



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos
Naturales

DISEÑO DE UN BUQUE PORTACONTENEDOR FEEDER DE 200 TEU'S

PROYECTO INTEGRADOR

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO NAVAL

Presentado por:

Dennys Fabricio Ramírez Zambrano.

Luis Fernando Rodríguez García.

Guayaquil - Ecuador

2015

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por su apoyo incondicional en todo momento, por enseñarme a nunca rendirme e inculcarme la importancia del estudio.

A mis reales amigos que siempre estuvieron dándome ánimos para finalizar el proyecto.

A mi director de proyecto el Ing. Franklin Johnny Domínguez por haber compartidos sus conocimientos durante mi periodo estudiantil y en la elaboración de este documento.

Dennys Fabricio Ramírez Zambrano

AGRADECIMIENTO

A mis padres por ser la inspiración para alcanzar una meta más de mi proyecto de vida.

A mi director de proyecto el Ing. Johnny Domínguez, por su valioso aporte para el desarrollo de este trabajo, por enseñarme que la constancia y perseverancia es la fuente del éxito.

Luis Fernando Rodríguez García

DEDICATORIA

A mis padres, quienes son mi ejemplo a seguir. A mi abuelita Mercedes principal pilar en mi vida, quien me enseñó que todo es posible mientras se tenga los deseos y la voluntad de seguir adelante de la mano de Dios. A toda mi familia, quienes me apoyaron en cada momento de mi preparación académica.

Dennys Fabricio Ramírez Zambrano

A Dios por ser mi refugio y guía a través de la vida. A mis padres: Luis y Consuelo, y mis hermanas: Nancy y Jullianne, por su apoyo infinito durante mi vida, por enseñarme siempre a ser humilde y agradecido.

Luis Fernando Rodríguez García

TRIBUNAL DE GRADO



Jorge Faytong, Ing.

Vocal de Proyecto



Franklin Johnny Dominguez, Ing.

Director de Proyecto



Marco Velarde, M.Sc.

Vocal de Proyecto

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por las ideas y doctrinas expuestas en este proyecto, corresponden exclusivamente a su autor(s), y el patrimonio intelectual de la Proyecto de Grado corresponderá a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)



Dennys Fabricio Ramirez Zambrano



Luis Fernando Rodriguez Garcia

RESUMEN

Actualmente, el Puerto de Guayaquil recibe el mayor número de buques portacontenedores en el país, debido a las exigencias de mercado las dimensiones de las nuevas embarcaciones tienden a incrementarse, limitando la cantidad de buques que ingresen al puerto por la restricción de profundidad. Por lo que en el presente proyecto se desarrolla el diseño de un buque Portacontenedor Feeder 200 Teus, que servirá para el traslado de contenedores de Posorja a Guayaquil y rutas en la costa del Pacífico Sur, permitiendo mejorar el tránsito de contenedores en la zona costera.

Primero se establece las consideraciones para el diseño, donde se especifica los requerimientos del armador, zonas de operación, autonomía, y restricciones que se deben considerar. En base a la espiral de diseño se inició con el diseño conceptual donde se estima las dimensiones iniciales por medio de regresiones lineales. Se estructura la distribución de la embarcación según la capacidad de carga y las recomendaciones dadas por Lloyd's Register. Por último, se calcula el desplazamiento de la embarcación por medio de estimaciones y formulas regresionales.

En el diseño preliminar se selecciona las formas del buque y se hace un análisis de los parámetros del bulbo de proa. Se plantea una distribución

general preliminar en base a la tripulación, siguiendo las normas SOLAS y OIT. Se realizaron los cálculos de Estabilidad Intacta sin Avería, cálculo estructural de la Sección Maestra con GL y verificación de escantillonado con el software Poseidon, cálculos de Resistencia por el método de Holtrop & Mennem incluyendo el incremento por restricción de profundidad y, estimación de la potencia requerida. Luego, se plantea los sistemas auxiliares básicos para finalmente estimar la capacidad de la planta generadora.

En el diseño definitivo se define la tripulación necesaria para la navegación y la habitabilidad cumpliendo el nivel de confort necesario según OIT. Se realiza una acomodación de la sala de máquinas, una optimización de la eficiencia de la hélice para su dimensionamiento, y el diseño de la línea propulsora definiendo los diámetros de ejes y ubicación de descansos. Se hace un análisis de Aislamiento térmico y ruido cumpliendo las exigencias de SOLAS. Se realiza el diseño estructural de los compartimentos del buque y su escantillonado se lo obtiene por medio de la optimización del costo. Por último, se seleccionan los equipos de salvamento, mando y navegación que necesita el buque siguiendo las recomendaciones de SOLAS.

Al final se hace la estimación de costos de construcción que incluye mano de obra y material, el costo de operación, y el costo del flete en el cual se analizan diferentes rutas de navegación. Se hace el análisis de factibilidad del proyecto

y un análisis de confiabilidad de construcción del buque. Se concluye con la planificación de construcción inicial del buque tomando en cuenta el número de Horas-Hombres estimadas de acuerdo al personal operativo asignado al proyecto.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XVIII
ÍNDICE DE ANEXOS	XXVI
ABREVIATURAS Y SIGLAS	XXVIII
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
CAPÍTULO I	5
1.1. Consideraciones para el diseño preliminar	5
1.1.1. Alcance.	5
1.1.2. Especificaciones de los requerimientos.	7
1.1.3. Restricciones.....	9
1.2. Diseño Conceptual	9
1.2.1. Selección de dimensiones principales.....	9
1.2.1.1. Eslora.	11
1.2.1.2. Manga.....	12
1.2.1.3. Puntal.	13
1.2.2. Desplazamiento y estimación de pesos.	13
1.2.3. Análisis de dimensiones.....	17
CAPÍTULO II	18
2.1. Formas.....	19
2.1.1. Análisis de parámetros básicos de formas.....	21

2.1.2.	Coeficientes de formas de proyecto.....	24
2.1.3.	Francobordo Geométrico.....	26
2.2.	Distribución General.....	27
2.3.	Cálculo Preliminar de Estabilidad Intacta.....	32
2.4.	Cálculo Estructural de la Sección Maestra.....	36
2.5.	Cálculo de Resistencia y Propulsión.....	41
2.5.1.	Selección de dimensiones de la Hélice.....	47
2.6.	Sistemas Auxiliares Preliminares.....	48
2.6.1.	Sistema de Ventilación.....	48
2.6.2.	Sistema de Escape del motor principal.....	51
2.6.3.	Sistema de Agua Dulce.....	55
2.6.4.	Sistemas de Combustible del motor principal.....	57
2.6.4.1.	Tanque Diario.....	57
2.6.4.2.	Circuito de Llenado de Combustible.....	58
2.6.4.3.	Circuito de Trasvasije de Combustible.....	59
2.6.4.4.	Circuito Purificador de Combustible.....	61
2.6.4.5.	Circuito de entrega y retorno de Combustible.....	62
2.6.4.6.	Circuito de Lodos de Combustible.....	64
2.6.5.	Sistema de Contraincendios.....	66
2.6.6.	Sistema de Achique.....	67
2.7.	Balance Eléctrico.....	69
2.7.1.	Estimación de energía por alumbrado.....	71
2.7.2.	Análisis Carga Energética en diferentes condiciones de trabajo.	

2.7.3. Selección del Generador.....	78
CAPÍTULO III.....	80
3.1. Dotación mínima y habitabilidad.....	81
3.2. Arreglo de sala de máquinas y sistemas propulsión.....	84
3.2.1. Sala de máquinas.....	84
3.2.2. Eje propulsor.....	86
3.2.2.1. Selección de las características de la hélice por optimización.....	87
3.2.2.2. Ubicación de descansos del eje propulsor.....	89
3.2.1. Gobierno.....	93
3.2.1.1. Características de la pala del timón.....	93
3.2.1.2. Maniobrabilidad.....	97
3.3. Aislamiento térmico y ruido.....	100
3.3.1. Ruido producido por el motor y el generador.....	100
3.3.2. Selección del aislante.....	101
3.3.3. Mamparo divisorio de la zona vertical del buque.....	102
3.4. Diseño Estructural de las Secciones Básicas.....	105
3.4.1. Secciones Estructurales de los compartimentos.....	108
3.4.2. Peso estructural.....	117
3.5. Equipos de Cubierta, Salvamento, Navegación y Comunicación.....	118
3.5.1. Equipos de Cubierta, Amarre y Fondeo.....	118
3.5.1.1. Calculo del Volumen del Pañol de la Cadena.....	120
3.5.1.2. Estimación Potencia del Cabrestante.....	122
3.5.2. Equipos de Salvamento.....	124

3.5.3. Equipos de Comunicación y Navegación.....	125
3.5.3.1. Equipos de Radiocomunicaciones.....	125
3.5.3.2. Equipos de Navegación.....	126
CAPITULO IV.....	128
4.1. Estimación de Costos.....	128
4.1.1. Estimación de Costo Hora-Hombre.....	129
4.1.2. Estimación de Costo de Construcción.....	130
4.1.3. Estimación de Costo Operacional.....	131
4.1.4. Estimación de Costo de Flete.....	132
4.1.5. Estimación de Ingreso Bruto Anual.....	133
4.2. Factores que influyen en la toma de decisiones.....	136
4.2.1. Principios básicos en la evaluación de riesgos.....	136
4.2.2. Evaluación de riesgos.....	137
4.3. Factibilidad del Proyecto.....	148
4.3.1. Amortización del Proyecto.....	148
4.3.2. Calculo del VAN y TIR.....	150
4.3.3. Análisis de Factibilidad de Proyecto.....	152
4.4. Confiabilidad del Proyecto.....	153
4.5. Planificación de la Obra.....	157
CONCLUSIONES.....	164
RECOMENDACIONES.....	167
ANEXOS.....	168
BIBLIOGRAFÍA.....	298

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Esquema de la espiral de diseño de un buque.	6
Figura 2: Esquema del canal de acceso al Puerto de Guayaquil.	8
Figura 3: Prototipo Básico de un Buque Portacontenedor.	20
Figura 4: Angulo de levantamiento de popa.	21
Figura 5: Semi-angulo de entrada en proa.	22
Figura 6: Dimensiones del bulbo de proa.	23
Figura 7: Plano de Líneas de Formas.	25
Figura 8: Ubicación de mamparos divisorios en el buque.	27
Figura 9: Estiba de los contenedores [Teu's].	28
Figura 10: Plano de Distribución General Exterior.	30
Figura 11: Plano de Distribución General Interiores.	31
Figura 12: Arreglo estructural de la Sección Maestra preliminar.	38
Figura 13: Planchaje de la Cuaderna 72 con Poseidón.	39
Figura 14: Grafica de Resistencia Total en aguas profundas.	44
Figura 15: Grafica de Resistencia Total Preliminar vs Velocidad.	45
Figura 16: Aspecto del motor seleccionado.	46
Figura 17: Eficiencias relativas de enrutamientos de aire de ventilación. ...	49
Figura 18: Esquema del Ventilador seleccionado para la Sala de Máquinas.	50

Figura 19: Esquema del Sistema de Escape del motor principal.	53
Figura 20: Diagrama Unifilar del Circuito de Agua Dulce.....	56
Figura 21: Esquema del Tanque Diario.	58
Figura 22: Diagrama Unifilar del Circuito de Llenado de Combustible.....	59
Figura 23: Diagrama Unifilar del Circuito de Trasvasije.	60
Figura 24: Diagrama Unifilar del Circuito de Purificador.	62
Figura 25: Diagrama Unifilar del Circuito de Entrega-Retorno de combustible del motor principal.....	63
Figura 26: Diagrama Unifilar del Circuito de Lodos.....	65
Figura 27: Diagrama Unifilar del Circuito de Contra Incendios.	67
Figura 28: Diagrama Unifilar del Circuito de Achique.	68
Figura 29: Características Principales del Generador Cat C18.....	78
Figura 30: Plano de Distribución de las Cubiertas.	83
Figura 31: Esquema de la cubierta intermedia en Sala de Máquinas.	84
Figura 32: Esquema de la cubierta de estiba en Sala de Máquinas.	85
Figura 33: Esquema del doble fondo en Sala de Maquinas.....	86
Figura 34: Esquema de ubicación propuesta para la línea propulsora.	90
Figura 35: Plano del Sistema Propulsor.....	92
Figura 36: Grafica de la Influencia del espacio en raíz (Root Gap).....	95
Figura 37: Grafica de la Variación del Angulo de Stall de la pala del timón.	96
Figura 38: Plano de Aislamiento térmico y ruido.....	103
Figura 39: Rayado Estructural del buque.....	107

Figura 40: Esquema de las cuadernas 1 y 2 del Peak de proa.....	109
Figura 41: Esquema de la cuadernas 13 y 14 de sala de máquinas.....	111
Figura 42: Arreglo estructural de la Sección Maestra.	112
Figura 43: Esquema de la cuaderna 145 de la Bodega 1 en Proa.....	114
Figura 44: Esquema de la cuaderna 157 y 158 del Peak de Proa.....	116
Figura 45: Esquema del Sistema de Fondeo.....	121
Figura 46: Especificaciones Técnicas de Cabrestante.	123
Figura 47: Diagrama Ishikawa (Causa-Efecto)	137
Figura 48: Diagrama Ishikawa, Falla por personal operativo.	138
Figura 49: Diagrama Ishikawa, Falla por material.....	139
Figura 50: Diagrama Ishikawa, Falla por insumos.	140
Figura 51: Diagrama Ishikawa, Falla por equipos.....	141
Figura 52: Esquema de Confiabilidad Grupo 100.	154
Figura 53: Esquema de Confiabilidad Grupo 200.	154
Figura 54: Esquema de Confiabilidad Grupo 300.	154
Figura 55: Esquema de Confiabilidad Grupo 400.	155
Figura 56: Esquema de Confiabilidad Grupo 500.	155
Figura 57: Esquema de Confiabilidad Grupo 600.	155
Figura 58: Resumen de Confiabilidad por Grupos Tecnológicos.	156
Figura 59: Módulos para la construcción por bloque.	157
Figura 60: Diagrama de Gantt 1 del Proceso de Construcción del buque.	162
Figura 61: Grafica de Eslora vs Numero de Teu's.	171

Figura 62: Grafica Relación adimensional L/T vs Teu's.	171
Figura 63: Grafica de Relación adimensional B/T vs TEU's.	172
Figura 64: Grafica de Peso Muerto vs Teu's.	172
Figura 65: Graficas regresionales de coeficientes del bulbo.	176
Figura 66: Grafica de Curvas de Coeficientes de Formas.	178
Figura 67: Grafica de Curvas Hidrostáticas.	179
Figura 68: Grafica de curva GZ a grandes ángulos de inclinación.	180
Figura 69: Grafica de Curva de Longitud Inundable.	181
Figura 70: Ruido generado por el motor vs Potencia.	201
Figura 71: Grafica de Factor de corrección de velocidad vs Temperatura de escape del gas.	202
Figura 72: Caída de presión vs Velocidad del gas en el silenciador.	206
Figura 73: Diagramas para selección de la bomba Ebara.	210
Figura 74: Dimensiones Principales del Generador.	226
Figura 75: Diagrama de Flujo del proceso de optimización.	237
Figura 76: Modelo Estructural del Sistema Propulsor.	239
Figura 77: Reacciones en descansos.	240

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla I: Dimensiones principales regresionales.	10
Tabla II: Valores para el cálculo de la longitud de bodega.	11
Tabla III: Valores para el cálculo de la manga del buque.	12
Tabla IV: Valores para el cálculo del puntal del buque.	13
Tabla V: Desagregación de peso muerto.	14
Tabla VI: Desagregación del peso ligero.	16
Tabla VII: Dimensiones principales regresionales.	17
Tabla VIII: Coeficientes de Formas del Prototipo.	20
Tabla IX: Dimensiones Principales preliminares del Bulbo de proa.	22
Tabla X: Análisis de Coeficientes adimensionales.	24
Tabla XI: Coeficientes de Formas del Prototipo del Proyecto.	24
Tabla XII: Francobordo Geométrico del buque.	26
Tabla XIII: Capacidad de Tanques consumibles y lastres a full (100%).	28
Tabla XIV: Distribución de Pesos para análisis de estabilidad intacta.	32
Tabla XV: Coeficientes Hidrostáticos a diferentes condiciones de carga.	33
Tabla XVI: Criterios de Estabilidad para buques portacontenedores.	35
Tabla XVII: Espesores de planchaje.	37
Tabla XVIII: Elementos estructurales secundarios de la sección media.	38
Tabla XIX: Comparación de espesor optimo con Poseidón.	40

Tabla XX: Datos para el cálculo de la resistencia al avance. 41

Tabla XXI: Comparación de Potencias..... 46

Tabla XXII: Especificaciones del motor seleccionado. 47

Tabla XXIII: Calculo del calado mínimo..... 48

Tabla XXIV: Dimensiones Principales de los Ventiladores Series 44M..... 50

Tabla XXV: Características del Silenciador MSA1. 52

Tabla XXVI: Perdidas de presión del Sistema de Escape..... 54

Tabla XXVII: Espesor de Lana mineral. 55

Tabla XXVIII: Valores del nivel medio de iluminación, según el compartimento.
..... 72

Tabla XXIX: Potencia lumínica de los compartimentos. 73

Tabla XXX: Características de equipos calculados..... 74

Tabla XXXI: Características de Equipos estimados en base a un prototipo.75

Tabla XXXII: Balance Eléctrico estimado de los equipos abordo. 76

Tabla XXXIII: Personal sobre Cubierta..... 81

Tabla XXXIV: Personal de máquinas. 82

Tabla XXXV: Diámetros de ejes de propulsión..... 87

Tabla XXXVI: Dimensiones de la Hélice. 89

Tabla XXXVII: Reacciones en los descansos..... 91

Tabla XXXVIII: Características de la capacidad del giro del buque..... 97

Tabla XXXIX: Evaluación de Índices de Maniobrabilidad. 98

Tabla XL: Aislante para Mamparo y cubierta. 102

Tabla XLI: Características de Aislante y Acomodación Instalada.	104
Tabla XLII: Separación entre elementos estructurales.....	106
Tabla XLIII: Elementos estructurales del Peak de proa.	109
Tabla XLIV: Elementos estructurales de sala de máquinas y superestructura.	111
Tabla XLV: Elementos estructurales secundarios de la sección media. ...	113
Tabla XLVI: Elementos estructurales secundarios de la Bodega 1.....	114
Tabla XLVII: Elementos estructurales del Peak de Proa.....	116
Tabla XLVIII: Tabla de Pesos estructurales estimadas por compartimento.	117
Tabla XLIX: Datos para cálculo del Numeral de Equipo.....	119
Tabla L: Equipos de amarre y fondeo.	119
Tabla LI: Valores Recomendados de velocidad y eficiencia.	122
Tabla LII: Equipos de Salvamento.	124
Tabla LIII: Equipo de Radiocomunicaciones del Buque.	125
Tabla LIV: Equipos de Navegación del Buque.	126
Tabla LV: Costo del Personal Productivo y Administrativo.	129
Tabla LVI: Costo de construcción estimado por grupos tecnológicos.	130
Tabla LVII: Costo Constructivo Total estimado del buque portacontenedor.	131
Tabla LVIII: Costos Operacionales estimados del buque portacontenedor.	132

Tabla LIX: Estimación de Costo de Flete.	133
Tabla LX: Porcentaje de viajes anuales por cada posible escenario.	133
Tabla LXI: Ingreso Bruto Anual – Escenario 1.	134
Tabla LXII: Ingreso Bruto Anual – Escenario 2.	134
Tabla LXIII: Ingreso Bruto Anual – Escenario 3.	135
Tabla LXIV: Ingreso Bruto Anual – Escenario 4.	135
Tabla LXXV: Calificación de Probabilidad.	143
Tabla LXXVI: Calificación de Consecuencia	143
Tabla LXXVII: Evaluación De Riesgo: Forma Cualitativa.	144
Tabla LXXVIII: Evaluación de Riesgos, Falla por Personal de operación. ..	145
Tabla LXXIX: Recomendaciones a seguir frente a Riesgos.	147
Tabla LXXX: Datos de entrada para Amortización.	148
Tabla LXXXI: Amortización del Proyecto.	149
Tabla LXXXII: Interés Pagado al Banco.	149
Tabla LXXXIII: Egresos e ingresos del Proyecto.	151
Tabla LXXXIV: Resultado de cálculos VAN y TIR.	151
Tabla LXXXV: Hora-Hombre por grupos tecnológicos.	158
Tabla LXXXVI: Personal Operativo del Proyecto.	159
Tabla LXXXVII: Hora-Hombre de Casco y Estructuras por compartimentos.	160
Tabla LXXXVIII: Base de Datos de Buques Portacontenedores.	169

Tabla LXXIX: Relaciones Adimensionales de Buques de la base de datos.	170
Tabla LXXX: Estimación de Peso de Carga contenerizada.	173
Tabla LXXXI: Datos para el cálculo de Francobordo.	182
Tabla LXXXII: Valor de las ordenadas normales y reales.	188
Tabla LXXXIII: Suma de las ordenadas del arrufo.	188
Tabla LXXXIV: Datos para el cálculo estructural.....	190
Tabla LXXXV: Presiones de Diseño.....	191
Tabla LXXXVI: Coeficientes para cálculo estructural.	192
Tabla LXXXVII: Formulación de Módulos Seccionales.	193
Tabla LXXXVIII: Formulas para cálculo de la resistencia total.....	194
Tabla LXXXIX: Coeficientes para cálculos de resistencia total.	195
Tabla XC: Resistencias del Buque Portacontenedor.....	196
Tabla XCI: Resistencias por casco.....	196
Tabla XCII: Datos Técnicos de Motor Cat3608.	197
Tabla XCIII: Especificaciones de Silenciadores de escape.	203
Tabla XCIV: Longitud equivalente de tuberías.	204
Tabla XCV: Perdida de presión por los componentes.....	206
Tabla XCVI: Cantidad de accesorios del circuito de agua dulce preliminar.	208
Tabla XCVII: Longitudes equivalentes de las tuberías y accesorios.	209
Tabla XCVIII: Datos de entrada para el cálculo de la capacidad Térmica.	211

