segunda regla), subdividiendo el intervalo total en el mayor número posible de subintervalos, cada uno con su correspondiente número de ordenadas, separadas una distancia uniforme (h) y después sumándolos todos.

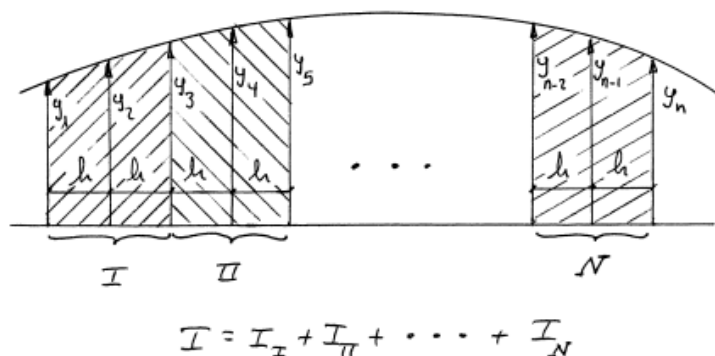


Figura 84 Subdivisión de intervalos con la primera regla de Simpson

Fuente. Palomo López, Olavo: Apuntes de Hidrostática y Estabilidad, 2012. Universidad Politécnica de Cartagena

Utilizando la primera regla de Simpson, la integral quedaría de la siguiente forma:

$$I = \frac{h}{3} [1y_1 + 4y_2 + 2y_3 + 4y_4 + \dots + 2y_{n-2} + 4y_{n-1} + 1y_n]$$

Si nos vemos obligados a utilizar la segunda regla de Simpson, la integral resulta de la siguiente forma:

$$I = \frac{3}{8}h[1y_1 + 3y_2 + 3y_3 + 2y_4 + 3y_5 + 3y_6 + 2y_7 + \dots + 2y_{n-3} + 3y_{n-2} + 3y_{n-1} + 1y_n]$$

8.3. Curvas hidrostáticas

Las curvas hidrostáticas no son más que unos diagramas que representan distintas características geométricas del buque, calculadas a partir del plano de formas o de la cartilla de trazado. Las curvas hidrostáticas que van a ser calculadas en este módulo son las siguientes:



Figura 85 Apariencia del cuadro de curvas hidrostáticas

Volumen de trazado [m ³]	$\nabla = \int_0^T A_f dz$
Desplazamiento [t]	$\Delta = \int_0^T \rho A_f dz$
Área de la flotación [m ²]	$A_f = 2 \int_{L_f} y dx$
Posición longitudinal del centro de la flotación [m]	$\overline{\otimes F} = \frac{m_{\otimes}}{A_f}$
Posición vertical del centro de carena [m]	$\overline{KB} = \frac{M_K}{\nabla}$
Posición longitudinal del centro de carena [m]	$\overline{\otimes B} = \frac{M_{\otimes}}{\nabla}$
Radio metacéntrico transversal [m]	$\overline{BM}_t = \frac{I_t}{\nabla}$
Radio metacéntrico longitudinal [m]	$\overline{BM}_l = \frac{I_l}{\nabla}$
\overline{KM}_t [m]	$\overline{KM}_t = \overline{KB} + \overline{BM}_t$

Tabla 2 Curvas hidrostáticas (I)



\overline{KM}_l [m]	$\overline{KM}_l = \overline{KB} + \overline{BM}_l$
Toneladas por centímetro de inmersión [t/cm]	$TCl = \frac{\rho A_f}{100}$
Momento para alterar el trimado un centímetro [t·m]	$MTC = \frac{I_l \rho}{100 L}$
Coefficiente de bloque	$C_B = \frac{\nabla}{L B T}$
Coefficiente de la maestra	$C_M = \frac{A_M}{B T}$
Coefficiente prismático	$C_P = \frac{\nabla}{L A_M}$
Coefficiente de la flotación	$C_f = \frac{A_f}{L B}$
Área de la maestra [m ²]	$A_M = 2 \int_0^T y dz$

Tabla 3 Curvas hidrostáticas (II)

8.4.Subrutinas. Cálculos de Arquitectura naval a partir de formas de la serie 60 y de buque base

A continuación se adjuntan las subrutinas que describen la obtención de las curvas hidrostáticas, tanto de las formas obtenidas por la Serie 60, como por derivación de las formas a partir de un buque base.

```
function
[Vol,DESP,Af,Xf,KB,LCB,BMt,BMl,KMt,KMl,Cb,Cm,Cp,Cf,TCl,MTC,Am]=Hidrost
atical(Buque)
%
%TRABAJO FIN DE MÁSTER
%Programa en MATLAB para la realización de cálculos de anteproyecto de
%diversos tipos de buque
%
%Máster Universitario en Ingeniería Naval y Oceánica
%Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica, UPCT
%Departamento de Matemática aplicada y estadística
%
%Alumno: Ramón Bernal, Vicente
%Tutor: Amat Plata, Sergio
%
%Subrutina: Obtención de las curvas hidrostáticas para la Serie 60
%Resumen:Cálculo de las curvas hidrostáticas para las formas obtenidas
a
%partir de la Serie 60
%
%
%Obtención de la cartilla de trazado
```

Figura 86 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (I)



```

if Buque == 1
    Buqueformas=xlsread('Buque1.xls','Formas1','A1:F181');
elseif Buque == 2
    Buqueformas=xlsread('Buque2.xls','Formas1','A1:F181');
end
%Definición de vectores de curvas hidrostáticas
L=Buqueformas(133,4);
Vol=zeros(8,2);
Af=zeros(8,2);
Xf=zeros(8,2);
LCB=zeros(8,2);
KB=zeros(8,2);
Bmt=zeros(8,2);
Bm1=zeros(8,2);
MTC=zeros(8,2);
Kmt=zeros(8,2);
Kml=zeros(8,2);
Cb=zeros(8,2);
Am=zeros(8,2);
Cm=zeros(8,2);
Cp=zeros(8,2);
Cf=zeros(8,2);
%%%CALCULOS PARA SERIE 60
%%%CÁLCULO DE CURVAS HIDROSTÁTICAS
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%FLOTACION 0
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% AREA FLOTACION 0
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas(2,4)-Buqueformas(1,4);
h2=Buqueformas(3,4)-Buqueformas(2,4);
h3=Buqueformas(12,4)-Buqueformas(11,4);
h4=Buqueformas(13,4)-Buqueformas(12,4);
h5=Buqueformas(22,4)-Buqueformas(21,4);
SUM1=0.5*Bুqueformas(2,5)*h1;
    for i=1:3:7

Aux=Buqueformas(1+i,5)+3*Bুqueformas(2+i,5)+3*Bုqueformas(3+i,5)+Buque
formas(4+i,5);
        SUM2=SUM2+Aux;
    end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=Buqueformas(12,5)*h3;
    for i=1:3:7

Aux=Buqueformas(11+i,5)+3*Bုqueformas(12+i,5)+3*Bုqueformas(13+i,5)+Bu
queformas(14+i,5);
        SUM4=SUM4+Aux;
    end
SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=0.5*Bုqueformas(21,5)*h5;
T0=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5);
Af(1,1)=T0;

```

Figura 87 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (II)



```

%%%%%%%%% MOMENTO FLOTACION 0
SUM2=0;
SUM4=0;
SUM1=0.5*Buqueformas (2,5) *h1* (Buqueformas (1,4)+2/3*h1) ;
    for i=1:3:7
        Aux=Buqueformas (1+i,4) *Buqueformas (1+i,5)+...
            3*Bueformas (2+i,4) *Buqueformas (2+i,5)+...
            3*Bueformas (3+i,4) *Buqueformas (3+i,5)+...
            Buqueformas (4+i,4) *Buqueformas (4+i,5) ;
        SUM2=SUM2+Aux;
    end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=Buqueformas (12,5) *h3* (Buqueformas (11,4)+h3/2) ;
    for i=1:3:7
        Aux=Buqueformas (11+i,4) *Buqueformas (11+i,5)+...
            3*Bueformas (12+i,4) *Buqueformas (12+i,5)+...
            3*Bueformas (13+i,4) *Buqueformas (13+i,5)+...
            Buqueformas (14+i,4) *Buqueformas (14+i,5) ;
        SUM4=SUM4+Aux;
    end
SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=0.5*Buqueformas (21,5) *h5* (Buqueformas (21,4)+h5/3) ;
M0=2* (SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5) ;
Xf (1,1)=M0/T0;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%FLOTACION 1
%%%%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 1
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas (24,4) -Buqueformas (23,4) ;
h2=Buqueformas (25,4) -Buqueformas (24,4) ;
h3=Buqueformas (34,4) -Buqueformas (33,4) ;
h4=Buqueformas (35,4) -Buqueformas (34,4) ;
h5=Buqueformas (44,4) -Buqueformas (43,4) ;
SUM1=0.5*Buqueformas (24,5) *h1;
    for i=1:3:7

Aux=Buqueformas (23+i,5) +3*Bueformas (24+i,5) +3*Bueformas (25+i,5) +Bu
queformas (26+i,5) ;
        SUM2=SUM2+Aux;
    end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=Buqueformas (34,5) *h3;
    for i=1:3:7

Aux=Buqueformas (33+i,5) +3*Bueformas (34+i,5) +3*Bueformas (35+i,5) +Bu
queformas (36+i,5) ;
        SUM4=SUM4+Aux;
    end
SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=0.5*Buqueformas (43,5) *h5;
T1=2* (SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5) ;
h1=Buqueformas (23,6) -Buqueformas (22,6) ;
Vol (2,1)=0.5* (T1+T0) *h1+Vol (1,1) ;
Vol (2,2)=Buqueformas (23,6) ;
Af (2,1)=T1;
Af (2,2)=Buqueformas (23,6) ;

```

Figura 88 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (III)



```

%%%%%%%%% Cb FLOTACION 1
Lb=Buqueformas (44,4)-Buqueformas (23,4);
Bb=2*Bueformas (34,5);
Cb (2,1)=Vol (2,1)/Lb/Bb/Buqueformas (23,6);
Cb (2,2)=Buqueformas (23,6);
%%%%%%%%% Cf FLOTACION 1
Cf (2,1)=Af (2,1)/Lb/Bb;
Cf (2,2)=Buqueformas (23,6);
%%%%%%%%% Cm y Am FLOTACION 1
Am (2,1)=2*(Buqueformas (88,2)+Buqueformas (87,2))*0.5*h1;
Am (2,2)=Buqueformas (23,6);
Cm (2,1)=Am (2,1)/2/Buqueformas (88,2)/Buqueformas (23,6);
if Cm (2,1)>1
    Cm (2,1)=1;
end
Cm (2,2)=Buqueformas (23,6);
%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 1
SUM2=0;
SUM4=0;
SUM1=0.5*Bueformas (24,5)*h1*(Buqueformas (23,4)+2/3*h1);
for i=1:3:7
    Aux=Buqueformas (23+i,4)*Buqueformas (23+i,5)+...
        3*Bueformas (24+i,4)*Buqueformas (24+i,5)+...
        3*Bueformas (25+i,4)*Buqueformas (25+i,5)+...
        Buqueformas (26+i,4)*Buqueformas (26+i,5);
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=Bueformas (34,5)*h3*(Buqueformas (33,4)+h3/2);
for i=1:3:7
    Aux=Buqueformas (33+i,4)*Buqueformas (33+i,5)+...
        3*Bueformas (34+i,4)*Buqueformas (34+i,5)+...
        3*Bueformas (35+i,4)*Buqueformas (35+i,5)+...
        Buqueformas (36+i,4)*Buqueformas (36+i,5);
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=0.5*Bueformas (43,5)*h5*(Buqueformas (43,4)+h5/3);
M1=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5);
Xf (2,1)=M1/T1;
Xf (2,2)=Buqueformas (23,6);
%%%%%%%%% Bmt FLOTACION 1
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas (24,4)-Buqueformas (23,4);
h2=Buqueformas (25,4)-Buqueformas (24,4);
h3=Buqueformas (34,4)-Buqueformas (33,4);
h4=Buqueformas (35,4)-Buqueformas (34,4);
h5=Buqueformas (44,4)-Buqueformas (43,4);
SUM1=(Buqueformas (24,5))^3/12*h1;
for i=1:3:7
    Aux=(2*Bueformas (23+i,5))^3/12+...
        3*(2*Bueformas (24+i,5))^3/12+...
        3*(2*Bueformas (25+i,5))^3/12+...
        (2*Bueformas (26+i,5))^3/12;
    SUM2=SUM2+Aux;
end

```

Figura 89 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (IV)



```

SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=(2*Bunqueformas(34,5))^3/12*h3;
for i=1:3:7
    Aux=(2*Bunqueformas(33+i,5))^3/12+...
        3*(2*Bunqueformas(34+i,5))^3/12+...
        3*(2*Bunqueformas(35+i,5))^3/12+...
        (2*Bunqueformas(36+i,5))^3/12;
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=(Buqueformas(43,5))^3/12*h5;
It1=SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5;
Bmt(2,1)=It1/Vol(2,1);
Bmt(2,2)=Buqueformas(23,6);
%%%%%%%%% Bm1 y MTC FLOTACION 1
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas(24,4)-Buqueformas(23,4);
h2=Buqueformas(25,4)-Buqueformas(24,4);
h3=Buqueformas(34,4)-Buqueformas(33,4);
h4=Buqueformas(35,4)-Buqueformas(34,4);
h5=Buqueformas(44,4)-Buqueformas(43,4);
SUM1=0.5*Bunqueformas(24,5)*h1*(2/3*h1+Bunqueformas(23,4))^2;
for i=1:3:7
    Aux=Bunqueformas(23+i,5)*Buqueformas(23+i,4)^2+...
        3*Bunqueformas(24+i,5)*Buqueformas(24+i,4)^2+...
        3*Bunqueformas(25+i,5)*Buqueformas(25+i,4)^2+...
        Buqueformas(26+i,5)*Buqueformas(26+i,4)^2;
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=Bunqueformas(34,5)*h3*(h3/2+Bunqueformas(33,4))^2;
for i=1:3:7
    Aux=Bunqueformas(33+i,5)*Buqueformas(33+i,4)^2+...
        3*Bunqueformas(34+i,5)*Buqueformas(34+i,4)^2+...
        3*Bunqueformas(35+i,5)*Buqueformas(35+i,4)^2+...
        Buqueformas(36+i,5)*Buqueformas(36+i,4)^2;
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=0.5*Bunqueformas(43,5)*h5*(h5/3+Bunqueformas(43,4))^2;
IL1=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5);
IL1=IL1-Xf(2,1)^2*Af(2,1);
Bm1(2,1)=IL1/Vol(2,1);
Bm1(2,2)=Buqueformas(23,6);
MTC(2,1)=IL1*1.025/100/L;
MTC(2,2)=Buqueformas(23,6);
%%%%%%%%% LCB FLOTACION 1
LCB(2,1)=(Xf(2,1)*Af(2,1)*Xf(2,2)/2+Xf(1,1)*Af(1,1)*Xf(2,2)/2)/Vol(2,1);
LCB(2,2)=Xf(2,2);
%%%%%%%%% KB FLOTACION 1
KB(2,1)=(3/4*Xf(2,2)*Af(2,1)*Xf(2,2)/2+1/4*Xf(2,2)*Af(1,1)*Xf(2,2)/2)/Vol(2,1);
KB(2,2)=Xf(2,2);

```

Figura 90 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (V)



```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%FLOTACION 2
%%%%%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 2
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas (46,4)-Buqueformas (45,4) ;
h2=Buqueformas (47,4)-Buqueformas (46,4) ;
h3=Buqueformas (56,4)-Buqueformas (55,4) ;
h4=Buqueformas (57,4)-Buqueformas (56,4) ;
h5=Buqueformas (66,4)-Buqueformas (65,4) ;
SUM1=0.5*Baqueformas (46,5) *h1;
    for i=1:3:7

Aux=Buqueformas (45+i,5) +3*Baqueformas (46+i,5) +3*Baqueformas (47+i,5) +Bu
queformas (48+i,5) ;
        SUM2=SUM2+Aux;
    end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=Baqueformas (56,5) *h3;
    for i=1:3:7

Aux=Buqueformas (55+i,5) +3*Baqueformas (56+i,5) +3*Baqueformas (57+i,5) +Bu
queformas (58+i,5) ;
        SUM4=SUM4+Aux;
    end
SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=0.5*Baqueformas (65,5) *h5;
T2=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5) ;
h1=Buqueformas (45,6) -Buqueformas (44,6) ;
Vol (3,1)=0.5*(T2+T1) *h1+Vol (2,1) ;
Vol (3,2)=Buqueformas (45,6) ;
Af (3,1)=T2;
Af (3,2)=Buqueformas (45,6) ;
%%%%%%%%%% Cb FLOTACION 2
Lb=Buqueformas (66,4) -Buqueformas (45,4) ;
Bb=2*Baqueformas (56,5) ;
Cb (3,1)=Vol (3,1) /Lb/Bb/Baqueformas (45,6) ;
Cb (3,2)=Buqueformas (45,6) ;
%%%%%%%%%% Cf FLOTACION 2
Cf (3,1)=Af (3,1) /Lb/Bb;
Cf (3,2)=Buqueformas (45,6) ;
%%%%%%%%%% Cm y Am FLOTACION 2
Am (3,1)=Am (2,1) +2*(Buqueformas (89,2) +Buqueformas (88,2) ) *0.5*h1 ;
Am (3,2)=Buqueformas (45,6) ;
Cm (3,1)=Am (3,1) /2/Baqueformas (89,2) /Buqueformas (45,6) ;
    if Cm (3,1) >1
        Cm (3,1) =1;
    end
Cm (3,2)=Buqueformas (45,6) ;

```

Figura 91 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (VI)



```

%%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 2
SUM2=0;
SUM4=0;
h1=Buqueformas (46,4)-Buqueformas (45,4);
h2=Buqueformas (47,4)-Buqueformas (46,4);
h3=Buqueformas (56,4)-Buqueformas (55,4);
h4=Buqueformas (57,4)-Buqueformas (56,4);
h5=Buqueformas (66,4)-Buqueformas (65,4);
SUM1=0.5*Bqueformas (46,5)*h1*(Buqueformas (45,4)+2/3*h1);
for i=1:3:7
    Aux=Buqueformas (45+i,4)*Buqueformas (45+i,5)+...
        3*Bqueformas (46+i,4)*Buqueformas (46+i,5)+...
        3*Bqueformas (47+i,4)*Buqueformas (47+i,5)+...
        Buqueformas (48+i,4)*Buqueformas (48+i,5);
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=Buqueformas (56,5)*h3*(Buqueformas (55,4)+h3/2);
for i=1:3:7
    Aux=Buqueformas (55+i,4)*Buqueformas (55+i,5)+...
        3*Bqueformas (56+i,4)*Buqueformas (56+i,5)+...
        3*Bqueformas (57+i,4)*Buqueformas (57+i,5)+...
        Buqueformas (58+i,4)*Buqueformas (58+i,5);
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=0.5*Bqueformas (65,5)*h5*(Buqueformas (65,4)+h5/3);
M2=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5);
Xf (3,1)=M2/T2;
Xf (3,2)=Buqueformas (45,6);
%%%%%%%%%% Bmt FLOTACION 2
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas (46,4)-Buqueformas (45,4);
h2=Buqueformas (47,4)-Buqueformas (46,4);
h3=Buqueformas (56,4)-Buqueformas (55,4);
h4=Buqueformas (57,4)-Buqueformas (56,4);
h5=Buqueformas (66,4)-Buqueformas (65,4);
SUM1=(Buqueformas (46,5))^3/12*h1;
for i=1:3:7
    Aux=(2*Bqueformas (45+i,5))^3/12+...
        3*(2*Bqueformas (46+i,5))^3/12+...
        3*(2*Bqueformas (47+i,5))^3/12+...
        (2*Bqueformas (48+i,5))^3/12;
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=(2*Bqueformas (56,5))^3/12*h3;
for i=1:3:7
    Aux=(2*Bqueformas (55+i,5))^3/12+...
        3*(2*Bqueformas (56+i,5))^3/12+...
        3*(2*Bqueformas (57+i,5))^3/12+...
        (2*Bqueformas (58+i,5))^3/12;
    SUM4=SUM4+Aux;
end

```

Figura 92 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (VII)



```

SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=(Buqueformas(65,5))^3/12*h5;
It2=SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5;
Bmt(3,1)=It2/Vol(3,1);
Bmt(3,2)=Buqueformas(45,6);
%%%%%%%%% Bm1 y MTC FLOTACION 2
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas(46,4)-Buqueformas(45,4);
h2=Buqueformas(47,4)-Buqueformas(46,4);
h3=Buqueformas(56,4)-Buqueformas(55,4);
h4=Buqueformas(57,4)-Buqueformas(56,4);
h5=Buqueformas(66,4)-Buqueformas(65,4);
SUM1=0.5*Baqueformas(46,5)*h1*(2/3*h1+Baqueformas(45,4))^2;
for i=1:3:7
    Aux=Baqueformas(45+i,5)*Baqueformas(45+i,4)^2+...
        3*Baqueformas(46+i,5)*Baqueformas(46+i,4)^2+...
        3*Baqueformas(47+i,5)*Baqueformas(47+i,4)^2+...
        Baqueformas(48+i,5)*Baqueformas(48+i,4)^2;
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=Baqueformas(56,5)*h3*(h3/2+Baqueformas(55,4))^2;
for i=1:3:7
    Aux=Baqueformas(55+i,5)*Baqueformas(55+i,4)^2+...
        3*Baqueformas(56+i,5)*Baqueformas(56+i,4)^2+...
        3*Baqueformas(57+i,5)*Baqueformas(57+i,4)^2+...
        Baqueformas(58+i,5)*Baqueformas(58+i,4)^2;
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=0.5*Baqueformas(65,5)*h5*(h5/3+Baqueformas(65,4))^2;
IL2=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5);
IL2=IL2-Xf(3,1)^2*Af(3,1);
Bm1(3,1)=IL2/Vol(3,1);
Bm1(3,2)=Buqueformas(45,6);
MTC(3,1)=IL2*1.025/100/L;
MTC(3,2)=Buqueformas(45,6);
%%%%%%%%% LCB FLOTACION 2
LCB(3,1)=(Xf(3,1)*Af(3,1)*(Xf(3,2)-Xf(2,2))/2+...
    Xf(2,1)*Af(2,1)*(Xf(3,2)-Xf(2,2))/2+LCB(2,1)*Vol(2,1))/Vol(3,1);
LCB(3,2)=Xf(3,2);
%%%%%%%%% KB FLOTACION 2
KB(3,1)=((Xf(3,2)-Xf(2,2))/2*Af(2,1)*((Xf(3,2)-Xf(2,2))/4+Xf(2,2))+...
    (Xf(3,2)-Xf(2,2))/2*Af(3,1)*((Xf(3,2)-Xf(2,2))*3/4+Xf(2,2))+...
    KB(2,1)*Vol(2,1))/Vol(3,1);
KB(3,2)=Xf(3,2);
%%%%%%%%% FLOTACION 3
%%%%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 3
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas(68,4)-Buqueformas(67,4);
h2=Buqueformas(69,4)-Buqueformas(68,4);
h3=Buqueformas(78,4)-Buqueformas(77,4);
h4=Buqueformas(79,4)-Buqueformas(78,4);
h5=Buqueformas(88,4)-Buqueformas(87,4);
SUM1=0.5*Baqueformas(68,5)*h1;

```

Figura 93 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (VIII)



```

for i=1:3:7
Aux=Buqueformas (67+i,5)+3*Baqueformas (68+i,5)+3*Baqueformas (69+i,5)+Bu
queformas (70+i,5);
SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=Baqueformas (78,5)*h3;
for i=1:3:7
Aux=Buqueformas (77+i,5)+3*Baqueformas (78+i,5)+3*Baqueformas (79+i,5)+Bu
queformas (80+i,5);
SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=0.5*Baqueformas (87,5)*h5;
T3=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5);
h1=Baqueformas (67,6)-Baqueformas (66,6);
Vol (4,1)=0.5*(T3+T2)*h1+Vol (3,1);
Vol (4,2)=Baqueformas (67,6);
Af (4,1)=T3;
Af (4,2)=Baqueformas (67,6);
%%%%%%%%% Cb FLOTACION 3
Lb=Baqueformas (88,4)-Baqueformas (67,4);
Bb=2*Baqueformas (78,5);
Cb (4,1)=Vol (4,1)/Lb/Bb/Baqueformas (67,6);
Cb (4,2)=Baqueformas (67,6);
%%%%%%%%% Cf FLOTACION 3
Cf (4,1)=Af (4,1)/Lb/Bb;
Cf (4,2)=Baqueformas (67,6);
%%%%%%%%% Cm y Am FLOTACION 3
Am (4,1)=Am (3,1)+2*(Baqueformas (90,2)+Baqueformas (89,2))*0.5*h1;
Am (4,2)=Baqueformas (67,6);
Cm (4,1)=Am (4,1)/2/Baqueformas (90,2)/Baqueformas (67,6);
if Cm (4,1)>1
Cm (4,1)=1;
end
Cm (4,2)=Baqueformas (67,6);
%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 3
SUM2=0;
SUM4=0;
h1=Baqueformas (68,4)-Baqueformas (67,4);
h2=Baqueformas (69,4)-Baqueformas (68,4);
h3=Baqueformas (78,4)-Baqueformas (77,4);
h4=Baqueformas (79,4)-Baqueformas (78,4);
h5=Baqueformas (88,4)-Baqueformas (87,4);
SUM1=0.5*Baqueformas (68,5)*h1*(Baqueformas (67,4)+2/3*h1);
for i=1:3:7
Aux=Baqueformas (67+i,4)*Baqueformas (67+i,5)+...
3*Baqueformas (68+i,4)*Baqueformas (68+i,5)+...
3*Baqueformas (69+i,4)*Baqueformas (69+i,5)+...
Baqueformas (70+i,4)*Baqueformas (70+i,5);
SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=Baqueformas (78,5)*h3*(Baqueformas (77,4)+h3/2);

```

Figura 94 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (IX)



```

for i=1:3:7
    Aux=Buqueformas (77+i, 4) *Buqueformas (77+i, 5)+...
        3*Baqueformas (78+i, 4) *Buqueformas (78+i, 5)+...
        3*Baqueformas (79+i, 4) *Buqueformas (79+i, 5)+...
        Buqueformas (80+i, 4) *Buqueformas (80+i, 5) ;
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=0.5*Baqueformas (87, 5) *h5* (Buqueformas (87, 4) +h5/3) ;
M3=2* (SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5) ;
Xf (4, 1)=M3/T3;
Xf (4, 2)=Buqueformas (67, 6) ;
%%%%%% BMT FLOTACION 3
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Baqueformas (68, 4) -Buqueformas (67, 4) ;
h2=Baqueformas (69, 4) -Buqueformas (68, 4) ;
h3=Baqueformas (78, 4) -Buqueformas (77, 4) ;
h4=Baqueformas (79, 4) -Buqueformas (78, 4) ;
h5=Baqueformas (88, 4) -Buqueformas (87, 4) ;
SUM1=(Buqueformas (68, 5) ) ^3/12*h1;
    for i=1:3:7
        Aux=(2*Baqueformas (67+i, 5) ) ^3/12+...
            3*(2*Baqueformas (68+i, 5) ) ^3/12+...
            3*(2*Baqueformas (69+i, 5) ) ^3/12+...
            (2*Baqueformas (70+i, 5) ) ^3/12;
        SUM2=SUM2+Aux;
    end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=(2*Baqueformas (78, 5) ) ^3/12*h3;
for i=1:3:7
    Aux=(2*Baqueformas (77+i, 5) ) ^3/12+...
        3*(2*Baqueformas (78+i, 5) ) ^3/12+...
        3*(2*Baqueformas (79+i, 5) ) ^3/12+...
        (2*Baqueformas (80+i, 5) ) ^3/12;
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=(Buqueformas (87, 5) ) ^3/12*h5;
It3=SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5;
BMT (4, 1)=It3/Vol (4, 1) ;
BMT (4, 2)=Buqueformas (67, 6) ;
%%%%%% BML Y MTC FLOTACION 3
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Baqueformas (68, 4) -Buqueformas (67, 4) ;
h2=Baqueformas (69, 4) -Buqueformas (68, 4) ;
h3=Baqueformas (78, 4) -Buqueformas (77, 4) ;
h4=Baqueformas (79, 4) -Buqueformas (78, 4) ;
h5=Baqueformas (88, 4) -Buqueformas (87, 4) ;
SUM1=0.5*Baqueformas (68, 5) *h1*(2/3*h1+Buqueformas (67, 4) ) ^2;