Tabla XCIX: Capacidad de tanque a intervalos de tiempo.	214
Tabla C: Temperatura de Mezcla del combustible en el Tanque Diario. ...	215
Tabla CI: Alturas de reabastecimiento del Tanque Diario.	216
Tabla CII: Calor transferido y temperatura final del tanque diario.	217
Tabla CIII: Longitudes Equivalentes de las Tuberías y Accesorios.	220
Tabla CIV: Datos para la estimación de la bomba.	222
Tabla CV: Longitudes equivalentes totales.	222
Tabla CVI: Consumo por alumbrado interior.	224
Tabla CVII: Datos Técnicos del generador C18.	227
Tabla CVIII: Distribución de los Espacios Habitables del Buque.....	228
Tabla CIX: Volúmenes cerrados del buque.....	230
Tabla CX: Volúmenes en cada bodega.....	232
Tabla CXI: Calculo del arqueo neto.....	232
Tabla CXII: Formulación para la optimización de la eficiencia de la Hélice.	235
Tabla CXIII: Datos para cálculo de la eficiencia de la hélice.	238
Tabla CXIV: Comparación de reacciones	240
Tabla CXV: Frecuencias naturales del Software.....	241
Tabla CXVI: Comparación de frecuencias del sistema propulsor.....	241
Tabla CXVII: Datos de ingreso para el cálculo de capacidad de giro.....	242
Tabla CXVIII: Simbología de Evaluación de índices de maniobrabilidad. .	244
Tabla CXIX: Criterio para evaluar el Diámetro Táctico.....	245

Tabla CXX: Criterio para evaluar el Primer Angulo de Rebasamiento.	245
Tabla CXXI: Criterio para evaluar la Capacidad de Giro Inicial.	247
Tabla CXXII: Criterio para evaluar la Facilidad de Parada.	247
Tabla CXXIII: Máximos espaciamentos dados por GL.	250
Tabla CXXIV: Constante del material para uso de aislante, [29].	252
Tabla CXXV: Frecuencia crítica.	252
Tabla CXXVI: Nivel de reducción de ruido por sectores.	253
Tabla CXXVII: Reducción de ruido por planchaje de los compartimentos habitables.	254
Tabla CXXVIII: Simbología para el análisis del ruido producido por las paredes de los compartimentos.	257
Tabla CXXIX. Niveles de propagación de ruido por cada pared.	258
Tabla CXXX: Datos Técnicos de Aislantes y Acomodación.	261
Tabla CXXXI: Peso de aislante y acomodaciones.	262
Tabla CXXXII: Centroide de Aislante más acomodación del buque.	262
Tabla CXXXIII: Resumen costo de aislante más acomodación.	262
Tabla CXXXIV: Estimación de costo para personal Productivo.	263
Tabla CXXXV: Estimación de costo para personal Administrativo.	264
Tabla CXXXVI: Gastos adicionales mensuales del Astillero.	266
Tabla CXXXVII: Desglose de gastos mensuales totales del astillero.	266
Tabla CXXXVIII: Costo de Mano de Obra y Material Grupo 100.	268
Tabla CXXXIX: Costo de Mano de Obra y Material Grupo 200.	269

Tabla CXL: Costo de Mano de Obra y Material Grupo 300..... 270

Tabla CXLI: Costo de Mano de Obra y Material Grupo 400..... 271

Tabla CXLII: Costo de Mano de Obra y Material Grupo 500..... 275

Tabla CXLIII: Costo de Mano de Obra y Material Grupo 600..... 277

Tabla CXLIV: Costo de Mano de Obra y Material Grupo 900. 278

Tabla CXLV: Costo del Grupo 0..... 279

Tabla CXLVI: Datos de Entrada para Costos Operacionales..... 280

Tabla CXLVII: Roll de pago anual de tripulación..... 284

Tabla CXLVIII: Costo anual por consumibles y combustible..... 285

Tabla CXLIX: Evaluación de Riesgos, Falla por material..... 287

Tabla CL: Evaluación de Riesgos, Falla por insumos. 289

Tabla CLI: Evaluación de Riesgos, Falla por equipos..... 290

Tabla CLII: Ingresos y Egresos..... 292

Tabla CLIII. Cálculo de Utilidades – Primer escenario..... 293

Tabla CLIV: Cálculo de Utilidades – Segundo escenario..... 294

Tabla CLV: Cálculo de Utilidades – Tercer escenario..... 295

Tabla CLVI: Cálculo de Utilidades – Cuarto escenario. 296

Tabla CLVII: Análisis de VAN y TIR..... 297

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A: Base de datos y regresiones lineales del Buques	
Portacontenedores.....	169
Anexo B: Estimacion de pesos y Capacidad de tanques.....	173
Anexo C: Analisis de los parametros del bulbo de proa.....	175
Anexo D: Cálculos de Estabilidad Intacta sin Avería.	178
Anexo E: Calculo de Línea de Carga.....	182
Anexo F: Consideraciones para el cálculo estructural de la Sección Maestra	190
Anexo G: Calculo de la Resistencia al avance preliminar.....	194
Anexo H: Calculo de sistemas auxiliares.	199
Anexo I: Calculo de la potencia lumínica por compartimento.....	224
Anexo J: Especificaciones Técnicas del generador Caterpillar C18.....	226
Anexo K: Distribución de los espacios habitables del buque.....	228
Anexo L: Calculo del arqueo del buque.	230
Anexo M: Optimización de la eficiencia de la hélice.	233
Anexo N: Análisis de ubicación de descansos en el línea propulsora con software de Elementos Finitos.....	239
Anexo O: Cálculos de Maniobrabilidad.....	242
Anexo P: Optimización del grupo tecnológico de estructuras.....	248

Anexo Q: Calculo de propagación de ruido a través de los compartimentos.	251
Anexo R: Estimación de Costos.....	263
Anexo S: Estimación de Costos de operación.	280
Anexo T: Análisis de evaluación de riesgos.....	286
Anexo U: Calculo factibilidad del proyecto.....	292

ABREVIATURAS Y SIGLAS

Δ	Desplazamiento
γ	Peso específico
A	Área transversal de elementos estructurales
ABS	American Bureau of Shipping
A_{BL}	Área longitudinal del bulbo de proa
A_{BT}	Área transversal del bulbo de proa
A_e/A_o	Relación de Área de la hélice
A_M	Área transversal sumergido del buque
A_P	Área de apéndices
A_{Esp}	Área sumergida del espejo
B	Manga
Bb	Babor
BHP	Potencia al Freno
BM_L	Distancia desde el metacentro y el centro de boyantes long.
BM_T	Distancia desde el metacentro y el centro de boyantes trans.
b_{20}	Máximo Ancho del bulbo en la perpendicular de proa
C_B	Coefficiente de Bloque
C_M	Coefficiente de sección media
C_P	Coefficiente prismático
C_W	Coefficiente del plano de agua
D	Puntal
DWT	Peso muerto
Eb	Estribor
EHP	Potencia Efectiva
F_n	Numero de Froude
GL	Germanischer Lloyd

GM _T	Altura metacéntrica transversal
GM _L	Altura metacéntrica longitudinal
GZ	Brazo adrizante
H	Calado medio
H _{PR}	Calado en Proa
H _{PP}	Calado en Popa
I	Inercia de los elementos estructurales
INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada
ITTC	International Towing Tank Conference
KB	Centro de Boyantes
KG	Centro de Gravedad
KM _T	Altura del metacentro transversal
KM _L	Altura del metacentro longitudinal
L	Eslora total
LCB	Posición longitudinal del centro de boyantes
LCG	Posición longitudinal del centro de gravedad
LCF	Posición longitudinal del centro de flotación
L _f	Eslora de Flotación
L _P	Nivel de Ruido
L _{PP}	Eslora entre Perpendiculares
l ₂₀	Longitud del bulbo medido desde la perpendicular de proa
η _L	Rendimiento lumínico medio
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OMI	Organización Marítima Internacional
P/D	Relación Paso- Diámetro
R _{Canal}	Resistencia añadida por efecto de profundidad
RPM	Revoluciones por minuto
R _T	Resistencia total del buque
S	Superficie Mojada

S	Separación entre cuadernas
SM_{Min}	Modulo Seccional mínimo calculado con reglas
SM	Modulo Seccional
SOLAS	Safety of Life At Sea - (Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar)
T	Asiento
TCG	Centro de gravedad transversal
Teu	Twenty-foot Equivalent Unit
T_{min}	Calado mínimo que puede navegar el buque
V	Velocidad del Buque
V_{Canal}	Velocidad del Buque en canal
VCG	Centro de gravedad vertical
W_R	Desplazamiento en Rosca o Ligero
Z	Numero de aspas de la hélice

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador el puerto con mayor traslado de carga contenerizada es el Puerto de Guayaquil, pero la entrada a buques portacontenedores de grandes dimensiones está restringida. Debido a la profundidad del canal de acceso al puerto solo pueden ingresar buques con calados no mayores a 9 metros. Se empleara la espiral básica del diseño de un buque, donde se enfatizan los tres primeras etapas: conceptual, preliminar, y definitiva. En la tercera etapa se hará una optimización del arreglo estructural y de la máxima eficiencia del sistema de propulsión. Por lo tanto, un medio para mejorar el comercio marítimo se propone el Diseño de un Buque Portacontenedor Feeder de 200 Teu's, el cual cumplirá con todo los requerimientos existente para su óptimo funcionamiento.

Los buques portacontenedores de nueva generación transitan por la vía internacional, la cual incluye en el continente a América Central y en América del Sur a ciertos puertos como Callao (Perú), y Buenaventura (Colombia). Para un eficaz desarrollo del puerto de Guayaquil se realizara el Diseño del Buque Portacontenedor, el cual cumplirá principalmente para la traslado de los contenedores desde el Puerto de Posorja hasta el de Guayaquil. También tendrá la capacidad de navegar hasta los puertos más importantes de la región.

La metodología de diseño será a través de la espiral básico en función de los grupos tecnológicos. Esta metodología involucra tres niveles: Conceptual, Preliminar y Definitivo. En la primera etapa de diseño se tomara una base de datos de buques para obtener las dimensiones principales iniciales y se seleccionara una distribución inicial del buque. En la segunda etapa se incluirá el análisis de las formas, disposición general preliminar, cálculos de arquitectura naval, cálculos de potencia, propulsión, resistencia estructural, sistemas auxiliares, y, planta eléctrica. En el diseño definitivo se involucra análisis más detallados como el arreglo de sala de máquinas, arreglo del sistema propulsor y de gobierno, análisis de aislamiento térmico y ruido, y, diseños estructurales. Por lo tanto, con esta metodología se obtendrá el diseño óptimo de un buque portacontenedor.

En el diseño definitivo se realizara la optimización de algunos grupos tecnológicos. Dado su importancia se optimiza el costo estructural de la embarcación por medio del costo Hombre-Hora y costo de material, para el diseño estructural se cumplirá con las reglamentaciones de la sociedad clasificadora Germanischer Lloyd, [9]. Se optimiza la eficiencia de la hélice con el fin de obtener unas dimensiones adecuadas, también se optimiza la ubicación de los descansos en la línea propulsora. Por lo tanto, a través de la optimización se obtiene un buen diseño del Buque Portacontenedor.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un Buque Portacontenedor Feeder de 200 TEU'S que cumpla con los requerimientos del armador y las necesidades del canal de acceso al Puerto de Guayaquil.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar las tres fases de la espiral de diseño para un Buque Portacontenedor Feeder de 200 TEU's.
- Analizar las restricciones de canal de acceso al Puerto de Guayaquil y sus implicaciones en la reducción de velocidad por la restricción de profundidad.
- Analizar la factibilidad del diseño y construcción del Buque Portacontenedor.

BENEFICIOS

Se espera un diseño óptimo del Buque Portacontenedor Feeder, el cual brindara una posible solución al problema de acceso al puerto de la ciudad de Guayaquil por restricción de calado. Además el buque estará en condición de servir como transporte en la costa del Pacífico de América del Sur, cumpliendo todas las reglamentaciones pertinentes.

HIPÓTESIS

El Diseño de Buque Portacontenedor Feeder de 200 TEU's es una opción para mantener activo el Puerto de Guayaquil, a pesar de las restricciones de profundidad que tiene el canal de navegación.

CAPÍTULO I

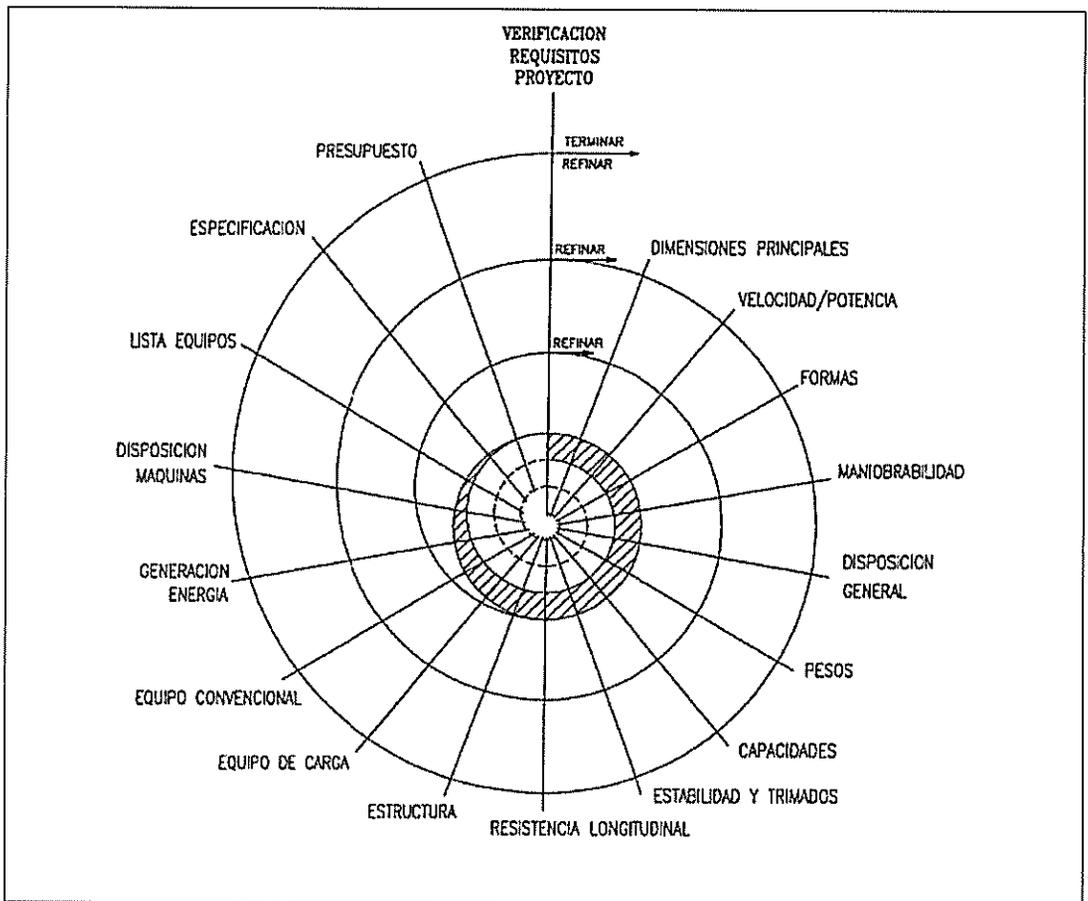
DISEÑO CONCEPTUAL DE UN BUQUE PORTACONTENEDOR FEEDER.

1.1. Consideraciones para el diseño preliminar.

1.1.1. Alcance.

Para el diseño de la embarcación se usara la espiral de diseño básica, como se ilustra en la Figura 1, la cual consta de 4 niveles: Diseño Conceptual, Preliminar, Definitivo, y, Contractual, [1]. Cada nivel profundiza más la elaboración del diseño, aumentando su complejidad y perfección. Por lo tanto, se espera que al final de la espiral se entregue el diseño de un buque cumpliendo los requerimientos del armador y las reglamentaciones exigidas por las Sociedades de Clasificación y de Navegación.

Figura 1: Esquema de la espiral de diseño de un buque.



[Fuente: Proyecto Básico del buque mercante]

En el diseño Conceptual se establecen los requisitos básicos que definirán la utilidad del buque, como: dimensiones principales, formas y planteamiento de la distribución general. La segunda fase es el diseño Preliminar el cual permite desarrollar los requisitos del armador en características de la embarcación, entre los análisis se encuentra: la estabilidad, cálculo estructural, cálculo de propulsión y gobierno, entre otros. Para el diseño Definitivo se desarrollan mejoras de las fases anteriores por medio de optimización en caso de que lo

requiera, además se incluyen cálculos exigidos por Clasificadoras, como un análisis de aislamiento térmico y ruido, diseño estructural completo. Una vez terminadas estas fases se procederá al diseño Contractual, en la cual se especifica la información necesaria para su construcción.

1.1.2. Especificaciones de los requerimientos.

El buque Portacontenedor Feeder es solicitado con propósito de incrementar el movimiento de carga en el Puerto de Guayaquil dado la restricción de profundidad. El diseño se desarrolla en base a las exigencias y condiciones de navegación: rol operativo y actividades que desempeña, área de operación, condición ambiental y requerimientos específicos. Una vez considerada estos aspectos vitales se procede a selección de las dimensiones y características de la embarcación.

El rol operativo principal será la navegación en el canal de acceso al puerto de Guayaquil y viajes complementarios como buque costero. Según datos de la Autoridad Portuaria de Guayaquil, el canal de acceso tiene de longitud 51 millas náuticas, con 122 metros de ancho y 9.5 metros de profundidad, la ruta será desde el puerto de Guayaquil hasta el puerto de Posorja y viceversa, como se ilustra en la Figura 2. Como buque costero puede cumplir varias rutas, como viajes a Callao-Perú y Buenaventura-Colombia entre otros.

Figura 2: Esquema del canal de acceso al Puerto de Guayaquil.



Las condiciones ambientales a las que se encontrara sometida la embarcación no son exigentes. La ruta del canal de acceso presenta velocidades de vientos de aproximadamente 4 m/s, sin olas. En cambio las rutas costeras son más exigentes con estados de mar entre 3 y 4, y velocidades de viento entre 13 y 19 nudos, datos obtenidos de INOCAR. Entre

los requerimientos específicos se tiene que la capacidad de carga del buque sea de aproximadamente 200 Teu's.

1.1.3. Restricciones.

La principal restricción que se tiene es debido al área de operación dado su profundidad. Por esta razón las grandes embarcaciones se les dificultan el ingreso al puerto, reduciendo el ingreso a buques con calados mayores a los 8.5 m. La Autoridad Portuaria permite en el canal de Guayaquil una velocidad máxima de 15 nudos.

1.2. Diseño Conceptual

1.2.1. Selección de dimensiones principales.

El diseño del Buque Portacontenedor Feeder inicia con la selección de las dimensiones principales como son la eslora, manga, y puntal. La primera forma de obtener unas dimensiones iniciales por medio de regresiones lineales es a partir de una base de datos, ver Anexo A. Estas dimensiones serán corregidas de tal manera que cumplan con las longitudes y holguras mínimas exigidas por Lloyd's Register para un buque portacontenedor, [2]. Con las dimensiones y coeficientes de formas regresionales posteriormente se realiza una selección y análisis de las formas de la embarcación.

La regresión lineal parte de una base de datos de buques portacontenedores entre 80 y 120 metros de eslora. Entre las gráficas regresionales tenemos: eslora, relación eslora/calado, relación manga/calado, y peso muerto versus el número de contenedores, TEU's. Las regresiones nos permite conocer las dimensiones preliminares iniciales, en el Anexo A se ilustran las gráficas regresionales. En la Tabla I se muestra las dimensiones regresionales obtenidas:

Tabla I: Dimensiones principales regresionales.

TEU's	200	
Eslora	88.20	m
Manga	14.28	m
Calado	5.10	m
Peso Muerto	3180.90	ton
Potencia	2913.42	hp

[Fuente: Elaboración Propia.]

Es necesario que el buque cumpla con las reglamentaciones exigidas por las Sociedades Clasificadoras. Debido a que el buque transporta carga modular y las dimensiones principales dependen de la distribución de los contenedores, en nuestro caso TEU's, Las distancias de compartimentos y holguras están restringidas de acuerdo a las normas vigentes de Lloyd's Register, [2]. Se asume un arreglo general preliminar y en cada bodega se ubicaran dos contenedores a lo largo, cinco a lo ancho, y tres a lo alto.

1.2.1.1. Eslora.

Los compartimentos que componen la eslora son: peak de popa, sala de máquinas, bodegas, y, peak de proa. La longitud del peak de popa y proa (L_{AP} y L_{FP}) deben estar entre el 5 y 8% de la longitud entre perpendiculares, L_{pp} . La longitud de la sala de máquinas, L_M , es del 14.5 % de la L_{pp} . La longitud de las bodegas está relacionada con la longitud de los TEU's y sus holguras, la formula desarrollada para el cálculo de la longitud de la bodega se representa como:

$$L_B = 2 \cdot G_{LM} + \#T \cdot L_C + G_{LA}$$

En la Tabla II se muestra las holguras usadas según Lloyd's Register, [2], y la longitud de bodega obtenida, #T es el número de contenedores por bodega.

Tabla II: Valores para el cálculo de la longitud de bodega.

G_{LM}	0.18	m
$\#T$	2	
L_C	6.10	m
G_{LA}	0.15	m
L_B	12.71	m

[Fuente: Elaboración Propia.]

La eslora entre perpendiculares será:

$$L_{PP} = L_B + L_M + L_{AP} + L_{FP}$$

$$L_{PP} = 5 \cdot L_B + 0.145 \cdot L_{PP} + 0.065 \cdot L_{PP} + 0.065 \cdot L_{PP} \quad \Rightarrow \quad 87.49m$$

1.2.1.2. Manga.

Para el dimensionamiento de la manga se considera: la distancia del doble casco (D_{DS}) de 1.10 m, las holguras entre contenedores (D_{HC}) está entre 0.10 y 0.20 m, la distancia del mamparo longitudinal al contenedor (D_{DS-C}) está entre 0.15 y 0.60 m, y el ancho del contenedor B_C .

$$B = 2 \cdot D_{DS} + (\#Ta - 1) \cdot D_{HC} + 2 \cdot D_{DS-C} + \#Ta \cdot B_C$$

Donde #Ta es el número de contenedores, en la Tabla III se muestra las holguras usadas según Lloyd's Register y la manga. La manga obtenida es de 16.2 m.

Tabla III: Valores para el cálculo de la manga del buque.

D_{DS}	1.10	m
$\#Ta$	5	
D_{HC}	0.15	m
D_{DS-C}	0.60	m
B_C	2.43	m
B	16.20	m

[Fuente: Elaboración Propia.]

1.2.1.3. Puntal.

Al igual que en la manga, el puntal será dimensionado según la ubicación de contenedores y las holguras, [2]. La altura del doble fondo mínimo (D_{DB}) es de 0.76 m y la distancia entre la parte superior del contenedor con la cubierta (D_{C-D}) es de máximo 0.50 m. Por lo tanto, el puntal preliminar será:

$$D = D_{DB} + D_{DB-C} + (\#TV - 1) \cdot D_{C-C} + D_{C-D} + \#TV \cdot H_C$$

Tal como se muestra en la Tabla IV se obtiene un puntal de 9.30 m.

Tabla IV: Valores para el cálculo del puntal del buque.

D_{DB}	1.00	m
$\#TV$	3	
D_{C-C}	0.05	m
D_{DB-C}	0.18	m
D_{C-D}	0.20	m
D	9.30	m

[Fuente: Elaboración Propia.]

1.2.2. Desplazamiento y estimación de pesos.

Peso Muerto

El peso muerto es la capacidad de carga que puede transportar el buque esto incluye: carga contenerizada, peso de tripulación y equipaje, consumibles, y pertrechos. Para el peso de la carga se asume que los contenedores bajo

cubierta se encuentran al 70% y sobre cubierta del 55 a 60%, ver Anexo B. Los víveres para 7 días de trabajo tienen un peso de 0.7 ton, el peso por tripulación y pasaje es de 125 Kg por persona, se asume un peso por pertrechos de 10 ton, [1]. El peso de agua dulce para 7 días de viaje es de 21 m³ lo que equivale a 21 ton. El peso por combustible depende de la autonomía, para una distancia de 800 millas (Puerto de Guayaquil – Puerto Callao), y de acuerdo al buque M/V Han Se (prototipo) seleccionado de la base de datos, se tiene un motor con 3223.86 hp con un consumo de combustible aproximado de 159.4 gal/Hr (603 lt/Hr), el peso será de 87.70 ton, el cálculo se lo presenta en el Anexo B. En la Tabla V se muestra el resumen del peso muerto.

Tabla V: Desagregación de peso muerto.

	Peso [ton]
Carga	3124.05
Viveres	0.7
Combustible	87.70
Agua dulce	21
Pertrechos	10
Tripulación y pasaje	2.5
Total	3245.95

[Fuente: Elaboración Propia.]

Peso en Rosca

Para el peso en rosca o ligero W_R está integrado por la suma de todos los pesos del buque listo para navegar

$$W_R = W_{ST} + W_{EH} + W_Q$$

donde W_{ST} es el peso de estructurales, W_{EH} es el peso de equipos y habitación, y, W_Q es el peso de maquinarias. Para la estimación de pesos se usara formulas regresionales exclusivas para buques portacontenedores, [3].

El peso estructural del buque incluye casco, estructurales, mamparos, cubiertas, y, superestructura. Además, incluye el peso del mástil, la formula regresional para su estimación es, [3]:

$$W_{ST} = C_S \cdot CL_1 \cdot CL_2 \cdot CL_3 \cdot \left(\frac{CN}{1000} \right)^{0.9}$$

$$CL_1 = 0.675 + 0.5 \cdot C_B$$

$$CL_2 = 1 + 0.36 \cdot \frac{L_S}{L_{pp}}$$

$$CL_3 = 0.00585 \cdot \left(\frac{L}{D} - 8.3 \right)^{1.8} + 0.939$$

$$CN = \frac{L \cdot B \cdot D}{100}$$

donde C_S es un valor asumo de 8550 y L_S es la longitud de la superestructura.

El peso total por equipamiento es la suma del peso de equipos (W_o) que incluye aislamiento, mamparos de carpintería, escobenes, accesorios de cubierta, las tapas de escotilla, anclas, timón, entre otros. Más los equipos mecánicos (W_{he}) como la maquinaria de cubierta, servomotor, generadores, sistemas de ventilación, sistemas de refrigeración, sistemas de tuberías,

bombas y sistemas eléctricos. La fórmula regresional para la estimación del peso es, [3]:

$$W_{EH} = W_o + W_{he}$$

$$W_o = 2412 \cdot \left(\frac{CN}{1000} \right)^{0.825}$$

$$W_{he} = 1196 \cdot \left(\frac{CN}{1000} \right)^{0.825}$$

El peso por maquinaria incluye lo motores principales, y equipos del sistema propulsor. La fórmula regresional de este grupo depende de la potencia, [3]:

$$W_o = 215 \cdot C_f \cdot \left(\frac{SHP}{1000} \right)^{0.72}$$

donde C_f es un factor de conversión de unidades con un valor de 1.016, y SHP es la potencia tomada del buque prototipo (Han Se) de 3223.86 hp.

En la Tabla VI se presenta el resumen de la estimación peso en rosca o ligero.

Tabla VI: Desagregación del peso ligero.

	Peso [ton]
W_{ST}	1288.11
W_{EH}	708.69
W_Q	526.44
Total [ton]	2523.25

[Fuente: Elaboración Propia]

Por lo tanto el desplazamiento total desagregado es 5769.18 ton.

1.2.3. Análisis de dimensiones.

En la Tabla VII se presenta una comparación entre las dimensiones regresionales y las conceptuales. Las dimensiones regresionales se obtuvieron por un análisis regresional lineal, mientras que las conceptuales siguiendo las normas establecidas por las Sociedades Clasificadoras. La única dimensión que tiene un gran cambio es la manga, esto se debe a las holguras asumidas de la clasificadora.

Tabla VII: Dimensiones principales regresionales.

	Conceptual	Regresional
Teu's	200	200
Eslora entre Pp [m]	87.66	88.20
Manga [m]	16.20	14.28
Puntal [m]	9.30	-
Calado [m]	-	5.10
Peso Muerto [ton]	3245.95	3180.90

[Fuente: Elaboración Propia.]

CAPÍTULO II

DISEÑO PRELIMINAR DE UN BUQUE PORTACONTENEDOR FEEDER.

En este Capítulo se realizan la selección de las formas por medio de un prototipo y se hace la distribución por compartimentos y de habitabilidad siguiendo las normas pertinentes. Posteriormente se realiza un análisis de la Estabilidad Intacta sin Avería en condiciones preliminares de máxima carga y al 10% de consumibles. Se hace el cálculo estructural preliminar de la sección maestra del buque siguiendo las reglamentaciones de Germanischer Lloyd. Planteamos los posibles esquemas de los sistemas a bordo básicos del buque por medio de los diagramas unifilares y se estima la potencia de las bombas principales. Por último, se realiza un balance eléctrico para la estimación de la energía que necesita el buque para su correcto funcionamiento.

2.1. Formas.

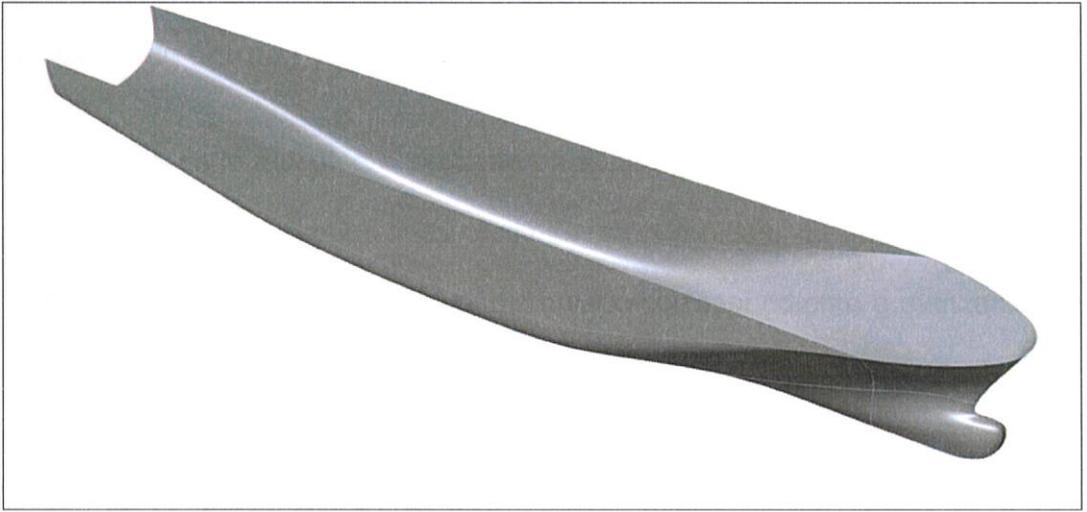
La selección de las formas y distribución general del buque son la base de un diseño óptimo. Para la selección de las formas nos basaremos en un prototipo existente, el cual será adaptado a las dimensiones obtenidas en el diseño conceptual. Se verifica la selección de las formas por medio de los ángulos de entrada y salida, y si requiere o no bulbo de proa a través de ciertos parámetros. Una correcta distribución permitirá al buque navegar sin inconvenientes, por lo tanto en esta fase se realiza una distribución inicial que cumpla con las reglamentaciones de las sociedades de clasificación para la dotación mínima existente.

La selección de las formas iniciales parte de un prototipo, como se ilustra en la Figura 3. En el prototipo se observa presencia de bulbo de proa y popa, el bulbo de popa permite:

- mejorar la entrada del flujo de agua a la hélice,
- reducir la cavitación,
- minimizar las vibraciones, y
- reducir el riesgo de rotura de la hélice por desbalanceamiento de empuje.

El tipo de bulbo de proa es nábala o peonza el cual tiene concentración de volumen en la parte alta. Se utilizan en buques en que existen dos condiciones de navegación claramente diferente, plena carga y lastre.

Figura 3: Prototipo Básico de un Buque Portacontenedor.



[Fuente: Maxsurf Modeler Advance 20.0]

En la Tabla VIII se muestra los coeficientes de formas del prototipo seleccionado:

Tabla VIII: Coeficientes de Formas del Prototipo.

Descripción	Valor
Coeficiente de bloque	0.58
Coeficiente de Sección Media	0.945
Coeficiente prismático	0.62
Coeficiente del plano de agua	0.796

[Fuente: Maxsurf Modeler Advance 20.0]

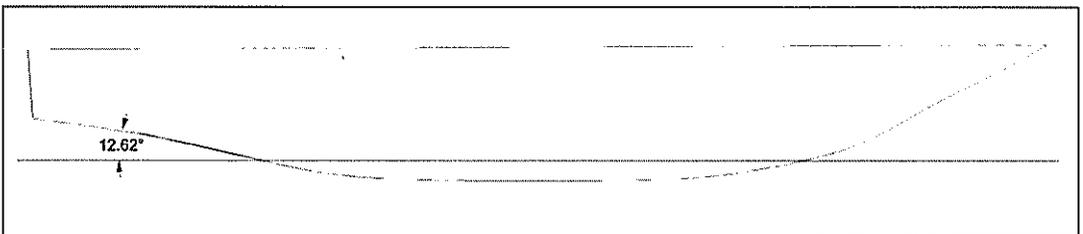
2.1.1. Análisis de parámetros básicos de formas.

Ángulos de entrada y Salida.

Al prototipo se le modificó el radio de pantoque, se colocó castillo y toldilla, y se lo adecuó a las dimensiones preliminares obtenidas. El ángulo de salida del perfil a $\frac{1}{4}$ de la manga, a nivel del calado correspondiente a manzana de la hélice tiene siguientes rangos de aplicación, [1]:

- Planeo, $0 < \Theta < 2$
- Semi-planeo, $2 < \Theta < 7$
- Desplazamiento, $7 < \Theta < 18$

Figura 4: Angulo de levantamiento de popa.



[Fuente: Elaboración Propia.]

En la Figura 4 se observa que el ángulo de levantamiento a la salida del flujo de agua es de 12.62° , el cual demuestra que se encuentra en el rango de un buque de desplazamiento. El ángulo de entrada varía según el calado, y para 5.1 m de calado regresional tenemos un ángulo de 12.86° .

Figura 5: Semi-ángulo de entrada en proa.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Bulbo de Proa.

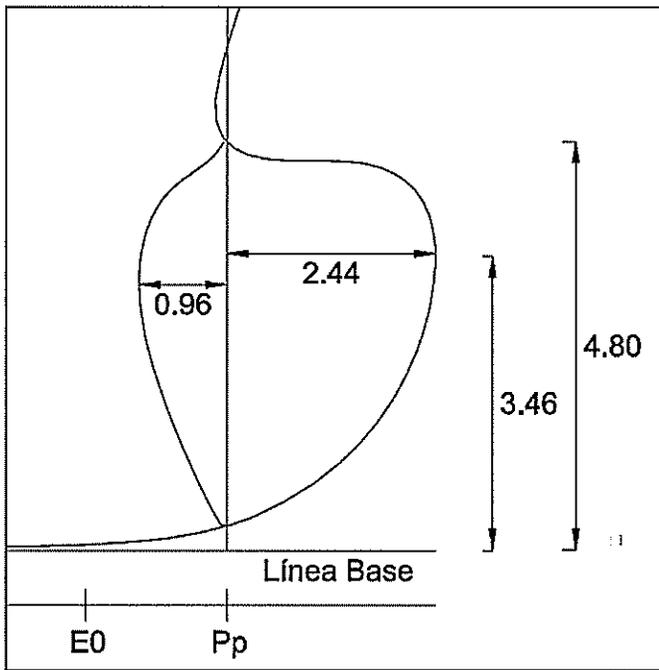
En la Tabla IX se muestran las dimensiones preliminares del bulbo de nuestro buque las cuales parten del prototipo. En el Anexo C se muestra el análisis de los parámetros del bulbo de proa, los cuales se basan de un análisis estadístico de pruebas de modelos.

Tabla IX: Dimensiones Principales preliminares del Bulbo de proa.

Parámetro	Medida	Unidad
Altura del punto de máxima protuberancia	3.46	m
Longitud del punto de máxima protuberancia	2.44	m
Altura máxima del bulbo	4.80	m
Área lateral del bulbo	8.23	m ²
Manga del bulbo	1.92	m
Área transversal	6.17	m ²

[Fuente: Elaboración Propia]

Figura 6: Dimensiones del bulbo de proa.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Con las dimensiones del bulbo que se muestran en la Tabla IX y para un coeficiente de bloque de 0.60 a un calado de 4.8 m con un desplazamiento de 4103 ton (calado y desplazamiento de la eslora entre perpendiculares). Se obtiene los valores límites de los coeficientes lineales y no lineales del bulbo [10] ilustrados en la Tabla X, donde se observa que se encuentran dentro de los rangos dados por las gráficas.

Tabla X: Análisis de Coeficientes adimensionales.

Parámetros adimensionales	Mínimo	Máximo	Bulbo del Proyecto
Valor adimensional del ancho, C_{BB}	0.10	0.20	0.119
Valor adimensional de la longitud, C_{LPR}	0.025	0.042	0.028
Valor adimensional del alto, C_{ZB}	0.45	0.70	0.721
Coeficiente Volumétrico, C_{VPR}	0.0022	0.0038	0.004
Coeficiente de sección Trasversal, C_{ABT}	0.08	0.11	0.079
Coeficiente de sección lateral, C_{ABL}	0.10	0.175	0.105

[Fuente: Elaboración Propia.]

2.1.2. Coeficientes de formas de proyecto.

Los coeficientes de formas para un desplazamiento desagregado de 5769.18 ton son obtenidos con el software Maxsurf Stability Advanced a través del prototipo del proyecto, los valores se muestran en la Tabla XI.

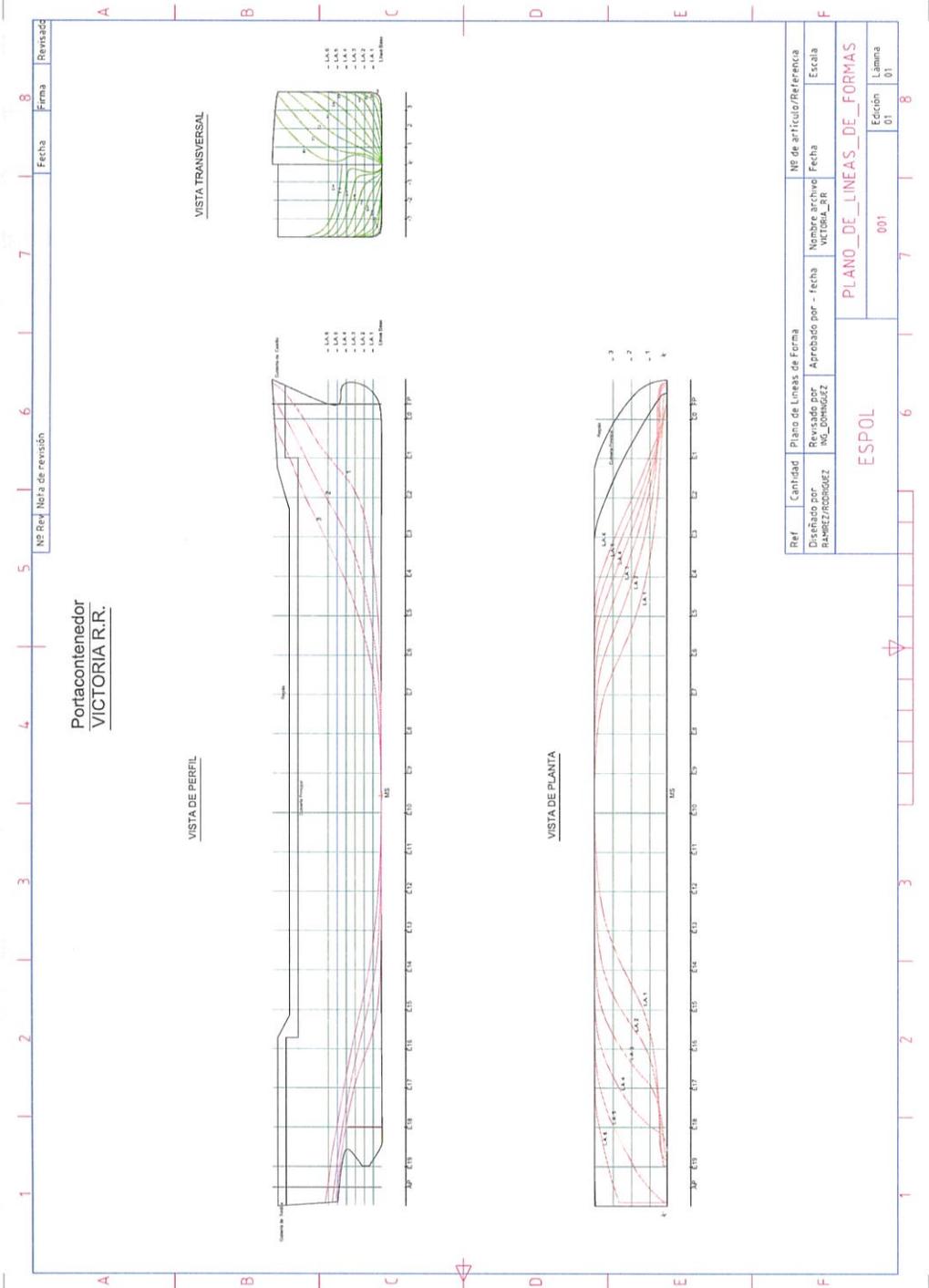
Tabla XI: Coeficientes de Formas del Prototipo del Proyecto.

Descripción	Valor
Coeficiente de Bloque	0.60
Coeficiente de Sección Media	0.992
Coeficiente prismático	0.625
Coeficiente del plano de agua	0.847

[Fuente: Elaboración Propia.]

En la Figura 7 se ilustra el plano de líneas de forma del buque portacontenedor Feeder.

Figura 7: Plano de Líneas de Formas.



[Fuente: Elaboración Propia.]

2.1.3. Francobordo Geométrico.

El francobordo se lo calcula a partir del Convenio de Líneas de Carga [4], en este convenio se encuentra todas la estipulaciones y requerimientos para obtener el mínimo francobordo. En la Tabla XII se muestra el francobordo tabular y las respectivas correcciones.

Tabla XII: Francobordo Geométrico del buque.

Correcciones	Dimensión [mm]
Tabular	1077.02
Por eslora menores de 100 metros	53.77
Por Coeficiente de Bloque	1.004
Por Puntal	619.21
Por Superestructura	161.73
Por Arrufo	335.64
Por altura mínima de proa	834.90
Francobordo Final	2761.96

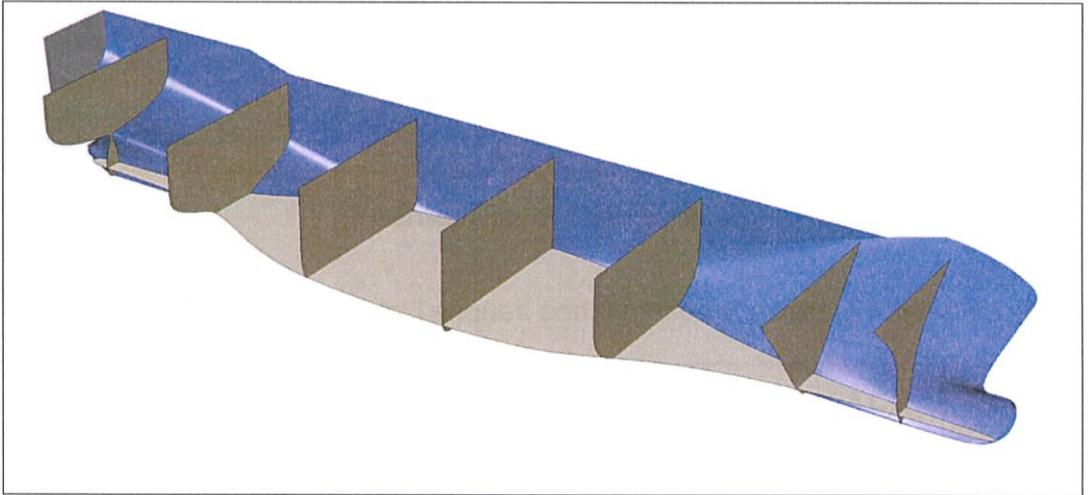
[Fuente: Elaboración Propia.]

El francobordo geométrico mínimo del buque será de 2661.96 mm, en el Anexo E se presenta el cálculo detallado de cada una de las correcciones.