```

Figura 95 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (X)



```

for i=1:3:7
    Aux=Buqueformas (67+i, 5) *Buqueformas (67+i, 4) ^2+...
        3*Baqueformas (68+i, 5) *Buqueformas (68+i, 4) ^2+...
        3*Baqueformas (69+i, 5) *Buqueformas (69+i, 4) ^2+...
        Buqueformas (70+i, 5) *Buqueformas (70+i, 4) ^2;
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=Baqueformas (78, 5) *h3* (h3/2+Baqueformas (77, 4) ) ^2;
for i=1:3:7
    Aux=Baqueformas (77+i, 5) *Buqueformas (77+i, 4) ^2+...
        3*Baqueformas (78+i, 5) *Buqueformas (78+i, 4) ^2+...
        3*Baqueformas (79+i, 5) *Buqueformas (79+i, 4) ^2+...
        Buqueformas (80+i, 5) *Buqueformas (80+i, 4) ^2;
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=0.5*Baqueformas (87, 5) *h5* (h5/3+Baqueformas (87, 4) ) ^2;
IL3=2* (SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5) ;
IL3=IL3-Xf (4, 1) ^2*Af (4, 1) ;
BM1 (4, 1)=IL3/Vol (4, 1) ;
BM1 (4, 2)=Baqueformas (67, 6) ;
MTC (4, 1)=IL3*1.025/100/L;
MTC (4, 2)=Baqueformas (67, 6) ;
%%%%%%%%% LCB FLOTACION 3
LCB (4, 1)=(Xf (4, 1) *Af (4, 1) * (Xf (4, 2) -Xf (3, 2) ) /2+...
    Xf (3, 1) *Af (3, 1) * (Xf (4, 2) -Xf (3, 2) ) /2+LCB (3, 1) *Vol (3, 1) ) /Vol (4, 1) ;
LCB (4, 2)=Xf (4, 2) ;
%%%%%%%%% KB FLOTACION 3
KB (4, 1)= ( (Xf (4, 2) -Xf (3, 2) ) /2*Af (3, 1) * ( (Xf (4, 2) -Xf (3, 2) ) /4+Xf (3, 2) ) +...
    (Xf (4, 2) -Xf (3, 2) ) /2*Af (4, 1) * ( (Xf (4, 2) -Xf (3, 2) ) *3/4+Xf (3, 2) ) +...
    KB (3, 1) *Vol (3, 1) ) /Vol (4, 1) ;
KB (4, 2)=Xf (4, 2) ;
%%%%%%%%% FLOTACION 4
%%%%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 4
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Baqueformas (90, 4) -Baqueformas (89, 4) ;
h2=Baqueformas (91, 4) -Baqueformas (90, 4) ;
h3=Baqueformas (100, 4) -Baqueformas (99, 4) ;
h4=Baqueformas (101, 4) -Baqueformas (100, 4) ;
h5=Baqueformas (110, 4) -Baqueformas (109, 4) ;
SUM1=0.5*Baqueformas (90, 5) *h1;
    for i=1:3:7

Aux=Baqueformas (89+i, 5) +3*Baqueformas (90+i, 5) +3*Baqueformas (91+i, 5) +Bu
queformas (92+i, 5) ;
        SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=Baqueformas (100, 5) *h3;
for i=1:3:7

Aux=Baqueformas (99+i, 5) +3*Baqueformas (100+i, 5) +3*Baqueformas (101+i, 5) +
Baqueformas (102+i, 5) ;
        SUM4=SUM4+Aux;
end

```

Figura 96 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XI)



```

SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=0.5*Buqueformas(109,5)*h5;
T4=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5);
h1=Buqueformas(89,6)-Buqueformas(88,6);
Vol(5,1)=0.5*(T4+T3)*h1+Vol(4,1);
Vol(5,2)=Buqueformas(89,6);
Af(5,1)=T4;
Af(5,2)=Buqueformas(89,6);
%%%%%%%%% Cb FLOTACION 4
Lb=Buqueformas(110,4)-Buqueformas(89,4);
Bb=2*Buqueformas(100,5);
Cb(5,1)=Vol(5,1)/Lb/Bb/Buqueformas(89,6);
Cb(5,2)=Buqueformas(89,6);
%%%%%%%%% Cf FLOTACION 4
Cf(5,1)=Af(5,1)/Lb/Bb;
Cf(5,2)=Buqueformas(89,6);
%%%%%%%%% Cm y Am FLOTACION 4
Am(5,1)=Am(4,1)+2*(Buqueformas(91,2)+Buqueformas(90,2))*0.5*h1;
Am(5,2)=Buqueformas(89,6);
Cm(5,1)=Am(5,1)/2/Buqueformas(91,2)/Buqueformas(89,6);
if Cm(5,1)>1
    Cm(5,1)=1;
end
Cm(5,2)=Buqueformas(89,6);
%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 4
SUM2=0;
SUM4=0;
h1=Buqueformas(90,4)-Buqueformas(89,4);
h2=Buqueformas(91,4)-Buqueformas(90,4);
h3=Buqueformas(100,4)-Buqueformas(99,4);
h4=Buqueformas(101,4)-Buqueformas(100,4);
h5=Buqueformas(110,4)-Buqueformas(109,4);
SUM1=0.5*Buqueformas(90,5)*h1*(Buqueformas(89,4)+2/3*h1);
for i=1:3:7
    Aux=Buqueformas(89+i,4)*Buqueformas(89+i,5)+...
        3*Buqueformas(90+i,4)*Buqueformas(90+i,5)+...
        3*Buqueformas(91+i,4)*Buqueformas(91+i,5)+...
        Buqueformas(92+i,4)*Buqueformas(92+i,5);
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=Buqueformas(100,5)*h3*(Buqueformas(99,4)+h3/2);
for i=1:3:7
    Aux=Buqueformas(99+i,4)*Buqueformas(99+i,5)+...
        3*Buqueformas(100+i,4)*Buqueformas(100+i,5)+...
        3*Buqueformas(101+i,4)*Buqueformas(101+i,5)+...
        Buqueformas(102+i,4)*Buqueformas(102+i,5);
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=0.5*Buqueformas(109,5)*h5*(Buqueformas(109,4)+h5/3);
M4=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5);
Xf(5,1)=M4/T4;
Xf(5,2)=Buqueformas(89,6);
    
```

Figura 97 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XII)



```

%%%%%%%%% BMT FLOTACION 4
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas (90,4)-Buqueformas (89,4);
h2=Buqueformas (91,4)-Buqueformas (90,4);
h3=Buqueformas (100,4)-Buqueformas (99,4);
h4=Buqueformas (101,4)-Buqueformas (100,4);
h5=Buqueformas (110,4)-Buqueformas (109,4);
SUM1=(Buqueformas (90,5))^3/12*h1;
for i=1:3:7
    Aux=(2*Bুqueformas (89+i,5))^3/12+...
        3*(2*Bုqueformas (90+i,5))^3/12+...
        3*(2*Bုqueformas (91+i,5))^3/12+...
        (2*Bုqueformas (92+i,5))^3/12;
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=(2*Bုqueformas (100,5))^3/12*h3;
for i=1:3:7
    Aux=(2*Bုqueformas (99+i,5))^3/12+...
        3*(2*Bုqueformas (100+i,5))^3/12+...
        3*(2*Bုqueformas (101+i,5))^3/12+...
        (2*Bုqueformas (102+i,5))^3/12;
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=(Buqueformas (109,5))^3/12*h5;
It4=SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5;
BMT (5,1)=It4/Vol (5,1);
BMT (5,2)=Buqueformas (89,6);
%%%%%%%%% BMT Y MTC FLOTACION 4
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas (90,4)-Buqueformas (89,4);
h2=Buqueformas (91,4)-Buqueformas (90,4);
h3=Buqueformas (100,4)-Buqueformas (99,4);
h4=Buqueformas (101,4)-Buqueformas (100,4);
h5=Buqueformas (110,4)-Buqueformas (109,4);
SUM1=0.5*Bုqueformas (90,5)*h1*(2/3*h1+Buqueformas (89,4))^2;
for i=1:3:7
    Aux=Bုqueformas (89+i,5)*Bုqueformas (89+i,4)^2+...
        3*Bုqueformas (90+i,5)*Bုqueformas (90+i,4)^2+...
        3*Bုqueformas (91+i,5)*Bုqueformas (91+i,4)^2+...
        Bုqueformas (92+i,5)*Bုqueformas (92+i,4)^2;
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2*3/8*SUM2;
SUM3=Bုqueformas (100,5)*h3*(h3/2+Buqueformas (99,4))^2;
for i=1:3:7
    Aux=Bုqueformas (99+i,5)*Bုqueformas (99+i,4)^2+...
        3*Bုqueformas (100+i,5)*Bုqueformas (100+i,4)^2+...
        3*Bုqueformas (101+i,5)*Bုqueformas (101+i,4)^2+...
        Bုqueformas (102+i,5)*Bုqueformas (102+i,4)^2;
    SUM4=SUM4+Aux;
end

```

Figura 98 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XIII)



```

SUM4=h4*3/8*SUM4;
SUM5=0.5*Buqueformas(109,5)*h5*(h5/3+Buqueformas(109,4))^2;
IL4=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5);
IL4=IL4-Xf(5,1)^2*Af(5,1);
BM1(5,1)=IL4/Vol(5,1);
BM1(5,2)=Buqueformas(89,6);
MTC(5,1)=IL4*1.025/100/L;
MTC(5,2)=Buqueformas(89,6);
%%%%%%%%% LCB FLOTACION 4
LCB(5,1)=(Xf(5,1)*Af(5,1)*(Xf(5,2)-Xf(4,2))/2+...
          Xf(4,1)*Af(4,1)*(Xf(5,2)-Xf(4,2))/2+LCB(4,1)*Vol(4,1))/Vol(5,1);
LCB(5,2)=Xf(5,2);
%%%%%%%%% KB FLOTACION 4
KB(5,1)=((Xf(5,2)-Xf(4,2))/2*Af(4,1)*((Xf(5,2)-Xf(4,2))/4+Xf(4,2))+...
          (Xf(5,2)-Xf(4,2))/2*Af(5,1)*((Xf(5,2)-Xf(4,2))*3/4+Xf(4,2))+...
          KB(4,1)*Vol(4,1))/Vol(5,1);
KB(5,2)=Xf(5,2);
%%%%%%%%% FLOTACION 5
%%%%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 5
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas(112,4)-Buqueformas(111,4);
h2=Buqueformas(113,4)-Buqueformas(112,4);
h3=Buqueformas(123,4)-Buqueformas(122,4);
h4=Buqueformas(124,4)-Buqueformas(123,4);
SUM1=0.5*Buqueformas(112,5)*h1;
for i=1:2:9

Aux=Buqueformas(111+i,5)+4*Buqueformas(112+i,5)+Buqueformas(113+i,5);
SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2/3*SUM2;
SUM3=Buqueformas(123,5)*h3;
for i=1:2:9

Aux=Buqueformas(122+i,5)+4*Buqueformas(123+i,5)+Buqueformas(124+i,5);
SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4/3*SUM4;
T5=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4);
h1=Buqueformas(111,6)-Buqueformas(110,6);
Vol(6,1)=0.5*(T5+T4)*h1+Vol(5,1);
Vol(6,2)=Buqueformas(111,6);
Af(6,1)=T5;
Af(6,2)=Buqueformas(111,6);
%%%%%%%%% Cb FLOTACION 5
Lb=Buqueformas(133,4)-Buqueformas(111,4);
Bb=2*Buqueformas(123,5);
Cb(6,1)=Vol(6,1)/Lb/Bb/Buqueformas(111,6);
Cb(6,2)=Buqueformas(111,6);
%%%%%%%%% Cf FLOTACION 5
Cf(6,1)=Af(6,1)/Lb/Bb;
Cf(6,2)=Buqueformas(111,6);

```

Figura 99 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XIV)



```

%%%%%%%%% Cm y Am FLOTACION 5
Am (6,1)=Am (5,1)+2*(Buqueformas (91,2)+Buqueformas (92,2))*0.5*h1;
Am (6,2)=Buqueformas (111,6);
Cm (6,1)=Am (6,1)/2/Buqueformas (92,2)/Buqueformas (111,6);
if Cm (6,1)>1
    Cm (6,1)=1;
end
Cm (6,2)=Buqueformas (111,6);
%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 5
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas (112,4)-Buqueformas (111,4);
h2=Buqueformas (113,4)-Buqueformas (112,4);
h3=Buqueformas (123,4)-Buqueformas (122,4);
h4=Buqueformas (124,4)-Buqueformas (123,4);
SUM1=0.5*Bueformas (112,5)*h1*(Buqueformas (111,4)+2/3*h1);
for i=1:2:9
    Aux=Buqueformas (111+i,4)*Buqueformas (111+i,5)+...
        4*Bueformas (112+i,4)*Buqueformas (112+i,5)+...
        Buqueformas (113+i,4)*Buqueformas (113+i,5);
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2/3*SUM2;
SUM3=Buqueformas (123,5)*h3*(Buqueformas (122,4)+h3/2);
for i=1:2:9
    Aux=Buqueformas (122+i,4)*Buqueformas (122+i,5)+...
        4*Bueformas (123+i,4)*Buqueformas (123+i,5)+...
        Buqueformas (124+i,4)*Buqueformas (124+i,5);
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4/3*SUM4;
M5=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4);
Xf (6,1)=M5/T5;
Xf (6,2)=Buqueformas (111,6);
%%%%%%%%% Bmt FLOTACION 5
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas (112,4)-Buqueformas (111,4);
h2=Buqueformas (113,4)-Buqueformas (112,4);
h3=Buqueformas (123,4)-Buqueformas (122,4);
h4=Buqueformas (124,4)-Buqueformas (123,4);
SUM1=(Buqueformas (112,5))^3/12*h1;
for i=1:2:9
    Aux=(2*Bueformas (111+i,5))^3/12+...
        4*(2*Bueformas (112+i,5))^3/12+...
        (2*Bueformas (113+i,5))^3/12;
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2/3*SUM2;
SUM3=(2*Bueformas (123,5))^3/12*h3;
for i=1:2:9
    Aux=(2*Bueformas (122+i,5))^3/12+...
        4*(2*Bueformas (123+i,5))^3/12+...
        (2*Bueformas (124+i,5))^3/12;
    SUM4=SUM4+Aux;
end

```

Figura 100 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XV)



```

SUM4=h4/3*SUM4;
It5=SUM1+SUM2+SUM3+SUM4;
Bmt(6,1)=It5/Vol(6,1);
Bmt(6,2)=Buqueformas(111,6);
%%%%%%%%% BML Y MTC FLOTACION 5
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas(112,4)-Buqueformas(111,4);
h2=Buqueformas(113,4)-Buqueformas(112,4);
h3=Buqueformas(123,4)-Buqueformas(122,4);
h4=Buqueformas(124,4)-Buqueformas(123,4);
SUM1=0.5*Bুqueformas(112,5)*h1*(2/3*h1+Bুqueformas(111,4))^2;
for i=1:2:9
    Aux=Buqueformas(111+i,5)*Buqueformas(111+i,4)^2+...
        4*Bုqueformas(112+i,5)*Buqueformas(112+i,4)^2+...
        Buqueformas(113+i,5)*Buqueformas(113+i,4)^2;
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2/3*SUM2;
SUM3=Buqueformas(123,5)*h3*(h3/2+Bုqueformas(122,4))^2;
for i=1:2:9
    Aux=Buqueformas(122+i,5)*Buqueformas(122+i,4)^2+...
        4*Bုqueformas(123+i,5)*Buqueformas(123+i,4)^2+...
        Buqueformas(124+i,5)*Buqueformas(124+i,4)^2;
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4/3*SUM4;
IL5=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4);
IL5=IL5-Xf(6,1)^2*Af(6,1);
BML(6,1)=IL5/Vol(6,1);
BML(6,2)=Buqueformas(111,6);
MTC(6,1)=IL5*1.025/100/L;
MTC(6,2)=Buqueformas(111,6);
%%%%%%%%% LCB FLOTACION 5
LCB(6,1)=(Xf(6,1)*Af(6,1)*(Xf(6,2)-Xf(5,2))/2+...
    Xf(5,1)*Af(5,1)*(Xf(6,2)-Xf(5,2))/2+LCB(5,1)*Vol(5,1))/Vol(6,1);
LCB(6,2)=Xf(6,2);
%%%%%%%%% KB FLOTACION 5
KB(6,1)=((Xf(6,2)-Xf(5,2))/2*Af(5,1)*((Xf(6,2)-Xf(5,2))/4+Xf(5,2))+...
    (Xf(6,2)-Xf(5,2))/2*Af(6,1)*((Xf(6,2)-Xf(5,2))*3/4+Xf(5,2))+...
    KB(5,1)*Vol(5,1))/Vol(6,1);
KB(6,2)=Xf(6,2);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%FLOTACION 6
%%%%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 6
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas(135,4)-Buqueformas(134,4);
h2=Buqueformas(136,4)-Buqueformas(135,4);
h3=Buqueformas(146,4)-Buqueformas(145,4);
h4=Buqueformas(147,4)-Buqueformas(146,4);
h5=Buqueformas(157,4)-Buqueformas(156,4);
SUM1=0.5*Bုqueformas(135,5)*h1;
for i=1:2:9
    Aux=Buqueformas(134+i,5)+4*Bုqueformas(135+i,5)+Buqueformas(136+i,5);
    SUM2=SUM2+Aux;
end

```

Figura 101 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XVI)



```

SUM2=h2/3*SUM2;
SUM3=Buqueformas (146,5) *h3;
for i=1:2:9
    Aux=Buqueformas (145+i,5) +4*Baqueformas (146+i,5) +Buqueformas (147+i,5) ;
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4/3*SUM4;
SUM5=0.5*Baqueformas (156,5) *h5;
T6=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5) ;
h1=Baqueformas (134,6) -Buqueformas (133,6) ;
Vol (7,1)=0.5*(T6+T5) *h1+Vol (6,1) ;
Vol (7,2)=Buqueformas (134,6) ;
Af (7,1)=T6;
Af (7,2)=Buqueformas (134,6) ;
%%%%%%%%% Cb FLOTACION 6
Lb=Baqueformas (157,4) -Buqueformas (134,4) ;
Bb=2*Baqueformas (146,5) ;
Cb (7,1)=Vol (7,1) /Lb/Bb/Baqueformas (134,6) ;
Cb (7,2)=Buqueformas (134,6) ;
%%%%%%%%% Cf FLOTACION 6
Cf (7,1)=Af (7,1) /Lb/Bb;
Cf (7,2)=Buqueformas (134,6) ;
%%%%%%%%% Cm y Am FLOTACION 6
Am (7,1)=Am (6,1) +2*(Buqueformas (92,2) +Buqueformas (93,2) ) *0.5*h1;
Am (7,2)=Buqueformas (134,6) ;
Cm (7,1)=Am (7,1) /2/Baqueformas (93,2) /Buqueformas (134,6) ;
if Cm (7,1) >1
    Cm (7,1) =1;
end
Cm (7,2) =Buqueformas (134,6) ;
%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 6
SUM2=0;
SUM4=0;
h1=Baqueformas (135,4) -Buqueformas (134,4) ;
h2=Baqueformas (136,4) -Buqueformas (135,4) ;
h3=Baqueformas (146,4) -Buqueformas (145,4) ;
h4=Baqueformas (147,4) -Buqueformas (146,4) ;
h5=Baqueformas (157,4) -Buqueformas (156,4) ;
SUM1=0.5*Baqueformas (135,5) *h1* (Buqueformas (134,4) +2/3*h1) ;
for i=1:2:9
    Aux=Baqueformas (134+i,4) *Buqueformas (134+i,5) +...
        4*Baqueformas (135+i,4) *Buqueformas (135+i,5) +...
        Buqueformas (136+i,4) *Buqueformas (136+i,5) ;
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2/3*SUM2;
SUM3=Baqueformas (146,5) *h3* (Buqueformas (145,4) +h3/2) ;
for i=1:2:9
    Aux=Baqueformas (145+i,4) *Buqueformas (145+i,5) +...
        4*Baqueformas (146+i,4) *Buqueformas (146+i,5) +...
        Buqueformas (147+i,4) *Buqueformas (147+i,5) ;
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4/3*SUM4;
SUM5=0.5*Baqueformas (156,5) *h5* (Buqueformas (156,4) +h5/3) ;
M6=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5) ;
Xf (7,1) =M6/T6;
Xf (7,2) =Buqueformas (134,6) ;

```

Figura 102 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XVII)



```

%%%%%%%%% BMT FLOTACION 6
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas (135,4)-Buqueformas (134,4) ;
h2=Buqueformas (136,4)-Buqueformas (135,4) ;
h3=Buqueformas (146,4)-Buqueformas (145,4) ;
h4=Buqueformas (147,4)-Buqueformas (146,4) ;
h5=Buqueformas (157,4)-Buqueformas (156,4) ;
SUM1=(Buqueformas (135,5) )^3/12*h1;
for i=1:2:9
    Aux=(2*Baqueformas (134+i,5) )^3/12+...
        4*(2*Baqueformas (135+i,5) )^3/12+...
        (2*Baqueformas (136+i,5) )^3/12;
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2/3*SUM2;
SUM3=(2*Baqueformas (146,5) )^3/12*h3;
for i=1:2:9
    Aux=(2*Baqueformas (145+i,5) )^3/12+...
        4*(2*Baqueformas (146+i,5) )^3/12+...
        (2*Baqueformas (147+i,5) )^3/12;
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4/3*SUM4;
SUM5=(Buqueformas (156,5) )^3/12*h5;
It6=SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5;
BMT (7,1)=It6/Vol (7,1) ;
BMT (7,2)=Buqueformas (134,6) ;
%%%%%%%%% BML Y MTC FLOTACION 6
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas (135,4)-Buqueformas (134,4) ;
h2=Buqueformas (136,4)-Buqueformas (135,4) ;
h3=Buqueformas (146,4)-Buqueformas (145,4) ;
h4=Buqueformas (147,4)-Buqueformas (146,4) ;
h5=Buqueformas (157,4)-Buqueformas (156,4) ;
SUM1=0.5*Baqueformas (135,5) *h1*(2/3*h1+Baqueformas (134,4) )^2;
for i=1:2:9
    Aux=Baqueformas (134+i,5) *Baqueformas (134+i,4) ^2+...
        4*Baqueformas (135+i,5) *Baqueformas (135+i,4) ^2+...
        Baqueformas (136+i,5) *Baqueformas (136+i,4) ^2;
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2/3*SUM2;
SUM3=Baqueformas (146,5) *h3*(h3/2+Baqueformas (145,4) )^2;
for i=1:2:9
    Aux=Baqueformas (145+i,5) *Baqueformas (145+i,4) ^2+...
        4*Baqueformas (146+i,5) *Baqueformas (146+i,4) ^2+...
        Baqueformas (147+i,5) *Baqueformas (147+i,4) ^2;
    SUM4=SUM4+Aux;
end

```

Figura 103 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XVIII)



```

SUM4=h4/3*SUM4;
SUM5=0.5*Buqueformas(156,5)*h5*(h5/3+Buqueformas(156,4))^2;
IL6=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5);
IL6=IL6-Xf(7,1)^2*Af(7,1);
BM1(7,1)=IL6/Vol(7,1);
BM1(7,2)=Buqueformas(134,6);
MTC(7,1)=IL6*1.025/100/L;
MTC(7,2)=Buqueformas(134,6);
%%%%%%%%% LCB FLOTACION 6
LCB(7,1)=(Xf(7,1)*Af(7,1)*(Xf(7,2)-Xf(6,2))/2+...
          Xf(6,1)*Af(6,1)*(Xf(7,2)-Xf(6,2))/2+LCB(6,1)*Vol(6,1))/Vol(7,1);
LCB(7,2)=Xf(7,2);
%%%%%%%%% KB FLOTACION 6
KB(7,1)=((Xf(7,2)-Xf(6,2))/2*Af(6,1)*((Xf(7,2)-Xf(6,2))/4+Xf(6,2))+...
          (Xf(7,2)-Xf(6,2))/2*Af(7,1)*((Xf(7,2)-Xf(6,2))*3/4+Xf(6,2))+...
          KB(6,1)*Vol(6,1))/Vol(7,1);
KB(7,2)=Xf(7,2);
%%%%%%%%% FLOTACION 7
%%%%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 7
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas(159,4)-Buqueformas(158,4);
h2=Buqueformas(160,4)-Buqueformas(159,4);
h3=Buqueformas(170,4)-Buqueformas(169,4);
h4=Buqueformas(171,4)-Buqueformas(170,4);
h5=Buqueformas(181,4)-Buqueformas(180,4);
SUM1=0.5*Buqueformas(159,5)*h1;
for i=1:2:9

Aux=Buqueformas(158+i,5)+4*Buqueformas(159+i,5)+Buqueformas(160+i,5);
SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2/3*SUM2;
SUM3=Buqueformas(170,5)*h3;
for i=1:2:9

Aux=Buqueformas(169+i,5)+4*Buqueformas(170+i,5)+Buqueformas(171+i,5);
SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4/3*SUM4;
SUM5=0.5*Buqueformas(180,5)*h5;
T7=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5);
h1=Buqueformas(158,6)-Buqueformas(157,6);
Vol(8,1)=0.5*(T7+T6)*h1+Vol(7,1);
Vol(8,2)=Buqueformas(158,6);
Af(8,1)=T7;
Af(8,2)=Buqueformas(158,6);
%%%%%%%%% Cb FLOTACION 7
Lb=Buqueformas(181,4)-Buqueformas(158,4);
Bb=2*Buqueformas(170,5);
Cb(8,1)=Vol(8,1)/Lb/Bb/Buqueformas(158,6);
Cb(8,2)=Buqueformas(158,6);
%%%%%%%%% Cf FLOTACION 7
Cf(8,1)=Af(8,1)/Lb/Bb;
Cf(8,2)=Buqueformas(158,6);

```

Figura 104 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XIX)



```

%%%%%%%%%% Cm y Am FLOTACION 7
Am (8,1)=Am (7,1)+2*(Buqueformas (94,2)+Buqueformas (93,2))*0.5*h1;
Am (8,2)=Buqueformas (158,6);
Cm (8,1)=Am (8,1)/2/Buqueformas (94,2)/Buqueformas (158,6);
if Cm (8,1)>1
    Cm (8,1)=1;
end
Cm (8,2)=Buqueformas (158,6);
%%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 7
SUM2=0;
SUM4=0;
h1=Buqueformas (159,4)-Buqueformas (158,4);
h2=Buqueformas (160,4)-Buqueformas (159,4);
h3=Buqueformas (170,4)-Buqueformas (169,4);
h4=Buqueformas (171,4)-Buqueformas (170,4);
h5=Buqueformas (181,4)-Buqueformas (180,4);
SUM1=0.5*Bueformas (159,5)*h1*(Buqueformas (158,4)+2/3*h1);
for i=1:2:9
    Aux=Buqueformas (158+i,4)*Buqueformas (158+i,5)+...
        4*Bueformas (159+i,4)*Buqueformas (159+i,5)+...
        Buqueformas (160+i,4)*Buqueformas (160+i,5);
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2/3*SUM2;
SUM3=Buqueformas (170,5)*h3*(Buqueformas (169,4)+h3/2);
for i=1:2:9
    Aux=Buqueformas (169+i,4)*Buqueformas (169+i,5)+...
        4*Bueformas (170+i,4)*Buqueformas (170+i,5)+...
        Buqueformas (171+i,4)*Buqueformas (171+i,5);
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4/3*SUM4;
SUM5=0.5*Bueformas (180,5)*h5*(Buqueformas (180,4)+h5/3);
M7=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5);
Xf (8,1)=M7/T7;
Xf (8,2)=Buqueformas (158,6);
%%%%%%%%%% Bmt FLOTACION 7
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas (159,4)-Buqueformas (158,4);
h2=Buqueformas (160,4)-Buqueformas (159,4);
h3=Buqueformas (170,4)-Buqueformas (169,4);
h4=Buqueformas (171,4)-Buqueformas (170,4);
h5=Buqueformas (181,4)-Buqueformas (180,4);
SUM1=(Buqueformas (159,5))^3/12*h1;
for i=1:2:9
    Aux=(2*Bueformas (158+i,5))^3/12+...
        4*(2*Bueformas (159+i,5))^3/12+...
        (2*Bueformas (160+i,5))^3/12;
    SUM2=SUM2+Aux;
end
SUM2=h2/3*SUM2;
SUM3=(2*Bueformas (170,5))^3/12*h3;

```

Figura 105 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XX)



```

for i=1:2:9
    Aux=(2*Buqueformas(169+i,5))^3/12+...
        4*(2*Buqueformas(170+i,5))^3/12+...
        (2*Buqueformas(171+i,5))^3/12;
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4/3*SUM4;
SUM5=(Buqueformas(180,5))^3/12*h5;
It7=SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5;
BMt(8,1)=It7/Vol(8,1);
BMt(8,2)=Buqueformas(158,6);
%%%%%%%%% BML Y MTC FLOTACION 7
SUM2=0;
SUM4=0;
Aux=0;
h1=Buqueformas(159,4)-Buqueformas(158,4);
h2=Buqueformas(160,4)-Buqueformas(159,4);
h3=Buqueformas(170,4)-Buqueformas(169,4);
h4=Buqueformas(171,4)-Buqueformas(170,4);
h5=Buqueformas(181,4)-Buqueformas(180,4);
SUM1=0.5*Buqueformas(159,5)*h1*(2/3*h1+Buqueformas(158,4))^2;
    for i=1:2:9
        Aux=Buqueformas(158+i,5)*Buqueformas(158+i,4)^2+...
            4*Bueformas(159+i,5)*Buqueformas(159+i,4)^2+...
            Buqueformas(160+i,5)*Buqueformas(160+i,4)^2;
        SUM2=SUM2+Aux;
    end
SUM2=h2/3*SUM2;
SUM3=Buqueformas(170,5)*h3*(h3/2+Buqueformas(169,4))^2;
for i=1:2:9
    Aux=Buqueformas(169+i,5)*Buqueformas(169+i,4)^2+...
        4*Bueformas(170+i,5)*Buqueformas(170+i,4)^2+...
        Buqueformas(171+i,5)*Buqueformas(171+i,4)^2;
    SUM4=SUM4+Aux;
end
SUM4=h4/3*SUM4;
SUM5=0.5*Buqueformas(180,5)*h5*(h5/3+Buqueformas(180,4))^2;
IL7=2*(SUM1+SUM2+SUM3+SUM4+SUM5);
IL7=IL7-Xf(8,1)^2*Af(8,1);
BML(8,1)=IL7/Vol(8,1);
BML(8,2)=Buqueformas(158,6);
MTC(8,1)=IL7*1.025/100/L;
MTC(8,2)=Buqueformas(158,6);
%%%%%%%%% LCB FLOTACION 7
LCB(8,1)=(Xf(8,1)*Af(8,1)*(Xf(8,2)-Xf(7,2))/2+...
    Xf(7,1)*Af(7,1)*(Xf(8,2)-Xf(7,2))/2+LCB(7,1)*Vol(7,1))/Vol(8,1);
LCB(8,2)=Xf(8,2);
%%%%%%%%% KB FLOTACION 7
KB(8,1)=((Xf(8,2)-Xf(7,2))/2*Af(7,1)*((Xf(8,2)-Xf(7,2))/4+Xf(7,2))+...
    (Xf(8,2)-Xf(7,2))/2*Af(8,1)*((Xf(8,2)-Xf(7,2))*3/4+Xf(7,2))+...
    KB(7,1)*Vol(7,1))/Vol(8,1);
KB(8,2)=Xf(8,2);
%%%%%%%%%DESP(T),TCI(T),KMt(T),KML(T) y Cp(T)
DESP=1.025*Vol;
TCI=1.025*Af/100;
KMt(:,2)=Af(:,2);
KML(:,2)=Af(:,2);
KMt(:,1)=KB(:,1)+BMt(:,1);
KML(:,1)=KB(:,1)+BML(:,1);