2.2. Distribución General.

La distribución general parte de los requerimientos del armador y las exigencias que debe cumplir el buque. Uno de los primeros pasos es definir la dotación mínima requerida, donde la Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial estipula que para un buque de nuestras características la dotación es de 22 tripulantes, [5]. En el diseño conceptual se definió el número de compartimentos en los que se dividirá el buque (7 mamparos), el cual cumple con el requerimiento de Lloyd's Register, [2], como se ilustra en la Figura 8.

Figura 8: Ubicación de mamparos divisorios en el buque.

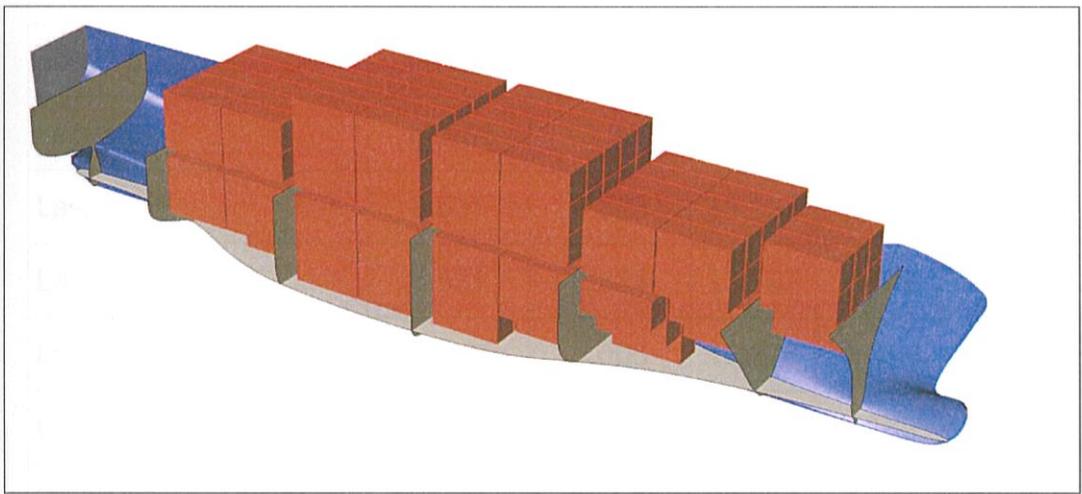


[Fuente: Elaboración Propia.]

Los contenedores serán ubicados de tal manera que el buque cumpla con el requerimiento del armador, es decir transportar 200 Teu's, en la Figura 9 se ilustra la estiba de los Teu's que puede transportar la embarcación. La

capacidad de tanques de combustibles y aceite, agua dulce y lastres cumplirán con lo requerido para la navegación, con ubicaciones estratégicas para que no se presenten problemas de estabilidad, en la Tabla XIII se muestra las capacidades iniciales al 100%, en el Anexo B se muestra el cálculo de la capacidad.

Figura 9: Estiba de los contenedores [Teu's].



[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla XIII: Capacidad de Tanques consumibles y lastres a full (100%).

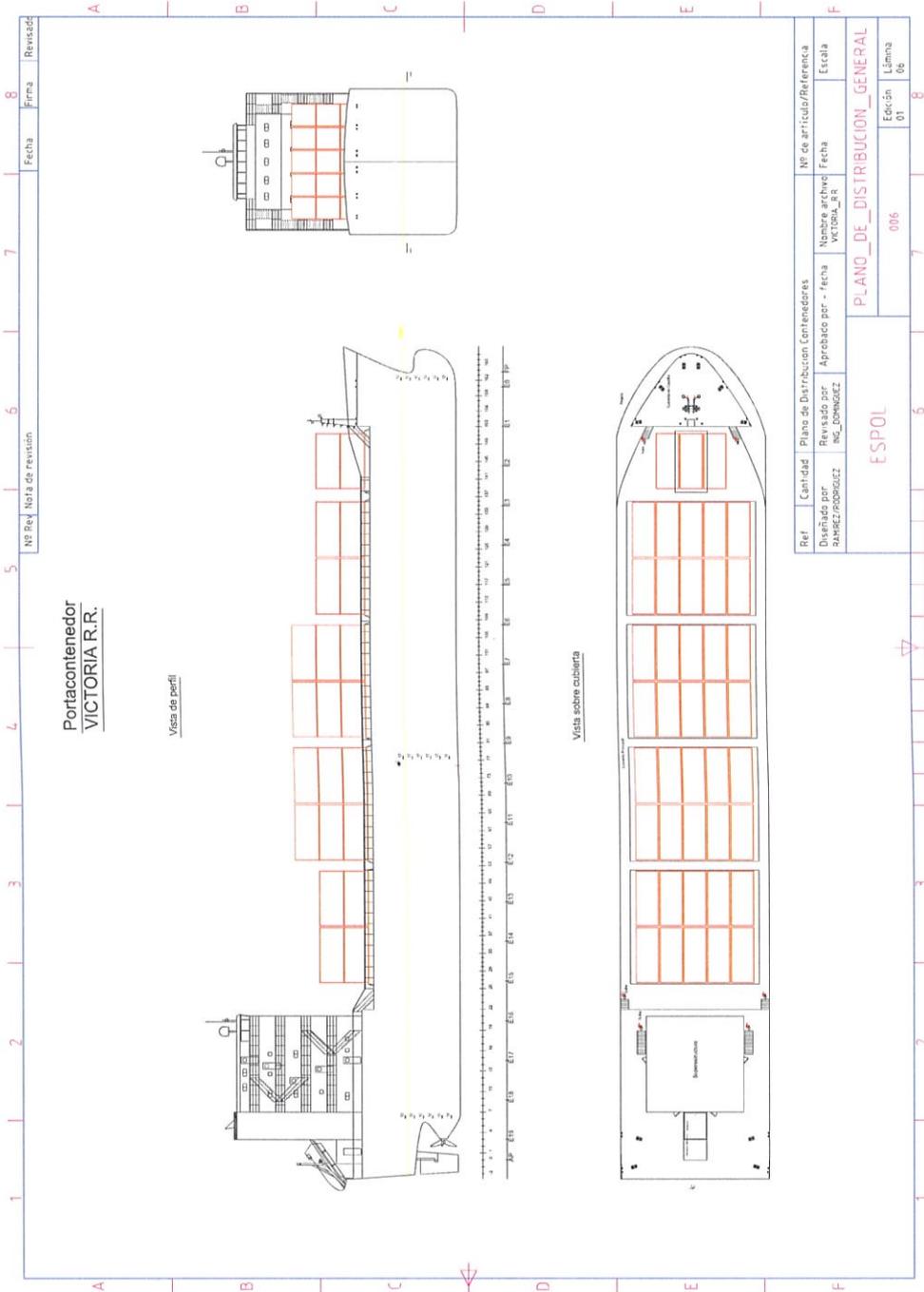
Tanques	Peso [ton]	Volumen [m ³]	LCG [m]	TCG [m]	VCG [m]
Combustible Popa – Bb	21.136	25.162	-39.929	-3.498	7.602
Combustible Popa – Eb	21.136	25.162	-39.929	3.498	7.602
Combustible Proa – Bb	28.924	34.434	33.298	-1.606	4.83
Combustible Proa – Eb	28.924	34.434	33.298	1.606	4.83

Agua Dulce Bb	12.478	12.478	-13.931	-1.728	0.494
Agua Dulce Eb	12.478	12.478	-13.931	1.728	0.494
Lastre 1	84.433	82.374	-3.919	-3.832	0.498
Lastre 2	84.433	82.374	-3.919	3.832	0.498
Lastre 3	40.581	39.591	5.982	-3.737	0.513
Lastre 4	40.581	39.591	5.982	3.737	0.513
Lastre 5	11.168	10.896	10.72	-3.027	0.541
Lastre 6	11.168	10.896	10.72	3.027	0.541
Lastre 7	8.531	8.323	13.197	-2.493	0.551
Lastre 8	8.531	8.323	13.197	2.493	0.551
Lastre 9	5.13	5.005	15.376	-2.166	0.571
Lastre 10	5.13	5.005	15.376	2.166	0.571
Lastre 11	15.533	15.154	20.874	-1.558	0.64
Lastre 12	15.533	15.154	20.874	1.558	0.64

[Fuente: Elaboración Propia.]

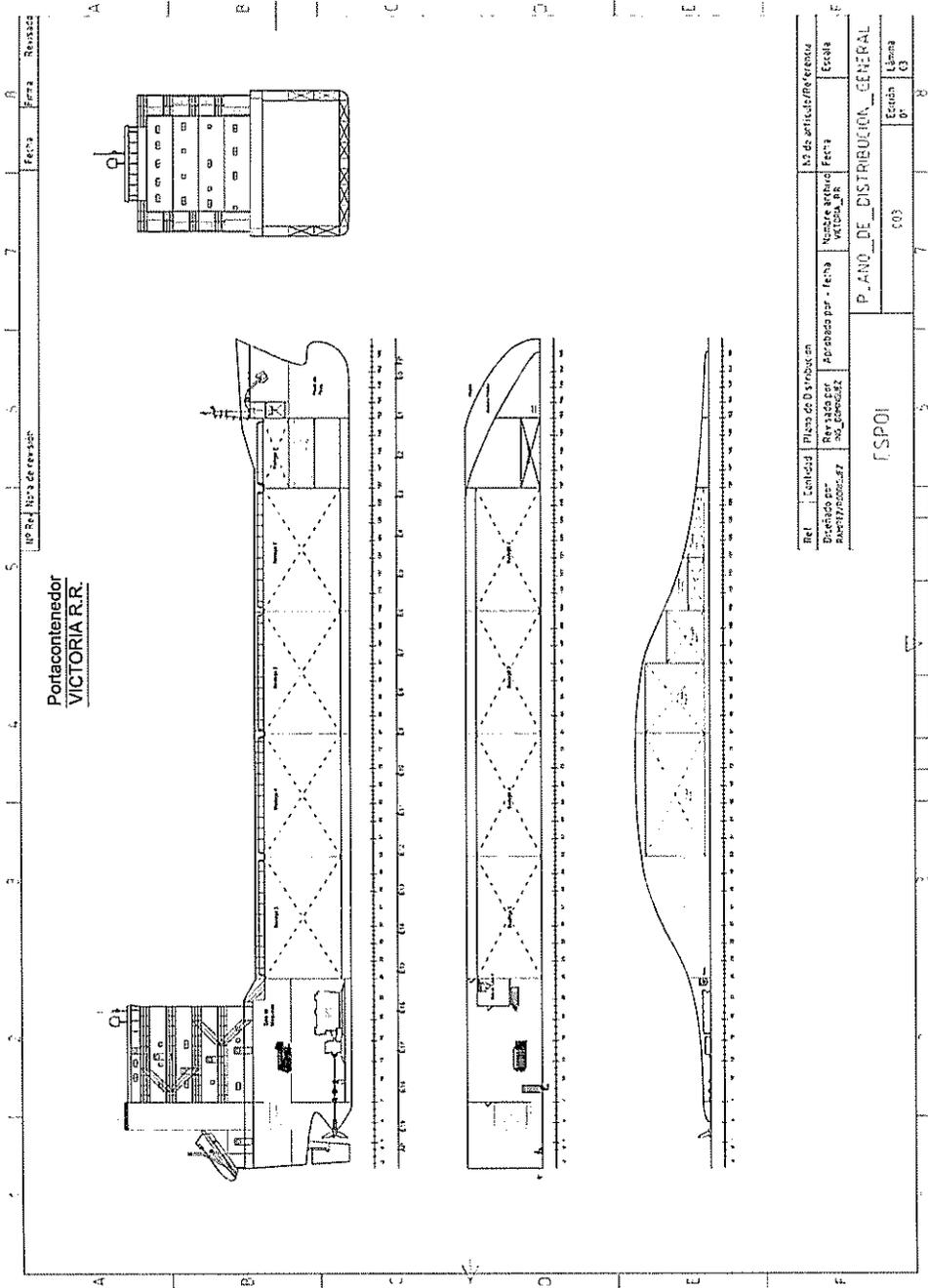
La habitabilidad esta provista para la dotación mínima la cual cumple con los requerimientos exigidos por Organización Internacional del Trabajo, [7], y las Sociedades Clasificadoras. En la Figura 10 y Figura 11 se muestra la distribución preliminar del buque portacontenedor.

Figura 10: Plano de Distribución General Exterior.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Figura 11: Plano de Distribución General Interiores.



[Fuente: Elaboración Propia.]

2.3. Cálculo Preliminar de Estabilidad Intacta.

En la Tabla XIV se muestra la desagregación de pesos con sus respectivos centroides utilizados para los diferentes análisis de estabilidad en Maxsurf.

Tabla XIV: Distribución de Pesos para análisis de estabilidad intacta.

	Cant	Peso [ton]	LCG [m]	TCG [m]	VCG [m]	Origen
Casco	1	1090.57	-2.59	0	5.69	Regresión
Superestructura	1	192.45	-34.14	0	17.74	Regresión
Motor Principal	1	19.00	-27.89	0	2.77	Prototipo
Generador Bb	1	4.50	-35.15	2.50	7.72	Prototipo
Generador Eb	1	4.50	-35.15	-2.50	7.72	Prototipo
Maquinaria	1	490.89	-31.86	0	2.89	Regresión
Equipamiento	1	694.82	0	0	5.54	Regresión
Carga	1	3124.05	2.72	0	7.96	Estimación
Tripulación y pasaje	1	2.50	-27.68	0	10.63	Estimación
Víveres	1	0.70	-27.68	0	10.63	Estimación
Pertrechos	1	10.00	-27.68	0	10.63	Estimación
Combustible Popa–Bb	90%	19.02	-39.93	-3.50	7.60	Estimación
Combustible Popa–Eb	90%	19.02	-39.93	3.50	7.60	Estimación
Combustible Proa–Bb	95%	26.03	33.30	-1.61	4.83	Estimación
Combustible Proa–Eb	95%	26.03	33.30	1.61	4.83	Estimación
Agua Dulce Bb	90%	11.23	-13.93	-1.73	0.49	Estimación
Agua Dulce Eb	90%	11.23	-13.93	1.73	0.49	Estimación
Total		5749.44	-3.051	0	7.249	

[Fuente: Elaboración Propia.]

Metodología

Utilizando el software Masurf Stability Advance se obtiene las propiedades hidrostáticas del buque en tres condiciones: para un desplazamiento preliminar de 5749.44 ton (full carga), a 10% de consumibles con carga, y, lastrado los tanques 3 y 4, luego se analizan los criterios aplicando las normas dadas por la OMI para buque portacontenedores. En la Tabla XV se muestra los coeficientes de formas y características hidrostáticas en las tres condiciones.

Tabla XV: Coeficientes Hidrostáticos a diferentes condiciones de carga.

	Máxima Carga	10% Consumibles	Lastrado
Calado Medio, m	6.069	5.983	6.048
Desplazamiento, ton	5749	5646	5720
Angulo de Escora	0	0	0
Calado en Ppr, m	5.614	5.486	5.61
Calado en Pp, m	6.525	6.48	6.486
Calado a LF, m	6.129	6.048	6.105
Asiento (+ a popa), m	0.911	0.994	0.876
Eslora de Flotación, m	89.157	89.131	89.153
Máxima Manga de Flotación, m	16.197	16.197	16.197
Superficie Mojada, m ²	1970.257	1953.192	1965.511
Área del Plano de Flotación, m ²	1241.821	1237.912	1240.81
Coefficiente Prismático (C _P)	0.647	0.645	0.646
Coefficiente de Bloque (C _B)	0.6	0.595	0.601

Coeficiente de Sección Media (C_M)	0.993	0.991	0.993
Coeficiente de Plano de Flotación (C_w)	0.86	0.858	0.859
LCB (+ a proa), m	-3.09	-3.15	-3.03
LCF (+ proa), m	-5.696	-5.753	-5.679
KB, m	3.502	3.456	3.488
KG, m	7.256	7.297	7.271
BMt, m	4.426	4.483	4.441
BML, m	112.818	113.929	113.177
GMt, m	0.672	0.643	0.658
GML, m	109.064	110.088	109.394
KMt, m	7.928	7.939	7.928
KML, m	116.314	117.378	116.659
Inmersión (TPc), ton/cm	12.729	12.689	12.718
MTc, ton · m	71.684	71.061	71.526
Angulo de inclinación de cubierta, grados	0.597	0.651	0.574
Angulo de asiento (+ a popa), grados	0.597	0.651	0.574

[Fuente: Elaboración Propia.]

Análisis de resultados.

El valor de la altura metacéntrica transversal, GMt, en las tres condiciones cumple con el requerimiento de la OMI, de ser mayor a 0.20 m. En la condición de 10 % de consumibles el asiento sobrepasa el 1% de la eslora, por lo tanto se debe lastrar.

En la Tabla XVI se observa que la embarcación cumple con todos los criterios exigidos por la OMI para buques portacontenedores en la condición más crítica (10% de consumibles), y que el máximo brazo adrizante, GZ, es de 0.618 m a un ángulo de inclinación de 39.1°.

Tabla XVI: Criterios de Estabilidad para buques portacontenedores.

Criterio	Valores	Unidades	Actual	Estatus	% Margen
OMI roll back angle	18.7	grados			
Área hasta 30°	4.189	m·grados	6.257	Paso	49.36
Área hasta 40°	7.448	m·grados	12.036	Paso	61.6
Área de 30° a 40°	2.793	m·grados	5.7797	Paso	106.94
Máximo GZ a 30° o mayor	0.268	M	0.618	Paso	130.6
Valor del Máximo GZ	0.341	M	0.618	Paso	81.23
Área GZ debajo la curva de línea inundación	19.550	m·grados	20.5263	Paso	4.990
GMt inicial	0.150	M	0.643	Paso	328.67
Viento fuerte y criterio de balance				Paso	
Angulo de escora estacionario (<=)	16.0	grados	7.6	Paso	52.22
Angulo de escora estacionario / Angulo de escora a la cubierta (<=)	80.00	%	35.160	Paso	56.05
Area1 / Area2 (>=)	100.00	%	399.5	Paso	299.5

[Fuente: Elaboración Propia.]

2.4. Cálculo Estructural de la Sección Maestra.

Metodología

El cálculo estructural del buque es primordial para que puede navegar en las condiciones requeridas por medio de una estructura fuerte cumpliendo con las exigencias climatológicas y de trabajo. El cálculo de escantillonado se lo hace aplicando las reglas de Germanischer Lloyd (GL), [9], exclusiva para buques portacontenedores. El tipo de arreglo estructural será mixto, con doble fondo y doble costado los cuales se extienden desde el mamparo de sala de máquinas hasta el último mamparo de bodega. En esta etapa se realiza el cálculo de la sección media, verificando que cumpla con el modulo seccional mínimo establecido por GL.

El sistema de cuadernaje es mixto, en la sección de las bodegas el cuadernaje es longitudinal, en cambio en la sección de proa y popa el cuadernaje es transversal. En esta etapa de diseño se selecciona una separación entre cuadernas dado por la sociedad clasificadora Lloyd's Register, [2], aplicando la siguiente formula:

$$s = 470 + \frac{L}{0.6}$$

Donde L es considerado el 97% de la eslora total de la embarcación. Con lo cual se obtiene una separación de cuaderna transversal de 620 mm.

En la Tabla XVII se muestra los espesores de planchaje calculado con GL y el que se instalara. Debido a las restricciones de mercado se aproxima los espesores al inmediato superior.

Tabla XVII: Espesores de planchaje.

Sección	Espesor Calculado [mm]	Espesor de Construcción [mm]
Fondo	9.70	10
Doble Fondo	7.85	8
Costado	9.85	10
Mamparo Longitudinal	7.99	8
Cubierta	8.98	9.5
Vagra	8.33	9.5
Varenga	9.33	9.5
Bulárcama	9.33	9.5
Palmejar	8.24	9.5

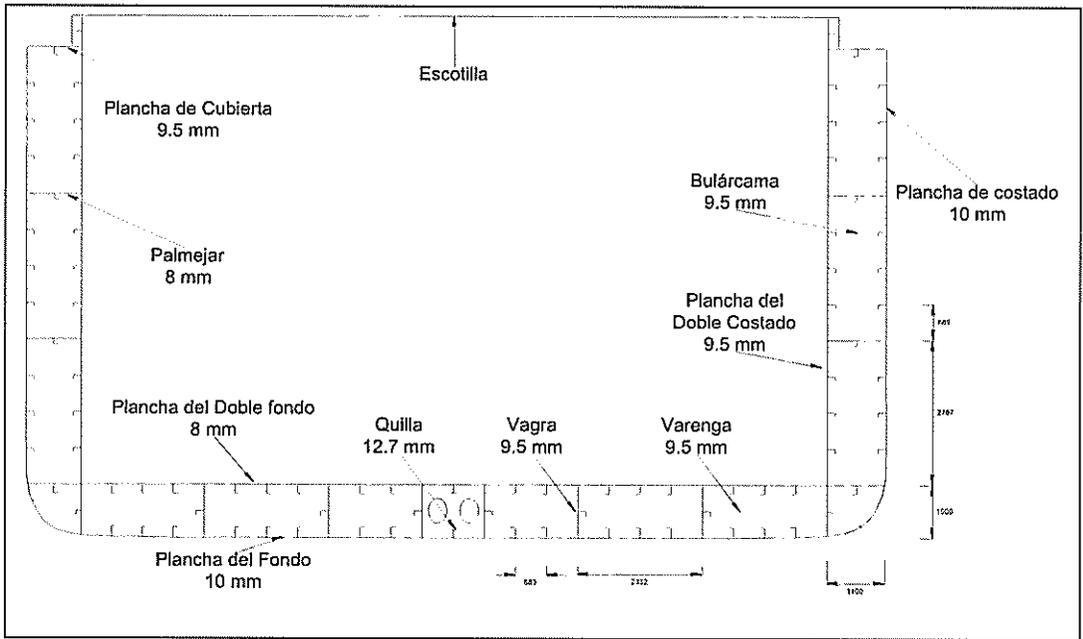
[Fuente: Elaboración Propia.]

Cálculos

En la Figura 12 se ilustra un esquema del arreglo estructural de la sección maestra preliminar con sus respectivos espesores de planchaje y refuerzo primarios y secundarios. Las dimensiones de los elementos secundarios son mostradas en la Tabla XVIII, en la cual se aprecia: el modulo seccional mínimo calculado con GL, [9], el modulo seccional, área e inercia del elemento seleccionado. En el Anexo F se muestran las presiones de diseños y los

módulos seccionales usados para el cálculo del escantillonado del planchaje, de los elementos primarios y secundarios de la sección maestra.

Figura 12: Arreglo estructural de la Sección Maestra preliminar.



[Fuente: Elaboración Propia.]

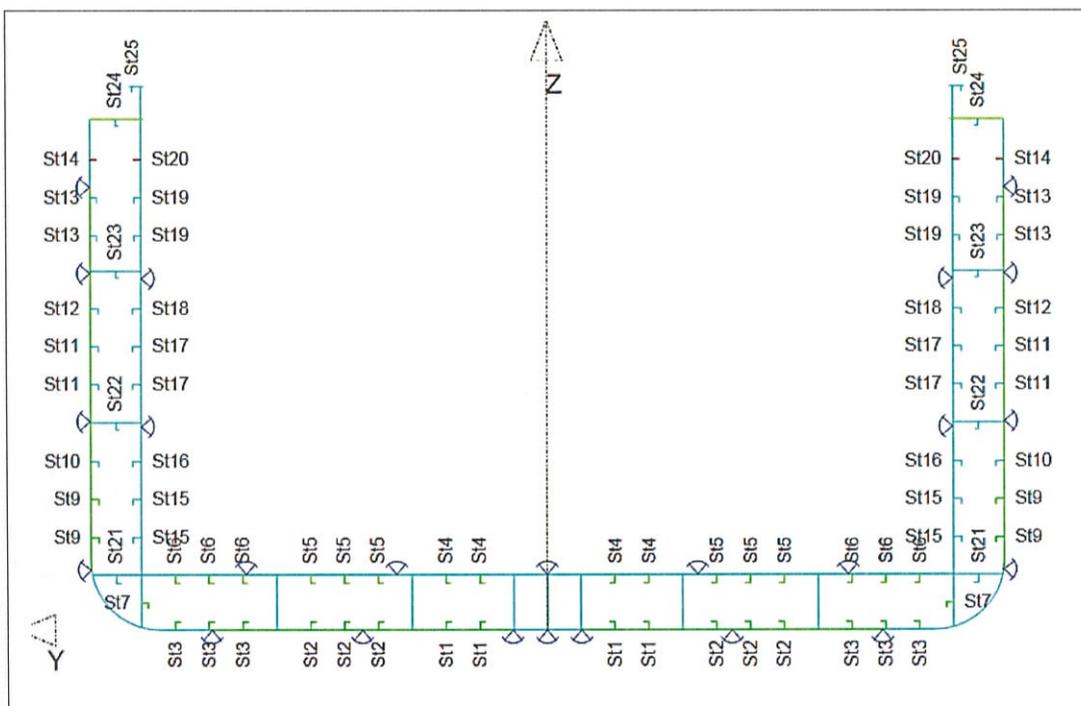
Tabla XVIII: Elementos estructurales secundarios de la sección media.

	SM _{Min} [cm ³]	SM [cm ³]	A [cm ²]	I [cm ⁴]	Elemento
Long. Fondo	280.10	294.1	29.4	4344.5	L 200*10*100*10
Long. doble fondo	232.40	234.1	26.4	3002.2	L 170*10*100*10
Long. de costados	193.17	198.6	24.4	2278.8	L 150*10*100*10
Long. Mamparos long.	128.25	198.6	24.4	2278.8	L 150*10*100*10
Refuerzos de mamparos transversales	42.31	59.9	12.8	470.4	L 90*9.5*50*9.5
Refuerzos de brazolas	59.10	59.9	12.8	470.4	L 90*9.5*50*9.5
Long. cubierta principal	116.76	198.6	24.4	2278.8	L 150*10*100*10

[Fuente: Elaboración Propia.]

Para comprobar que el escantillonado preliminar este correcto, se usara el software Poseidon GL, el cual es exclusivamente para buques cargueros.

Figura 13: Planchaje de la Cuaderna 72 con Poseidón.



[Fuente: Resultados de software Poseidon GL.]

Análisis de resultados.

Podemos observar en la Figura 13 ciertas secciones de color rojo, lo cual implica que la plancha no cumple con el mínimo requerido. Esto se muestra en la Tabla XIX para los ítems PI2 y PI3 de la sección LB12 el cual corresponde al mamparo longitudinal, el valor mínimo es de 7.5 mm mientras que el calculado es de 6.35 mm. Este problema se debe ya que el cálculo del

espesor del mamparo longitudinal se consideró como una carga uniforme, mientras que en Poseidon la carga crítica cambia, como se observa en la Tabla XIX.

Tabla XIX: Comparación de espesor optimo con Poseidón

Func.Ele.	Item	LoLC Y	a	Design Criteria				Shogg	Tau	as built scantlings		W built	As built	I built	Asse	Error
Attributes		LoLC Z	l	Dca	stat	dyn	p2	Ssagg	Reh	t built	t req	W req.	As req	I req	ssme	Notes
		[mm]	[mm]	t	[kN/m ²]			[N/mm ²]		[mm]	[mm]	[cm ²]	[cm ²]	[cm ⁴]	nt	
SHELL	SI1	1822	608	S Ti1				-67	6	L 150° 9.0° 100° 9.0		158	14	2145	+	0
DC=63		0	2480	36	56	40	99	67	235	9.0	7.2	156	5	288		0
SHELL	SI2	3038	608	S Ti1				-67	11	L 150° 9.0° 100° 9.0		158	14	2145	+	0
DC=63		0	2480	36	56	40	99	67	235	9.0	7.2	156	5	288		0
SHELL	SI3	5468	608	S Ti1				-67	17	L 150° 9.0° 100° 9.0		158	14	2145	+	0
DC=63		0	2480	36	56	40	99	67	235	9.0	7.2	156	5	321		0
SHELL	SI9	8200	693	S Ti7				-27	31	L 150° 8.0° 100° 8.0		143	12	2008	-	0
DC=63		1692	2480	40	39	53	82	27	235	8.0	7.2	146	5	145		0
SHELL	SI10	8200	692	S Ti7				6	31	L 150° 8.0° 100° 8.0		143	12	2008	++	0
DC=63		3076	2480	40	26	63	69	-6	235	8.0	7.2	122	4	75		0
SHELL	SI11	8200	701	S Ti9				40	31	L 150° 8.0° 100° 8.0		143	12	2010	++	0
DC=63		4476	2480	40	20	52	55	-40	235	8.0	7.2	110	3	264		2
SHELL	SI12	8200	683	S Ti9				72	26	L 150° 8.0° 100° 8.0		143	12	2005	++	0
DC=63		5860	2480	36	7	40	41	-72	235	8.0	7.2	100	2	353		2
SHELL	SI13	8200	692	S				121	13	L 120° 9.0° 100° 9.0		119	11	1335	++	0
DC=63		7880	2480	45	0	33	0	-121	235	9.0	0.0	102	2	650		2
SHELL	SI14	8200	710	S				137	13	FB 120° 9.0		44	10	497	--	0
DC=63		8572	2480	71	0	31	0	-137	235	9.0	0.0	112	2	1026		0
IB	SI4	1822	608	IB Ti1				-43	6	L 150° 8.0° 90° 8.0		136	12	2010	-	0
DC=63		1000	2480	36	0	11	89	43	235	8.0	7.2	141	4	201		0
IB	SI5	3038	608	IB Ti1				-43	12	L 150° 8.0° 90° 8.0		136	12	2010	-	0
DC=63		1000	2480	36	0	5	89	43	235	8.0	7.2	140	4	208		0
IB	SI6	5468	608	IB Ti1				-43	20	L 150° 8.0° 90° 8.0		136	12	2010	-	0
DC=63		1000	2480	36	0	8	89	43	235	8.0	7.2	140	4	278		0
DK1	SI24	7744	455	WD				154	2	L 120° 9.0° 60° 9.0		83	11	944	++	0
DC=63		9300	2480	50	0	18	0	-154	235	9.0	0.0	40	1	564		0
DK23	SI23	7744	455	Ti9				89	2	L 120° 9.0° 60° 9.0		82	11	909	++	0
DC=63		6533	2480	36	0	0	35	-89	235	9.0	7.2	42	1	214		0
DK19	SI22	7744	455	Ti7 To9				23	2	L 120° 9.0° 60° 9.0		82	11	909	++	0
DC=63		3767	2480	36	27	7	62	-23	235	9.0	7.2	74	2	64		0
DK15	SI21	7744	440	To7				-43	15	L 150° 8.0° 90° 8.0		130	12	1699	++	0
DC=63		1000	2480	36	27	7	89	43	235	8.0	0.0	104	3	162		0
LB12	SI15	7290	692	Ti7				-27	35	L 150° 9.0° 100° 9.0		156	14	2053	++	0
DC=63		1692	2480	36	20	5	82	27	235	9.0	7.2	146	5	120		0
LB12	SI16	7290	692	Ti7				6	35	L 150° 9.0° 100° 9.0		156	14	2053	++	0
DC=63		3076	2480	36	7	2	69	-6	235	9.0	7.2	122	4	23		0
LB12	SI17	7290	701	Ti9				40	32	L 150° 8.0° 100° 8.0		141	12	1904	++	0
DC=63		4476	2480	36	20	5	55	-40	235	8.0	7.2	99	3	232		0
LB12	SI18	7290	683	Ti9				72	22	L 150° 8.0° 100° 8.0		143	12	2005	++	0
DC=63		5860	2480	36	7	2	41	-72	235	8.0	7.2	72	2	353		0
LB12	SI19	7290	674					104	21	L 120° 9.0° 100° 9.0		119	11	1331	++	0
DC=63		7188	2480	36	0	0	0	-104	235	9.0	0.0	0	0	650		0
LB12	SI20	7290	710					137	14	FB 120° 9.0		44	10	497	--	0
DC=63		8572	2480	36	0	0	0	-137	235	9.0	0.0	0	0	1026		0
CO2	SI25	7439	100					169	2	FB 90° 8.0		19	6	124	++	0
DC=63		9900	2480	40	0	0	0	-169	235	8.0	0.0	0	0	85		0
LG12	SI7	7290	474	LG Ti1				-55	9	L 120° 9.0° 100° 9.0		117	11	1258	-	0
DC=63		500	2480	36	5	18	94	55	235	9.0	7.2	117	4	198		0

[Fuente: Resultados de software Poseidon GL.]

2.5. Cálculo de Resistencia y Propulsión.

Metodología

El buque portacontenedor es de tipo desplazamiento y para la obtención de la resistencia al avance se aplicara en método de Holtrop y Mennen, [11], [12], se incluirá la resistencia por viento y por profundidad de canal. En el cálculo se asume una velocidad de 11 nudos a un desplazamiento preliminar de 5749.44 ton, condición de máxima carga. Para el cálculo de la resistencia por viento se aplica la formulas del ITTC con coeficiente de aire de Blendermann, [13]. La resistencia añadida por efecto de la profundidad es obtenida por las formulas dadas por Molland, [14].

Cálculos

En la Tabla XX se muestra los datos requeridos a una condición de máxima carga para el cálculo de la resistencia al avance preliminar. El análisis de resistencia se lo hará para un buque portacontenedor con bulbo, pantoque redondo, con forma de popa en U y en proa en V. Los datos del bulbo son tomados de la Tabla IX.

Tabla XX: Datos para el cálculo de la resistencia al avance.

Parámetro	Dimensión	Unidad
Eslora de flotación	89.09	m
Eslora entre perpendiculares	87.49	m
Manga	16.20	m
Calado Medio	6.07	m
Puntal	9.3	m

Desplazamiento	5749.44	ton
Coefficiente de bloque	0.60	-
Coefficiente de sección media	0.993	-
Coefficiente Prismático	0.647	-
Coefficiente de plano de flotación	0.860	-
Numero de Froude	0.21	-
Superficie Mojada	1970.26	m ²
Centro de gravedad longitudinal	46.84	-
Angulo de entrada	13	grados
Asiento	0.911	m
Calado en proa	5.16	m
Área de apéndices	17.06	m ²
Área sumergida del espejo	7.89	m ²
Área transversal sobre línea de flotación	231.2	m ²

[Fuente: Elaboración Propia.]

Resistencia por Profundidad.

El efecto Squat es un factor muy importante para el cálculo de la resistencia, dado que disminuye la velocidad, aumento de la presión en el fondo del casco y además se presenta un hundimiento o asiento, [14]. Primero se calcula la velocidad crítica, V_{cri} , que va tener el buque en el canal mediante la siguiente formulación:

$$V_{cri} = \left[g \cdot \frac{\lambda}{2\pi} \cdot \tanh\left(\frac{2\pi \cdot h}{\lambda}\right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde λ es la longitud de ola igual a la eslora de flotación y h es la profundidad de canal. Con cual se obtiene un valor de 16 nudos (8.21 m/s), lo cual nunca

se dará debido a la restricción de velocidad de navegación que posee el canal de Guayaquil.

Se calcula la relación de la velocidad de buque en canal, V_{canal} , sobre la velocidad del buque en aguas profundas, V .

$$\frac{V_{canal}}{V} = 1 - 0.09 \cdot \left[\frac{\sqrt{A_m}}{R_H} \right]^{1.5}$$

Donde A_m es el área transversal del buque (manga x calado), y R_H es el radio hidráulico definido como el área de la sección transversal de un canal dividido por su perímetro mojado, cuando el canal es rectangular se lo expresa como:

$$R_H = \frac{b \cdot h - A_m}{b + 2h + P}$$

$$P = B + 2 \cdot H$$

Donde b es el ancho del canal, h es la profundidad del canal, P es el perímetro de la sección mojada del casco, B es la manga, y H es calado.

Conociendo que en aguas profundas:

$$R_T = V \cdot EHP$$

Y en aguas restringidas:

$$R_{Canal} = V_{canal} \cdot EHP$$

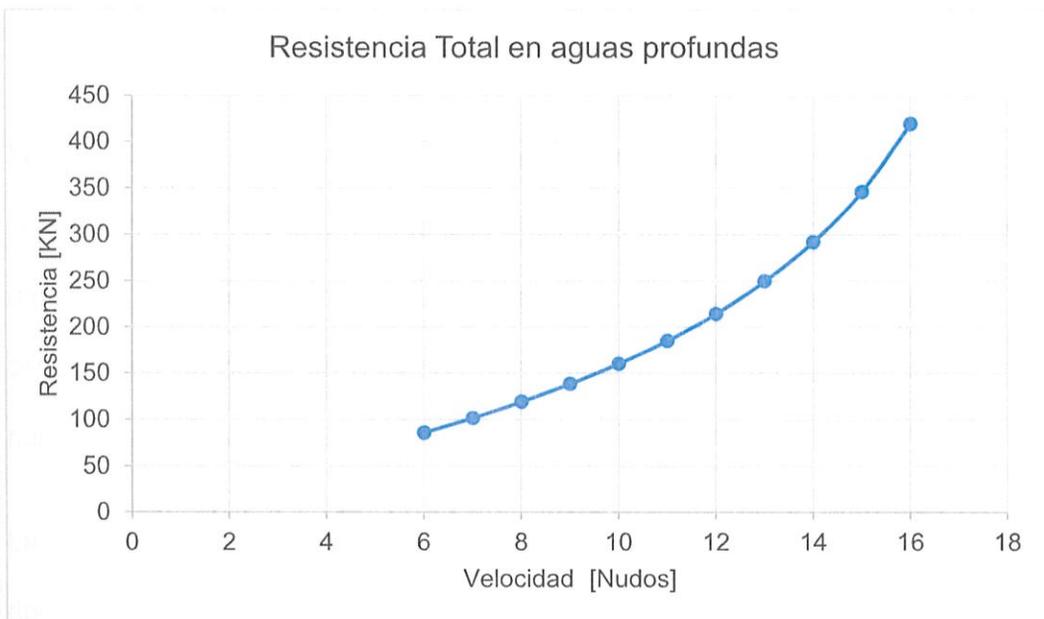
Tendremos la siguiente relación de resistencia:

$$R_{canal} = \frac{V_{canal}}{V} \cdot R_T$$

Análisis de Resultados.

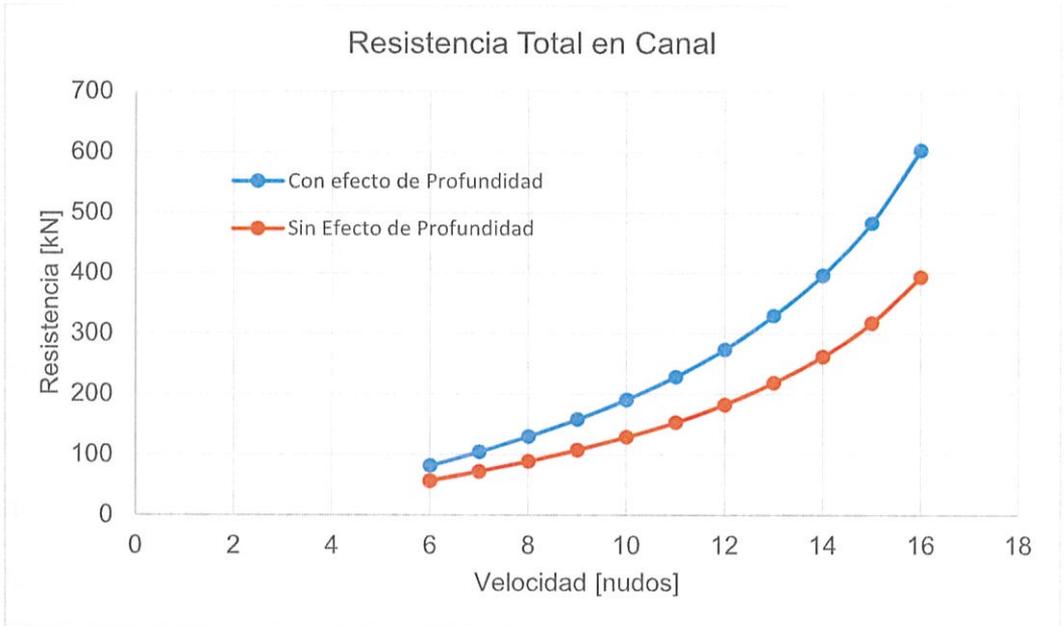
En la Figura 14 se muestra la resistencia preliminar en aguas profundas para un estado de mar 4 y en la Figura 15 se ilustra la gráfica de resistencia total preliminar del buque con y sin efecto de profundidad a diferentes velocidades. La curva de resistencia es válida para navegación en el canal de acceso al puerto de Guayaquil con un estado de mar 2. En el Anexo G se muestra la formulación usada para el cálculo y las tablas con los resultados, también se muestra el análisis para la navegación como buque costero.

Figura 14: Grafica de Resistencia Total en aguas profundas.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Figura 15: Grafica de Resistencia Total Preliminar vs Velocidad.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Se observa en la Figura 14 que para una velocidad de 12 nudos la resistencia será de 214.18 kN y asumiendo una eficiencia del 0.55 la potencia preliminar requerida será de 3221.10 hp. Para llegar a una potencia similar en condiciones de canal se necesita una velocidad de aproximadamente 11.1 nudos produciendo una resistencia de 232.32 kN.

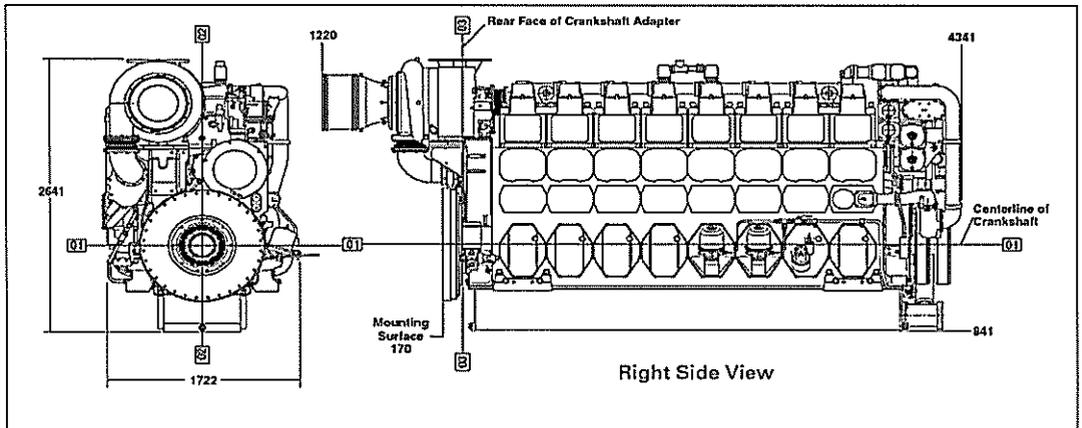
La comparación con las diferentes etapas se la muestra en la Tabla XXI, donde podemos observar que hay cercanía con la potencia del prototipo (Buque Han Se).

Tabla XXI: Comparación de Potencias.

Potencias [hp]	
Regresional	2913.42
Prototipo	3223.86
Preliminar	3148.74

[Fuente: Elaboración Propia.]

Para una potencia preliminar de 3148.74 hp se selecciona del catálogo Caterpillar, [15], un motor modelo Cat3608 sus características básicas se muestran en la Tabla XXII. En la Figura 16 se ilustra la apariencia del motor tomado del catálogo, [16].

Figura 16: Aspecto del motor seleccionado.

[Fuente: Manual de Caterpillar, [16].]

Tabla XXII: Especificaciones del motor seleccionado.

Modelo	3608
Tiempos	4
Potencia (bhp)	3393
RPM	900
Relantín	350
Consumo específico, gal/kW-h	200
Numero de Cilindros	8
Diámetro y Carrera, mm	280 x 300
Desplazamiento, lt	148
Razón de compresión	13:1
Peso, ton	19

[Fuente: Elaboración Propia.]

2.5.1. Selección de dimensiones de la Hélice.

El diámetro preliminar de una hélice depende de dos condicionantes: el calado mínimo de operación del buque o de la altura del codaste, y la necesidad de la potencia a instalar y los motores disponibles. Para la etapa preliminar tomamos la primera condición, es decir el diámetro de la hélice será el 90% del calado mínimo.

Sabiendo que:

$$DWT = C_w * (T_{\max} - T_{\min}) * B * L_{pp} * \gamma$$

Tabla XXIII: Calculo del calado mínimo.

Eslora entre perpendiculares, L_{pp}	87.49	m
Manga, B	16.20	m
Calado máximo, T_{max}	6.069	m
Peso Muerto, DWT	3220	ton
Coefficiente, C_w	0.86	-
Calado mínimo, T_{min}	3.49	m

[Fuente: Elaboración Propia.]