```

Figura 106 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XXI)



```

for i=2:8
    Cp(i,1)=Cb(i,1)/Cm(i,1);
end
Cp(:,2)=Cb(:,2);
%%% RECTIFICACIÓN DE VECTORES
LCB=LCB(2:8,1:2);
Bmt=Bmt(2:8,1:2);
Bml=Bml(2:8,1:2);
Kmt=Kmt(2:8,1:2);
Kml=Kml(2:8,1:2);
Cb=Cb(2:8,1:2);
Cm=Cm(2:8,1:2);
Cp=Cp(2:8,1:2);
Cf=Cf(2:8,1:2);
    
```

Figura 107 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de la serie 60 (XXII)

```

function
[Vol,DESP,Af,Xf,KB,LCB,Bmt,Bml,Kmt,Kml,Cb,Cm,Cp,Cf,TCI,MTC,Am]=Hidrostatica2(Buque)
%
%TRABAJO FIN DE MÁSTER
%Programa en MATLAB para la realización de cálculos de anteproyecto de
%diversos tipos de buque
%
%Máster Universitario en Ingeniería Naval y Oceánica
%Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica, UPCT
%Departamento de Matemática aplicada y estadística
%
%Alumno: Ramón Bernal, Vicente
%Tutor: Amat Plata, Sergio
%
%Subrutina: Obtención de las curvas hidrostáticas para buque base
%Resumen:Cálculo de las curvas hidrostáticas para las formas obtenidas
a
%partir de buque base
%
%Obtención de la cartilla de trazado
if Buque == 1
    Buqueformas=xlsread('Buque1.xls','Formas2','A1:F176');
elseif Buque == 2
    Buqueformas=xlsread('Buque2.xls','Formas2','A1:F176');
end
%Definición de vectores de curvas hidrostáticas
L=Buqueformas(12,4);
Vol=zeros(12,2);
Af=zeros(12,2);
Xf=zeros(12,2);
LCB=zeros(12,2);
KB=zeros(12,2);
Bmt=zeros(12,2);
Bml=zeros(12,2);
MTC=zeros(12,2);
Kmt=zeros(12,2);
Kml=zeros(12,2);
Cb=zeros(12,2);
Am=zeros(12,2);
Cm=zeros(12,2);
Cp=zeros(12,2);
Cf=zeros(12,2);
    
```

Figura 108 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (I)



```

%%CÁLCULOS PARA BUQUE BASE
%%CÁLCULO DE CURVAS HIDROSTÁTICAS
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%FLOTACION 1
%%AREA Y VOLUMEN FLOTACION 1
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (2+i, 4) -Buqueformas (1+i, 4) ;
    Aux=(Buqueformas (1+i, 5) +Buqueformas (2+i, 5) ) *0.5*h1 ;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
T1=2*SUM1 ;
h1=Buqueformas (13, 6) ;
Vol (2, 1)=T1*0.5*h1+Vol (1, 1) ;
Vol (2, 2)=Buqueformas (13, 6) ;
Af (2, 1)=T1 ;
Af (2, 2)=Buqueformas (13, 6) ;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Cb FLOTACION 1
Lb=Buqueformas (13, 4) -Buqueformas (1, 4) ;
Bb=Buqueformas (1, 5) ;
for i=2:13
    if Buqueformas (i, 5)>Bb
        Bb=Buqueformas (i, 5) ;
    end
end
Bb=2*Bb;
Cb (2, 1)=Vol (2, 1) /Lb/Bb/Buqueformas (13, 6) ;
Cb (2, 2)=Buqueformas (13, 6) ;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Cf FLOTACION 1
Cf (2, 1)=Af (2, 1) /Lb/Bb;
Cf (2, 2)=Buqueformas (13, 6) ;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Cm y Am FLOTACION 1
Am (2, 1)=2* (Buqueformas (82, 2) +Buqueformas (81, 2) ) *0.5*h1 ;
Am (2, 2)=Buqueformas (13, 6) ;
Cm (2, 1)=Am (2, 1) /2/Buqueformas (82, 2) /Buqueformas (82, 3) ;
if Cm (2, 1)>1
    Cm (2, 1)=1;
end
Cm (2, 2)=Buqueformas (13, 6) ;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 1
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (2+i, 4) -Buqueformas (1+i, 4) ;

Aux=(Buqueformas (1+i, 5) +Buqueformas (2+i, 5) ) *0.5*h1* (Buqueformas (1+i, 4)
+h1/2) ;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
M1=2*SUM1 ;
Xf (2, 1)=M1/T1 ;
Xf (2, 2)=Buqueformas (13, 6) ;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Bmt FLOTACION 1
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (2+i, 4) -Buqueformas (1+i, 4) ;
    Aux=(Buqueformas (1+i, 5) +Buqueformas (2+i, 5) ) ^3/12*h1 ;
    SUM1=SUM1+Aux;
end

```

Figura 109 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (II)



```

It1=SUM1;
BMt(2,1)=It1/Vol(2,1);
BMt(2,2)=Buqueformas(13,6);
%%%%%%%%% BML Y MTC FLOTACION 1
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(2+i,4)-Buqueformas(1+i,4);

Aux=(Buqueformas(1+i,5)+Buqueformas(2+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas(1+i,4)
+h1/2)^2;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
IL1=2*SUM1;
IL1=IL1-Xf(2,1)^2*Af(2,1);
BM1(2,1)=IL1/Vol(2,1);
BM1(2,2)=Buqueformas(13,6);
MTC(2,1)=IL1*1.025/100/L;
MTC(2,2)=Buqueformas(13,6);
%%%%%%%%% LCB FLOTACION 1
LCB(2,1)=(Xf(2,1)*Af(2,1)*Xf(2,2)/2+Xf(1,1)*Af(1,1)*Xf(2,2)/2)/Vol(2,1
);
LCB(2,2)=Xf(2,2);
%%%%%%%%% KB FLOTACION 1
KB(2,1)=(3/4*Xf(2,2)*Af(2,1)*Xf(2,2)/2+1/4*Xf(2,2)*Af(1,1)*Xf(2,2)/2)/
Vol(2,1);
KB(2,2)=Xf(2,2);
%%%%%%%%% FLOTACION 2
%%%%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 2
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(15+i,4)-Buqueformas(14+i,4);
    Aux=(Buqueformas(15+i,5)+Buqueformas(14+i,5))*0.5*h1;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
T2=2*SUM1;
h1=Buqueformas(14,6)-Buqueformas(13,6);
Vol(3,1)=(T2+T1)*0.5*h1+Vol(2,1);
Vol(3,2)=Buqueformas(26,6);
Af(3,1)=T2;
Af(3,2)=Buqueformas(26,6);
%%%%%%%%% Cb FLOTACION 2
Lb=Buqueformas(26,4)-Buqueformas(14,4);
Bb=Buqueformas(14,5);
for i=14:26
    if Buqueformas(i,5)>Bb
        Bb=Buqueformas(i,5);
    end
end
Bb=2*Bb;
Cb(3,1)=Vol(3,1)/Lb/Bb/Buqueformas(26,6);
Cb(3,2)=Buqueformas(26,6);
%%%%%%%%% Cf FLOTACION 2
Cf(3,1)=Af(3,1)/Lb/Bb;
Cf(3,2)=Buqueformas(26,6);
%%%%%%%%% Cm y Am FLOTACION 2
Am(3,1)=Am(2,1)+2*(Buqueformas(82,2)+Buqueformas(83,2))*0.5*h1;
Am(3,2)=Buqueformas(83,3);
    
```

Figura 110 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (III)



```

Cm(3,1)=Am(3,1)/2/Buqueformas(83,2)/Buqueformas(83,3);
if Cm(3,1)>1
    Cm(3,1)=1;
end
Cm(3,2)=Buqueformas(83,3);
%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 2
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(15+i,4)-Buqueformas(14+i,4);

Aux=(Buqueformas(15+i,5)+Buqueformas(14+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas(14+i,4)+h1/2);
    SUM1=SUM1+Aux;
end
M2=2*SUM1;
Xf(3,1)=M2/T2;
Xf(3,2)=Buqueformas(26,6);
%%%%%%%%% BMT FLOTACION 2
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(15+i,4)-Buqueformas(14+i,4);
    Aux=(Buqueformas(15+i,5)+Buqueformas(14+i,5))^3/12*h1;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
It2=SUM1;
Bmt(3,1)=It2/Vol(3,1);
Bmt(3,2)=Buqueformas(26,6);
%%%%%%%%% BML Y MTC FLOTACION 2
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(15+i,4)-Buqueformas(14+i,4);

Aux=(Buqueformas(15+i,5)+Buqueformas(14+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas(14+i,4)+h1/2)^2;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
IL2=2*SUM1;
IL2=IL2-Xf(3,1)^2*Af(3,1);
Bml(3,1)=IL2/Vol(3,1);
Bml(3,2)=Buqueformas(26,6);
MTC(3,1)=IL2*1.025/100/L;
MTC(3,2)=Buqueformas(26,6);
%%%%%%%%% LCB FLOTACION 2
LCB(3,1)=(Xf(3,1)*Af(3,1)*(Xf(3,2)-Xf(2,2))/2+...
    Xf(2,1)*Af(2,1)*(Xf(3,2)-Xf(2,2))/2+LCB(2,1)*Vol(2,1))/Vol(3,1);
LCB(3,2)=Xf(3,2);
%%%%%%%%% KB FLOTACION 2
KB(3,1)=((Xf(3,2)-Xf(2,2))/2*Af(2,1)*((Xf(3,2)-Xf(2,2))/4+Xf(2,2))+...
    (Xf(3,2)-Xf(2,2))/2*Af(3,1)*((Xf(3,2)-Xf(2,2))*3/4+Xf(2,2))+...
    KB(2,1)*Vol(2,1))/Vol(3,1);
KB(3,2)=Xf(3,2);
%%%%%%%%% FLOTACION 3
%%%%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 3
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(28+i,4)-Buqueformas(27+i,4);
    Aux=(Buqueformas(28+i,5)+Buqueformas(27+i,5))*0.5*h1;
    SUM1=SUM1+Aux;
end

```

Figura 111 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (IV)



```

T3=2*SUM1;
h1=Buqueformas (27,6)-Buqueformas (26,6);
Vol (4,1)=(T3+T2)*0.5*h1+Vol (3,1);
Vol (4,2)=Buqueformas (39,6);
Af (4,1)=T3;
Af (4,2)=Buqueformas (39,6);
%%%%%%%%% Cb FLOTACION 3
Lb=Buqueformas (39,4)-Buqueformas (27,4);
Bb=Buqueformas (27,5);
for i=27:39
    if Buqueformas (i,5)>Bb
        Bb=Buqueformas (i,5);
    end
end
Bb=2*Bb;
Cb (4,1)=Vol (4,1)/Lb/Bb/Buqueformas (39,6);
Cb (4,2)=Buqueformas (39,6);
%%%%%%%%% Cf FLOTACION 3
Cf (4,1)=Af (4,1)/Lb/Bb;
Cf (4,2)=Buqueformas (39,6);
%%%%%%%%% Cm y Am FLOTACION 3
Am (4,1)=Am (3,1)+2*(Buqueformas (83,2)+Buqueformas (84,2))*0.5*h1;
Am (4,2)=Buqueformas (84,3);
Cm (4,1)=Am (4,1)/2/Buqueformas (84,2)/Buqueformas (84,3);
if Cm (4,1)>1
    Cm (4,1)=1;
end
Cm (4,2)=Buqueformas (84,3);
%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 3
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (28+i,4)-Buqueformas (27+i,4);

Aux=(Buqueformas (28+i,5)+Buqueformas (27+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas (27+i,4)+h1/2);
    SUM1=SUM1+Aux;
end
M3=2*SUM1;
Xf (4,1)=M3/T3;
Xf (4,2)=Buqueformas (39,6);
%%%%%%%%% Bmt FLOTACION 3
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (28+i,4)-Buqueformas (27+i,4);
    Aux=(Buqueformas (28+i,5)+Buqueformas (27+i,5))^3/12*h1;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
It3=SUM1;
Bmt (4,1)=It3/Vol (4,1);
Bmt (4,2)=Buqueformas (39,6);
%%%%%%%%% Bm1 Y MTC FLOTACION 3
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (28+i,4)-Buqueformas (27+i,4);

Aux=(Buqueformas (28+i,5)+Buqueformas (27+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas (27+i,4)+h1/2)^2;
    SUM1=SUM1+Aux;
end

```

Figura 112 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (V)



```

IL3=2*SUM1;
IL3=IL3-Xf(4,1)^2*Af(4,1);
BML(4,1)=IL3/Vol(4,1);
BML(4,2)=Buqueformas(39,6);
MTC(4,1)=IL3*1.025/100/L;
MTC(4,2)=Buqueformas(39,6);
%%%%%%%%% LCB FLOTACION 3
LCB(4,1)=(Xf(4,1)*Af(4,1)*(Xf(4,2)-Xf(3,2))/2+...
          Xf(3,1)*Af(3,1)*(Xf(4,2)-Xf(3,2))/2+LCB(3,1)*Vol(3,1))/Vol(4,1);
LCB(4,2)=Xf(4,2);
%%%%%%%%% KB FLOTACION 3
KB(4,1)=((Xf(4,2)-Xf(3,2))/2*Af(3,1)*((Xf(4,2)-Xf(3,2))/4+Xf(3,2))+...
          (Xf(4,2)-Xf(3,2))/2*Af(4,1)*((Xf(4,2)-Xf(3,2))*3/4+Xf(3,2))+...
          KB(3,1)*Vol(3,1))/Vol(4,1);
KB(4,2)=Xf(4,2);
%%%%%%%%% FLOTACION 4
%%%%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 4
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(41+i,4)-Buqueformas(40+i,4);
    Aux=(Buqueformas(41+i,5)+Buqueformas(40+i,5))*0.5*h1;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
T4=2*SUM1;
h1=Buqueformas(40,6)-Buqueformas(39,6);
Vol(5,1)=(T4+T3)*0.5*h1+Vol(4,1);
Vol(5,2)=Buqueformas(52,6);
Af(5,1)=T4;
Af(5,2)=Buqueformas(52,6);
%%%%%%%%% Cb FLOTACION 4
Lb=Buqueformas(52,4)-Buqueformas(40,4);
Bb=Buqueformas(40,5);
for i=40:52
    if Buqueformas(i,5)>Bb
        Bb=Buqueformas(i,5);
    end
end
Bb=2*Bb;
Cb(5,1)=Vol(5,1)/Lb/Bb/Buqueformas(52,6);
Cb(5,2)=Buqueformas(52,6);
%%%%%%%%% Cf FLOTACION 4
Cf(5,1)=Af(5,1)/Lb/Bb;
Cf(5,2)=Buqueformas(52,6);
%%%%%%%%% Cm y Am FLOTACION 4
Am(5,1)=Am(4,1)+2*(Buqueformas(84,2)+Buqueformas(85,2))*0.5*h1;
Am(5,2)=Buqueformas(85,3);
Cm(5,1)=Am(5,1)/2/Buqueformas(85,2)/Buqueformas(85,3);
if Cm(5,1)>1
    Cm(5,1)=1;
end
Cm(5,2)=Buqueformas(85,3);
%%%%%%%%% MOMENTO Y XF FLOTACION 4
SUM1=0;

```

Figura 113 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (VI)



```

for i=0:11
    h1=Buqueformas (41+i, 4) -Buqueformas (40+i, 4) ;

Aux=(Buqueformas (41+i, 5) +Buqueformas (40+i, 5) ) *0.5*h1* (Buqueformas (40+i
, 4) +h1/2) ;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
M4=2*SUM1;
Xf (5, 1)=M4/T4;
Xf (5, 2)=Buqueformas (52, 6) ;
%%%%%% BMT FLOTACION 4
SUM1=0;
    for i=0:11
        h1=Buqueformas (41+i, 4) -Buqueformas (40+i, 4) ;
        Aux=(Buqueformas (41+i, 5) +Buqueformas (40+i, 5) ) ^3/12*h1;
        SUM1=SUM1+Aux;
    end
It4=SUM1;
BMT (5, 1)=It4/Vol (5, 1) ;
BMT (5, 2)=Buqueformas (52, 6) ;
%%%%%% BML Y MTC FLOTACION 4
SUM1=0;
    for i=0:11
        h1=Buqueformas (41+i, 4) -Buqueformas (40+i, 4) ;

Aux=(Buqueformas (41+i, 5) +Buqueformas (40+i, 5) ) *0.5*h1* (Buqueformas (40+i
, 4) +h1/2) ^2;
        SUM1=SUM1+Aux;
    end
IL4=2*SUM1;
IL4=IL4-Xf (5, 1) ^2*Af (5, 1) ;
BM1 (5, 1)=IL4/Vol (5, 1) ;
BM1 (5, 2)=Buqueformas (52, 6) ;
MTC (5, 1)=IL4*1.025/100/L;
MTC (5, 2)=Buqueformas (52, 6) ;
%%%%%% LCB FLOTACION 4
LCB (5, 1) =(Xf (5, 1) *Af (5, 1) * (Xf (5, 2) -Xf (4, 2) ) /2+...
    Xf (4, 1) *Af (4, 1) * (Xf (5, 2) -Xf (4, 2) ) /2+LCB (4, 1) *Vol (4, 1) ) /Vol (5, 1) ;
LCB (5, 2)=Xf (5, 2) ;
%%%%%% KB FLOTACION 4
KB (5, 1) =( (Xf (5, 2) -Xf (4, 2) ) /2*Af (4, 1) * ( (Xf (5, 2) -Xf (4, 2) ) /4+Xf (4, 2) ) +...
    (Xf (5, 2) -Xf (4, 2) ) /2*Af (5, 1) * ( (Xf (5, 2) -Xf (4, 2) ) *3/4+Xf (4, 2) ) +...
    KB (4, 1) *Vol (4, 1) ) /Vol (5, 1) ;
KB (5, 2)=Xf (5, 2) ;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%FLOTACION 5
%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 5
SUM1=0;
    for i=0:11
        h1=Buqueformas (54+i, 4) -Buqueformas (53+i, 4) ;
        Aux=(Buqueformas (54+i, 5) +Buqueformas (53+i, 5) ) *0.5*h1;
        SUM1=SUM1+Aux;
    end
T5=2*SUM1;
h1=Buqueformas (53, 6) -Buqueformas (52, 6) ;
Vol (6, 1) =(T5+T4) *0.5*h1+Vol (5, 1) ;
Vol (6, 2)=Buqueformas (65, 6) ;
Af (6, 1)=T5;
Af (6, 2)=Buqueformas (65, 6) ;

```

Figura 114 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (VII)



```

%%%%%%%%% Cb FLOTACION 5
Lb=Buqueformas (65,4)-Buqueformas (53,4);
Bb=Buqueformas (53,5);
for i=53:65
    if Buqueformas (i,5)>Bb
        Bb=Buqueformas (i,5);
    end
end
Bb=2*Bb;
Cb (6,1)=Vol (6,1)/Lb/Bb/Buqueformas (65,6);
Cb (6,2)=Buqueformas (65,6);
%%%%%%%%% Cf FLOTACION 5
Cf (6,1)=Af (6,1)/Lb/Bb;
Cf (6,2)=Buqueformas (65,6);
%%%%%%%%% Cm FLOTACION 5
Am (6,1)=Am (5,1)+2*(Buqueformas (85,2)+Buqueformas (86,2))*0.5*h1;
Am (6,2)=Buqueformas (86,3);
Cm (6,1)=Am (6,1)/2/Buqueformas (86,2)/Buqueformas (86,3);
if Cm (6,1)>1
    Cm (6,1)=1;
end
Cm (6,2)=Buqueformas (86,3);
%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 5
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (54+i,4)-Buqueformas (53+i,4);

Aux=(Buqueformas (54+i,5)+Buqueformas (53+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas (53+i,4)+h1/2);
    SUM1=SUM1+Aux;
end
M5=2*SUM1;
Xf (6,1)=M5/T5;
Xf (6,2)=Buqueformas (65,6);
%%%%%%%%% Bmt FLOTACION 5
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (54+i,4)-Buqueformas (53+i,4);
    Aux=(Buqueformas (54+i,5)+Buqueformas (53+i,5))^3/12*h1;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
It5=SUM1;
Bmt (6,1)=It5/Vol (6,1);
Bmt (6,2)=Buqueformas (65,6);
%%%%%%%%% Bm1 y MTC FLOTACION 5
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (54+i,4)-Buqueformas (53+i,4);

Aux=(Buqueformas (54+i,5)+Buqueformas (53+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas (53+i,4)+h1/2)^2;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
IL5=2*SUM1;
IL5=IL5-Xf (6,1)^2*Af (6,1);
Bm1 (6,1)=IL5/Vol (6,1);
Bm1 (6,2)=Buqueformas (65,6);
MTC (6,1)=IL5*1.025/100/L;
MTC (6,2)=Buqueformas (65,6);

```

Figura 115 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (VII)



```

%%%%%%%%% LCB FLOTACION 5
LCB(6,1)=(Xf(6,1)*Af(6,1)*(Xf(6,2)-Xf(5,2))/2+...
    Xf(5,1)*Af(5,1)*(Xf(6,2)-Xf(5,2))/2+LCB(5,1)*Vol(5,1))/Vol(6,1);
LCB(6,2)=Xf(6,2);
%%%%%%%%% KB FLOTACION 5
KB(6,1)=((Xf(6,2)-Xf(5,2))/2*Af(5,1)*((Xf(6,2)-Xf(5,2))/4+Xf(5,2))+...
    (Xf(6,2)-Xf(5,2))/2*Af(6,1)*((Xf(6,2)-Xf(5,2))*3/4+Xf(5,2))+...
    KB(5,1)*Vol(5,1))/Vol(6,1);
KB(6,2)=Xf(6,2);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%FLOTACION 6
%%%%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 6
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(67+i,4)-Buqueformas(66+i,4);
    Aux=(Buqueformas(67+i,5)+Buqueformas(66+i,5))*0.5*h1;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
T6=2*SUM1;
h1=Buqueformas(66,6)-Buqueformas(65,6);
Vol(7,1)=(T6+T5)*0.5*h1+Vol(6,1);
Vol(7,2)=Buqueformas(78,6);
Af(7,1)=T6;
Af(7,2)=Buqueformas(78,6);
%%%%%%%%% Cb FLOTACION 6
Lb=Buqueformas(78,4)-Buqueformas(66,4);
Bb=Buqueformas(66,5);
for i=66:78
    if Buqueformas(i,5)>Bb
        Bb=Buqueformas(i,5);
    end
end
Bb=2*Bb;
Cb(7,1)=Vol(7,1)/Lb/Bb/Buqueformas(78,6);
Cb(7,2)=Buqueformas(78,6);
%%%%%%%%% Cf FLOTACION 6
Cf(7,1)=Af(7,1)/Lb/Bb;
Cf(7,2)=Buqueformas(78,6);
%%%%%%%%% Cm y Am FLOTACION 6
Am(7,1)=Am(6,1)+2*(Buqueformas(86,2)+Buqueformas(87,2))*0.5*h1;
Am(7,2)=Buqueformas(87,3);
Cm(7,1)=Am(7,1)/2/Buqueformas(87,2)/Buqueformas(87,3);
if Cm(7,1)>1
    Cm(7,1)=1;
end
Cm(7,2)=Buqueformas(87,3);
%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 6
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(67+i,4)-Buqueformas(66+i,4);

Aux=(Buqueformas(67+i,5)+Buqueformas(66+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas(66+i,4)+h1/2);
    SUM1=SUM1+Aux;
end
M6=2*SUM1;
Xf(7,1)=M6/T6;
Xf(7,2)=Buqueformas(78,6);

```

Figura 116 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (VIII)



```

%%%%%%%%%% BMT FLOTACION 6
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (67+i,4)-Buqueformas (66+i,4);
    Aux=(Buqueformas (67+i,5)+Buqueformas (66+i,5))^3/12*h1;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
It6=SUM1;
Bmt (7,1)=It6/Vol (7,1);
Bmt (7,2)=Buqueformas (78,6);
%%%%%%%%%% BML Y MTC FLOTACION 6
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (67+i,4)-Buqueformas (66+i,4);

Aux=(Buqueformas (67+i,5)+Buqueformas (66+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas (66+i,4)+h1/2)^2;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
IL6=2*SUM1;
IL6=IL6-Xf (7,1)^2*Af (7,1);
Bml (7,1)=IL6/Vol (7,1);
Bml (7,2)=Buqueformas (78,6);
MTC (7,1)=IL6*1.025/100/L;
MTC (7,2)=Buqueformas (78,6);
%%%%%%%%%% LCB FLOTACION 6
LCB (7,1)=(Xf (7,1)*Af (7,1)*(Xf (7,2)-Xf (6,2))/2+...
    Xf (6,1)*Af (6,1)*(Xf (7,2)-Xf (6,2))/2+LCB (6,1)*Vol (6,1))/Vol (7,1);
LCB (7,2)=Xf (7,2);
%%%%%%%%%% KB FLOTACION 6
KB (7,1)=((Xf (7,2)-Xf (6,2))/2*Af (6,1)*((Xf (7,2)-Xf (6,2))/4+Xf (6,2))+...
    (Xf (7,2)-Xf (6,2))/2*Af (7,1)*((Xf (7,2)-Xf (6,2))*3/4+Xf (6,2))+...
    KB (6,1)*Vol (6,1))/Vol (7,1);
KB (7,2)=Xf (7,2);
%%%%%%%%%% FLOTACION 7
%%%%%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 7
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (80+i,4)-Buqueformas (79+i,4);
    Aux=(Buqueformas (80+i,5)+Buqueformas (79+i,5))*0.5*h1;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
T7=2*SUM1;
h1=Buqueformas (79,6)-Buqueformas (78,6);
Vol (8,1)=(T7+T6)*0.5*h1+Vol (7,1);
Vol (8,2)=Buqueformas (91,6);
Af (8,1)=T7;
Af (8,2)=Buqueformas (91,6);
%%%%%%%%%% Cb FLOTACION 7
Lb=Buqueformas (91,4)-Buqueformas (79,4);
Bb=Buqueformas (79,5);
for i=79:91
    if Buqueformas (i,5)>Bb
        Bb=Buqueformas (i,5);
    end
end
Bb=2*Bb;
Cb (8,1)=Vol (8,1)/Lb/Bb/Buqueformas (91,6);
Cb (8,2)=Buqueformas (91,6);

```

Figura 117 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (IX)



```

%%%%%%%%% Cf FLOTACION 7
Cf(8,1)=Af(8,1)/Lb/Bb;
Cf(8,2)=Buqueformas(91,6);
%%%%%%%%% Cm FLOTACION 7
Am(8,1)=Am(7,1)+2*(Buqueformas(87,2)+Buqueformas(88,2))*0.5*h1;
Am(8,2)=Buqueformas(88,3);
Cm(8,1)=Am(8,1)/2/Buqueformas(88,2)/Buqueformas(88,3);
if Cm(8,1)>1
    Cm(8,1)=1;
end
Cm(8,2)=Buqueformas(88,3);
%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 7
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(80+i,4)-Buqueformas(79+i,4);

Aux=(Buqueformas(80+i,5)+Buqueformas(79+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas(79+i,4)+h1/2);
    SUM1=SUM1+Aux;
end
M7=2*SUM1;
Xf(8,1)=M7/T7;
Xf(8,2)=Buqueformas(91,6);
%%%%%%%%% BMt FLOTACION 7
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(80+i,4)-Buqueformas(79+i,4);
    Aux=(Buqueformas(80+i,5)+Buqueformas(79+i,5))^3/12*h1;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
It7=SUM1;
BMt(8,1)=It7/Vol(8,1);
BMt(8,2)=Buqueformas(91,6);
%%%%%%%%% BML Y MTC FLOTACION 7
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(80+i,4)-Buqueformas(79+i,4);

Aux=(Buqueformas(80+i,5)+Buqueformas(79+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas(79+i,4)+h1/2)^2;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
IL7=2*SUM1;
IL7=IL7-Xf(8,1)^2*Af(8,1);
BML(8,1)=IL7/Vol(8,1);
BML(8,2)=Buqueformas(91,6);
MTC(8,1)=IL7*1.025/100/L;
MTC(8,2)=Buqueformas(91,6);
%%%%%%%%% LCB FLOTACION 7
LCB(8,1)=(Xf(8,1)*Af(8,1)*(Xf(8,2)-Xf(7,2))/2+...
    Xf(7,1)*Af(7,1)*(Xf(8,2)-Xf(7,2))/2+LCB(7,1)*Vol(7,1))/Vol(8,1);
LCB(8,2)=Xf(8,2);
%%%%%%%%% KB FLOTACION 7
KB(8,1)=((Xf(8,2)-Xf(7,2))/2*Af(7,1)*((Xf(8,2)-Xf(7,2))/4+Xf(7,2))+...
    (Xf(8,2)-Xf(7,2))/2*Af(8,1)*((Xf(8,2)-Xf(7,2))*3/4+Xf(7,2))+...
    KB(7,1)*Vol(7,1))/Vol(8,1);
KB(8,2)=Xf(8,2);