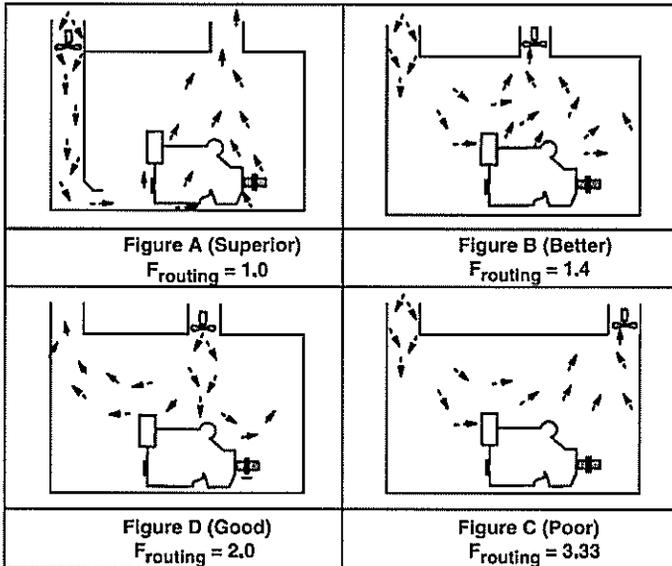
Por lo tanto para un calado mínimo de 3.49 m se asigna un diámetro de hélice preliminar de 3.14 m con 5 aspas.

2.6. Sistemas Auxiliares Preliminares.

2.6.1. Sistema de Ventilación.

La ventilación del sitio de motor tiene dos propósitos básicos: para crear un clima que permita a la maquinaria y equipos un funcionamiento de forma fiable, proporcionar un ambiente cómodo para la tripulación. El calor irradiado de los motores y otras máquinas son absorbidos por las superficies de la sala y transferido a la atmósfera o el mar a través del casco, el calor restante deberá ser trasferido por el sistema de ventilación. Caterpillar muestra la forma adecuada de circulación del aire del sistema de ventilación para la sala máquinas, [17], como se ilustra en la Figura 17.

Figura 17: Eficiencias relativas de enrutamientos de aire de ventilación.



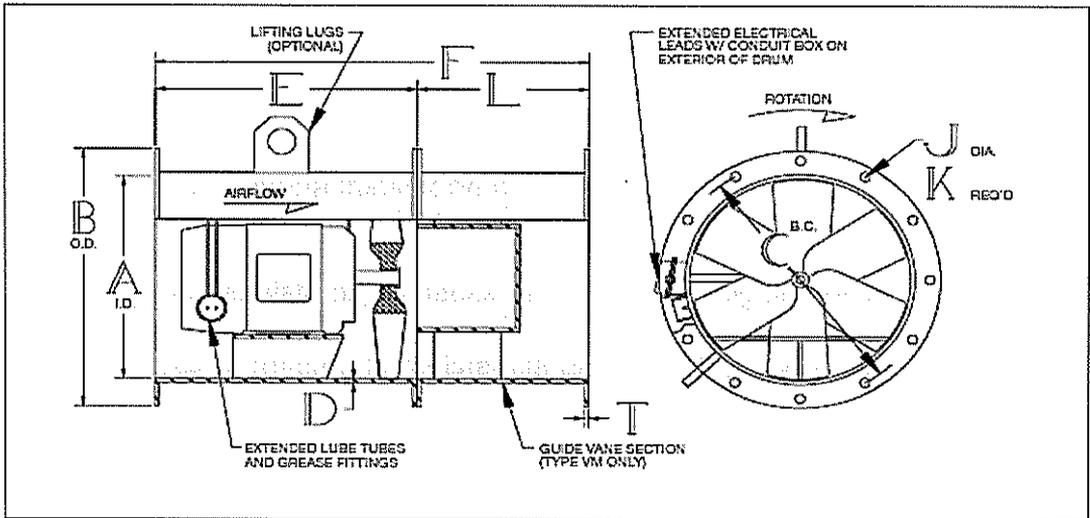
[Fuente: Manual de Caterpillar, [18].]

Podemos observar en la Figura 17 que la opción A brinda la mejor ventilación haciendo que el aire ingresado circule por toda la sala de máquinas. Caterpillar recomienda que la temperatura del aire dentro de la sala de máquinas este 8.5°C a 11°C (15°F a 20°F) por encima de la temperatura del ambiente, [18].

Los ventiladores pueden ser de tipo axial o centrífugo, el área seccional del ducto de ventilación debe ser de 4 a 6 cm² por cada KW. Es recomendable no usar más de 3 codos, caso contrario se debería aumentar el área del ducto, [18]. Otras de las sugerencias de Caterpillar es que el caudal debe estar entre 0.1 a 0.2 m³/min (5 -8 cfm) por cada BHP, por lo tanto, el flujo de aire que debe ingresar a la sala de máquinas será de 780.4 m³/min (31215.6 cfm).

El Ventilador seleccionado para el sistema es un Marine Duty Duct Axial modelo 44M-606DA-STAIR5 con un caudal de 34501 cfm, como se ilustra en la Figura 18 y en la Tabla XXIV se muestran las dimensiones principales según el modelo. Los ventiladores tienen una potencia de 30 hp con una velocidad de rotación de 870 rpm.

Figura 18: Esquema del Ventilador seleccionado para la Sala de Máquinas.



[Fuente: Catalogo Hartzell – Marine Duty Fans and Blowers.]

Tabla XXIV: Dimensiones Principales de los Ventiladores Series 44M.

Fan Size	A	B	C	D	E	F	J	K	L	T	Max. Motor Frame
12	12 $\frac{1}{2}$	16 $\frac{1}{4}$	15 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	15	21	$\frac{1}{2}$	12	6	$\frac{1}{4}$	56
14	14 $\frac{1}{2}$	18 $\frac{1}{4}$	17 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	15	25	$\frac{1}{2}$	12	10	$\frac{1}{4}$	182T
16	16 $\frac{1}{2}$	20 $\frac{1}{4}$	19 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	15	25	$\frac{1}{2}$	12	10	$\frac{1}{4}$	184T
18	18 $\frac{1}{2}$	22 $\frac{1}{4}$	21 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	15	26	$\frac{1}{2}$	12	11	$\frac{1}{4}$	184T
24	24 $\frac{1}{2}$	29 $\frac{1}{4}$	27 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	23	36	$\frac{1}{2}$	12	13	$\frac{1}{4}$	184T
28	28 $\frac{1}{2}$	33 $\frac{1}{4}$	31 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	23	36	$\frac{1}{2}$	12	13	$\frac{1}{4}$	184T
32	33	37 $\frac{1}{4}$	35 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	24	39	$\frac{1}{2}$	12	15	$\frac{1}{4}$	215T
36	37	41 $\frac{1}{4}$	39 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	28	44	$\frac{1}{2}$	12	16	$\frac{1}{4}$	256T
40	41	45 $\frac{1}{4}$	43 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	30	48	$\frac{1}{2}$	12	18	$\frac{1}{4}$	266T
44	45	49 $\frac{1}{4}$	47 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	32	51	$\frac{1}{2}$	12	19	$\frac{1}{4}$	326T

[Fuente: Catalogo Hartzell – Marine Duty Fans and Blowers.]

2.6.2. Sistema de Escape del motor principal.

Metodología

El sistema de escape de un motor está diseñado para transmitir los gases de producidos por el motor, descargarlos rápido y de manera silenciosa. Para el planteamiento del sistema nos basaremos en las recomendaciones dadas por Caterpillar, [17]. Se selecciona el silenciador adecuado para el motor y se indica el diámetro del ducto de escape. Luego se calculan las pérdidas de presión comprobando que el sistema sea el adecuado. Por último, se elige el aislante que se debería instalar en el sistema de escape.

Para el diseño de sistema es necesario cumplir los siguientes requisitos:

- Reducir al mínimo la resistencia al flujo del gas y mantenerlos dentro de los límites especificados para el modelo del motor, en nuestro caso Cat 3608.
- Reducción de la emisión de ruido de escape.
- Proporcionar un espacio libre adecuado entre el componente del sistema de escape y los componentes del motor, estructuras de maquinaria con el fin de evitar el impacto de los gases de escape debido a las altas temperaturas con estas partes.
- Garantizar que el sistema no sobrecargue los componentes del motor, tales como turbocompresores y colectores con el exceso de peso. La sobrecarga puede reducir la vida útil de los componentes del motor.

Cálculos

Para reducir el ruido producido por los gases del motor se instalara un silenciador en el sistema. La sección se basa principalmente en el ruido producido por el motor de acuerdo a su potencia. Para un motor Cat3608 se recomienda dos modelos de silenciadores el MSA1 y MSA2 con reducción de ruido de 20 y 24 dB respectivamente. Para nuestro análisis preliminar usaremos el MSA1 debido a que es un silenciador de menores dimensiones y similar disipación de ruido. Para un motor de 3393 hp el ruido producido es de 117 dB, como se muestra en la Figura 70 del Anexo H, y con el silenciador se tendrá un nivel de ruido de 97 dB. Las dimensiones del silenciador son obtenidas por medio del área requerida por el modelo seleccionado, por lo cual se necesitara un silenciador de 22" de diámetro de ingreso cuyas dimensiones se muestran en la Tabla XXV, el cálculo completo se lo presenta en la Parte 1 del Anexo H.

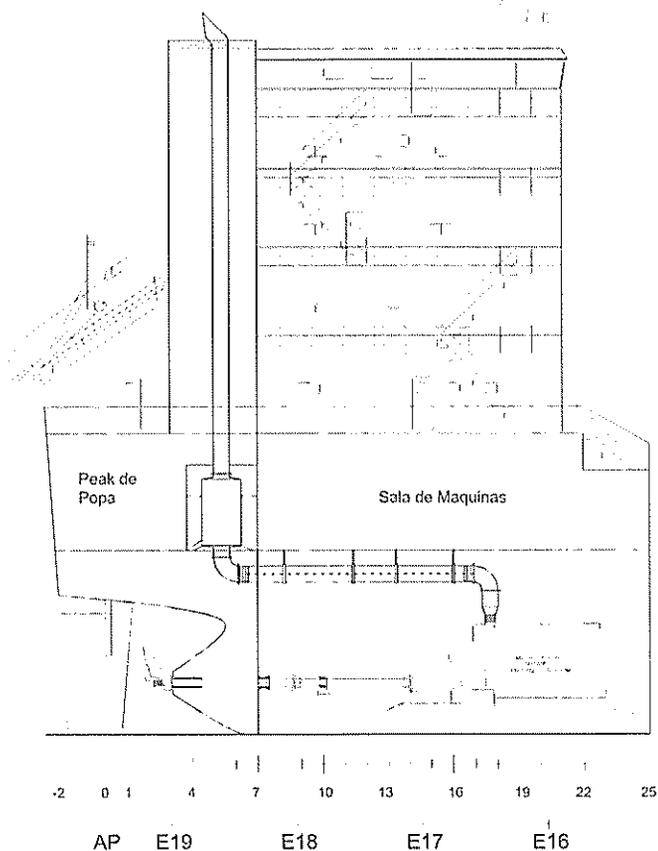
Tabla XXV: Características del Silenciador MSA1.

Ancho	137 [54]	cm, [pulg]
Alto	295 [116]	cm, [pulg]
Diámetro de tubería de escape	55.88 [22]	cm, [pulg]
Peso	1002 [2210]	Kg, [lb]
Área	0.25 [2.64]	m ² , [pies ²]
Disipación de ruido	20.0	dB

[Fuente: Elaboración Propia.]

Para tener un sistema de escape adecuado hay que calcular las caídas de presión y el total compararlo con el valor permisible recomendado por el fabricante. Entre las pérdidas esta por: tuberías y accesorios, por silenciador y por componentes. En Figura 19 se presenta el esquema del sistema de escape el cual está conformado por dos tramos de tuberías, dos codos, una reducción, 4 conexiones flexibles, y un silenciador.

Figura 19: Esquema del Sistema de Escape del motor principal.



[Fuente: Elaboración Propia.]

En el Parte 1 del Anexo H se muestra el cálculo detallado de las pérdidas por cada ítem.

Análisis de resultados

En la Tabla XVIII se muestra las pérdidas resultantes por cada grupo y la contrapresión total de 2.126 kPa, el cual cumple con el requerimiento del motor de no ser mayor a 2.5 kPa, [17].

Tabla XXVI: Pérdidas de presión del Sistema de Escape.

Perdidas de Presión por:	Valor [kPa]
Tuberías y accesorios	0.489
Silenciador	0.770
Componente	0.864
Contrapresión Total	2.126

[Fuente: Elaboración Propia.]

2.6.2.1. Cálculo de lana mineral – aislante.

El espesor del aislante para el sistema de escape (lana mineral) es obtenido por medio de la Tabla XXVII la cual depende del diámetro y de la temperatura que soportara, [19]. Dado a que la temperatura de escape de los gases es de 550 °C y el diámetro de la tubería es de 22 pulg, se interpola para hallar el espesor requerido del aislante, obtenido un valor de 4.9 pulg.

Tabla XXVII: Espesor de Lana mineral.

Temperature (°C)	Diameter nominal (DN)														Flat
	(15)	(25)	(40)	(50)	(80)	(100)	(150)	(200)	(250)	(300)	(400)	(450)	(600)		
	Mineral wool thickness (mm)														
75	25	25	25	25	25	25	25	38	38	38	38	38	38	38	38
100	25	25	25	25	25	25	25	38	38	38	38	38	38	38	38
150	25	25	25	25	25	25	25	38	38	38	38	38	38	38	38
200	25	25	25	25	25	25	25	38	38	38	38	38	38	38	38
250	25	25	25	25	25	25	25	38	38	38	38	38	38	38	38
300	25	25	25	25	38	38	38	38	38	38	38	51	51	51	51
350	25	25	38	38	38	38	38	51	51	51	51	51	64	64	64
400	38	38	38	38	51	51	51	64	64	64	64	64	76	76	76
450	38	51	51	51	64	64	64	64	64	76	76	89	89	89	102
500	51	51	51	64	64	76	76	76	76	89	89	102	102	102	114
550	51	64	64	76	76	89	89	102	102	102	102	114	114	127	140
600	64	64	76	76	89	102	102	114	127	127	127	140	140	140	165
650	64	76	76	89	102	114	127	127	140	140	152	152	165	165	203

[Fuente: Notas de clases, [19].]

2.6.3. Sistema de Agua Dulce.

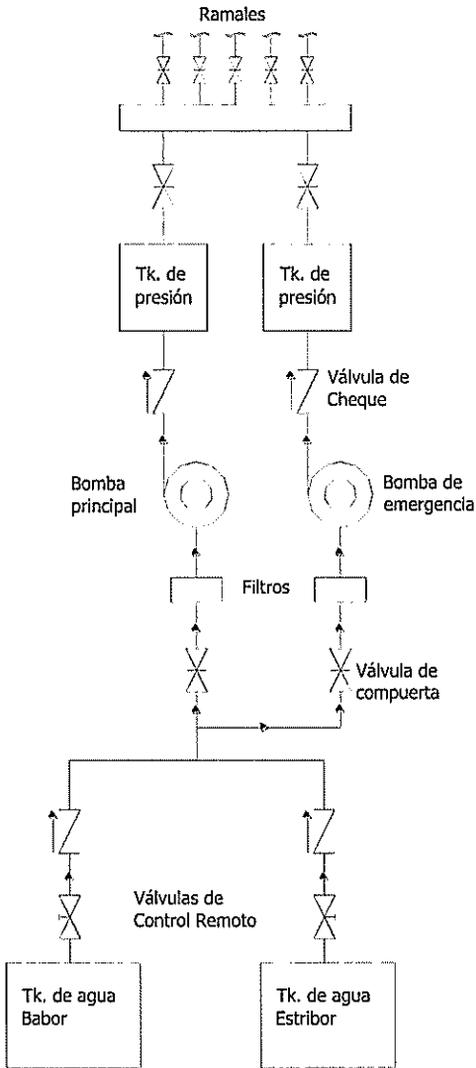
Metodología

El sistema de agua dulce incluye dos tanques de almacenamiento ubicados en el doble fondo con una capacidad total de aproximadamente 6000 galones.

El sistema consta de 37 descargas incluyen duchas, lavabos de baños, lavabo de cocina y lavandería, distribuidos en las 5 cubiertas. El circuito de agua dulce está compuesto principalmente por dos bombas: una principal y una de emergencia, con válvulas anti-retorno (cheque), válvulas de control remoto, válvulas de paso (compuerta), y, tanques de presión. El sistema inicia en los tanques de suministro hasta el manifold que lleva a cada uno de los ramales.

En la Figura 20 se ilustra el diagrama unifilar de circuito de agua dulce.

Figura 20: Diagrama Unifilar del Circuito de Agua Dulce.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Cálculos y análisis de resultados

El cálculo se lo detalla en la Parte 2 del Anexo H y se obtuvo un diámetro preliminar de la tubería a instalarse de 1.5 pulg y la potencia de la bomba será de 1.5 hp.

2.6.4. Sistemas de Combustible del motor principal.

El Sistema de combustible está compuesto de varios circuitos que permiten el correcto funcionamiento de los motores y generadores. Entre los circuitos tenemos: llenado, trasvasije, entrega y retorno del motor, y lodos.

2.6.4.1. Tanque Diario.

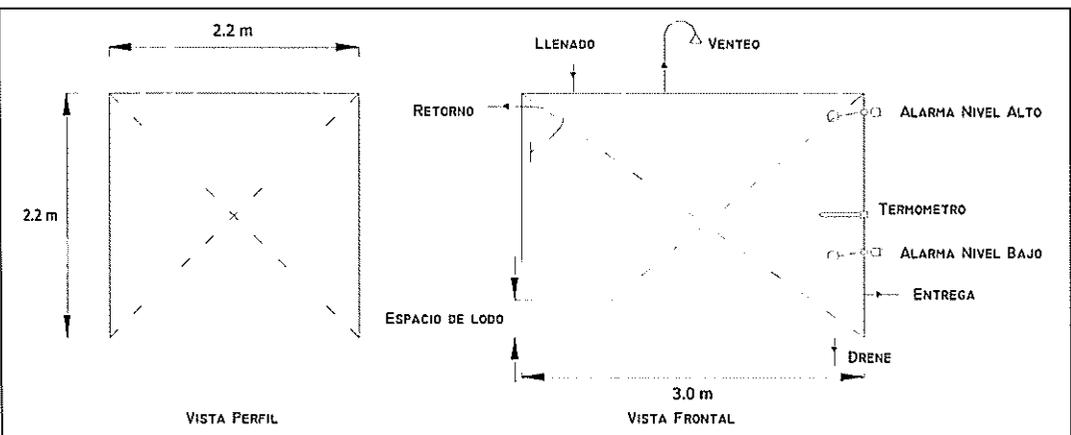
Metodología

Este tanque contiene el combustible que ya paso por el sistema de purificación y que va hacer utilizado por el motor. El tanque debe poseer una capacidad mínima para abastecimiento de aproximadamente 24 horas. Para conocer el automatizado de la recarga se realizara el análisis de capacidad térmica, por el tipo combustible no es necesario el calentamiento.

Cálculos y análisis de resultados

Como resultado del análisis de capacidad térmica el cual se muestra en la Parte 3 del Anexo H, se obtuvo que después de 960 min al 34.31% de la capacidad máxima del tanque diario se realizara la recarga de combustible. En la Figura 21 se muestra un esquema con las dimensiones y ubicaciones de los accesorios del tanque diario.

Figura 21: Esquema del Tanque Diario.

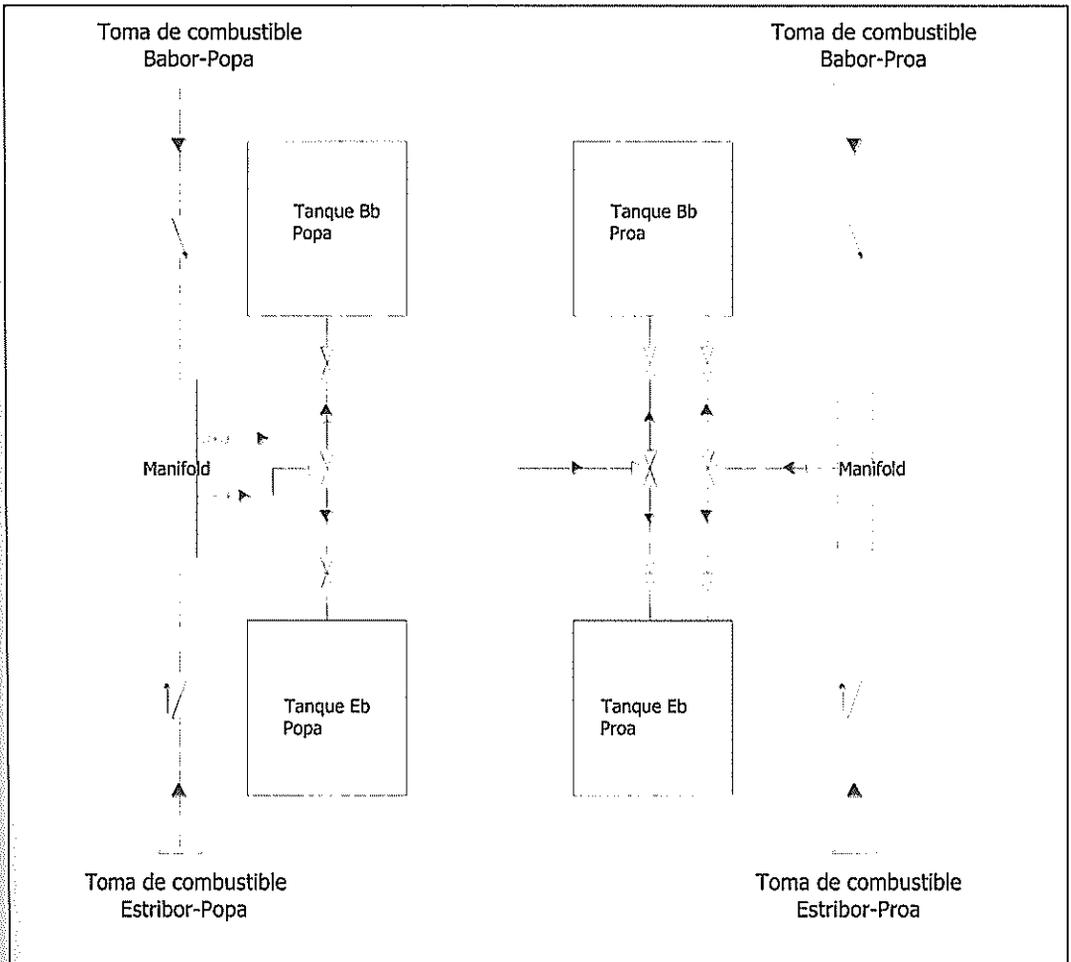


[Fuente: Elaboración Propia.]