```

Figura 118 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (X)



```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%FLOTACION 8
%%%%%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 8
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (93+i, 4) -Buqueformas (92+i, 4) ;
    Aux=(Buqueformas (93+i, 5) +Buqueformas (92+i, 5) ) *0.5*h1 ;
    SUM1=SUM1+Aux ;
end
T8=2*SUM1 ;
h1=Buqueformas (92, 6) -Buqueformas (91, 6) ;
Vol (9, 1)=(T8+T7) *0.5*h1+Vol (8, 1) ;
Vol (9, 2)=Buqueformas (104, 6) ;
Af (9, 1)=T8 ;
Af (9, 2)=Buqueformas (104, 6) ;
%%%%%%%%%% Cb FLOTACION 8
Lb=Buqueformas (104, 4) -Buqueformas (92, 4) ;
Bb=Buqueformas (92, 5) ;
for i=92:104
    if Buqueformas (i, 5)>Bb
        Bb=Buqueformas (i, 5) ;
    end
end
Bb=2*Bb ;
Cb (9, 1)=Vol (9, 1) /Lb/Bb/Buqueformas (104, 6) ;
Cb (9, 2)=Buqueformas (104, 6) ;
%%%%%%%%%% Cf FLOTACION 8
Cf (9, 1)=Af (9, 1) /Lb/Bb ;
Cf (9, 2)=Buqueformas (104, 6) ;
%%%%%%%%%% Cm y Am FLOTACION 8
Am (9, 1)=Am (8, 1) +2* (Buqueformas (88, 2) +Buqueformas (90, 2) ) *0.5*h1 ;
Am (9, 2)=Buqueformas (90, 3) ;
Cm (9, 1)=Am (9, 1) /2/Buqueformas (90, 2) /Buqueformas (90, 3) ;
if Cm (9, 1)>1
    Cm (9, 1)=1 ;
end
Cm (9, 2)=Buqueformas (90, 3) ;
%%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 8
SUM1=0 ;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (93+i, 4) -Buqueformas (92+i, 4) ;

Aux=(Buqueformas (93+i, 5) +Buqueformas (92+i, 5) ) *0.5*h1* (Buqueformas (92+i
, 4) +h1/2) ;
    SUM1=SUM1+Aux ;
end
M8=2*SUM1 ;
Xf (9, 1)=M8/T8 ;
Xf (9, 2)=Buqueformas (104, 6) ;
%%%%%%%%%% Bmt FLOTACION 8
SUM1=0 ;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (93+i, 4) -Buqueformas (92+i, 4) ;
    Aux=(Buqueformas (93+i, 5) +Buqueformas (92+i, 5) ) ^3/12*h1 ;
    SUM1=SUM1+Aux ;
end
It8=SUM1 ;
Bmt (9, 1)=It8/Vol (9, 1) ;
Bmt (9, 2)=Buqueformas (104, 6) ;

```

Figura 119 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (XI)



```

%%%%%%%%% BML Y MTC FLOTACION 8
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (93+i,4)-Buqueformas (92+i,4);

Aux=(Buqueformas (93+i,5)+Buqueformas (92+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas (92+i,4)+h1/2)^2;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
IL8=2*SUM1;
IL8=IL8-Xf (9,1)^2*Af (9,1);
BML (9,1)=IL8/Vol (9,1);
BML (9,2)=Buqueformas (104,6);
MTC (9,1)=IL8*1.025/100/L;
MTC (9,2)=Buqueformas (104,6);
%%%%%%%%% LCB FLOTACION 8
LCB (9,1)=(Xf (9,1)*Af (9,1)*(Xf (9,2)-Xf (8,2))/2+...
    Xf (8,1)*Af (8,1)*(Xf (9,2)-Xf (8,2))/2+LCB (8,1)*Vol (8,1))/Vol (9,1);
LCB (9,2)=Xf (9,2);
%%%%%%%%% KB FLOTACION 8
KB (9,1)=((Xf (9,2)-Xf (8,2))/2*Af (8,1)*((Xf (9,2)-Xf (8,2))/4+Xf (8,2))+...
    (Xf (9,2)-Xf (8,2))/2*Af (9,1)*((Xf (9,2)-Xf (8,2))*3/4+Xf (8,2))+...
    KB (8,1)*Vol (8,1))/Vol (9,1);
KB (9,2)=Xf (9,2);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%FLOTACION 9
%%%%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 9
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (106+i,4)-Buqueformas (105+i,4);
    Aux=(Buqueformas (106+i,5)+Buqueformas (105+i,5))*0.5*h1;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
T9=2*SUM1;
h1=Buqueformas (105,6)-Buqueformas (104,6);
Vol (10,1)=(T9+T8)*0.5*h1+Vol (9,1);
Vol (10,2)=Buqueformas (117,6);
Af (10,1)=T9;
Af (10,2)=Buqueformas (117,6);
%%%%%%%%% Cb FLOTACION 9
Lb=Buqueformas (117,4)-Buqueformas (105,4);
Bb=Buqueformas (105,5);
for i=105:117
    if Buqueformas (i,5)>Bb
        Bb=Buqueformas (i,5);
    end
end
Bb=2*Bb;
Cb (10,1)=Vol (10,1)/Lb/Bb/Buqueformas (117,6);
Cb (10,2)=Buqueformas (117,6);
%%%%%%%%% Cf FLOTACION 9
Cf (10,1)=Af (10,1)/Lb/Bb;
Cf (10,2)=Buqueformas (117,6);
%%%%%%%%% Cm y Am FLOTACION 9
Am (10,1)=Am (9,1)+2*(Buqueformas (90,2)+Buqueformas (92,2))*0.5*h1;
Am (10,2)=Buqueformas (92,3);
    
```

Figura 120 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (XII)



```

Cm(10,1)=Am(10,1)/2/Buqueformas(92,2)/Buqueformas(92,3);
if Cm(10,1)>1
    Cm(10,1)=1;
end
Cm(10,2)=Buqueformas(92,3);
%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 9
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(106+i,4)-Buqueformas(105+i,4);

Aux=(Buqueformas(106+i,5)+Buqueformas(105+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas(10
5+i,4)+h1/2);
    SUM1=SUM1+Aux;
end
M9=2*SUM1;
Xf(10,1)=M9/T9;
Xf(10,2)=Buqueformas(117,6);
%%%%%%%%% BML Y MTC FLOTACION 9
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(106+i,4)-Buqueformas(105+i,4);

Aux=(Buqueformas(106+i,5)+Buqueformas(105+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas(10
5+i,4)+h1/2)^2;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
IL9=2*SUM1;
IL9=IL9-Xf(10,1)^2*Af(10,1);
BML(10,1)=IL9/Vol(10,1);
BML(10,2)=Buqueformas(117,6);
MTC(10,1)=IL9*1.025/100/L;
MTC(10,2)=Buqueformas(117,6);
%%%%%%%%% Bmt FLOTACION 9
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(106+i,4)-Buqueformas(105+i,4);
    Aux=(Buqueformas(106+i,5)+Buqueformas(105+i,5))^3/12*h1;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
It9=SUM1;
Bmt(10,1)=It9/Vol(10,1);
Bmt(10,2)=Buqueformas(117,6);
%%%%%%%%% LCB FLOTACION 9
LCB(10,1)=(Xf(10,1)*Af(10,1)*(Xf(10,2)-Xf(9,2))/2+...
    Xf(9,1)*Af(9,1)*(Xf(10,2)-Xf(9,2))/2+LCB(9,1)*Vol(9,1))/Vol(10,1);
LCB(10,2)=Xf(10,2);
%%%%%%%%% KB FLOTACION 9
KB(10,1)=((Xf(10,2)-Xf(9,2))/2*Af(9,1)*((Xf(10,2)-
Xf(9,2))/4+Xf(9,2))+...
    (Xf(10,2)-Xf(9,2))/2*Af(10,1)*((Xf(10,2)-Xf(9,2))*3/4+Xf(9,2))+...
    KB(9,1)*Vol(9,1))/Vol(10,1);
KB(10,2)=Xf(10,2);

```

Figura 121 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (XIII)



```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%FLOTACION 10
%%%%%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 10
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (119+i, 4) -Buqueformas (118+i, 4) ;
    Aux=(Buqueformas (119+i, 5) +Buqueformas (118+i, 5) ) *0.5*h1 ;
    SUM1=SUM1+Aux ;
end
T10=2*SUM1 ;
h1=Buqueformas (118, 6) -Buqueformas (117, 6) ;
Vol (11, 1)=(T10+T9) *0.5*h1+Vol (10, 1) ;
Vol (11, 2)=Buqueformas (130, 6) ;
Af (11, 1)=T10 ;
Af (11, 2)=Buqueformas (130, 6) ;
%%%%%%%%%% Cb FLOTACION 10
Lb=Buqueformas (130, 4) -Buqueformas (118, 4) ;
Bb=Buqueformas (118, 5) ;
for i=118:130
    if Buqueformas (i, 5) >Bb
        Bb=Buqueformas (i, 5) ;
    end
end
Bb=2*Bb ;
Cb (11, 1)=Vol (11, 1) /Lb/Bb/Buqueformas (130, 6) ;
Cb (11, 2)=Buqueformas (130, 6) ;
%%%%%%%%%% Cf FLOTACION 10
Cf (11, 1)=Af (11, 1) /Lb/Bb ;
Cf (11, 2)=Buqueformas (130, 6) ;
%%%%%%%%%% Cm y Am FLOTACION 10
Am (11, 1)=Am (10, 1) +2* (Buqueformas (92, 2) +Buqueformas (94, 2) ) *0.5*h1 ;
Am (11, 2)=Buqueformas (94, 3) ;
Cm (11, 1)=Am (11, 1) /2/Buqueformas (94, 2) /Buqueformas (94, 3) ;
if Cm (11, 1) >1
    Cm (11, 1) =1 ;
end
Cm (11, 2)=Buqueformas (94, 3) ;
%%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 10
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (119+i, 4) -Buqueformas (118+i, 4) ;

    Aux=(Buqueformas (119+i, 5) +Buqueformas (118+i, 5) ) *0.5*h1* (Buqueformas (11
8+i, 4) +h1/2) ;
    SUM1=SUM1+Aux ;
end
M10=2*SUM1 ;
Xf (11, 1)=M10/T10 ;
Xf (11, 2)=Buqueformas (130, 6) ;
%%%%%%%%%% BMt FLOTACION 10
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (119+i, 4) -Buqueformas (118+i, 4) ;
    Aux=(Buqueformas (119+i, 5) +Buqueformas (118+i, 5) ) ^3/12*h1 ;
    SUM1=SUM1+Aux ;
end
It10=SUM1 ;
BMt (11, 1)=It10/Vol (11, 1) ;
BMt (11, 2)=Buqueformas (130, 6) ;

```

Figura 122 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (XIV)



```

%%%%%%%%% BML Y MTC FLOTACION 10
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (119+i,4)-Buqueformas (118+i,4);

Aux=(Buqueformas (119+i,5)+Buqueformas (118+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas (118+i,4)+h1/2)^2;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
IL10=2*SUM1;
IL10=IL10-Xf (11,1)^2*Af (11,1);
BML (11,1)=IL10/Vol (11,1);
BML (11,2)=Buqueformas (130,6);
MTC (11,1)=IL10*1.025/100/L;
MTC (11,2)=Buqueformas (130,6);
%%%%%%%%% LCB FLOTACION 10
LCB (11,1)=(Xf (11,1)*Af (11,1)*(Xf (11,2)-Xf (10,2))/2+...
    Xf (10,1)*Af (10,1)*(Xf (11,2)-
Xf (10,2))/2+LCB (10,1)*Vol (10,1))/Vol (11,1);
LCB (11,2)=Xf (11,2);
%%%%%%%%% KB FLOTACION 10
KB (11,1)=((Xf (11,2)-Xf (10,2))/2*Af (10,1)*((Xf (11,2)-
Xf (10,2))/4+Xf (10,2))+...
    (Xf (11,2)-Xf (10,2))/2*Af (11,1)*((Xf (11,2)-
Xf (10,2))*3/4+Xf (10,2))+...
    KB (10,1)*Vol (10,1))/Vol (11,1);
KB (11,2)=Xf (11,2);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%FLOTACION 11
%%%%%%%%% AREA Y VOLUMEN FLOTACION 11
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas (132+i,4)-Buqueformas (131+i,4);
    Aux=(Buqueformas (132+i,5)+Buqueformas (131+i,5))*0.5*h1;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
T11=2*SUM1;
h1=Buqueformas (131,6)-Buqueformas (130,6);
Vol (12,1)=(T11+T10)*0.5*h1+Vol (11,1);
Vol (12,2)=Buqueformas (143,6);
Af (12,1)=T11;
Af (12,2)=Buqueformas (143,6);
%%%%%%%%% Cb FLOTACION 11
Lb=Buqueformas (143,4)-Buqueformas (131,4);
Bb=Buqueformas (131,5);
for i=131:143
    if Buqueformas (i,5)>Bb
        Bb=Buqueformas (i,5);
    end
end
Bb=2*Bb;
Cb (12,1)=Vol (12,1)/Lb/Bb/Buqueformas (143,6);
Cb (12,2)=Buqueformas (143,6);
%%%%%%%%% Cf FLOTACION 11
Cf (12,1)=Af (12,1)/Lb/Bb;
Cf (12,2)=Buqueformas (143,6);
    
```

Figura 123 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (XV)



```

%%%%%%%%% Cm y Am FLOTACION 11
Am(12,1)=Am(11,1)+2*(Buqueformas(94,2)+Buqueformas(96,2))*0.5*h1;
Am(12,2)=Buqueformas(96,3);
Cm(12,1)=Am(12,1)/2/Buqueformas(96,2)/Buqueformas(96,3);
if Cm(12,1)>1
    Cm(12,1)=1;
end
Cm(12,2)=Buqueformas(96,3);
%%%%%%%%% MOMENTO Y Xf FLOTACION 11
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(132+i,4)-Buqueformas(131+i,4);

Aux=(Buqueformas(132+i,5)+Buqueformas(131+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas(131+i,4)+h1/2);
    SUM1=SUM1+Aux;
end
M11=2*SUM1;
Xf(12,1)=M11/T11;
Xf(12,2)=Buqueformas(143,6);
%%%%%%%%% BMt FLOTACION 11
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(132+i,4)-Buqueformas(131+i,4);
    Aux=(Buqueformas(132+i,5)+Buqueformas(131+i,5))^3/12*h1;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
It11=SUM1;
BMt(12,1)=It11/Vol(12,1);
BMt(12,2)=Buqueformas(143,6);
%%%%%%%%% BML Y MTC FLOTACION 11
SUM1=0;
for i=0:11
    h1=Buqueformas(132+i,4)-Buqueformas(131+i,4);

Aux=(Buqueformas(132+i,5)+Buqueformas(131+i,5))*0.5*h1*(Buqueformas(131+i,4)+h1/2)^2;
    SUM1=SUM1+Aux;
end
IL11=2*SUM1;
IL11=IL11-Xf(12,1)^2*Af(12,1);
BML(12,1)=IL11/Vol(12,1);
BML(12,2)=Buqueformas(143,6);
MTC(12,1)=IL11*1.025/100/L;
MTC(12,2)=Buqueformas(143,6);
%%%%%%%%% LCB FLOTACION 11
LCB(12,1)=(Xf(12,1)*Af(12,1)*(Xf(12,2)-Xf(11,2))/2+...
    Xf(11,1)*Af(11,1)*(Xf(12,2)-
Xf(11,2))/2+LCB(11,1)*Vol(11,1))/Vol(12,1);
LCB(12,2)=Xf(12,2);
%%%%%%%%% KB FLOTACION 11
KB(12,1)=((Xf(12,2)-Xf(11,2))/2*Af(11,1)*((Xf(12,2)-
Xf(11,2))/4+Xf(11,2))+...
    (Xf(12,2)-Xf(11,2))/2*Af(12,1)*((Xf(12,2)-
Xf(11,2))*3/4+Xf(11,2))+...
    KB(11,1)*Vol(11,1))/Vol(12,1);
KB(12,2)=Xf(12,2);

```

Figura 124 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (XVI)



```
%%%%%DESP(T) ,TCI(T) ,KMt(T) ,KML(T) y Cp(T)
```

```
DESP=1.025*Vol;  
TCI=1.025*Af/100;  
KMt(:,2)=Af(:,2);  
KML(:,2)=Af(:,2);  
KMt(:,1)=KB(:,1)+BMt(:,1);  
KML(:,1)=KB(:,1)+BM1(:,1);  
for i=2:12  
    Cp(i,1)=Cb(i,1)/Cm(i,1);  
end  
Cp(:,2)=Cb(:,2);  
%%%%% RECTIFICACIÓN DE VECTORES  
LCB=LCB(2:12,1:2);  
BMt=BMt(2:12,1:2);  
BM1=BM1(2:12,1:2);  
KMt=KMt(2:12,1:2);  
KML=KML(2:12,1:2);  
Cb=Cb(2:12,1:2);  
Cm=Cm(2:12,1:2);  
Cp=Cp(2:12,1:2);  
Cf=Cf(2:12,1:2);  
Xf=Xf(2:12,1:2);
```

Figura 125 Subrutina. Cálculos de Arquitectura Naval a partir de formas de buque base (XVII)

9. Módulo 4. Resistencia al avance

9.1. Fundamentos para la utilización del módulo

Una vez se han obtenido las hidrostáticas y actualizados los perfiles de uno o ambos buques, se pasa al siguiente módulo del programa que consiste en la predicción de la resistencia al avance. En este módulo se tiene la oportunidad no solo de hacer una estimación de la potencia efectiva sino de optimizar las dimensiones y coeficientes del buque, estudiando cómo evoluciona la potencia efectiva con la modificación de éstos.

La interfaz gráfica de este módulo está compuesta por una serie de cuadros: un cuadro inicial en el lateral izquierdo superior que sirve para cargar el buque o buques de los que se desea obtener la predicción de la potencia efectiva; bajo este cuadro se encuentran cuatro cuadros, los dos primeros muestran los perfiles de los buques, y los otros dos sirven para definir la forma de popa y el rango de velocidades de cada buque; y por último, existen dos cuadros de mayor tamaño en el lateral derecho donde se muestra la estimación de la potencia efectiva y se tiene la posibilidad de modificar el perfil de uno o ambos buques.

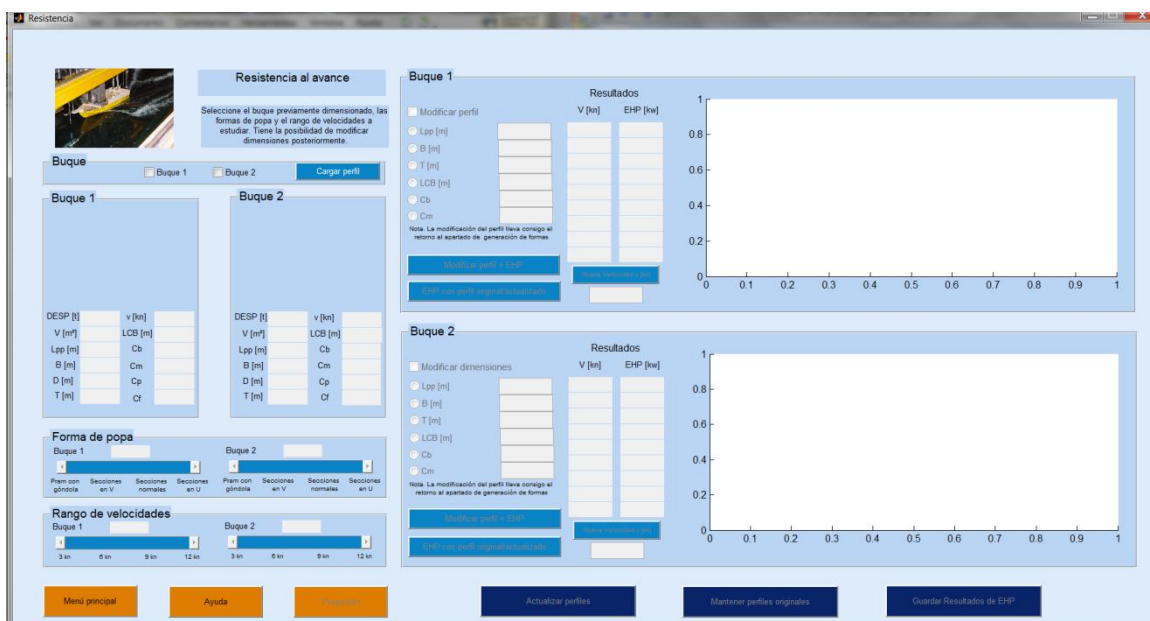


Figura 126 Apariencia del módulo de resistencia al avance

Para llevar a cabo la predicción de la potencia efectiva el usuario debe de seleccionar previamente la forma de popa del buque y el rango de velocidades que desea que sea representado. Adicionalmente el programa da la oportunidad al usuario de modificar la velocidad de proyecto sin ningún tipo de consecuencia en la obtención de permisos posteriormente.

Por otro lado, el usuario también tiene la oportunidad de modificar parte de las características propias del buque para calcular EHP. Si los resultados obtenidos con estas nuevas dimensiones convencen más al usuario que los correspondientes a las dimensiones cargadas, tiene la posibilidad de actualizar los perfiles. La actualización de perfiles tiene como consecuencia el retorno de los permisos hasta el módulo de Generación de Formas, ya que es necesaria la obtención de unas nuevas formas para estas nuevas dimensiones.



9.2. Métodos de predicción de potencia. Método de Holtrop – Mennen

El cálculo de la Resistencia al avance de un buque se realiza mediante la experimentación con modelos a escala en los Canales de Experiencias Hidrodinámicas extrapolando después los resultados al campo del buque.

En las primeras etapas del proyecto, cuando solo se conocen algunas características principales del buque, no solo resultarían caros los métodos experimentales, sino que no serían posibles al carecerse incluso del plano de formas aproximado para construir el modelo. En estos casos se deben de emplear métodos analíticos para estimar la resistencia.

Entre los métodos analíticos más conocidos se encuentran los métodos numéricos. La mayoría de estos métodos se emplean para predecir la Resistencia al avance y suelen tener una base estadística tras ellos. Para la creación de estos métodos numéricos se suele seguir el siguiente proceso:

- 1) Se elige una base de datos apropiada evitando que contenga casos singulares o información demasiado dispar.
- 2) Se eligen las variables independientes con mayor influencia en la magnitud que se está tratando de estimar (resistencia).
- 3) Se seleccionan el tipo de función de dependencia que relacione la magnitud a estudiar con las variables independientes elegidas.
- 4) Se realizan ajustes de las curvas para la obtención de los coeficientes de las funciones empleando las técnicas más adecuadas para cada tipo de función.

La base de datos puede formarse con resultados de buques sin ninguna relación entre sí, o con buques pertenecientes a un determinado tipo.

La predicción basada en una regresión será tanto más buena como lo sea la base de datos empleada, dependiendo de la precisión del grado de semejanza entre los buques de la muestra y la del buque considerado.

Existe una gran cantidad de métodos de predicción de la potencia y en este módulo se emplea un método muy conocido y que de los más fiables que existen: el método de Holtrop – Mennen.

Holtrop - Mennen se trata de un método estadístico obtenido a partir de regresiones matemáticas de los resultados de los ensayos del Canal de Wageningen y de resultados de pruebas de mar de buques construidos, que proporciona estimaciones de la resistencia bastante satisfactorias.

La primera publicación de este método se realiza el 25 de Octubre de 1978 con el nombre de “*An Statistical power prediction method, by HOLTROP, J. and MENNEN, G.G.J.*”. Posteriormente ha sido revisado en dos nuevas ocasiones.

La muestra de la que se parte está compuesta por petroleros, bulkcarriers, buques de carga general, pesqueros, remolcadores, portacontenedores y fragatas entre otros. Además es un procedimiento válido para buques de una y dos líneas de ejes.

Por abarcar todos los buques estudiados y por su facilidad para programarlo en una subrutina de MATLAB ha sido el método elegido para este módulo.



9.3.Subrutina. Predicción de la potencia efectiva mediante el método de Holtrop-Mennen

A continuación se adjunta la subrutina que describe la obtención de la potencia efectiva de un buque, independientemente del método de obtención de sus formas.

```
function [EHP]=HOLTROP(L,B,T,Cb,Cm,Cf,LCB,Bulbo,Cstern,v)
%
%TRABAJO FIN DE MÁSTER
%Programa en MATLAB para la realización de cálculos de anteproyecto de
%diversos tipos de buque
%
%Máster Universitario en Ingeniería Naval y Oceánica
%Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica, UPCT
%Departamento de Matemática aplicada y estadística
%
%Alumno: Ramón Bernal, Vicente
%Tutor: Amat Plata, Sergio
%
%Subrutina: Obtención de la resistencia al avance
%Resumen:Predicción de la resistencia al avance mediante el método de
%Holtrop-Mennen.
%
%Obtención coeficiente prismático
Cp=Cb/Cm;
%Estimación coeficiente k2
k2=1.4;
%Obtención de LCB en %
LCB=LCB*100/L;
%Obtención coeficiente C7
BL=B/L;
if BL<0.11
    C7=0.229577*BL^(1/3);
elseif BL>0.25
    C7=0.5-0.0625*BL;
elseif BL>=0.11 && BL<=0.25
    C7=BL;
end
%Obtención de C1
%Obtención Lr
Lr=L*(1-Cp+0.06*Cp*LCB/(4*Cp-1));
%Obtención Ie
Vol=L*B*T*Cb;
Ie=1+89*exp(-((L/B)^0.80856*(1-Cf)^0.30484*(1-Cp-
0.0225*LCB)^0.6367*(Lr/B)^0.34574*(100*Vol/L^3)^0.16302));
C1=2223105*C7^3.78613*(T/B)^1.07961*(90-Ie)^(-1.3765);
%Obtención coeficiente C2 y C3
if Bulbo==1
    Abt=0.08*Cm*B*T;
    hb=T/3;
    Pb=0.56*Abt^0.5/(T-1.5*hb);
    C3=0.56*Abt^1.5/(B*T*(0.31*Abt^0.5+T-hb));
    C2=exp(-1.89*C3^0.5);
else
    Abt=0;
    hb=0;
    Pb=0;
    C2=0;
end
end
```

Figura 127 Subrutina. Predicción de la potencia efectiva mediante el método de Holtrop-Mennen (I)



```

%Obtención superficie mojada
Sm=L*(2*T+B)*Cm^0.5*(0.453+0.4425*Cb-0.2862*Cm-
0.003467*B/T+0.3696*Cf)+2.38*Abt/Cb;
%Obtención superficie mojada apéndices
Sapp=2*L*T/100*(1.025+25*(B/L)^2);
%Obtención superficie de popa
At=0.25*Sapp;
%Obtención coeficiente C4
TL=T/L;
if TL<=0.04
    C4=TL;
else
    C4=0.04;
end
%Obtención coeficiente C5
C5=1-0.8*At/(B*T*Cm);
%Obtención coeficiente m3
m3=-7.2035*(B/L)^0.326869*(T/B)^0.605375;
%Obtención coeficiente C12
TL=T/L;
if TL<0.02
    C12=0.479948;
elseif TL>0.05
    C12=TL^0.2228446;
elseif TL>=0.02 && TL<=0.05
    C12=48.2*(TL-0.02)^2.078+0.479948;
end
%Obtención coeficiente C14
C14=1+0.011*Cstern;
%Obtención lambda
LB=L/B;
if LB<=12
    lambda=1.446*Cp-0.03*LB;
elseif LB>12
    lambda=1.446*Cp-0.36;
end
%Obtención C15
L3V=L^3/Vo1;
if L3V<512
    C15=-1.69385;
elseif L3V>1726.91
    C15=0;
elseif L3V>=512 && L3V<=1726.91
    C15=-1.69385+(L/Vo1^(1/3)-8)/2.36;
end
%Obtención coeficiente C16
if Cp<=0.8
    C16=8.07981*Cp-13.8673*Cp^2+6.984388*Cp^3;
elseif Cp>0.8
    C16=1.73014-0.7067*Cp;
end
%Obtención coeficiente C17
C17=6919.3*Cm^(-1.3346)*(Vo1/L^3)^2.00977*(L/B-2)^1.40692;
%Obtención coeficiente m1
m1=0.0140407*L/T-1.75254*Vo1^(1/3)/L-4.79323*B/L-C16;
%Obtención Ca
Ca=0.006*(L+100)^(-0.16)-0.00205+0.003*(L/7.5)^0.5*Cb^4*C2*(0.04-C4);
    
```

Figura 128 Subrutina. Predicción de la potencia efectiva mediante el método de Holtrop-Mennen (II)



```

%Cálculos previos función de la velocidad
Vms=v*0.51445;
Fn=Vms/(9.81*L)^0.5;
if At>0
    Fnt=Vms/(2*9.81*At/(B+B*Cb))^0.5;
else
    Fnt=0;
end
if Fnt<5
    C6=0.2*(1-0.2*Fnt);
else
    C6=0;
end
Fni=Vms/(9.81*(T-hb-0.25*Abt^0.5)+0.15*Vms^2)^0.5;
Rn=Vms*L/(1.1883*10^(-6));
m4=C15*0.4*exp(-0.034*Fn^(-3.29));
%Coeficiente de fricción
Cf=0.075/(log10(Rn)-2)^2;
%Resistencias parciales
%Resistencia de fricción
Rf=0.5*Sm*9.81*104.5872*Vms^2*Cf*10^(-3);
%Factor de forma
Ff=0.93+0.487118*C14*BL^1.06806*TL^0.46106*(L/Lr)^0.121563*L3V^0.36486
*(1-Cp)^(-0.604247);
%Resistencia viscosa
Rv=Rf*Ff;
%Resistencia de olas
RwA=C1*C2*C5*Vol*104.5872*exp(m1*Fn^(-0.9)+m4*cos(lambda*Fn^(-
2)))*10^(-3)*9.81^2;
RwB=C17*C2*C5*Vol*104.5872*exp(m3*Fn^(-0.9)+m4*cos(lambda*Fn^(-
2)))*10^(-3)*9.81^2;
if Fn<=0.4
    Rw=RwA;
elseif Fn>=0.55
    Rw=RwB;
elseif Fn>0.4 && Fn<0.55
    Rw=RwA+(10*Fn-4)*(RwB-RwA)/1.5;
end
%Resistencia del bulbo
Rbul=0.11*exp(-3*Pb^(-2))*Fni^3*Abt^1.5*104.5872*9.81/(1+Fni^2)*10^(-
3)*9.81;
%Resistencia de área de espejo
Rtr=0.5*104.5872*Vms^2*At*C6*10^(-3)*9.81;
%Resistencia de apéndices
Rap=0.5*104.5872*Vms^2*Sapp*k2*Cf*10^(-3)*9.81;
%Resistencia de correlación
Ra=0.5*104.5872*Vms^2*Sm*Ca*10^(-3)*9.81;
%Resistencia total
Rt=Rv+Rap+Rw+Rbul+Rtr+Ra;
%Potencia efectiva EHP
EHP=Rt*Vms;
    
```

Figura 129 Subrutina. Predicción de la potencia efectiva mediante el método de Holtrop-Mennen (III)

10. Módulo 5. Propulsión

10.1. Fundamentos para la utilización del módulo

Con la predicción de potencia efectiva completada, es posible pasar al siguiente módulo de Propulsión, en el cual se estudiará la potencia a disponer y la hélice más idónea para ello. En este módulo se tiene la oportunidad no solo de seleccionar la potencia y la hélice, sino de conocer las principales características que tendrá el sistema propulsivo.

La interfaz gráfica de este módulo está compuesta por una serie de cuadros: un cuadro inicial en el lateral izquierdo superior que sirve para cargar el buque o buques de los que se desea obtener la propulsión; bajo este cuadro se encuentran cuatro cuadros, los dos primeros muestran los perfiles de los buques, y los otros dos sirven para definir la potencia al freno BHP, el número de revoluciones, el nº de tiempos del motor, la relación Ae/Ao de la hélice y el coeficiente Kp; y por último, existen dos cuadros de mayor tamaño en el lateral derecho donde se calculan los cuatro tipos de hélices disponibles según su número de palas.

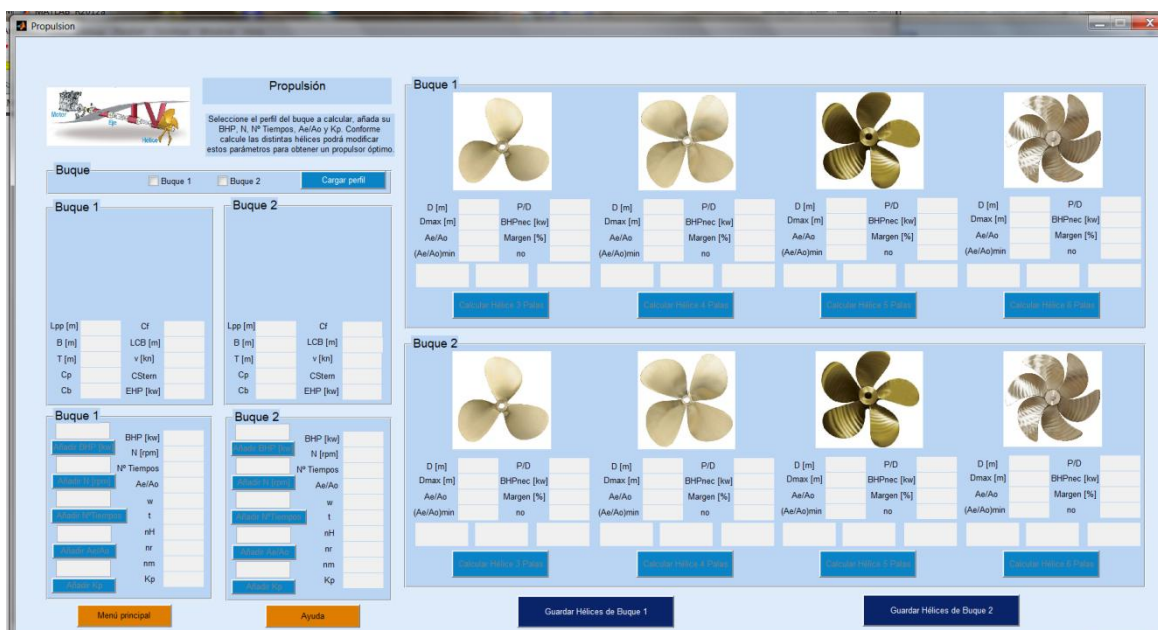


Figura 130 Apariencia del módulo de propulsión

Para llevar a cabo la estimación de la propulsión, el usuario debe de seleccionar previamente los parámetros mencionados (BHP, nº de revoluciones, nº de tiempos, Ae/Ao y Kp), y una vez dado un valor a cada uno de ellos, se activa el cálculo de las hélices. Se debe hacer notar que si alguna hélice no cumpliera por un diámetro excesivo, cavitación o insuficiente potencia, el usuario puede volver a estimar los parámetros anteriormente mencionados, hasta conseguir que la hélice o hélices sean válidas.

Es recomendable que en cada cambio de alguno de los parámetros el usuario vuelva a actualizar el cálculo de todas las hélices, para que una vez guardadas los resultados de éstas correspondan a la última estimación de los parámetros, y no a estimaciones previas.



10.2. Proyecto de hélices. Serie B de Wageningen

El diseño de la hélice más adecuada para cada buque implica, como todos los aspectos de la Hidrodinámica relacionados con el Proyecto, una solución de compromiso para hacer frente a las diversas necesidades, muchas de ellas contrapuestas. Sin embargo existen unos objetivos claros que deben de ser cubiertos:

- a) La hélice debe proporcionar un empuje suficiente para propulsar al buque a la velocidad deseada, con un rendimiento lo mayor posible, es decir que la potencia absorbida por ella sea la mínima que pueda alcanzarse. Esto conde a una menor potencia instalada y, por tanto, un menor consumo de combustible.
- b) No deben de presentarse fenómenos de cavitación, o al menos, han de estar reducidos a límites admisibles.
- c) La resistencia mecánica o estructural de la hélice ha de ser la adecuada para permitirle funcionar sujeta a los esfuerzos desarrollados en sus palas sin riesgo de roturas o deformaciones.
- d) No deben presentarse vibraciones inducidas por la hélice, debido a una inadecuada posición de la hélice en ele codaste con respecto al casco y al timón.

En la actualidad existen dos métodos apropiados para el correcto proyecto de una hélice:

- 1) Por Series Sistemáticas (método utilizado en el módulo).
- 2) Por cálculo directo (teoría de la Circulación y teoría de la Impulsión).

Una serie sistemática de propulsores es un conjunto de formas de hélices cuyas características geométricas se han variado de forma sistemática, de modo que su rendimiento y su comportamiento frente a la cavitación son óptimos y de las que se dispone de los resultados de ensayos de propulsor aislado.

De las numerosas series existentes se pueden destacar las siguientes:

- ❖ Series A y B del Canal de Wageningen.
- ❖ Series M.A.U. de Japón.
- ❖ Series K.C.B. de la Universidad de Newcastle.
- ❖ Series de Gwan.

La serie de mayor aplicación es la Serie B de Wageningen y por ello es la que se utilizará en el módulo.

10.3. Subrutina. Proyecto de hélices

En la siguiente subrutina se describe el procedimiento que se sigue para el cálculo de las hélices a partir de una serie de expresiones polinómicas que han sido obtenidas de los resultados de los ensayos de propulso aislado de la Serie B de Wageningen.

Estas expresiones polinómicas han sido copiadas en un Excel que recibe el nombre de “*Propulsion.xlsx*”, y a partir del cual la subrutina es ejecutada siempre que sea demandado el cálculo de una de las hélices.

En la siguiente figura se representan las expresiones de los diagramas $K_T - J$, $10K_Q - J$, y $B_P - \delta$ del propulsor de 3 palas de la Serie B de Wageningen. Análogamente se disponen las mismas expresiones para 4, 5 y 6 palas.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	i	j	k	c	i	j	k	d	i	j	k	e
2	0	0	0	18,8058	0	0	0	0,87674	0	0	0	1,12239
3	1	0	0	-48,2119	1	0	0	1,8581	1	0	0	-0,65719
4	2	0	0	35,4772	0	1	0	6,2313	0	1	0	-2,49002
5	1	1	0	421,5841	0	0	1	-3,21054	0	0	1	0,77829
6	0	2	0	170,2146	2	0	0	-0,19715	2	0	0	0,15548
7	2	1	0	-399,9848	1	1	0	-2,61934	1	1	0	1,29182
8	1	2	0	-463,7622	1	0	1	-5,72075	1	0	1	0,30777
9	0	3	0	-117,1999	0	2	0	0,59604	0	2	0	0,80541
10	3	1	0	82,0509	0	1	1	-5,45364	0	1	1	0,7185
11	2	2	0	270,2712	2	1	0	1,54855	2	1	0	-0,14982
12	1	3	0	166,4671	1	0	2	7,121	1	2	0	-0,41024
13	0	4	0	30,578	0	3	0	-0,12629	1	0	2	-0,85697
14	3	3	0	-30,7221	0	0	3	1,60832	0	3	0	-0,13208
15	2	4	0	-35,9455	3	0	1	-0,34746	0	0	3	-0,29917
16	1	5	0	-4,0722	0	2	2	0,48039	0	2	2	-0,07979
17	0	6	0	-1,1861	3	2	0	0,0933	3	2	0	-0,04026
18	3	6	0	3,1183	2	1	2	-0,73719	1	0	4	0,23048
19					1	0	4	-1,2439	2	4	0	0,04474
20					2	4	0	-0,02892	0	1	5	0,01804
21					0	1	5	-0,09945	3	0	4	0,03606
22					2	4	2	0,06313	2	4	2	-0,00768
23					2	0	7	0,03905	2	0	7	-0,01226
24					0	7	2	-0,00157	0	7	2	0,00033
25					3	7	0	-0,00332	3	7	0	-0,00084
26					1	3	7	0,00525	1	3	7	-0,00075
27					0	6	6	0,00019	0	6	6	-0,00004
28					2	7	7	-0,00024	2	7	7	0,00004
29												

Figura 131 Ejemplo de expresiones polinómicas de los diagramas correspondientes a una hélice de 3 palas

```
function
[Margen,Cavitacion,Heliceval,BHPnec,no,PD,AeAomin,D,Dmax,w,t,nH,nr,nm.
..
]=Propulsion1(L,B,T,Cstern,Cp,Cb,Cf,LCB,v,RED,Kp,N,BHP,EHP,AeAo,Z,Bulb
o)
%
%TRABAJO FIN DE MÁSTER
%Programa en MATLAB para la realización de cálculos de anteproyecto de
%diversos tipos de buque
%
%Máster Universitario en Ingeniería Naval y Oceánica
%Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica, UPCT
%Departamento de Matemática aplicada y estadística
```

Figura 132 Subrutina. Proyecto de la hélice (I)



```

%Alumno: Ramón Bernal, Vicente
%Tutor: Amat Plata, Sergio
%
%Subrutina: Proyecto de la hélice
%Resumen: Realiza el cálculo de las hélices de la Serie B de Wageningen
para
%3, 4, 5 y 6 palas.
%
%
%Cálculo del coeficiente de la maestra
Cm=Cb/Cp;
%Estimación del diámetro máximo
D=T/1.43;
%%% Cambio de unidades
BHP=BHP*1000/9.81/75;
EHP=EHP*1000/9.81/75;
LCB=LCB*100/L;
%%% Obtencion Sm
if Bulbo==1
    Abt=0.08*Cm*B*T;
    hb=T/3;
    C3=0.56*Abt^1.5/(B*T*(0.31*Abt^0.5+T-hb));
    C2=exp(-1.89*C3^0.5);
else
    Abt=0;
    C2=0;
end
S=L*(2*T+B)*Cm^0.5*(0.453+0.4425*Cb-0.2862*Cm-
0.003467*B/T+0.3696*Cf)+2.38*Abt/Cb;
%Primer procedimiento para la obtención del COEFICIENTE DE SUCCIÓN t
Cp1=1.45*Cp-0.315-0.0225*LCB;
t=0.25014*(B/L)^0.28956*((B*T)^0.5/D)^0.2624/(1-
Cp+0.0225*LCB)^0.01762+0.0015*CStern;
%%% OBTENCION CV
%Obtención del coeficiente C7
BL=B/L;
%Obtención de C1
%Obtención de Lr
Lr=L*(1-Cp+0.06*Cp*LCB/(4*Cp-1));
%Obtención Ie
Vol=L*B*T*Cb;
%Obtención del coeficiente C12
TL=T/L;
%Obtención del coeficiente C14
C14=1+0.011*CStern;
%Obtención de factor de forma y coeficiente de fricción
L3V=L^3/Vol;
Vms=v*0.51445;
Rn=Vms*L/(1.1883*10^(-6));
Cf=0.075/(log10(Rn)-2)^2;
Ff=0.93+0.487118*C14*BL^1.06806*TL^0.46106*(L/Lr)^0.121563*L3V^0.36486
*(1-Cp)^(-0.604247);
%Obtención del coeficiente C4
TL=T/L;
if TL<=0.04
    C4=TL;
else
    C4=0.04;
end
    
```

Figura 133 Subrutina. Proyecto de la hélice (II)



```

Ca=0.006*(L+100)^(-0.16)-0.00205+0.003*(L/7.5)^0.5*Cb^4*C2*(0.04-C4);
Cv=Cf*Ff+Ca;
%Obtención del coeficiente C8
if B/T < 5
    C8=B*S/(L*D*T);
else
    C8=S*(7*B/T-25)/(L*D*(B/T-3));
end
%Obtención del coeficiente C9
if C8 < 28
    C9=C8;
else
    C9=32-16/(C8-24);
end
%Obtención del coeficiente C11
if T/D < 2
    C11=T/D;
else
    C11=0.0833333*(T/D)^3+1.33333;
end
%Obtención del coeficiente C19
if Cp < 0.7
    C19=0.12997/(0.95-Cb)-0.11056/(0.95-Cp);
else
    C19=0.18567/(1.3571-Cm)-0.71276+0.38648*Cp;
end
%Obtención del coeficiente C20
C20=1+0.015*CStern;
%Primer procedimiento para la obtención del COEFICIENTE DE ESTELA w
w=C9*C20*Cv*L/T*(0.050776+0.93405*C11*Cv/(1-Cp1))+0.27915*C20*(B/L/(1-
Cp1))^0.5+C19*C20;
%Segundo procedimiento para la obtención del COEFICIENTE DE ESTELA w
w=C9*Cv*L/T*(0.0661875+1.21756*C11*Cv/(1-Cp1))+0.24558*(B/L/(1-
Cp1))^0.5-...
0.09726/(0.95-Cp)+0.11434/(0.95-Cb)+0.75*CStern*Cv+0.002*CStern;
%Obtención del coeficiente C10
if L/B > 5.2
    C10=B/L;
else
    C10=0.25-0.003328402/(B/L-0.134615385);
end
%Segundo procedimiento para la obtención del COEFICIENTE DE SUCCIÓN t
t=0.001979*L/(B-B*Cp1)+1.0585*C10-0.00524-
0.1418*D^2/B/T+0.0015*CStern;
%Obtención rendimiento rotativo-relativo nr
nr=0.9922-0.05908*AeAo+0.07424*(Cp-0.0225*LCB);
%Obtención rendimiento de la carena nH
nH=(1-t)/(1-w);
%Obtención rendimiento mecánico nm
if RED == 0
    if BHP < 1000
        nm=0.97;
    elseif BHP >= 1000 && BHP <= 10000
        nm=0.98;
    elseif BHP > 10000
        nm=0.985;
    end
end
end

```

Figura 134 Subrutina. Proyecto de la hélice (II)



```

if RED == 1
    if BHP < 1000
        nm=0.94;
    elseif BHP >= 1000 && BHP <= 10000
        nm=0.95;
    elseif BHP > 10000
        nm=0.965;
    end
end
%Díámetro máximo de la hélice
Dmax=T/1.43;
%Inmersión del eje máximo
Ie=9/10*Dmax;
%Velocidad de avance, Bp y Deltamax
Va=v*(1-w);
Bp=N*(BHP*nm*Kp*nr/1.026*75/76)^0.5/Va^2.5;
Deltamax=N*Dmax/Va;

%%%% 3 PALAS
if Z == 3
Palas3=xlsread('Propulsion.xlsx','3 palas','A2:L28');
Delta=0;
for i=1:17
    Aux=Palas3(i,4)*AeAo^Palas3(i,1)*(Bp^0.5/10)^Palas3(i,2);
    Delta=Delta+Aux;
end
PD=0;
for i=1:27

Aux=Palas3(i,8)*AeAo^Palas3(i,5)*(Bp^0.5/10)^Palas3(i,6)*(Delta/100)^P
alas3(i,7);
    PD=PD+Aux;
end
no=0;
for i=1:27

Aux=Palas3(i,12)*AeAo^Palas3(i,9)*(Bp^0.5/10)^Palas3(i,10)*(Delta/100)
^Palas3(i,11);
    no=no+Aux;
end
D=Va*Delta/N;
J=Va*0.51445/N/D*60;
T=75*BHP*Kp*no*nm*nr/Va/0.51445;
AeAomin=(1.3+0.3*Z)*T/(10100+1026*Ie)/D^2+0.2;
BHPnec=EHP/nH/no/nr/nm/Kp;
Margen=(BHP-BHPnec)/BHP*100;
if AeAomin < AeAo
    Cavitacion=0;
else
    Cavitacion=1;
end
if D < Dmax
    Heliceval=1;
else
    Heliceval=0;
end
end

```

Figura 135 Subrutina. Proyecto de la hélice (IV)



```

##### 4 PALAS
elseif Z == 4
Palas4=xlsread('Propulsion.xlsx','4 palas','A2:L47');
Delta=0;
for i=1:10
    Aux=Palas4(i,4)*AeAo^Palas4(i,1)*(Bp^0.5/10)^Palas4(i,2);
    Delta=Delta+Aux;
end
PD=0;
for i=1:46
    Aux=Palas4(i,8)*AeAo^Palas4(i,5)*(Bp^0.5/10)^Palas4(i,6)*(Delta/100)^P
    alas4(i,7);
    PD=PD+Aux;
end
no=0;
for i=1:46
    Aux=Palas4(i,12)*AeAo^Palas4(i,9)*(Bp^0.5/10)^Palas4(i,10)*(Delta/100)
    ^Palas4(i,11);
    no=no+Aux;
end
D=Va*Delta/N;
J=Va*0.51445/N/D*60;
T=75*BHP*Kp*no*nm*nr/Va/0.51445;
AeAomin=(1.3+0.3*Z)*T/(10100+1026*Ie)/D^2+0.2;
BHPnec=EHP/nH/no/nr/nm/Kp;
Margen=(BHP-BHPnec)/BHP*100;
if AeAomin < AeAo
    Cavitacion=0;
else
    Cavitacion=1;
end
if D < Dmax
    Heliceval=1;
else
    Heliceval=0;
end

##### 5 PALAS
elseif Z == 5
Palas5=xlsread('Propulsion.xlsx','5 palas','A2:L44');
Delta=0;
for i=1:13
    Aux=Palas5(i,4)*AeAo^Palas5(i,1)*(Bp^0.5/10)^Palas5(i,2);
    Delta=Delta+Aux;
end
PD=0;
for i=1:42
    Aux=Palas5(i,8)*AeAo^Palas5(i,5)*(Bp^0.5/10)^Palas5(i,6)*(Delta/100)^P
    alas5(i,7);
    PD=PD+Aux;
end
no=0;

```

Figura 136 Subrutina. Proyecto de la hélice (V)



```

for i=1:43

Aux=Palas5(i,12)*AeAo^Palas5(i,9)*(Bp^0.5/10)^Palas5(i,10)*(Delta/100)
^Palas5(i,11);
    no=no+Aux;
end
D=Va*Delta/N;
J=Va*0.51445/N/D*60;
T=75*BHP*Kp*no*nm*nr/Va/0.51445;
AeAomin=(1.3+0.3*Z)*T/(10100+1026*Ie)/D^2+0.2;
BHPnec=EHP/nH/no/nr/nm/Kp;
Margen=(BHP-BHPnec)/BHP*100;
if AeAomin < AeAo
    Cavitacion=0;
else
    Cavitacion=1;
end
if D < Dmax
    Heliceval=1;
else
    Heliceval=0;
end

%%%%% 6 PALAS
elseif Z == 6
Palas6=xlsread('Propulsion.xlsx','6 palas','A2:L28');
Delta=0;
for i=1:12
    Aux=Palas6(i,4)*AeAo^Palas6(i,1)*(Bp^0.5/10)^Palas6(i,2);
    Delta=Delta+Aux;
end
PD=0;
for i=1:27

Aux=Palas6(i,8)*AeAo^Palas6(i,5)*(Bp^0.5/10)^Palas6(i,6)*(Delta/100)^
Palas6(i,7);
    PD=PD+Aux;
end
no=0;
for i=1:25

Aux=Palas6(i,12)*AeAo^Palas6(i,9)*(Bp^0.5/10)^Palas6(i,10)*(Delta/100)
^Palas6(i,11);
    no=no+Aux;
end
D=Va*Delta/N;
J=Va*0.51445/N/D*60;
T=75*BHP*Kp*no*nm*nr/Va/0.51445;
AeAomin=(1.3+0.3*Z)*T/(10100+1026*Ie)/D^2+0.2;
BHPnec=EHP/nH/no/nr/nm/Kp;
Margen=(BHP-BHPnec)/BHP*100;
if AeAomin < AeAo
    Cavitacion=0;
else
    Cavitacion=1;
end
end

```

Figura 137 Subrutina. Proyecto de la hélice (VI)



```
if D < Dmax
    Heliceval=1;
else
    Heliceval=0;
end
end
%Nuevo cambio de unidades
BHPnec=BHPnec/1000*9.81*75;
```

Figura 138 Subrutina. Proyecto de la hélice (VII)



Conclusiones

En el presente Trabajo Fin de Máster se ha realizado un programa en MATLAB para la realización de cálculos de anteproyecto de diversos tipos de buque. Para ello se dividió el programa en una serie de módulos, los cuales se iban desbloqueando conforme se avanzaba en el programa. Al final de esto se obtenía un fichero Excel que recogía todos estos cálculos que habían sido realizados.

Así pues, el objetivo final de este programa era aglutinar los principales cálculos que se realizan en el anteproyecto de un buque. Por un lado, es evidente de que el programa puede extenderse tanto como el programador desee pero por limitaciones de tiempo era necesario marcar unos objetivos asumibles y alcanzables.

En la realización del programa se ha aprendido a manejar una interfaz gráfica y a convertir en subrutinas cálculos de anteproyectos navales que anteriormente se hacían a mano o a través de hojas de cálculo. Con esto se facilita al usuario la disposición de todos estos cálculos y la obtención los principales cálculos de un anteproyecto con unos pocos clics de ratón.

Este programa queda a disposición de la comunidad universitaria, tanto para su posible empleo didáctico así como de base ilustrativa de futuros trabajos o proyectos.

El autor de este Trabajo Fin de Máster no se hace responsable de la utilización de este software por terceros en el ámbito industrial o profesional.

Anexo I. Ayuda del módulo de Menú Principal

1. Introducción

En este anexo se lleva a cabo una explicación detallada de cómo emplear de forma correcta el módulo de menú principal. Este menú es el punto de partida del programa, desde el cual el usuario tiene acceso a todos los módulos de cálculo, siempre y cuando hayan sido desbloqueados previamente con al menos uno de los dos buques.

2. Inicio del programa

La carpeta “*Trabajo fin de master*” tiene que establecerse como directorio una vez abierto el programa *MATLAB® R2012a* y el usuario puede iniciar el programa introduciendo en la ventana de comandos la palabra “*TrabajoFindeMaster*”. Una vez realizado esto se iniciará la ventana correspondiente al menú principal. La apariencia de este menú cuando se abre por primera vez, sin ningún buque guardado previamente será la siguiente:

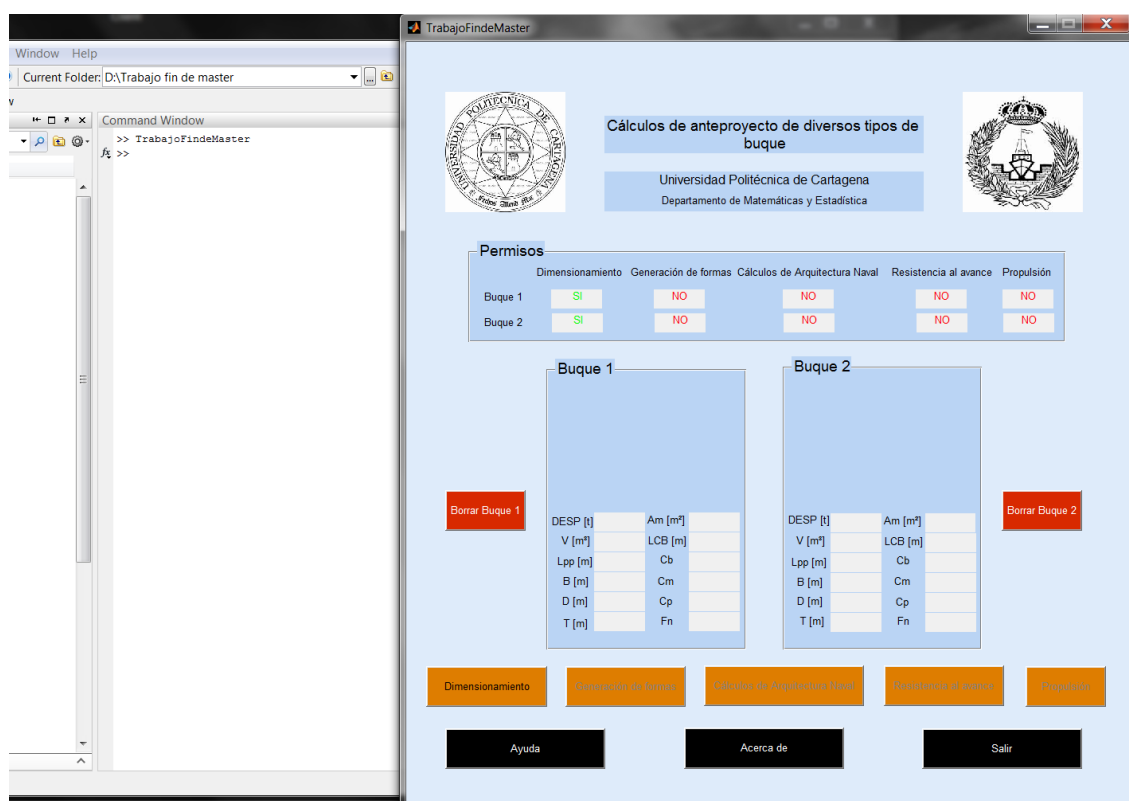


Figura 139 Inicialización del programa

3. Acceso a módulos y obtención de permisos

Inicialmente estará desbloqueado únicamente el módulo 1 de dimensionamiento como se aprecia en la figura anterior. Accediendo a este módulo puede ser desbloqueado el siguiente y así sucesivamente.

Para conseguir desbloquear un módulo deberá de aparecer un mensaje que corrobore que ha sido completado el módulo actual. Un ejemplo de módulo desbloqueado sería el siguiente:

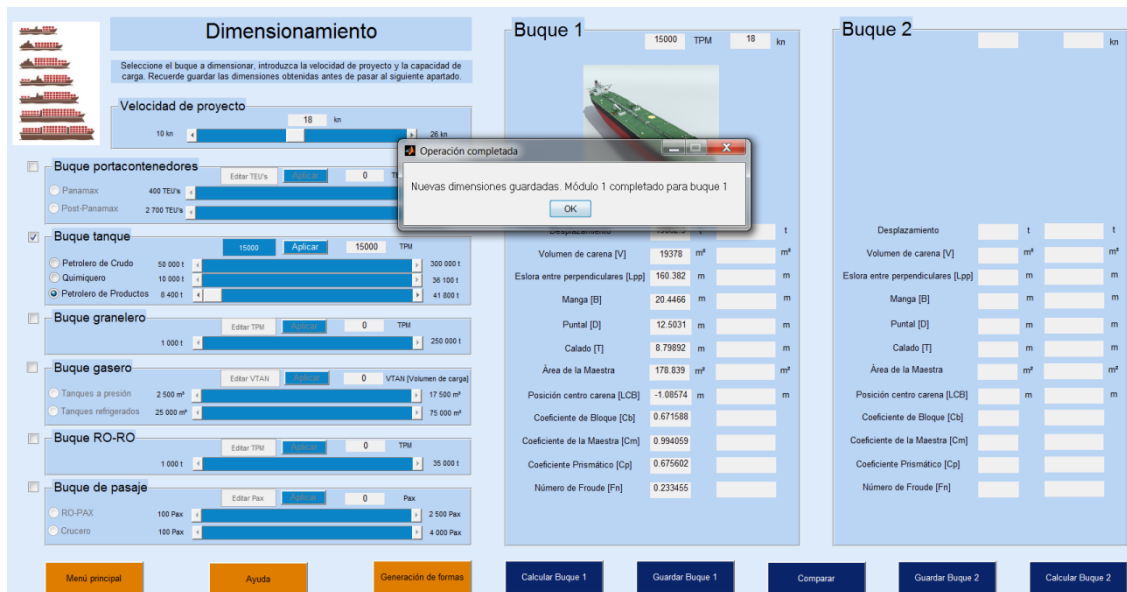


Figura 140 Módulo 1 de dimensionamiento completado para buque 1

Una vez un módulo es desbloqueado, desde ese mismo módulo se puede pasar al siguiente o volver al menú principal. En el caso de volver al menú principal, se puede observar cómo se actualiza este nuevo permiso y aparece el nuevo perfil que ha sido creado.