2.6.4.2. Circuito de Llenado de Combustible.

El circuito de llenado de combustible no necesita bomba debido a que la maniobra se realiza en el puerto o muelle por caída libre desde cubierta. El circuito incluye cuatro tomas (dos en proa y dos en popa), dos manifold que permiten llenar cualquiera de los tanques como se ilustra en la Figura 22.

Figura 22: Diagrama Unifilar del Circuito de Llenado de Combustible.



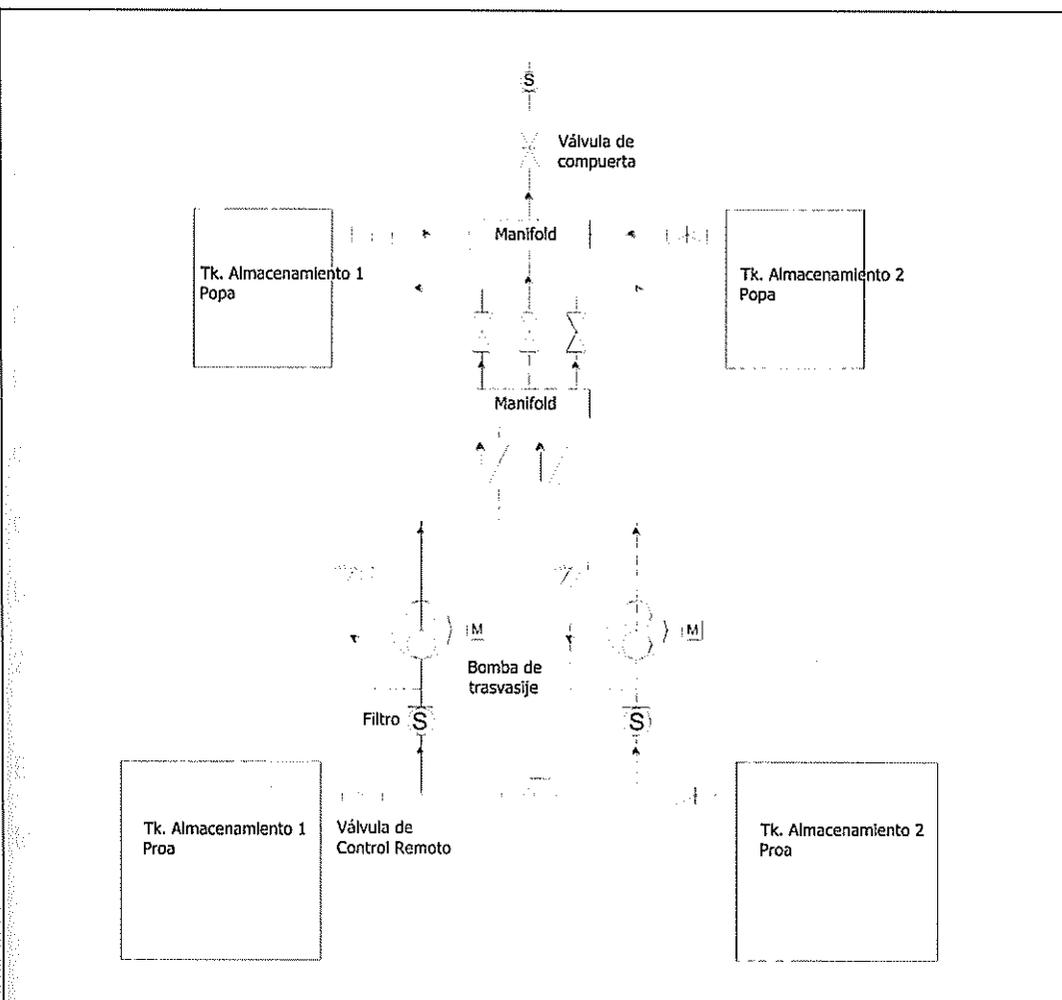
[Fuente: Elaboración Propia.]

2.6.4.3. Circuito de Trasvasije de Combustible.

El circuito está diseñado de tal manera que los tanques principales de proa abastezcan a los tanques de popa, ya sea individual o al mismo tiempo. Los tanques de popa pueden ser considerados como tanques de sedimentación. Este circuito consta de dos bombas de trasvasije una principal y otra de

emergencia, incluye válvulas de compuerta a la entrada de cada tanque, además válvulas de cheque para evitar que retorne el combustible y que la bomba sufra algún daño. Antes de cada bomba se incluyen filtros que de igual manera que las válvulas de cheque alargan la vida de la bomba, como se ilustra en el diagrama unifilar de la Figura 23.

Figura 23: Diagrama Unifilar del Circuito de Trasvasije.



[Fuente: Elaboración Propia.]

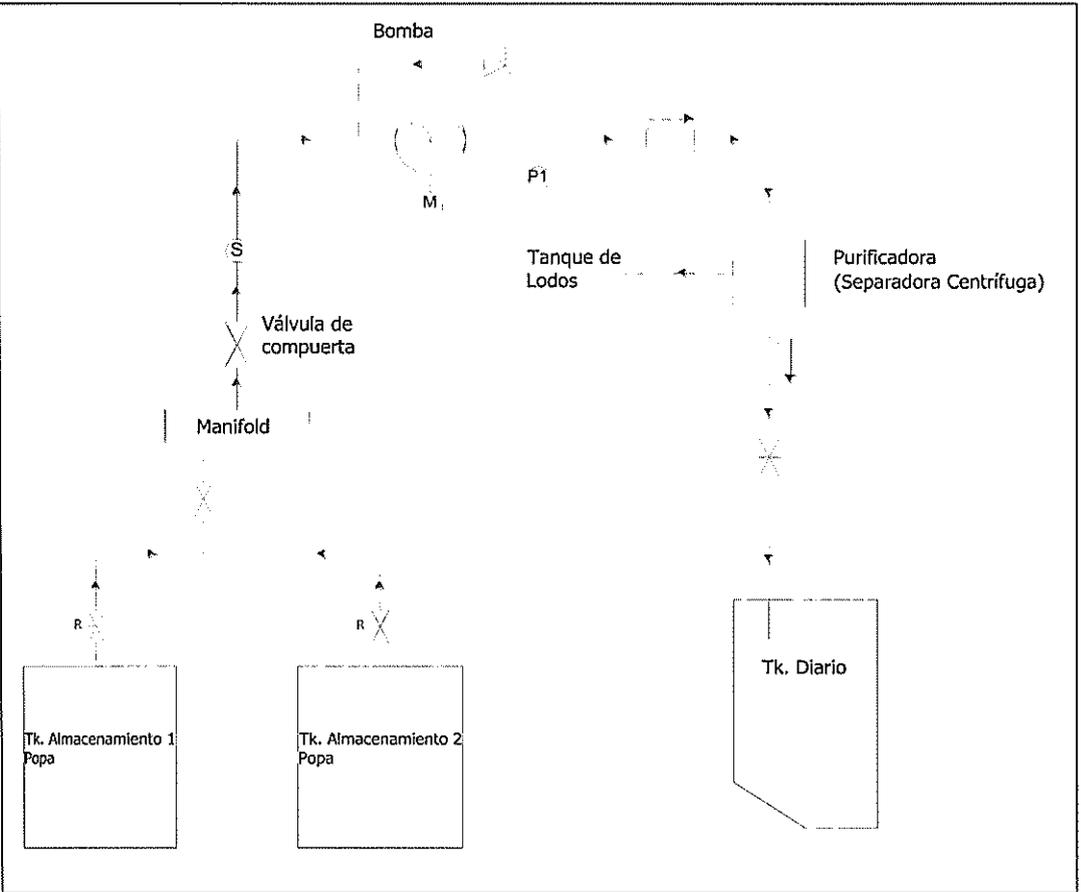
El proceso de trasvasije debe tener un tiempo de duracion de aproximadamente 2 horas. Las bombas son de tipo desplazamiento positivo automaticas, Caterpillar recomienda usar bombas tipo tornillo. Para este sistema se instalara un bomba de 2.75 hp. El diametro de la tuberia para la succion sera de 2.75 pulg y para la descarga de 2 pulg.

2.6.4.4. Circuito Purificador de Combustible.

El circuito permite limpiar el combustible que va a ser usado en el motor, por lo que es esencial que llegue con bajos niveles de impurezas (sólidos y líquidos). Parte de la limpieza se la realiza en los tanques de sedimentación por medio de decantación, se considera como tanques de sedimento los dos tanques ubicados en popa con capacidad de 22 m^3 (5812 gal). Para completar el proceso de purificación se instalan separadores centrifugos. El circuito está conformado por válvulas remotas, válvulas de paso, válvulas anti-retorno, la bomba, y el purificador, como se muestra en el diagrama unifilar de la Figura 24.

El diámetro de la tubería es de 2 pulg de cedula 40 y la bomba de transferencia tendrá una potencia estimada de 2.75 hp.

Figura 24: Diagrama Unifilar del Circuito de Purificador.



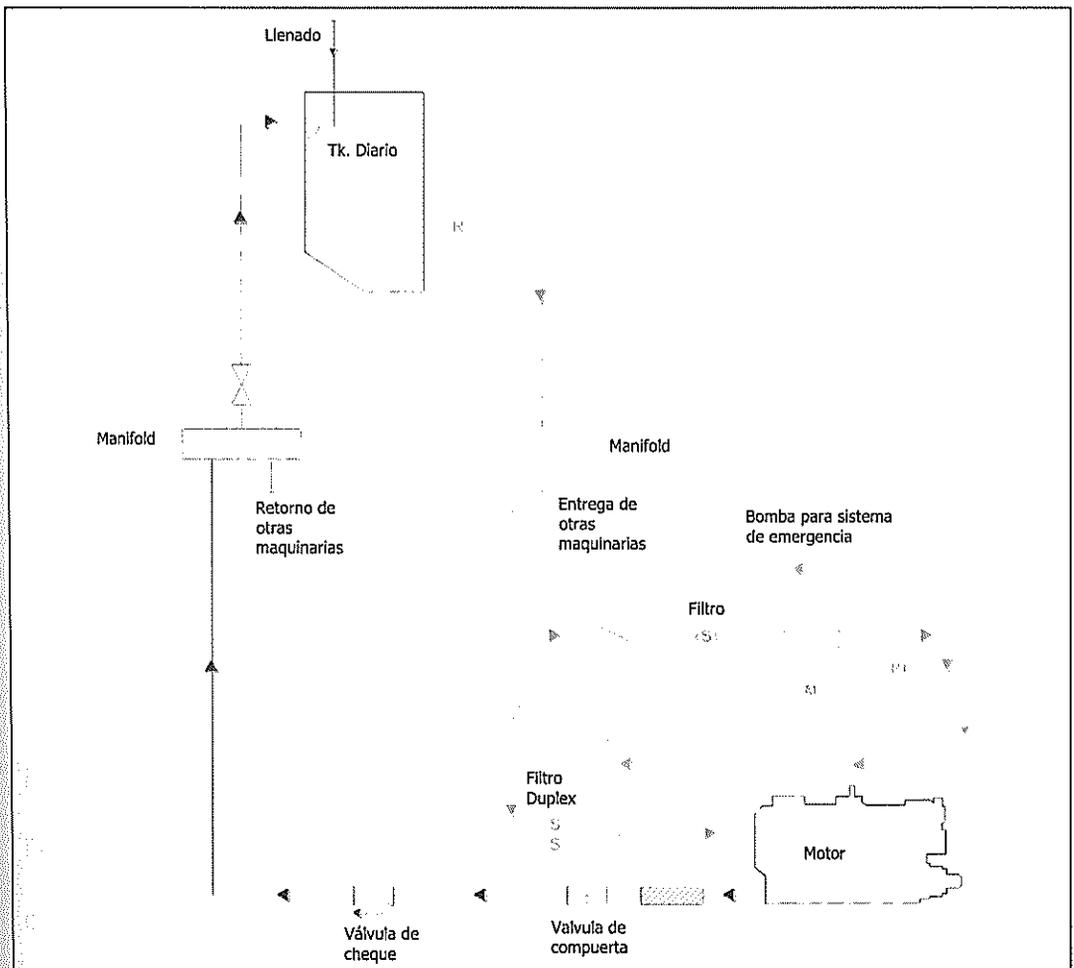
[Fuente: Elaboración Propia.]

2.6.4.5. Circuito de entrega y retorno de Combustible.

En el circuito de entrega de combustible se incluye una bomba de emergencia en caso de avería de la bomba integrada de los motores. Se recomienda instalar manguera flexible entre el motor y las tuberías, tanto en la entrada y salida, ya que no se debe conectar las líneas de combustible rígidas. Si se utiliza el filtro de combustible primario dúplex este debe estar instalado cierta

distancia del motor en la línea de succión de la bomba de transferencia. Caterpillar recomienda que el caudal que llegue al motor debe ser mínimo 10 gal/min y el flujo de combustible de la bomba auxiliar debe ser mínimo de 11 gal/min, para esto seleccionamos una bomba de desplazamiento positivo tipo paletas.

Figura 25: Diagrama Unifilar del Circuito de Entrega-Retorno de combustible del motor principal.



[Fuente: Elaboración Propia.]

2.6.4.6. Circuito de Lodos de Combustible.

Todos los tanques de combustibles considerados de sedimentación tienen que poseer un drene para evacuación de combustible sucio. Estas suciedades deben ser enviadas a un tanque de almacenamiento ("Tanque de lodos") por medio de una bomba de desplazamiento positivo.

Capacidad del tanque de lodos.

Este tanque cumple la función de albergar los desechos procedentes de todos los tanques diarios y de sedimentación, se estima que como mínimo es un 2% del combustible consumido. Para su dimensionamiento se aplica la fórmula dada por ABS:

$$V_1 = K_1 \cdot C \cdot D$$

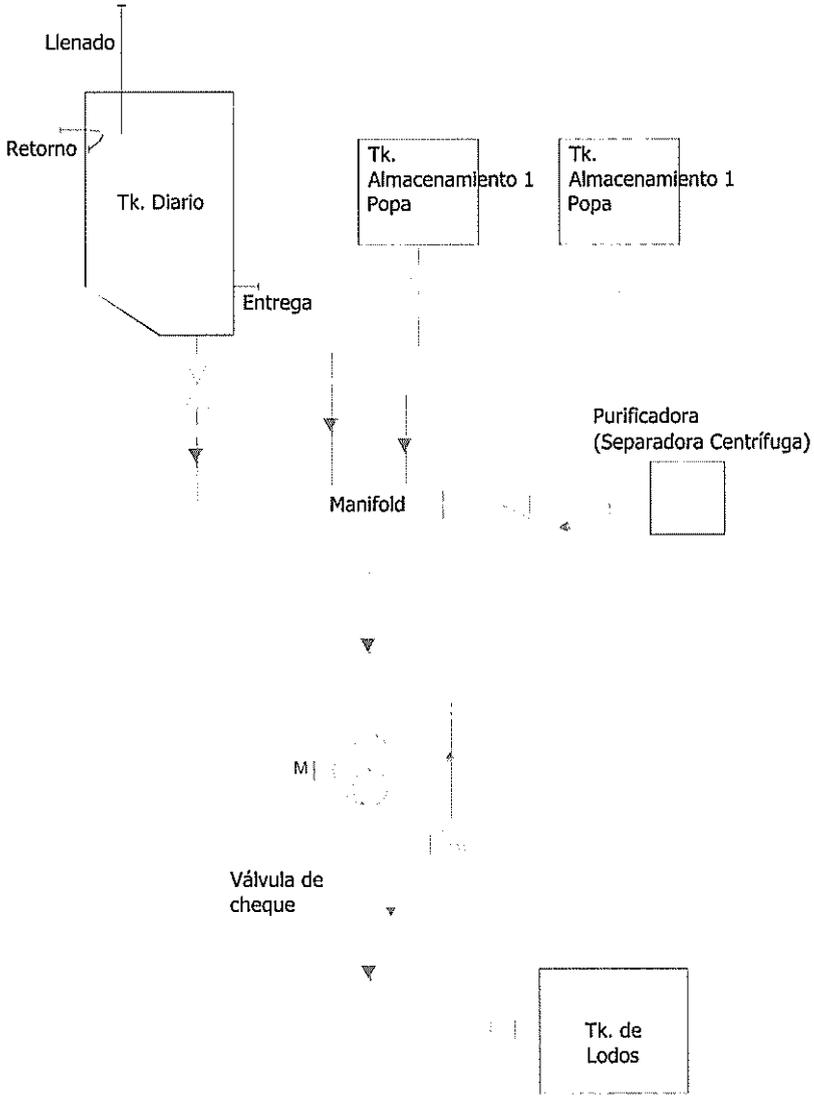
donde K_1 es 0.005 para buques que usan diésel oil o fuel oil, C es la capacidad del tanque diario y de sedimentación en m^3 , D es el tiempo de navegación para el cual ABS recomienda asumir 15 días.

$$V_1 = 0.005 \cdot 46.52 \cdot 15$$

$$V_1 = 2.74 \text{ m}^3$$

El tanque se ubicara en la sala de máquinas en la estiba intermedia. En la Figura 26 se ilustra el diagrama unifilar del circuito de desechos de combustible hacia el tanque de lodos.

Figura 26: Diagrama Unifilar del Circuito de Lodos.



[Fuente: Elaboración Propia.]

2.6.5. Sistema de Contraincendios.

Metodología

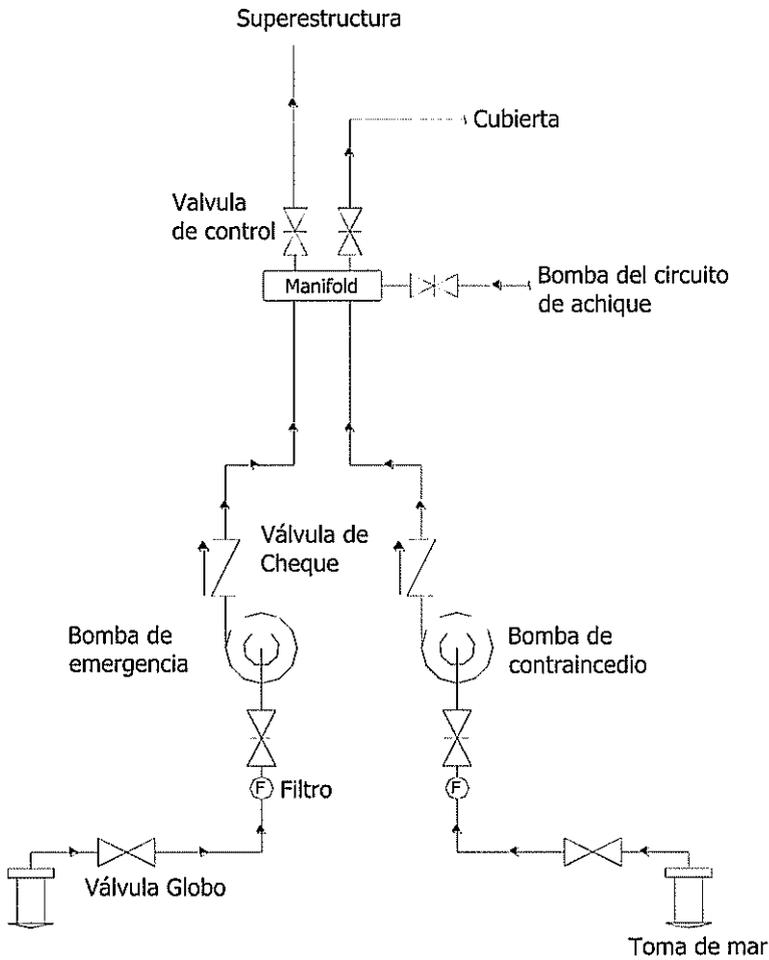
El sistema de contraincendios parte desde las tomas de mar hasta las diferentes estaciones de la embarcacion (hidrantes). Los hidrantes estan ubicados en cada cubierta de la superestructuras a babor y estribor. En cubierta principal se ubicaran 3 hidrantes a cada banda: en la cubierta de toldilla, seccion media, y cerca de las escaleras del castillo. Para las zonas internas de la superestructura se usaran rociadores. Estas ubicaciones permiten abarcar todo la eslora y manga del buque.

El circuito de contraincendios inicia en las tomas de mar seguidos por las valvulas de globo y un filtro, luego siguen las bombas de desplazamiento positivo con valvulas de antirretorno y valvulas de paso, tambien se incluye un manifold y seguido de los ramales como se ilustra en el diagrama funcional de la Figura 27.

Cálculo y análisis de resultados

En el Parte 4 del Anexo H se presenta el calculo de la potencia de la bomba. Las tuberias seran cedula 80 y tendran un diametro de 4 pulg hasta cubierta principal y 2 pulg para los ramales, las boquillas de las mangueras de los hidrantes seran de 0.5 pulg (12 mm). Se instalaran dos bombas una principal y otra de emergencia con una potencia de 20 hp cada una, estaran ubicadas en la cubierta intermedia de la sala de maquinas.

Figura 27: Diagrama Unifilar del Circuito de Contra Incendios.



[Fuente: Elaboración Propia.]