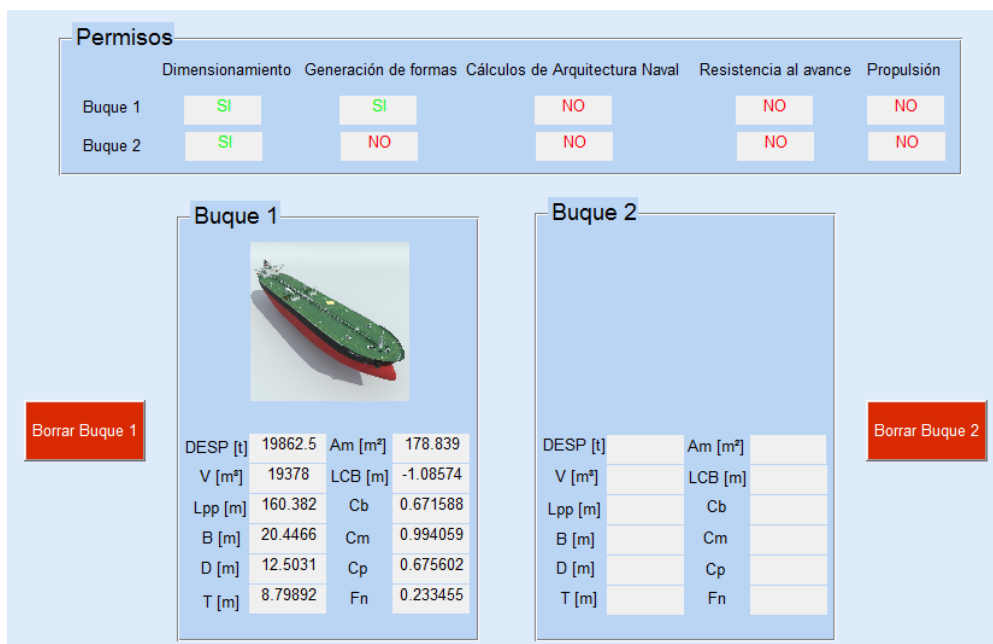


Figura 141 Consecución de acceso a Módulo 2 para buque 1

4. Borrado de perfiles

Los perfiles guardados pueden ser borrados en el menú principal pulsando los botones “Borrar Buque 1” y “Borrar Buque 2” y respondiendo afirmativamente a la ventana emergente que aparece a continuación. Como consecuencia del borrado se volverá al punto de partida con permiso inicial para acceder únicamente al módulo de dimensionamiento, y podrá ser creado un nuevo perfil.



5. Preguntas frecuentes

Relacionadas con la obtención de permisos y Ficheros Excel de permisos:

<ul style="list-style-type: none">❖ ¿Cómo se obtiene el permiso de un módulo? ¿Puedo obtener el permiso de cualquier módulo, sea o no el siguiente?➤ <i>Completando el módulo anterior.</i>➤ <i>No, la obtención de los permisos es un proceso concatenado. Únicamente puede desbloquearse el acceso al siguiente módulo y así sucesivamente.</i>
<ul style="list-style-type: none">❖ ¿Puedo modificar los datos del fichero de permisos?➤ <i>No, todos los datos de este fichero son generados de forma automática por el programa. La manipulación de datos puede tener consecuencias negativas en el normal funcionamiento del programa.</i>
<ul style="list-style-type: none">❖ He modificado datos del fichero de permisos o borrado el fichero de permisos, ¿Qué puedo hacer para evitar un funcionamiento aleatorio del programa?➤ <i>Pulse el botón “Borrar Buque 1” y/o “Borrar Buque 2” del menú principal del programa.</i>

Relacionadas con Ficheros Excel de generación de datos:

<ul style="list-style-type: none">❖ ¿Puedo copiar los ficheros de generación de datos?➤ <i>Sí, siempre que se copie fuera del directorio “Trabajo Fin de Master”.</i>
<ul style="list-style-type: none">❖ ¿Puedo modificar los datos de los ficheros de generación de datos?➤ <i>No, todos los datos de estos ficheros son generados de forma automática por el programa. La manipulación de datos puede tener consecuencias negativas en el normal funcionamiento del programa.</i>
<ul style="list-style-type: none">❖ He modificado datos de los ficheros de generación de datos, ¿Qué puedo hacer para evitar un funcionamiento aleatorio del programa? ¿Perderé la información que dispongo guardada hasta ese momento?➤ <i>Pulse el botón “Borrar Buque 1” o “Borrar Buque 2” del menú principal del programa.</i>➤ <i>Sí, se produce un reinicio en la base de datos borrada, pero si desea conservar dicha información puede copiar el fichero fuera del directorio “Trabajo Fin de Master”.</i>
<ul style="list-style-type: none">❖ He borrado uno o ambos ficheros de generación de datos, ¿Qué puedo hacer para evitar un funcionamiento aleatorio del programa?➤ <i>Pulse el botón “Borrar Buque 1” y/o “Borrar Buque 2” del menú principal del programa.</i>

Anexo II. Ayuda del módulo de Dimensionamiento

1. Introducción

En este anexo se lleva a cabo una explicación detallada para el empleo correcto del módulo de dimensionamiento. En este módulo se lleva a cabo el dimensionamiento de una serie de buques tipo propuestos por el programa.



Figura 142 Apariencia del módulo de dimensionamiento

2. Acceso al módulo y gestión de permisos

Este módulo está siempre desbloqueado en el menú principal, al tratarse del primer módulo del programa y una vez completado se desbloqueará el módulo 2 de Generación de Formas.

Sin embargo, el usuario tendrá que tener en cuenta de que si se completa este módulo para uno de los dos buques y previamente ya se habían desbloqueado módulos posteriores, el programa pasará a bloquear todos los módulos posteriores al segundo módulo, ya que la información obtenida previamente de estos ya no estará relacionada con el nuevo dimensionamiento realizado. Resumiendo, dicha información estará disponible para el usuario pero no podrá ser empleada por el programa, ya que de ser así alteraría el normal funcionamiento de éste.

3. Selección de la velocidad de proyecto

La selección de la velocidad de proyecto es importante en el Dimensionamiento, y ésta influirá en el valor de los coeficientes posteriormente, por lo que el usuario debe de seleccionarla con criterio. El rango de velocidades va desde los 10 nudos hasta los 26 nudos (rango de velocidades típicas de los buques de estudio).

Esta velocidad podrá ser posteriormente modificada en el módulo de resistencia al avance, por lo que no será un valor definitivo.

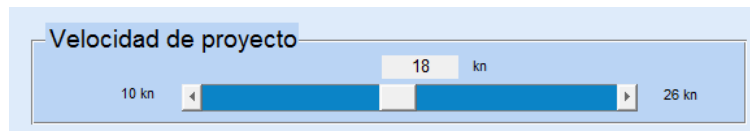


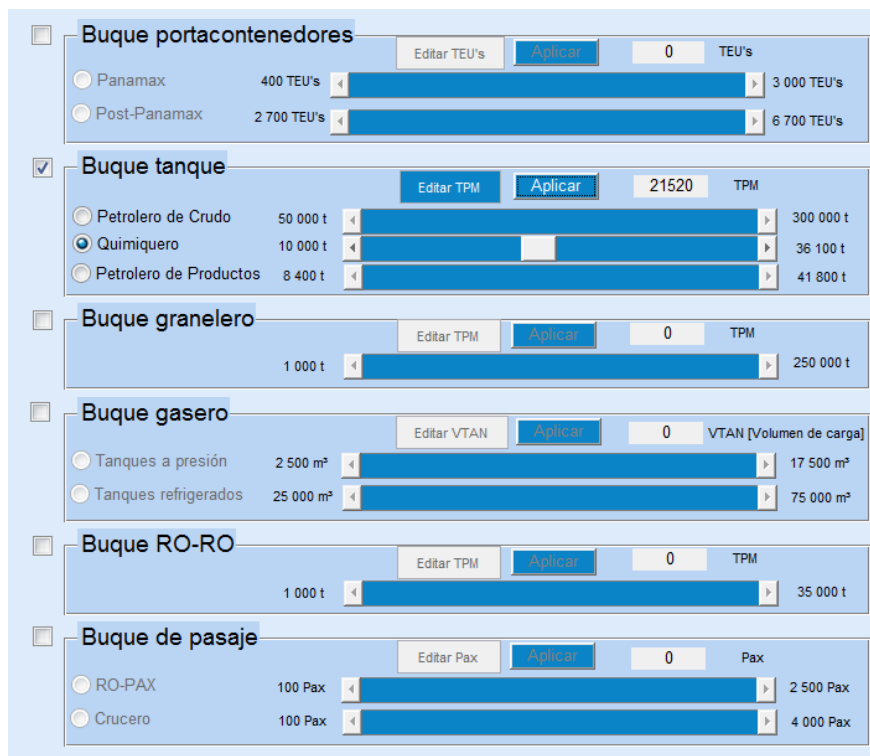
Figura 143 Selección de la velocidad de proyecto

4. Selección del tipo de buque y dimensión crítica

A diferencia de la velocidad de proyecto, la selección del tipo de buque y la dimensión crítica sí que serán definitivos en el proyecto del buque y no podrán ser modificables posteriormente en ningún otro módulo.

A la izquierda de cada cuadro de buque tipo existe una casilla o “checkbox”, la cual tiene que ser activada para activar ese cuadro de buque tipo. Adicionalmente, en algunos tipos de buque hay adicionalmente unos subtipos teniendo que seleccionar aquel que el usuario busque. Una vez seleccionados tanto el buque tipo como el subtipo de buque dentro de éste si lo hubiera, se activará automáticamente una barra deslizador y un cuadro editable. Moviendo la barra deslizador y posteriormente pulsando “Aplicar” se añade una cantidad en función de la posición de ésta. Si el usuario desea ser más exacto puede utilizar el cuadro editable.

Se tiene que tener en cuenta de que siempre que tanto el cuadro editable como la barra deslizador contengan una cantidad, se añadirá la cantidad correspondiente en el cuadro editable.



Categoría	Subtipo	Valor Actual	Unidad
Buque portacontenedores	-	0	TEU's
Buque tanque (seleccionado)	Petrolero de Crudo	50 000 t	t
	Quimiquero (seleccionado)	21 520	TPM
Petrolero de Productos	-	8 400 t	t
	-	41 800 t	t
Buque granelero	-	0	TPM
Buque gasero	Tanques a presión	2 500 m³	m³
	Tanques refrigerados	25 000 m³	m³
Buque RO-RO	-	0	TPM
Buque de pasaje	RO-PAX	100 Pax	Pax
	Crucero	100 Pax	Pax

Figura 144 Ejemplo de selección de un buque quimiquero de 21 520 t de peso muerto

5. Cálculo, comparación y guardado de dimensiones de buques

Tras seleccionar la velocidad de proyecto, el tipo de buque y el valor de su dimensión crítica se pasará al cálculo del buque, que se realiza con los botones primarios “*Calcular Buque 1*” o “*Calcular Buque 2*”. El cálculo con el perfil 1 o con el perfil 2 es indiferente en cuanto al resultado obtenido, ya que se realiza la lectura de las mismas subrutinas, con lo que los resultados son idénticos.

Una vez han sido calculados ambos perfiles, el programa da la opción de compararlos entre ellos, con lo que se obtiene la diferencia numérica de las dimensiones y coeficientes.

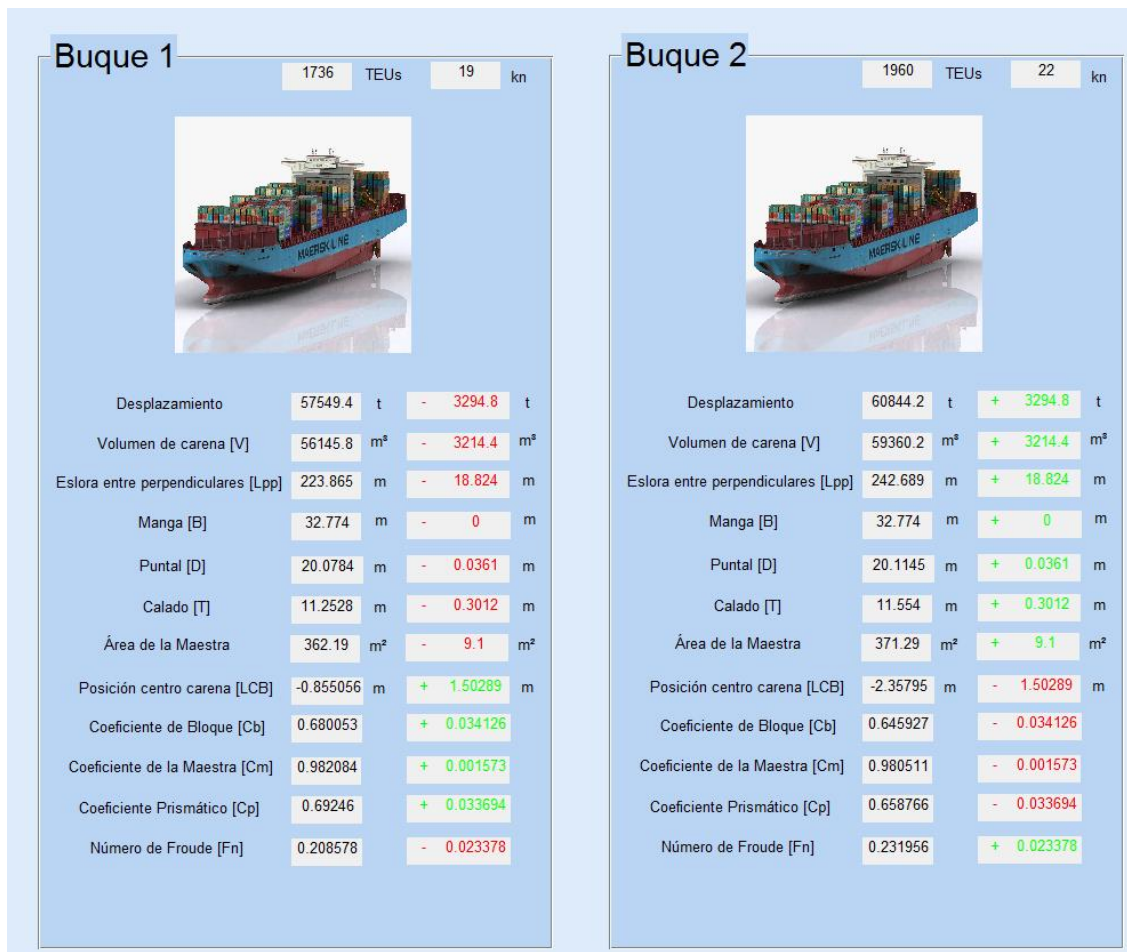


Figura 145 Ejemplo de comparación de buques portacontenedores

Por último, si las dimensiones obtenidas son las esperadas por el usuario pueden guardarse los datos obtenidos con los botones primarios “*Guardar Buque 1*” o “*Guardar Buque 2*” en los ficheros Excel de generación de datos “*Buque1.xls*” y “*Buque2.xls*” respectivamente. Con esta acción se desbloquea el acceso al módulo siguiente de generación de formas.



	A	B	C	D
1	Buque tanque	2		
2	TPM	23258		
3	Velocidad de proyecto [kn]	19		
4	Desplazamiento	29715		
5	Volumen de carena [V]	28990,2		
6	Eslora entre perpendiculares [Lpp]	165,472		
7	Manga [B]	23,4217		
8	Puntal [D]	14,5431		
9	Calado [T]	10,0307		
10	Área de la Maestra	233,308		
11	Posición centro carena [LCB]	1,06095		
12	Coefficiente de Bloque [Cb]	0,745721		
13	Coefficiente de la Maestra [Cm]	0,993072		
14	Coefficiente Prismático [Cp]	0,750924		
15	Número de Froude [Fn]	0,242605		
16	Coefficiente de flotación [Cf]	0		
17	CStem	0		
18				

Figura 146 Generación de datos tras guardar el buque

Nota. El coeficiente de flotación y CStem se estiman con posterioridad

6. Preguntas frecuentes

Relacionadas con la obtención de permisos y modificación de ficheros Excel de permisos y generación de datos:

- ❖ ¿Cómo se obtiene el permiso del módulo de Dimensionamiento? ¿Puedo perder este permiso en algún momento? ¿Qué permiso/s obtengo una vez completado este módulo?
 - *El módulo de Dimensionamiento está siempre desbloqueado, por lo que siempre se tiene su permiso de acceso al tratarse del primer módulo del programa.*
 - *No, siempre se tiene acceso a este módulo, ya que es el punto de partida del programa.*
 - *El permiso de acceso al módulo de Generación de Formas.*
- ❖ He completado el módulo, pero solo he conseguido desbloquear el siguiente módulo para uno de los dos perfiles, ¿cuál la causa de esto?
 - *Esta situación es consecuencia de no haber guardado ambos perfiles, sino únicamente uno de los dos.*
- ❖ He modificado datos del fichero de permisos y/o de generación de datos, y he podido acceder al siguiente módulo, ¿qué consecuencias tiene esto? ¿Qué puedo hacer para evitar un funcionamiento aleatorio del programa?
 - *La modificación de estos ficheros no garantiza el funcionamiento correcto del programa, así como la posible aparición de errores durante su ejecución y la obtención de resultados impredecibles.*
 - *Pulse el botón “Borrar Buque 1” y/o “Borrar Buque 2” del menú principal del programa.*



Relacionadas con la ejecución del módulo:

- ❖ He seguido el procedimiento descrito, pero al calcular el buque parte de los resultados no son coherentes, ¿cuál es la causa de esto?
 - *La obtención de resultados no coherentes es debida a una selección de parámetros incorrecta por parte del usuario. A pesar de seleccionar los parámetros dentro de los márgenes propuestos por el programa, debe de existir consistencia entre ellos para posibilitar la obtención de resultados razonables.*
- ❖ ¿Puedo dimensionar un tipo de buque diferente a los propuestos por el programa?
 - *No, el dimensionamiento está contemplado únicamente para estos tipos de buque.*
- ❖ Cuando intento guardar los resultados, me aparece un error en la ventana de comandos de MATLAB, ¿a qué es debido esto?
 - *Generalmente este error se debe a que están abiertos los ficheros Excel de generación de datos o permisos.*
- ❖ He completado el módulo pero no sé donde se ha guardado la información que he obtenido.
 - *Ficheros Excel de generación de datos “Buque1.xls” y/o “Buque2.xls”, hoja “Datos”.*

Anexo III. Ayuda del módulo de Generación de Formas

1. Introducción

En este anexo se lleva a cabo una explicación detallada para el empleo correcto del módulo de generación de formas. En este módulo se lleva a cabo la obtención de la carena del buque a partir de un dimensionamiento realizado en el módulo anterior.

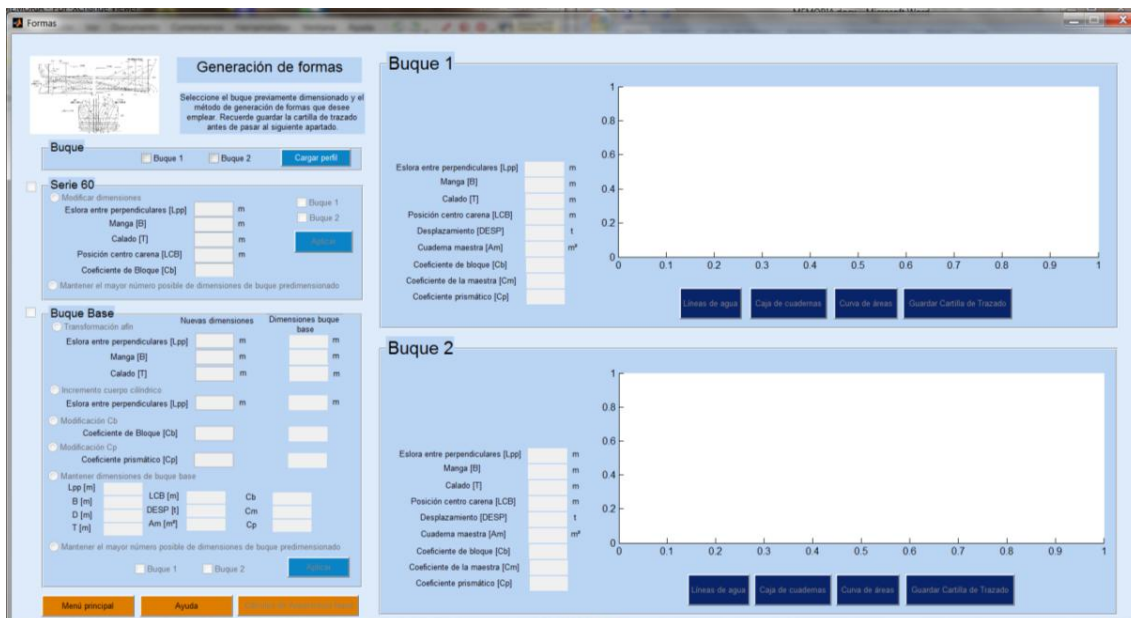


Figura 147 Apariencia del módulo de generación de formas

2. Acceso al módulo y gestión de permisos

Este módulo será accesible una vez haya sido completado el módulo de dimensionamiento para al menos uno de los dos buques. Una vez completado este módulo se desbloquea el módulo 3 de cálculos de arquitectura naval.

Sin embargo, el usuario tendrá que tener en cuenta de que si se completa este módulo para uno de los dos buques y previamente ya se habían desbloqueado módulos posteriores, el programa pasará a bloquear todos los módulos posteriores al tercer módulo, ya que la información obtenida previamente de estos ya no estará relacionada con las nuevas formas generadas. Resumiendo, dicha información estará disponible para el usuario pero no podrá ser empleada por el programa, ya que de ser así alteraría el normal funcionamiento de éste.

3. Cargar perfiles

Una vez se ha accedido al módulo, se debe de cargar el perfil o los perfiles que previamente han sido completados en el módulo anterior. Para ello se marcará la casilla correspondiente (Buque 1 y/o Buque 2) y se pulsa el botón “Cargar perfil”.

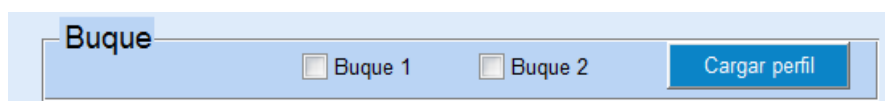


Figura 148 Cuadro de cargar perfil

4. Serie 60

Si el usuario decide generar las formas a partir de la Serie 60, debe marcar la casilla correspondiente a éste con lo que se activarán las opciones disponibles. La primera de las opciones es modificar ciertas dimensiones y/o coeficientes obtenidos del dimensionamiento para generar las formas. La segunda consiste en generar las formas a partir de las dimensiones y coeficientes que previamente fueron obtenidas.

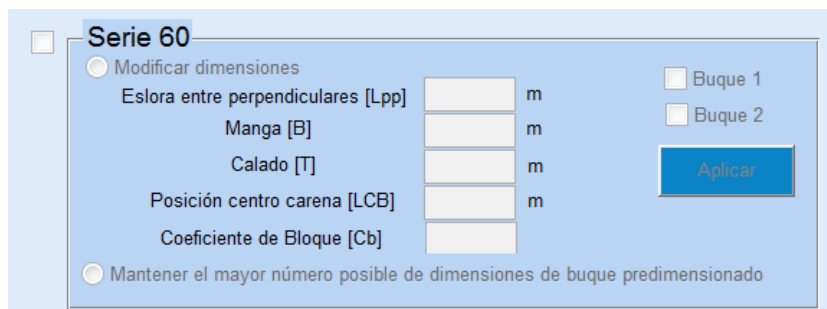


Figura 149 Apariencia del cuadro de generación de formas a partir de la Serie 60

Cuando se selecciona esta opción existen una serie de limitaciones de las cuales debe de ser consciente el usuario antes de su ejecución:

- ❖ Las formas solo pueden ser obtenidas en un rango del coeficiente prismático de entre 0.6 y 0.8.
- ❖ Los resultados obtenidos en estos límites (próximos a 0.60 o 0.80) pueden no ajustarse tan bien como el usuario desearía.
- ❖ En la opción de modificación de dimensiones el usuario tiene que mantener relaciones L/B , B/T ,... dentro de sus valores lógicos, ya que de no ser así los resultados podrían no tener sentido.

Tras seleccionar una de las opciones disponibles de generación de formas, se debe de marcar la casilla del buque correspondiente sobre el cual se desea generar estas formas, y a continuación, el botón secundario “Aplicar”.

Una vez pulsado dicho botón, pasará a activarse el cuadro lateral derecho del buque correspondiente y se podrá visualizar las formas obtenidas.

5. Buque base

En el caso de que el usuario se decline por generar las formas a partir de un buque base, debe marcar la casilla correspondiente a éste con lo que se activarán sus opciones disponibles. La primera de ellas es la transformación afín, que puede ser longitudinal, transversal y/o vertical; la segunda opción es un incremento del cuerpo cilíndrico; la tercera es una modificación del coeficiente de bloque, que puede hacerse de forma conjunta o no con la transformación afín o con el incremento del cuerpo cilíndrico; la cuarta es la modificación del coeficiente prismático, que puede hacerse de forma conjunta o no con la transformación afín o con el incremento del cuerpo cilíndrico; la quinta consiste en conservar la carena del buque base; y la sexta y última consiste en alcanzar el mayor número de dimensiones posibles combinando la transformación afín con las modificaciones de coeficiente de bloque y prismático.

Cuando se selecciona esta opción existe una serie de limitaciones de las cuales debe de ser consciente el usuario antes de su ejecución:

- ❖ En la derivación de formas se tiene que mantener las relaciones L/B , B/T ,... dentro de sus valores lógicos, ya que de no ser así los resultados podrían no tener sentido.
- ❖ Cuando se seleccione la opción “Mantener el mayor número de dimensiones”, se tiene que tener en cuenta de que tanto las dimensiones del buque base como sus coeficientes son lo suficientemente próximos a los del buque base.
- ❖ Grandes modificaciones en las dimensiones o en los coeficientes puede dar lugar a formas distorsionadas, que no se aproximen a los resultados esperados por el usuario.

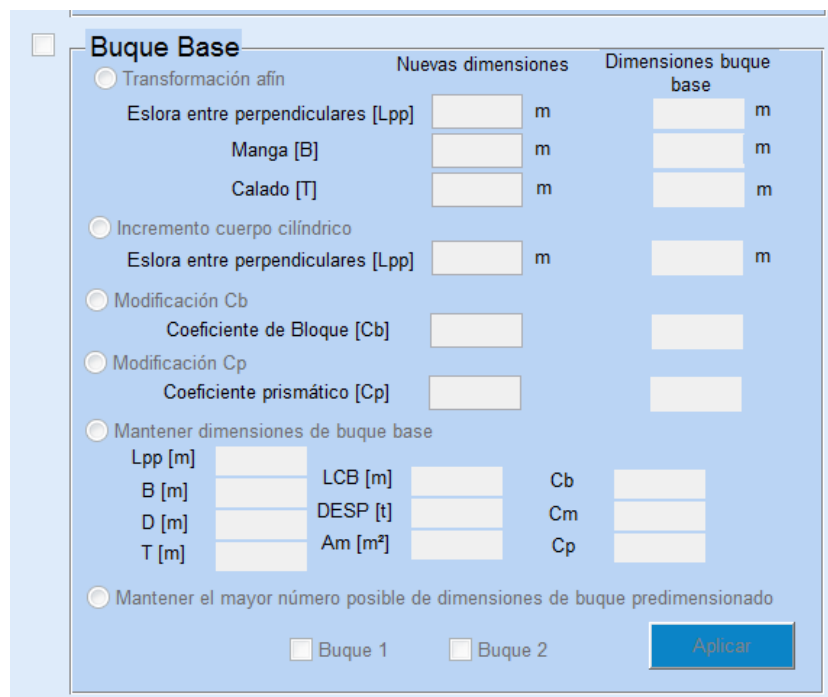


Figura 150 Apariencia del cuadro de generación de formas a partir de buque base

Tras seleccionar una de las opciones disponibles de generación de formas, se debe de marcar la casilla del buque correspondiente sobre el cual se desea generar estas formas, y a continuación, el botón secundario “Aplicar”.

Una vez pulsado dicho botón, pasará a activarse el cuadro lateral derecho del buque correspondiente y se podrá visualizar las formas obtenidas.

6. Líneas de agua, caja de cuadernas, curva de áreas y guardado de cartilla de trazado

Tras especificar el tipo de formas que se desea generar, se activarán los botones primarios correspondientes al perfil con el que se esté trabajando en ese momento.

El usuario tiene la posibilidad de visualizar las líneas de agua, la caja de cuadernas y la curva de áreas. Pulsando cada uno de estos botones, se puede observar la idoneidad de las formas obtenidas.

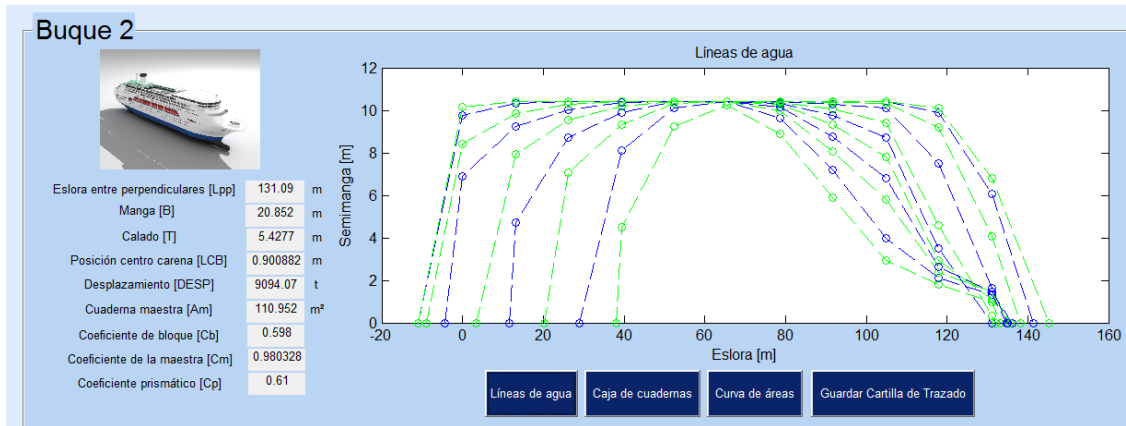


Figura 151 Apariencia de representación de líneas de agua con buque base

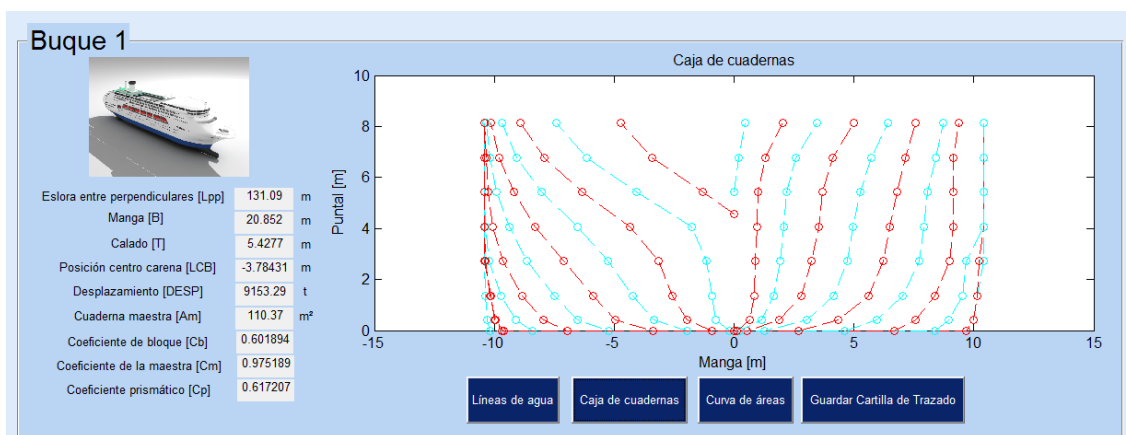


Figura 152 Apariencia de representación de caja de cuadernas con serie 60

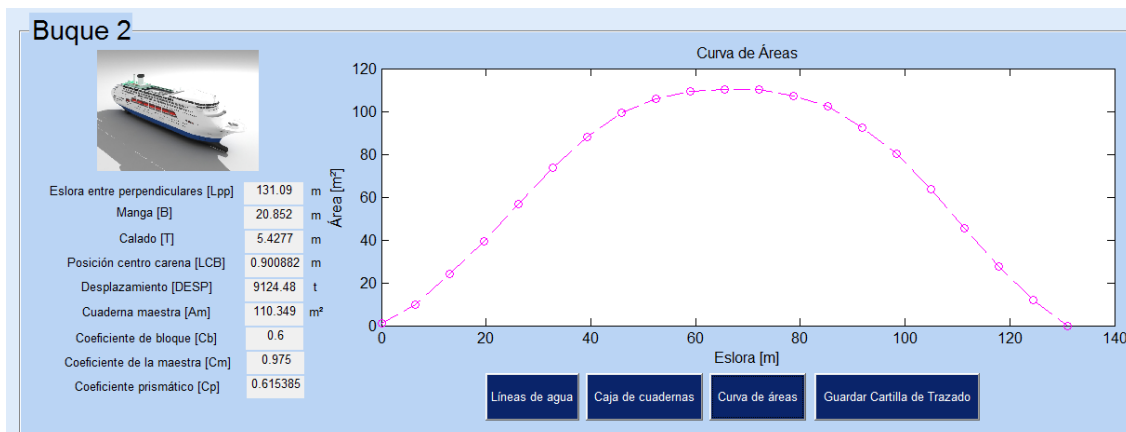


Figura 153 Apariencia de representación de curva de áreas con serie 60

Una vez el usuario está convencido de los resultados que ha obtenido, puede guardar la cartilla de trazado, con lo que se genera una hoja de Excel en el fichero de generación de datos correspondiente. Así mismo, con esta acción se desbloquea el siguiente módulo del programa.

Esta información puede ser consultada por el usuario una vez ha sido guardada en las hojas "Formas1" o "Formas2", en función de si se ha empleado la Serie 60 o un buque base para la generación de éstas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	0	0	4,559268	2,5103735	0	0			
2	0	0,740960021	5,4277	6,556702312	0,106913061	0			
3	0	2,772381432	6,784625	13,11340462	0,524092028	0			
4	0	4,388774834	8,14155	19,67010694	1,316052013	0			
5	6,556702312	0	0	26,22680925	2,345315102	0			
6	6,556702312	0,106913061	0	32,78351156	3,682067097	0			
7	6,556702312	0,522211512	0,4070775	39,34021387	5,149204204	0			
8	6,556702312	0,627631508	1,356925	45,89691618	6,834641086	0			
9	6,556702312	0,754948221	2,71385	52,4536185	8,417688893	0			
10	6,556702312	0,960297616	4,070775	59,01032081	9,678495416	0			
11	6,556702312	2,908444408	5,4277	65,56702312	10,07281031	0			
12	6,556702312	5,20965094	6,784625	65,545	10,07281031	0			
13	6,556702312	7,117921299	8,14155	72,0995	10,07281031	0			
14	13,11340462	0	0	78,654	9,296586645	0			
15	13,11340462	0,524092028	0	85,2085	7,605510435	0			
16	13,11340462	1,246755605	0,4070775	91,763	5,710974877	0			
17	13,11340462	1,454960136	1,356925	98,3175	3,754355323	0			
18	13,11340462	1,877435221	2,71385	104,872	2,311464023	0			
19	13,11340462	2,690778383	4,070775	111,4265	1,072183629	0			
20	13,11340462	4,987073858	5,4277	117,981	0,416944402	0			
21	13,11340462	7,063170404	6,784625	124,5355	0,162481637	0			
22	13,11340462	8,550407232	8,14155	129,4317115	0	0			
23	19,67010694	0	0	2,5103735	0	0,4070775			
24	19,67010694	1,316052013	0	6,556702312	0,522211512	0,4070775			
25	19,67010694	2,169784395	0,4070775	13,11340462	1,246755605	0,4070775			
26	19,67010694	2,68386217	1,356925	19,67010694	2,169784395	0,4070775			
27	19,67010694	3,198528313	2,71385	26,22680925	3,419847355	0,4070775			

Figura 154 Cartilla de trazado guardada en el fichero Excel

7. Preguntas frecuentes

Relacionadas con la obtención de permisos y modificación de ficheros Excel de permisos y generación de datos:

- ❖ ¿Cómo se obtiene el permiso del módulo de generación de formas? ¿Qué permiso/s obtengo una vez completado este módulo?
 - El permiso del módulo de generación de formas se obtiene una vez completado el módulo de dimensionamiento.
 - El permiso de acceso al módulo de generación de formas.
- ❖ He completado el módulo, pero solo he conseguido desbloquear el siguiente módulo para uno de los dos perfiles, ¿cuál la causa de esto?
 - Esta situación es consecuencia de no haber guardado ambos perfiles, sino únicamente uno de los dos.
- ❖ He modificado datos del fichero de permisos y/o de generación de datos, y he podido acceder al siguiente módulo, ¿qué consecuencias tiene esto? ¿Qué puedo hacer para evitar un funcionamiento aleatorio del programa?
 - La modificación de estos ficheros no garantiza el funcionamiento correcto del programa, así como la posible aparición de errores durante su ejecución y la obtención de resultados impredecibles.
 - Pulse el botón “Borrar Buque 1” y/o “Borrar Buque 2” del menú principal del programa.



Relacionadas con la ejecución del módulo:

<ul style="list-style-type: none">❖ He seguido el procedimiento descrito, pero al calcular las formas con la serie 60 la carena obtenida no es coherente, ¿cuál es la causa de esto?➤ <i>La obtención de resultados no coherentes es debida a una selección de parámetros incorrecta por parte del usuario. A pesar de seleccionar los parámetros dentro de los márgenes propuestos por el programa, debe de existir consistencia entre ellos para posibilitar la obtención de resultados razonables.</i>
<ul style="list-style-type: none">❖ Mis parámetros de cálculo son consistentes, pero sin embargo los resultados obtenidos de la Serie 60 siguen siendo incoherentes, o detecto abolladuras o discontinuidades de las formas, ¿cuál es la causa de esto?➤ <i>Este problema suele aparecer cuando se trabaja con valores extremos del coeficiente de bloque (próximos a 0.60 o 0.80). De no ser así, revise el perfil de su buque o vuelva a intentar la generación de formas partiendo de un buque base.</i>
<ul style="list-style-type: none">❖ He seguido el procedimiento descrito, pero al calcular las formas con el buque base la carena obtenida no es coherente, ¿cuál es la causa de esto?➤ <i>La obtención de resultados no coherentes es debida a una selección de parámetros incorrecta por parte del usuario. A pesar de seleccionar los parámetros dentro de los márgenes propuestos por el programa, debe de existir consistencia entre ellos para posibilitar la obtención de resultados razonables.</i>
<ul style="list-style-type: none">❖ Mis parámetros de cálculo son consistentes, pero sin embargo los resultados obtenidos del buque base siguen siendo incoherentes, o detecto abolladuras o discontinuidades de las formas, ¿cuál es la causa de esto?➤ <i>Este problema suele aparecer cuando se trabaja con un buque base con dimensiones y/o coeficientes muy alejados del buque a obtener. De no ser así, revise el perfil de su buque o vuelva a intentar la generación de formas partiendo de la Serie 60.</i>
<ul style="list-style-type: none">❖ Cuando intento guardar los resultados, me aparece un error en la ventana de comandos de MATLAB, ¿a qué es debido esto?➤ <i>Generalmente este error se debe a que están abiertos los ficheros Excel de generación de datos o permisos.</i>
<ul style="list-style-type: none">❖ He completado el módulo pero no sé donde se ha guardado la información que he obtenido.➤ <i>Ficheros Excel de generación de datos "Buque1.xls" y/o "Buque2.xls", hoja "Formas1" o "Formas2".</i>

Anexo IV. Ayuda del módulo de Cálculos de Arquitectura Naval

1. Introducción

En este anexo se lleva a cabo una explicación detallada para el empleo correcto del módulo de Cálculos de Arquitectura Naval. En este módulo se lleva a cabo la obtención de las curvas hidrostáticas de la carena del buque a partir de las formas obtenidas en el módulo anterior.

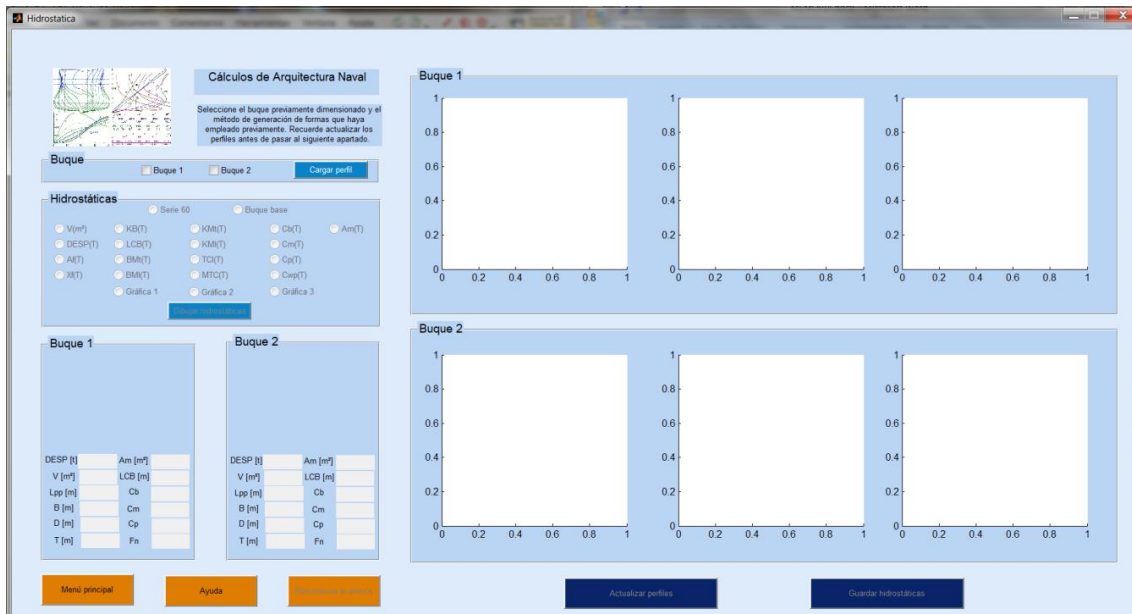


Figura 155 Apariencia del módulo de cálculos de arquitectura naval

2. Acceso al módulo y gestión de permisos

Este módulo será accesible una vez haya sido completado el módulo de Generación de Formas para al menos uno de los dos buques. Una vez completado este módulo se desbloquea el módulo 4 de Resistencia al avance.

Sin embargo, el usuario tendrá que tener en cuenta de que si se completa este módulo para uno de los dos buques y previamente ya se habían desbloqueado módulos posteriores, el programa pasará a bloquear el quinto módulo, ya que la información obtenida previamente de éste podría no estar relacionada con la nueva actualización de los perfiles a partir de sus curvas hidrostáticas. Resumiendo, dicha información estará disponible para el usuario pero no podrá ser empleada por el programa, ya que de ser así alteraría el normal funcionamiento de éste.

3. Cargar perfiles

Una vez se ha accedido al módulo, se debe cargar el perfil o los perfiles que previamente han sido completados en el módulo anterior. Para ello se marcará la casilla correspondiente (Buque 1 y/o Buque 2) y se pulsa el botón "Cargar perfil".

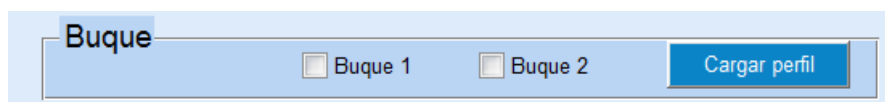


Figura 156 Cuadro de cargar perfil

4. Hidrostáticas

Para llevar a cabo la obtención de las hidrostáticas el usuario debe seleccionar el tipo de formas que ha utilizado, ya hayan sido definidas a partir de la Serie 60 o de un buque base, la curva hidrostática que se desea representar y la gráfica donde quiere que ésta sea dibujada. Si ambos buques han definido sus formas con el mismo procedimiento, la curva se dibuja en ambas gráficas superior e inferior, ya que el fundamento de este programa es la comparación de las curvas hidrostáticas entre ambos buques, de ahí el hecho de que solo disponga de un botón para su representación.

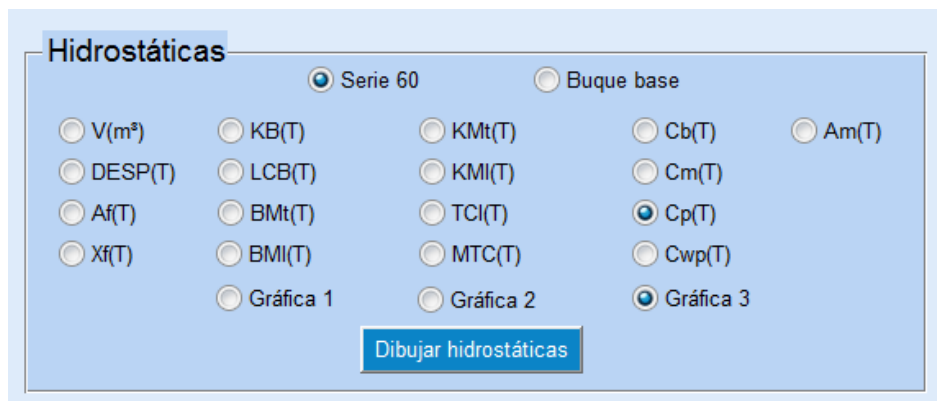


Figura 157 Ejemplo de selección del coeficiente prismático para su representación en la gráfica 3 con formas de la serie 60

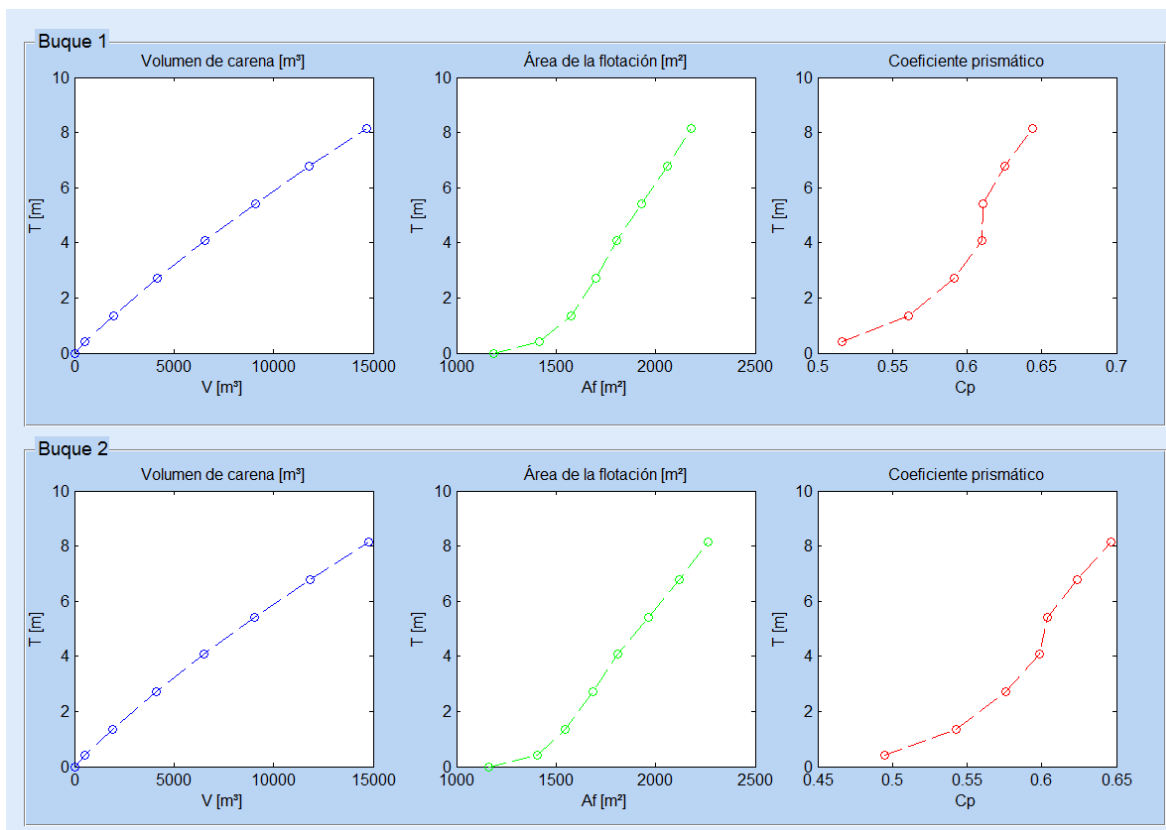
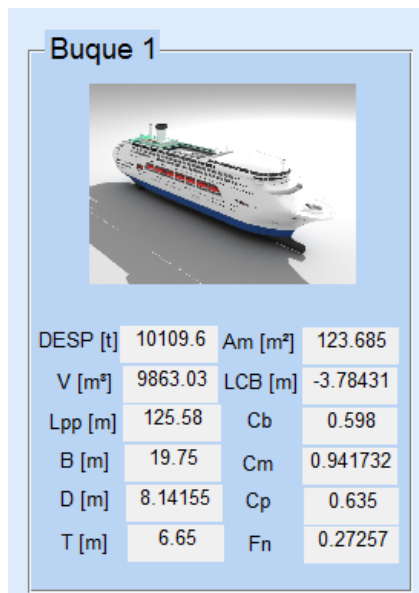


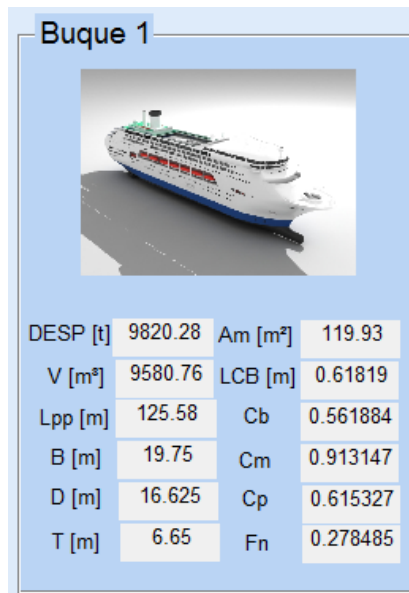
Figura 158 Comparativa de curvas hidrostáticas

5. Actualizar perfiles y guardar hidrostáticas

Una vez que han sido comprobadas las curvas hidrostáticas obtenidas, es el momento de actualizar los perfiles, los cuales aprovechan los valores de éstas en el calado de proyecto para rectificar antiguas estimaciones.



Perfil sin actualizar



Perfil actualizado

Figura 159 Comparación de perfil sin actualizar y perfil actualizado

Nota. El puntal pasa a asociarse al punto más alto de las formas obtenidas

El último paso es el guardado de las curvas hidrostáticas para estar a disposición del usuario y poder consultarlas siempre que éste lo desee. Se guardan en la hoja “Hidrostatica” del fichero de generación de datos correspondiente.

De esta forma, se completa el módulo de cálculos de arquitectura naval y se desbloquea el acceso al siguiente módulo de resistencia al avance.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	T [m]	Vol [m³]	DESP [t]	Af [m²]	Xf [m]	KB [m]	LCB [m]	BMt [m]
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1,10833333	600,233241	615,239072	1083,12765	69,7949844	0,83125	69,7949844	36,0295342
4	2,21666667	1922,46416	1970,52577	1302,85296	68,1562136	1,4205163	69,1795301	15,2955529
5	3,325	3502,05322	3589,60455	1547,53331	65,4334119	2,04030036	68,0512004	10,6368154
6	4,43333333	5328,41412	5461,62448	1748,15554	62,3542373	2,67636938	66,5940995	8,20971043
7	5,54166667	7355,20686	7539,08703	1909,21481	59,9509205	3,31658434	65,0800582	6,8096657
8	6,65	9580,75915	9820,27812	2106,81939	56,0087449	3,96535404	63,4081898	6,03096834
9	7,75833333	11986,2191	12285,8746	2233,86032	55,3291689	4,61696413	61,8530424	5,24673152
10	9,975	17121,037	17549,0629	2399,05805	56,5722212	5,89743056	60,0894997	4,07735055
11	12,1916667	22555,5955	23119,4854	2504,30298	58,5469984	7,14979091	59,4850528	3,28047876
12	14,4083333	28187,0416	28891,7176	2576,70099	60,347684	8,38010938	59,4800815	2,71694164
13	16,625	33947,608	34796,2982	2620,80255	61,5291342	9,59190903	59,7283955	2,28540574
14								

Figura 160 Generación de curvas hidrostáticas tras completar el módulo



6. Preguntas frecuentes

Relacionadas con la obtención de permisos y modificación de ficheros Excel de permisos y generación de datos:

- ❖ ¿Cómo se obtiene el permiso del módulo de Cálculos de Arquitectura Naval? ¿Qué permiso/s obtengo una vez completado este módulo?
 - *El permiso del módulo de Cálculos de Arquitectura Naval se obtiene una vez completado el módulo de Generación de Formas.*
 - *El permiso de acceso al módulo de Resistencia al avance.*
- ❖ He modificado datos del fichero de permisos y/o de generación de datos, y he podido acceder al siguiente módulo, ¿qué consecuencias tiene esto? ¿Qué puedo hacer para evitar un funcionamiento aleatorio del programa?
 - *La modificación de estos ficheros no garantiza el funcionamiento correcto del programa, así como la posible aparición de errores durante su ejecución y la obtención de resultados impredecibles.*
 - *Pulse el botón “Borrar Buque 1” y/o “Borrar Buque 2” del menú principal del programa.*

Relacionadas con la ejecución del módulo:

- ❖ La forma de una o varias curvas hidrostáticas no son coherentes, ¿cuál es la causa de esto?
 - *La obtención de resultados no coherentes es debida a que las formas obtenidas previamente están distorsionadas. Vuelva a definir las formas y asegúrese de que las líneas de agua y secciones tienen una transición suave entre puntos.*
- ❖ Al actualizar los perfiles me han cambiado las dimensiones y coeficientes de éstos, ¿cuál es la causa de esto?
 - *Llegados a este módulo las características que definen al buque no son exactamente las que corresponden a las nuevas formas generadas. Por ello, a través de métodos de integración aproximada se obtienen unos nuevos valores, los cuales sí que están más próximos al buque real.*
- ❖ Cuando intento guardar los resultados, me aparece un error en la ventana de comandos de MATLAB, ¿a qué es debido esto?
 - *Generalmente este error se debe a que están abiertos los ficheros Excel de generación de datos o permisos.*
- ❖ He completado el módulo pero no sé donde se ha guardado la información que he obtenido.
 - *Ficheros Excel de generación de datos “Buque1.xls” y/o “Buque2.xls”, hoja “Hidrostaticas”.*

Anexo V. Ayuda del módulo de Resistencia al avance

1. Introducción

En este anexo se lleva a cabo una explicación detallada para el empleo correcto del módulo de Resistencia al avance. En este módulo se lleva a cabo la obtención de la curva de potencia efectiva a partir de los perfiles actualizados en el módulo anterior.

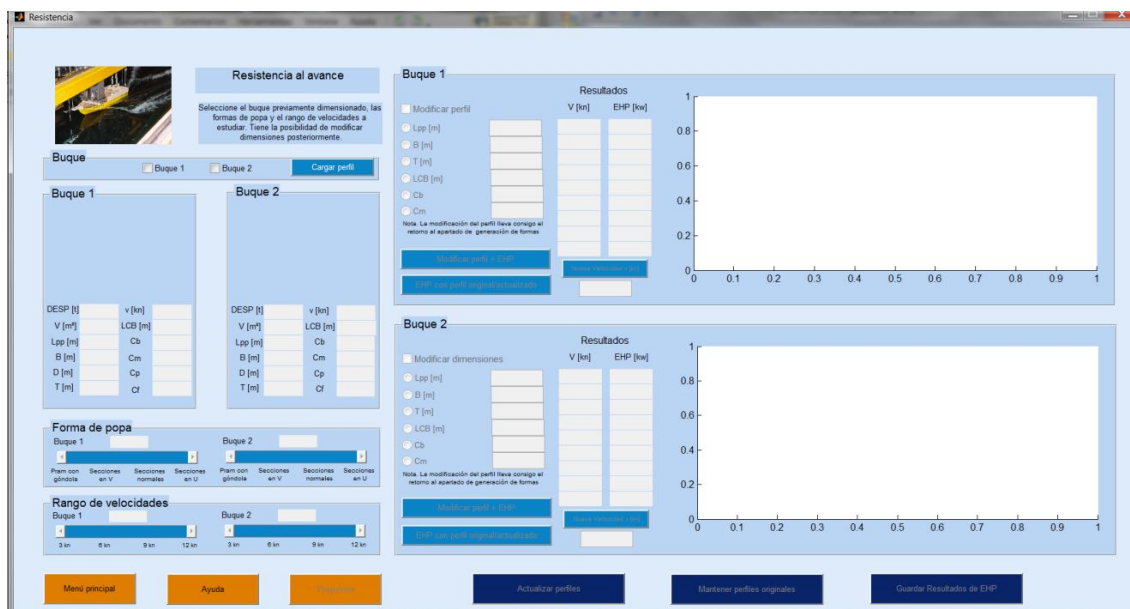


Figura 161 Apariencia del módulo de resistencia al avance

2. Acceso al módulo y gestión de permisos

Este módulo será accesible una vez haya sido completado el módulo de Cálculos de Arquitectura Naval para al menos uno de los dos buques. Una vez completado este módulo se desbloquea el módulo 5 de Propulsión.

Sin embargo, el usuario tendrá que tener en cuenta de que si se completa este módulo para uno de los dos buques y previamente ya se había completado el quinto módulo, la información referente a este último puede no ser válida si existen cambios (por ej. Velocidad de proyecto nueva) y sería recomendable volver a realizar el quinto módulo.

3. Cargar perfiles

Una vez se ha accedido al módulo, se debe cargar el perfil o los perfiles que previamente han sido completados en el módulo anterior. Para ello se marca la casilla correspondiente (Buque 1 y/o Buque 2) y se pulsa el botón “Cargar perfil”.

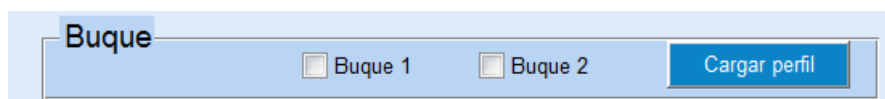


Figura 162 Cuadro de cargar perfil

4. Forma de popa y rango de velocidades

Una vez cargados los perfiles, el usuario debe de determinar las formas de popa y el rango de velocidades que desea estudiar. Por ello, para cada perfil se disponen de dos barras deslizadoras que pueden ser manipuladas por el usuario, con objeto de ajustar estos parámetros.

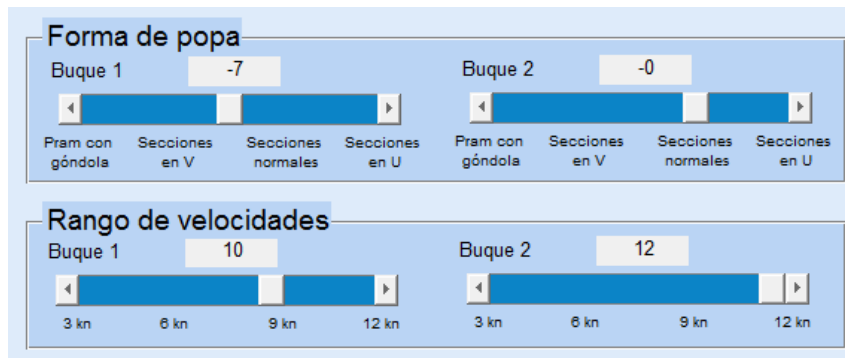


Figura 163 Ejemplo de ajuste de forma de popa y rango de velocidades

5. EHP con perfil original o actualizado y modificación de perfil

Llegados a este punto, el usuario puede decidir entre calcular la potencia efectiva con el perfil original, es decir, con el perfil obtenido del módulo previo (cálculos de arquitectura naval), o bien crear un nuevo perfil que puede diferir en mayor o menor medida del anterior.

Si se opta por utilizar el perfil original, el usuario puede pulsar directamente el botón “EHP con perfil original/actualizado” y previamente se tiene la posibilidad de modificar la velocidad de proyecto con el botón “Nueva Velocidad v [kn]”. El resultado sería el siguiente:

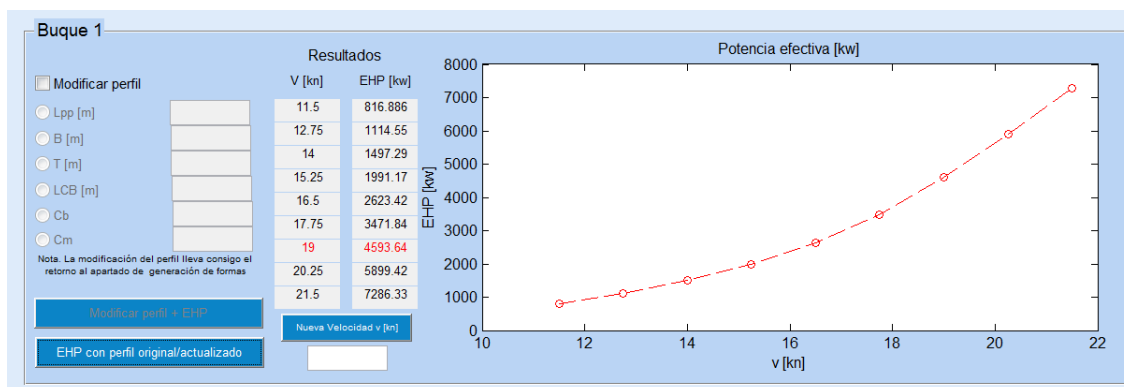


Figura 164 Ejemplo de cálculo de la resistencia al avance con el perfil original

Como se puede observar a la izquierda de la gráfica se muestran los resultados, indicando en color rojo el correspondiente a la velocidad proyecto.

Si se decide por modificar alguna de las dimensiones del buque, el usuario deberá de marcar la casilla “Modificar perfil”, con lo que se activarán las dimensiones y coeficientes que pueden modificarse junto con sus cuadros editables.

Una vez se ha introducido el nuevo valor de aquel parámetro que se desea modificar, se pulsa el botón “Modificar perfil + EHP”, el valor que se ha dispuesto pasará al perfil del buque y se calculará la resistencia al avance con esta modificación.

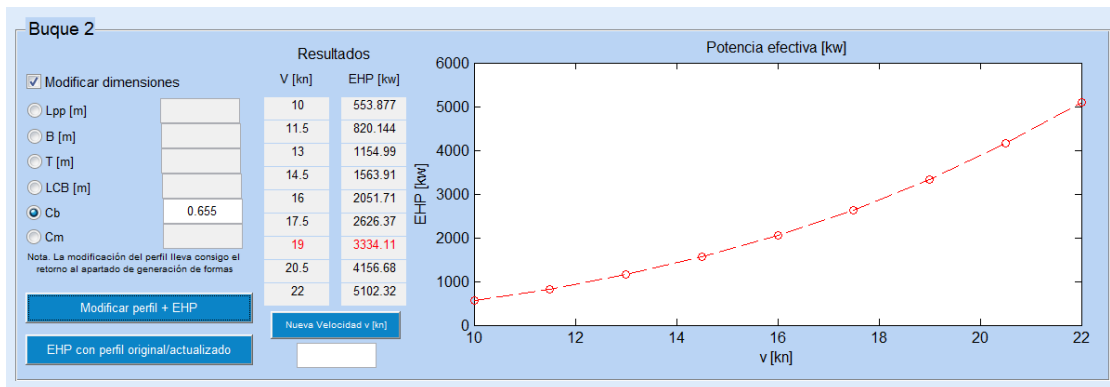


Figura 165 Ejemplo de cálculo de la resistencia al avance con el perfil modificado

Sobre este mismo perfil se puede hacer una nueva modificación y volver a calcular. En este caso se guarda la curva de resistencia anterior para que podamos ver cómo han evolucionado los nuevos resultados.

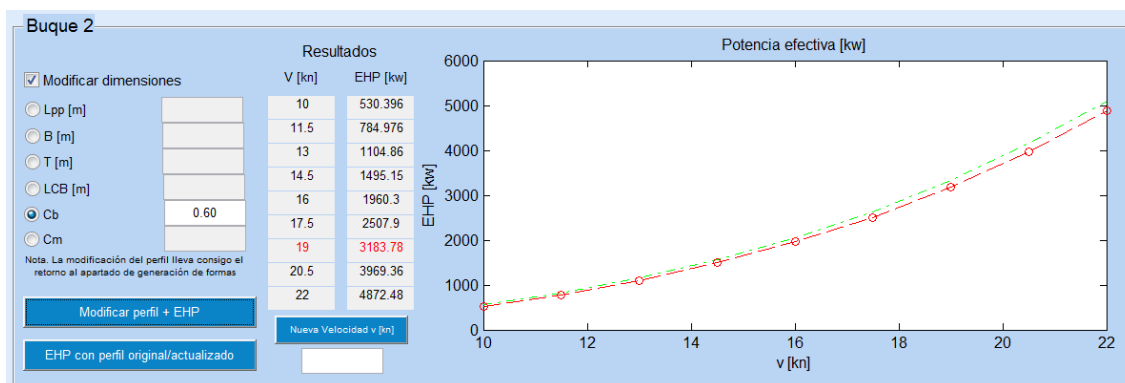


Figura 166 Ejemplo de nuevo cálculo de la resistencia con el perfil modificado

Nota. Las líneas que pasan a tener un tono verde constituyen los valores de la resistencia al avance que se calculó anteriormente

Se debe tener en cuenta de que si se ha modificado el perfil en alguno de los cálculos realizados, pulsando el botón “EHP con perfil original/actualizado” se está calculando la EHP del perfil ya actualizado, y no del perfil original como ocurría anteriormente. Si se desea calcular en este caso el perfil original se tendría que volver a cargar de nuevo el perfil del buque correspondiente.

6. Actualizar perfiles, mantener perfiles originales y guardar resultados

Una vez calculada el EHP para los perfiles originales y/o modificados, el usuario tiene la posibilidad de pulsar “Actualizar perfiles”, con lo que pasaría a tener el acceso únicamente hasta el módulo 2 de generación de formas, ya que al guardar nuevas dimensiones todos los cálculos previos ya no son válidos y deben de volverse a realizar. Esta opción se emplea cuando se han obtenido unas nuevas dimensiones con una mejor resistencia al avance y se opta por obtener sus formas.

Si se desea actualizar solo uno de los perfiles, el usuario debe de cargar previamente en el módulo el perfil que desee actualizar. Se tiene que tener en cuenta que los resultados de EHP no serán guardados en ninguno de los casos.

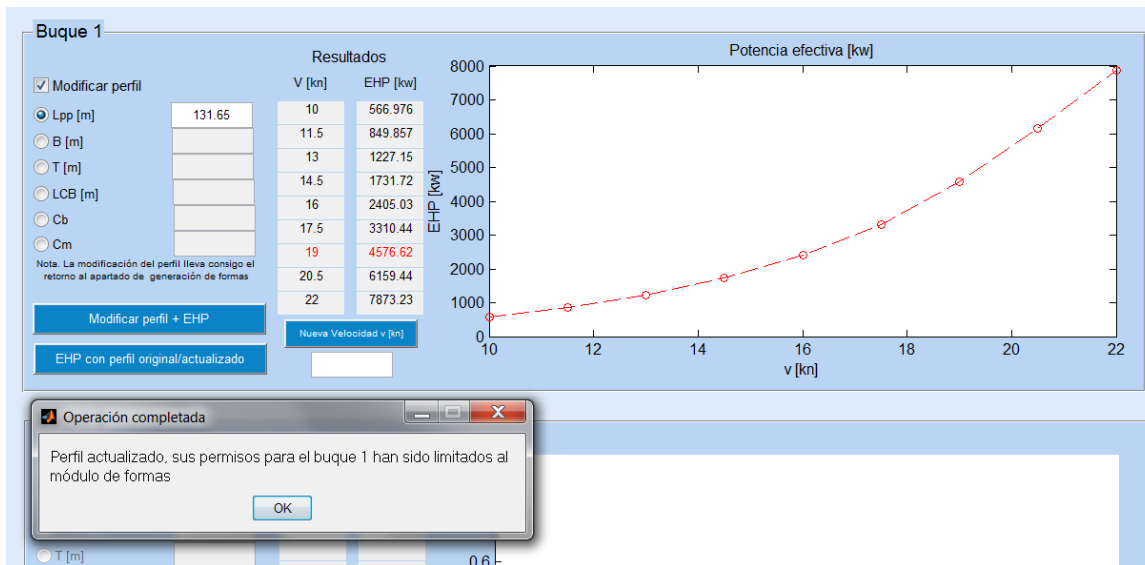


Figura 167 Perfil 1 actualizado, limitados sus permisos al módulo de formas

La otra opción disponible es pulsar “*Mantener perfiles originales*”, con lo que el programa elude los cambios producidos en las distintas pruebas de EHP, vuelve a cargar los perfiles originales y activa la opción de guardar los resultados.

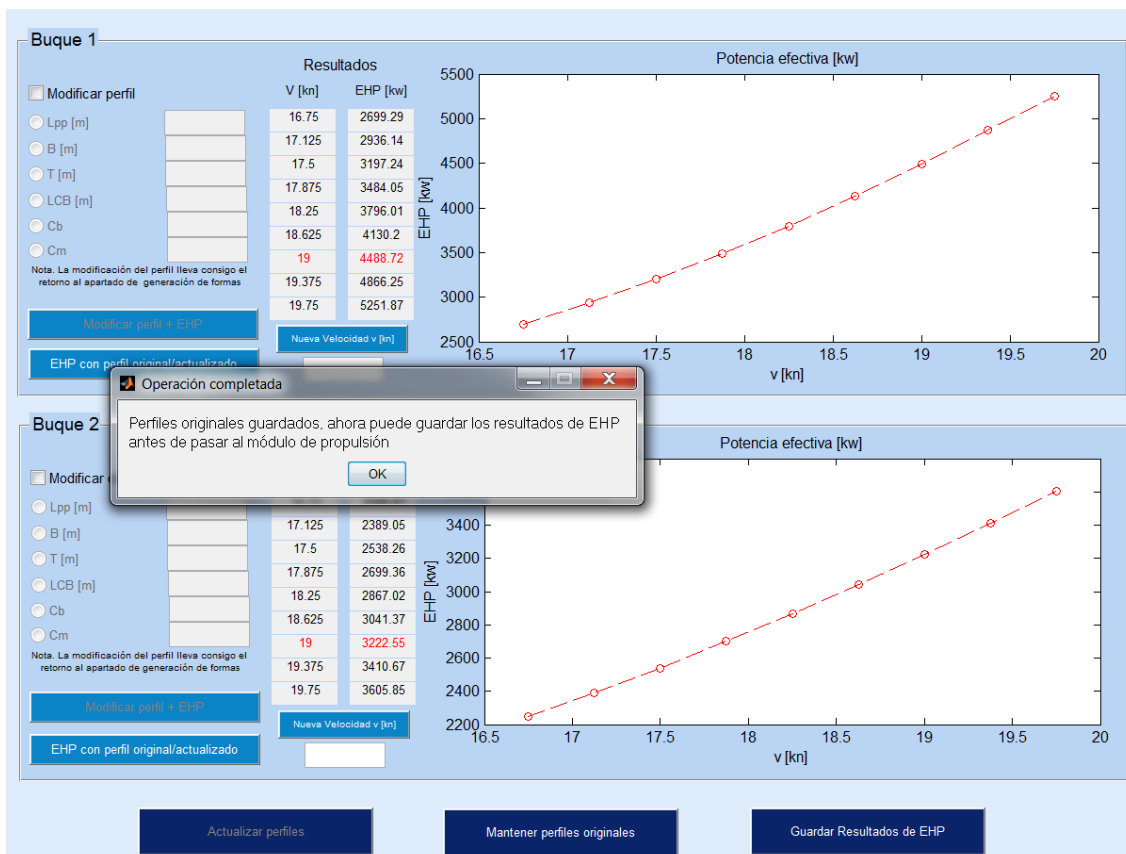


Figura 168 Opción de mantener los perfiles originales

Si se desea guardar solo el EHP de uno de los perfiles, el usuario debe de cargar previamente en el módulo el perfil que desee calcular.

Tras activar el botón “Guardar Resultados de EHP” y pulsarlo se graban dichos resultados en la hoja “Resistencia” del fichero de generación de datos correspondiente.

	A	B	C	D	E	F
1	Velocidad [kn]	EHP [kw]				
2	16,75	2699,29				
3	17	2936,14				
4	17,5	3197,24				
5	18	3484,05				
6	18,25	3796,01				
7	19	4130,2				
8	19	4488,72				
9	19	4866,25				
10	19,75	5251,87				
11						

Figura 169 Obtención de la curva de potencia efectiva

7. Preguntas frecuentes

Relacionadas con la obtención de permisos y modificación de ficheros Excel de permisos y generación de datos:

- ❖ ¿Cómo se obtiene el permiso del módulo de resistencia al avance? ¿Qué permiso/s obtengo una vez completado este módulo?
 - *El permiso del módulo de Resistencia al avance se obtiene una vez completado el módulo de Cálculos de Arquitectura Naval.*
 - *El permiso de acceso al módulo de Propulsión.*
- ❖ He modificado datos del fichero de permisos y/o de generación de datos, y he podido acceder al siguiente módulo, ¿qué consecuencias tiene esto? ¿Qué puedo hacer para evitar un funcionamiento aleatorio del programa?
 - *La modificación de estos ficheros no garantiza el funcionamiento correcto del programa, así como la posible aparición de errores durante su ejecución y la obtención de resultados impredecibles.*
 - *Pulse el botón “Borrar Buque 1” y/o “Borrar Buque 2” del menú principal del programa.*

Relacionadas con la ejecución del módulo:

- ❖ La forma de la curva EHP no es coherente, ¿cuál es la causa de esto?
 - *La obtención de resultados no coherentes es debida a que las formas obtenidas previamente están distorsionadas. Vuelva a definir las formas y asegúrese de que las líneas de agua y secciones tienen una transición suave entre puntos.*
- ❖ Al actualizar los perfiles he perdido los accesos que tenía y solo puedo acceder hasta el módulo de generación de formas, ¿cuál es la causa de esto?
 - *La actualización de los perfiles conlleva el grabado de nuevas dimensiones, por lo que los resultados obtenidos desde la generación de formas ya no serían válidos y por ello es necesario volver a definir unas nuevas formas que partan de las nuevas dimensiones.*



- ❖ Cuando intento guardar los resultados, me aparece un error en la ventana de comandos de MATLAB, ¿a qué es debido esto?
 - *Generalmente este error se debe a que están abiertos los ficheros Excel de generación de datos o permisos.*
- ❖ He completado el módulo pero no sé donde se ha guardado la información que he obtenido.
 - *Ficheros Excel de generación de datos “Buque1.xls” y/o “Buque2.xls”, hoja “Resistencia”.*

Anexo VI. Ayuda del módulo de Propulsión

1. Introducción

En este anexo se lleva a cabo una explicación detallada para el empleo correcto del módulo de Propulsión. En este módulo se lleva a cabo la obtención de la hélice más idónea para el buque a proyectar.

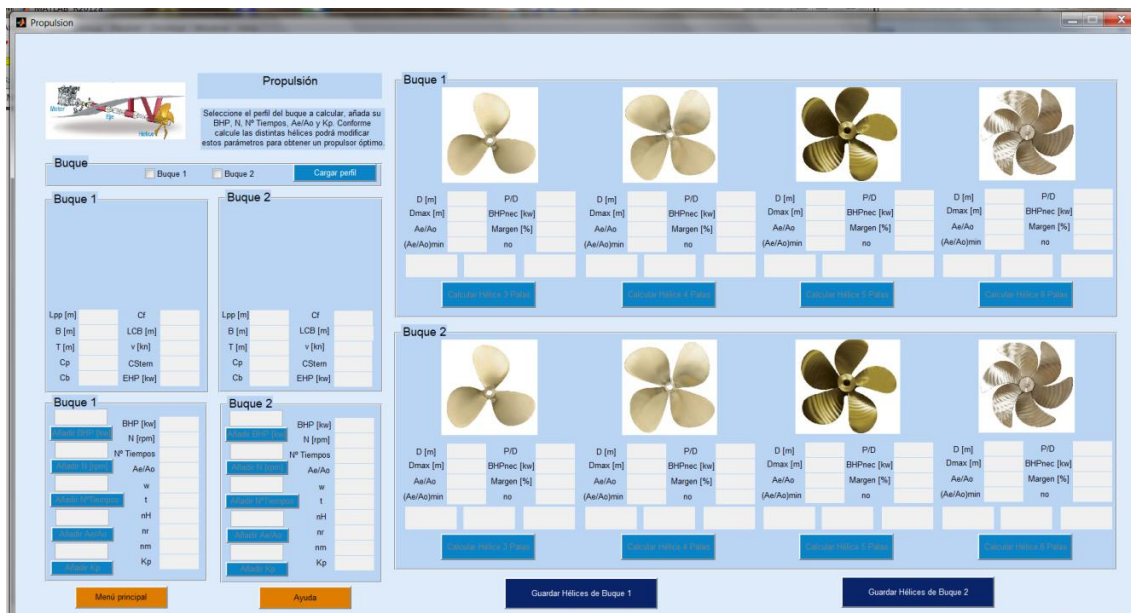


Figura 170 Apariencia del módulo de propulsión

2. Acceso al módulo y gestión de permisos

Este módulo será accesible una vez haya sido completado el módulo de resistencia al avance para al menos uno de los dos buques. Una vez completado este módulo se ha completado todo el anteproyecto del buque.

3. Cargar perfiles

Una vez se ha accedido al módulo, se debe cargar el perfil o los perfiles que previamente han sido completados en el módulo anterior. Para ello se marca la casilla correspondiente (Buque 1 y/o Buque 2) y se pulsa el botón “Cargar perfil”.

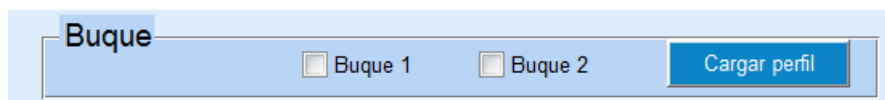


Figura 171 Cuadro de cargar perfil

4. Potencia al freno, nº de revoluciones, nº de tiempos, Ae/Ao y Kp

Cargados uno o ambos perfiles, el siguiente paso es definir la potencia al freno (BHP). La potencia al freno puede obtenerse a partir del motor previsto para el buque proyecto y para tener una idea de su valor, suele ser aproximadamente algo menor del doble de la potencia efectiva (EHP).


El número de revoluciones suele estar relacionado con el nº de tiempos del motor (2 o 4), y dependerá del motor previsto para el buque proyecto. Lo habitual es consultar en catálogos

comerciales y seleccionar un determinado motor y ver el resultado que da para cada hélice, lo que nos dará una idea de cómo de cerca estamos de la propulsión óptima. El rango de revoluciones de un motor marino suele estar entre 80 y 500 rpm.

La relación área expandida/área disco está relacionada directamente con la hélice, y se podrá optimizar a partir de la relación mínima que tiene cada una de ellas al calcular. Si nuestra relación A_e/A_o se encuentra por debajo de este límite existe una gran probabilidad de que se produzca cavitación. Valores usuales de esta relación suelen estar entre 0.50 y 1.20.

Por último se selecciona K_p , que indica el régimen de funcionamiento del motor. Valores usuales de este suelen ser 0.85 y 0.90.

Buque 1



Lpp [m]	132	Cf	0.706093
B [m]	19.75	LCB [m]	0.506024
T [m]	6.65	v [kn]	19
Cp	0.604442	CStern	-25
Cb	0.600186	EHP [kw]	3068.6

Buque 1

<input type="text" value="5500"/> <input type="button" value="Añadir BHP [kw]"/> <input type="text" value="150"/> <input type="button" value="Añadir N [rpm]"/> <input type="text" value="4"/> <input type="button" value="Añadir N°Tiempos"/> <input type="text" value="0.8"/> <input type="button" value="Añadir Ae/Ao"/> <input type="text" value="0.9"/> <input type="button" value="Añadir Kp"/>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>BHP [kw]</td><td>5500</td></tr> <tr> <td>N [rpm]</td><td>150</td></tr> <tr> <td>Nº Tiempos</td><td>4</td></tr> <tr> <td>Ae/Ao</td><td>0.8</td></tr> <tr> <td>w</td><td></td></tr> <tr> <td>t</td><td></td></tr> <tr> <td>nH</td><td></td></tr> <tr> <td>nr</td><td></td></tr> <tr> <td>nm</td><td></td></tr> <tr> <td>Kp</td><td>0.9</td></tr> </table>	BHP [kw]	5500	N [rpm]	150	Nº Tiempos	4	Ae/Ao	0.8	w		t		nH		nr		nm		Kp	0.9
BHP [kw]	5500																				
N [rpm]	150																				
Nº Tiempos	4																				
Ae/Ao	0.8																				
w																					
t																					
nH																					
nr																					
nm																					
Kp	0.9																				

Figura 172 Ejemplo de asignación de parámetros completada

Llegados a este punto, el coeficiente de estela, succión, rendimiento de la carena, rotativo y mecánico serán estimados con la primera hélice que sea calculada.

5. Cavitación, diámetro excesivo y potencia insuficiente

Suele ser habitual, que tras elegir una serie de parámetros y calcular las 4 hélices disponibles por primera vez, suceda que ninguna de ellas cumpla con todos los requisitos, como se aprecia en la siguiente figura:

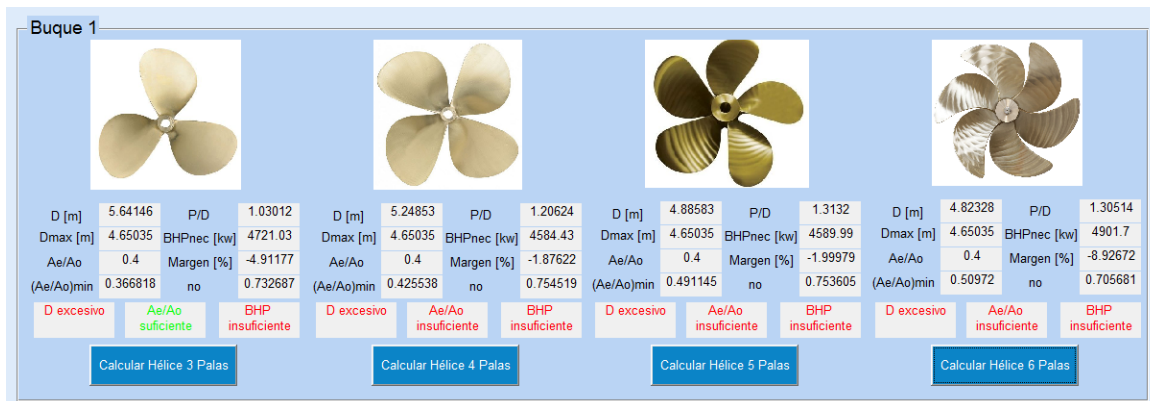


Figura 173 Cálculo de hélices

Esto nos hace ver que se trata de un proceso iterativo, en el que se tendrán que modificar de forma sucesiva los parámetros para cumplir con todos los condicionantes que son impuestos. Para esto se necesita cierta experiencia y conocimiento sobre las fórmulas que utiliza la serie B de Wageningen.

El fundamento de esta Serie, al igual que de cualquier otra, reside en encontrar la hélice óptima para una serie de valores de entrada. Por lo general, un BHP insuficiente nos viene a decir que la potencia al freno estimada debe de aumentarse. Análogamente, la aparición de cavitación está relacionada con un Ae/Ao excesivamente bajo. En cuanto al diámetro de la hélice, viene influenciado por BHP, el número de revoluciones y Ae/Ao, y aumentando el número de revoluciones es la forma más rápida de reducirlo cuando los otros dos parámetros se han optimizado.

El objetivo de conseguir una hélice optimizada suele residir en conseguir aquella hélice que no cavite, ni supere el diámetro máximo permitido y disponga de potencia suficiente para propulsar el buque. Se debe de entender, que en dicha optimización no es necesario que todas las hélices cumplan los requisitos, ya que para obtener una hélice óptima podrán existir otras en las que no todos los requisitos se cumplan.

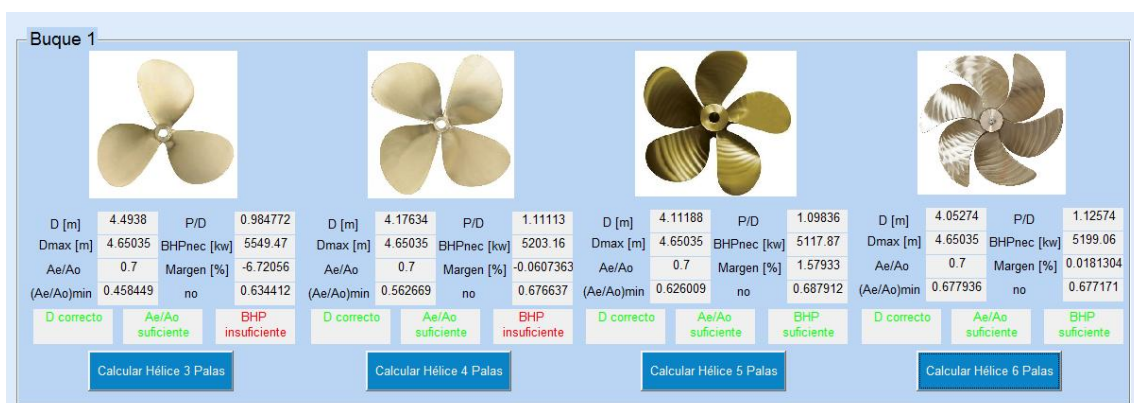


Figura 174 Optimización de hélices

Con la obtención de la hélice que se busca optimizada pueden ser guardados los resultados, cuya operación se realiza en la hoja Excel de "Propulsión" del fichero de generación de datos.



	A	B	C	D	E	F
1	BHP [kw]	5200				
2	N [rpm]	150				
3	Nº Tiempos	4				
4	Ae/Ao	0,7				
5	w	0,142829				
6	t	0,121863				
7	nH	1,02446				
8	nr	0,995077				
9	nm	0,95				
10	Kp	0,9				
11	Z	3	4	5	6	
12	D [m]	4,4938	4,17634	4,11188	4,05274	
13	Dmax [m]	4,65035	4,65035	4,65035	4,65035	
14	Ae/Ao	0,7	0,7	0,7	0,7	
15	(Ae/Ao)min	0,458449	0,562669	0,626009	0,677936	
16	P/D	0,984772	1,11113	1,09836	1,12574	
17	BHPnec [kw]	5549,47	5203,16	5117,87	5199,06	
18	Margen [%]	-6,72056	-0,0607363	1,57933	0,0181304	
19	no	0,634412	0,676637	0,687912	0,677171	
20						
21						

Figura 175 Guardado de la propulsión del buque

6. Preguntas frecuentes

Relacionadas con la obtención de permisos y modificación de ficheros Excel de permisos y generación de datos:

- ❖ ¿Cómo se obtiene el permiso del módulo de Propulsión?
- *El permiso del módulo de Propulsión se obtiene una vez completado el módulo de Resistencia al avance.*

Relacionadas con la ejecución del módulo:

- ❖ No se activan las hélices para llevar a cabo su cálculo, ¿cuál es la causa de esto?
- *La activación del cálculo de hélices se produce cuando se han asignado todos los parámetros al buque. Dichos parámetros pueden ser modificados posteriormente para optimizar la hélice obtenida.*
- ❖ Calculo las hélices pero siempre aparece algún requisito que no consigo cumplir, ¿cuál es la causa de esto?
- *Para conseguir que todos los requisitos cumplan en una hélice deben de modificarse con criterio los parámetros de entrada. Para una mayor información leer el apartado "5. Cavitación, diámetro excesivo y potencia insuficiente"*
- ❖ Cuando intento guardar los resultados, me aparece un error en la ventana de comandos de MATLAB, ¿a qué es debido esto?
- *Generalmente este error se debe a que están abiertos los ficheros Excel de generación de datos o permisos.*



- ❖ He completado el módulo pero no sé donde se ha guardado la información que he obtenido.
- *Ficheros Excel de generación de datos “Buque1.xls” y/o “Buque2.xls”, hoja “Propulsión”.*