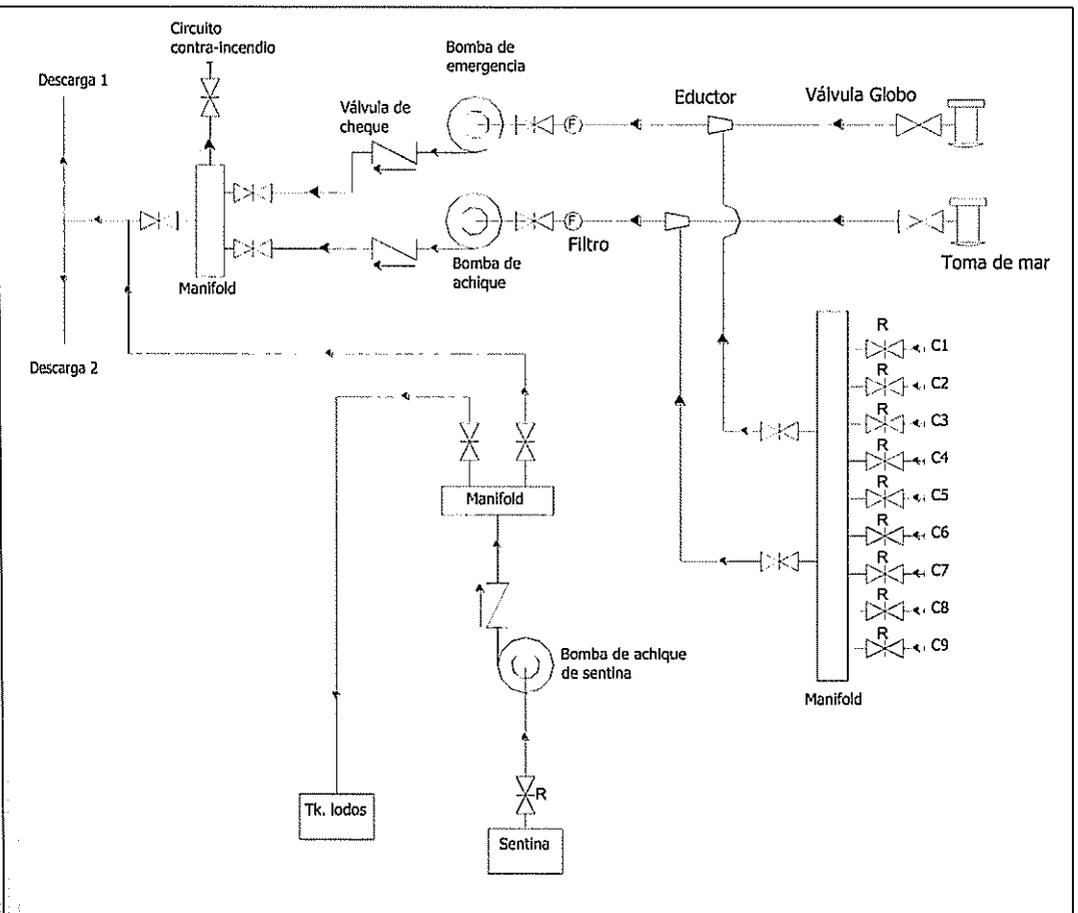
2.6.6. Sistema de Achique.

Metodología

El sistema de achique debe ser diseñado con el fin de evitar la posibilidad de inundación del buque, además en conjunto con el lastrado permite mantener

una correcta distribución de pesos. En el sistema se incluyen todos los compartimentos del buque y para su achique se usara al menos dos bombas. El sistema consta de válvulas de control remoto, válvulas de acceso, válvulas anti-retorno, manifolds, y bombas de desplazamiento positivo. Las válvulas de control de aspiración de sentina deberán ser accesibles para su mantenimiento en todo momento. El circuito es diseñado como un circuito integrado como se muestra en el diagrama unifilar de la Figura 28.

Figura 28: Diagrama Unifilar del Circuito de Achique.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Los compartimentos que se van achicar son:

- C1: Bodega 1
- C2: Bodega 2
- C3: Bodega 3
- C4: Bodega 4
- C5: Bodega 5
- C6: Sala de bombas en proa
- C7: Sala de maquinas
- C8: Lastre
- C9: Sala de servomotor

Siguiendo las recomendaciones de ABS [20], el diámetro de tubería es de 4 pulg para las tuberías principales y 2.5 pulg para los ramales de los compartimentos, la bomba de achique principal y de emergencia tendrá una potencia estimada de 20 hp cada una, en Parte 5 del Anexo H.

2.7. Balance Eléctrico.

Todo buque debe disponer de una planta eléctrica que satisfaga cualquier condición de trabajo al momento de la navegación cumpliendo las normas de seguridad y calidad. Se realiza la estimación de la energía requerida para un buque portacontenedor Feeder en tres condiciones de carga: navegación, en puerto, y en maniobra. Para realizar una adecuada estimación se deben tener

diseñados los sistemas auxiliares básicos como son: agua dulce, achique y lastre, contra incendio, escape, ventilación de sala de máquinas, y combustible. Por último, se realiza la selección del generador principal y auxiliar de acuerdo al máximo consumo de energía.

Consideraciones Técnicas.

Al momento de la selección del generador se debe tener en cuenta ciertos parámetros que son muy importantes, uno de ellos es el tipo de red es decir si el suministro eléctrico será corriente alterna o continua y si es monofásica o trifásica. En nuestro caso seleccionamos corriente alterna trifásica, esto se debe a que los generadores tendrán menor peso y existe la posibilidad de alimentar la instalación eléctrica con la red del puerto. La tensión eléctrica y la frecuencia se seleccionara dependiendo los equipos, por lo general se escogen las potencias más elevadas y por ende las frecuencias altas.

Para los equipos o sistemas que no trabajen con las tensiones seleccionadas se instalaran transformadores, como por ejemplo el alumbrado o equipos electrónicos de bajo voltaje.

A bordo se suelen encontrar diferentes fuentes de energía como:

- a) La planta principal, compuesta por los generadores principales, el cual debe satisfacer todas las condiciones de navegación.

- b) La planta de emergencia, compuesta por los generadores auxiliares, el cual mantiene el buque operativo eléctricamente en alguna situación de salvamento.
- c) Planta de baterías, compuesta por las baterías, esta debe cumplir la función de abastecer continuamente a los sistemas que no trabajen con la tensión y frecuencias seleccionadas.

2.7.1. Estimación de energía por alumbrado.

El alumbrado de interiores será estimado a través de un método simplificado, esto se realiza debido a que en la etapa actual del proyecto no es muy importante definir la cantidad de lámparas a instalar sino el consumo eléctrico requerido. Para la estimación se emplea la siguiente expresión:

$$P_{AL} = 0.0025 \cdot \frac{E \cdot S_{AL}}{\eta_L}$$

Donde P_{AL} es la potencia de consumo por alumbrado en kW, E el nivel medio de iluminación requerido que es obtenido por medio de la Tabla XXVIII, S_{AL} la superficie a iluminar en m^2 , y η_L es el rendimiento lumínico medio lm/W.

Tabla XXVIII: Valores del nivel medio de iluminación, según el compartimento.

Compartimento	E (lux)
Puente	500 – 750
Camarote	100 – 200
Salas de espera y comedores	200 – 500
Pasillos	50 – 150
Enfermería	500 – 1000
Oficinas	450 – 750
Cocina	100 -200
Baños	100 – 200
Cámara de maquinas	300 – 450
Talleres y locales de maquinas	500 – 1000
Túneles y Panoles	100 – 150

[Fuente: Elaboración Propia.]

El rendimiento lumínico medio depende del tipo de alumbrado a instalar, se asumirá un 90% para alumbrado fluorescente [50 lm/W] y 10% para alumbrado incandescente [10 lm/W]. Por lo tanto, el rendimiento será de 46 lm/W. En la Tabla XXIX se muestra los compartimentos de buque con su potencia lumínico estimada, esta incluye un 20 % por factor de seguridad y 5% por emergencias. En el Anexo I se presenta los compartimentos con sus respectivas áreas y potencia organizadas por cubiertas. El consumo energético lumínico total estimado será de 28.80 kW.

Tabla XXIX: Potencia lumínica de los compartimentos.

Pisos	Potencia [kW]
Cubierta 1	2.01
Cubierta 2	1.78
Cubierta 3	1.00
Cubierta 4	1.19
Entrepunte	3.03
Sala de Maquinas	16.85
Peak de Popa	2.95
Total	28.80

[Fuente: Elaboración Propia.]

2.7.2. Análisis Carga Energética en diferentes condiciones de trabajo.

Para el análisis energético se consideran tres condiciones de trabajo: navegación, maniobra y puerto con el fin de obtener un generador que satisfaga los requerimientos de todos los grupos eléctricos instalados a bordo. Los consumidores se dividen en 3 grupos: servicios no esenciales, esenciales, y emergencia. Los servicios no esenciales son los equipos que no producen ninguna falla en caso de avería, es decir si se llegase a dañar uno de estos equipos, no afectara a su navegación. En los esenciales se encuentran los equipos que son vitales para el buque, ya sea en la parte de propulsión, seguridad, navegabilidad, etc. Y los de emergencia como el nombre lo dice

deben funcionar en caso de emergencia si algún equipo esencial deja de funcionar.

En la Tabla XXX se muestran los equipos esenciales calculados por medio de los sistemas auxiliares básicos, y en la Tabla XXXI se muestran ciertos equipos también esenciales pero son estimados por un buque prototipo.

Tabla XXX: Características de equipos calculados.

Consumo	Número	Potencia [hp]	VAC	Ph	Amp
B. Achique	2	15	440	3	39.4
B. Contraincendios	2	20	230	1	173.9
B. agua de dulce	1	1.5	230	3	3.8
B. centrifugado	1	2.75	230	3	6.9
B. trasvasije de D.O.	1	2.75	230	3	6.9
B combustible	1	2.15	230	3	5.4
Cabrestante	1	60	440	3	78.7
Extractores	2	30	230	3	150.6
Ventiladores	2	30	230	3	150.6

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla XXXI: Características de Equipos estimados en base a un prototipo.

Consumo	Número	Potencia [hp]	VAC	Ph	Amp
Centrifugador	1	11	440	3	14.4
B. combustible m. auxiliar	1	2.8	230	3	7.0
B. lodos	1	1.15	230	1	5.0
Purificador de aceite	1	8	230	3	20.1
B. alimentación purificador aceite	1	1	115	1	8.7
B. aceite	1	3	230	3	7.5
Compresor	1	40	440	1	90.9
Aire acondicionado	1	28	230	1	121.7
Servomotor	1	20	400	1	50.0
Chigres de amarre	4	21	230	3	210.9
B. achique bodegas	2	15	400	3	43.3
Equipos de navegación	1	6	230	1	26.1
Grúas de bote de rescate	2	8	230	1	69.6
Frigoríficos	1	15	230	1	65.2
Cocina	1	20	230	1	87.0
Equipo de lavandería	1	20	230	1	87.0
Varios servicios de fonda	1	10	115	1	87.0

[Fuente: Elaboración Propia.]

En la Tabla XXXII se muestra el análisis energético en tres condiciones de trabajo: prueba 1 (navegación), prueba 2 (maniobra), y prueba 3 (puerto). Cada condición tiene un factor de consumo por cada equipo, esto permitirá determinar la capacidad energética que necesita el buque para su óptimo funcionamiento.

Tabla XXXII: Balance Eléctrico estimado de los equipos abordo.

Equipos	Factor de Consumo			Consumo		
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
B. Achique	25%	0%	100%	7.50	0.00	30.00
B. Contra incendio	25%	25%	50%	10.00	10.00	20.00
B. agua de dulce	100%	50%	50%	1.50	0.75	0.75
B. centrifugado	100%	100%	50%	2.75	2.75	1.38
B. trasvasije de combustible	50%	0%	100%	1.38	0.00	2.75
B. Combustible	100%	100%	50%	2.15	2.15	1.08
B. Enfriamiento	100%	50%	50%	7.50	3.75	3.75
Cabrestante	25%	25%	25%	15.00	15.00	15.00
Extractores	100%	100%	100%	60.00	60.00	60.00
Ventiladores	75%	75%	50%	45.00	45.00	30.00
Centrifugador	100%	50%	25%	11.00	5.50	2.75
B. Combustible Auxiliar	100%	100%	100%	2.80	2.80	2.80
B. Lodos	25%	25%	50%	0.29	0.29	0.58
Purificador de aceite	100%	100%	50%	8.00	8.00	4.00
B. Alimentación purificador aceite	100%	100%	50%	1.00	1.00	0.50
B. aceite	100%	100%	100%	3.00	3.00	3.00
Compresor	25%	50%	25%	10.00	20.00	10.00
Aire acondicionado	100%	50%	100%	28.00	14.00	28.00
Servomotor	100%	100%	0%	20.00	20.00	0.00
Chigres de amarre	0%	0%	50%	0.00	0.00	42.00
B. achique bodegas	50%	20%	50%	15.00	6.00	15.00
Equipos de Navegación	100%	100%	100%	6.00	6.00	6.00

Grúas de bote de rescate	0%	50%	50%	0.00	8.00	8.00
Frigoríficos	50%	50%	50%	7.50	7.50	7.50
Cocina	100%	0%	50%	20.00	0.00	10.00
Equipo de lavandería	50%	50%	50%	10.00	10.00	10.00
Varios servicios de fonda	50%	25%	50%	5.00	2.50	5.00
Iluminación						
Cubierta 1	75%	25%	50%	1.51	0.50	1.00
Cubierta 2	75%	25%	50%	1.33	0.44	0.89
Cubierta 3	50%	25%	50%	0.50	0.25	0.50
Cubierta 4	50%	25%	50%	0.60	0.30	0.60
Entrepunte	100%	100%	100%	3.03	3.03	3.03
Sala de Maquinas	90%	100%	50%	15.16	16.85	8.42
Peak de Popa	50%	50%	25%	1.48	1.48	0.74
Total				323.96	276.83	335.00

[Fuente: Elaboración Propia.]

La peor condición de trabajo sería en puerto con 335 kW esto se debe a las maniobras que se hacen, a este valor hay que agregarle un 20% de factor de seguridad debido a los equipos faltantes y otras consideraciones, por lo tanto, se necesita un generador de 402 kW trifásico 440VAC / 60 Hz.

2.7.3. Selección del Generador.

De acuerdo con la potencia estimada de 402 kW seleccionamos un generador, el cual debe ser trifásico. Se instalarán dos generadores, uno de abastecimiento principal y otro auxiliar, por lo tanto, Caterpillar modelo C18 Acert con una potencia energética de 425 kW (531 kVA), en el Anexo J se presenta las especificaciones técnicas del generador seleccionado.

Figura 29: Características Principales del Generador Cat C18.



SPECIFICATIONS

I-6, 4-Stroke-Cycle-Diesel

- EPA Tier 3/IMO II compliant
- 18.0 L (1098 cu in) displacement
- 60 hz 1800 rpm rated engine speed
- 145 mm (5.7 in) bore x 183 mm (7.2 in) stroke
- Turbocharged and aftercooled aspiration
- Electronically governed
- Heat exchanger or keel cooled
- Refill capacity
 - Cooling system: 45 L (12 gal)
 - Lube oil system: 68 L (18 gal) deep pan
- 500-hour oil change interval deep pan
- Caterpillar Diesel Engine Oil 10W30 or 15W40
- SAE No. 0 flywheel and flywheel housing
136 flywheel teeth (18 inch)
- Counterclockwise rotation from flywheel end

[Fuente: Manual de Caterpillar, [22].]

En este capítulo se realizó el cálculo y análisis preliminar de los principales grupos tecnológicos del buque. Se analizó las formas iniciales y se presentó el arreglo general de la embarcación. Se hizo un análisis de estabilidad intacta, evaluando los criterios planteados por la OMI, incluyendo: los cálculos hidrostáticos, a grandes ángulos de inclinación, y longitud inundable, además se obtiene el francobordo mínimo del buque. Para el grupo de estructural se planteó un arreglo longitudinal para la sección maestra siguiendo las normas de GL. Se calculó la resistencia de avance del buque la cual es de 228.40 kN en aguas restringidas sin olas para 11 nudos de velocidad, se seleccionó un motor Caterpillar de 3393 hp. Se plantearon los diagramas unifilares de los sistemas auxiliares y se estimó las potencias de las bombas de ciertos circuitos. Luego del balance eléctrico preliminar se seleccionó un generador Caterpillar de 425 kW.

CAPÍTULO III

DISEÑO DEFINITIVO DE UN BUQUE PORTACONTENEDOR FEEDER.

En este capítulo del Diseño Definitivo se realiza un análisis más detallado de los grupos tecnológicos. Se inicia especificando el personal a bordo que necesita el buque en cubierta como en máquinas. Se realiza la optimización del buque por medio del costo de construcción, en esta vuelta de la espiral se optimiza el grupo de estructuras y propulsión. Se incluye los arreglos de sala de máquinas y de la línea propulsora, también el arreglo estructural del buque en cada compartimento. Se hace un análisis del aislamiento térmico y ruido para brindar confort y seguridad. Se selecciona las características de los equipos de fondeo y amarre, y salvamento. Por último, se especifican los equipos de navegación y comunicación estipulados por SOLAS.

3.1. Dotación mínima y habitabilidad.

Para la navegación del buque Portacontenedor Feeder se debe tener el personal necesario para su operación. El número mínimo de tripulantes que debe tener las embarcaciones del país lo estipula la Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial, [5]. Para garantizar la comodidad y seguridad de la tripulación en el periodo de navegación, se debe cumplir con las normas ergonómicas dadas por las Sociedades Clasificadoras y por la Organización Internacional del Trabajo.

La dotación mínima que tendrá el buque, dependerá del tonelaje de registro bruto, TRB, y de la potencia instalada en sala de máquina, [5]. El número de tripulantes requeridos para buques de carga general en el Ecuador con un TRB de 3390.81 ton y un BHP de 3393 se muestran en la Tabla XXXIII y Tabla XXXIV. El cálculo del tonelaje de registro bruto se lo presenta en el Anexo L.

Tabla XXXIII: Personal sobre Cubierta.

TRB = 3390.81 ton		
Capitán De Altura		1
Oficial De Cubierta	Primer	1
	Segundo	1
	Tercer	1
Patrón De Altura		0
Patrón Costanero		0
Contramaestre		1
Marinero De Primer Puente (Timonel)		3

Marinero De Cubierta	3
Cocinero	1
Medico	1
Subtotal	13

[Fuente: Elaboración Propia.]

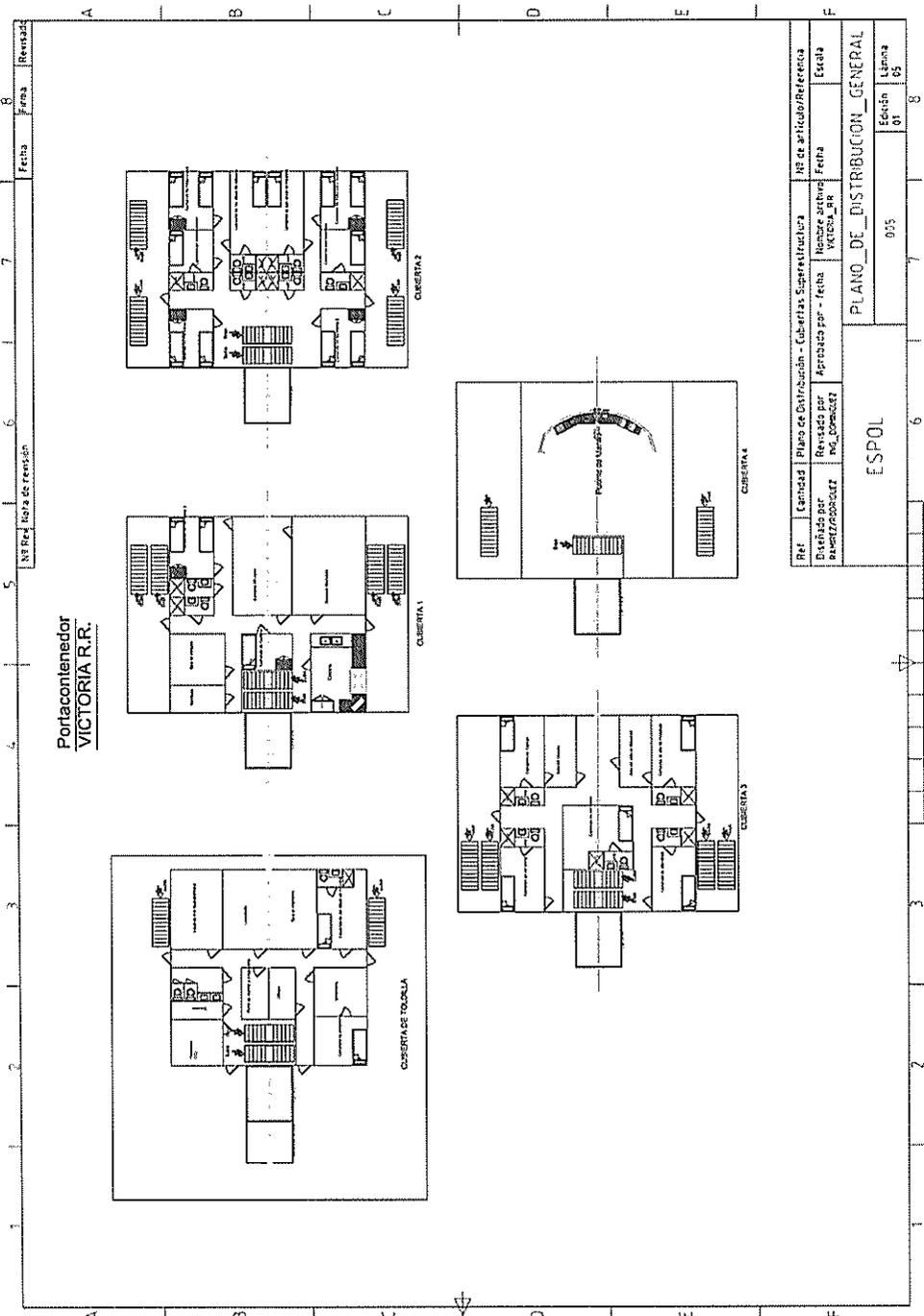
Tabla XXXIV: Personal de máquinas.

POTENCIA EN MOTOR: BHP= 3393		
Jefe De Maquinas		1
Oficial De Cubierta	Primer	1
	Segundo	1
	Tercer	1
Electromecánico		1
Marinero De Primera Cubierta	Maquinista	2
	Motorista	1
Marinero De Maquinas(Aceitero)		1
Subtotal		9
TOTAL DE TRIPULANTES		22

[Fuente: Elaboración Propia.]

Siguiendo las restricciones dadas por ABS y por la Organización Internacional del trabajo, [14], para la habitabilidad de la tripulación se realiza la distribución de las cubiertas de la superestructura, como se ilustra Figura 30. Además, en el Anexo K se encuentra el listado de los espacios habitables del buque.

Figura 30: Plano de Distribución de las Cubiertas.



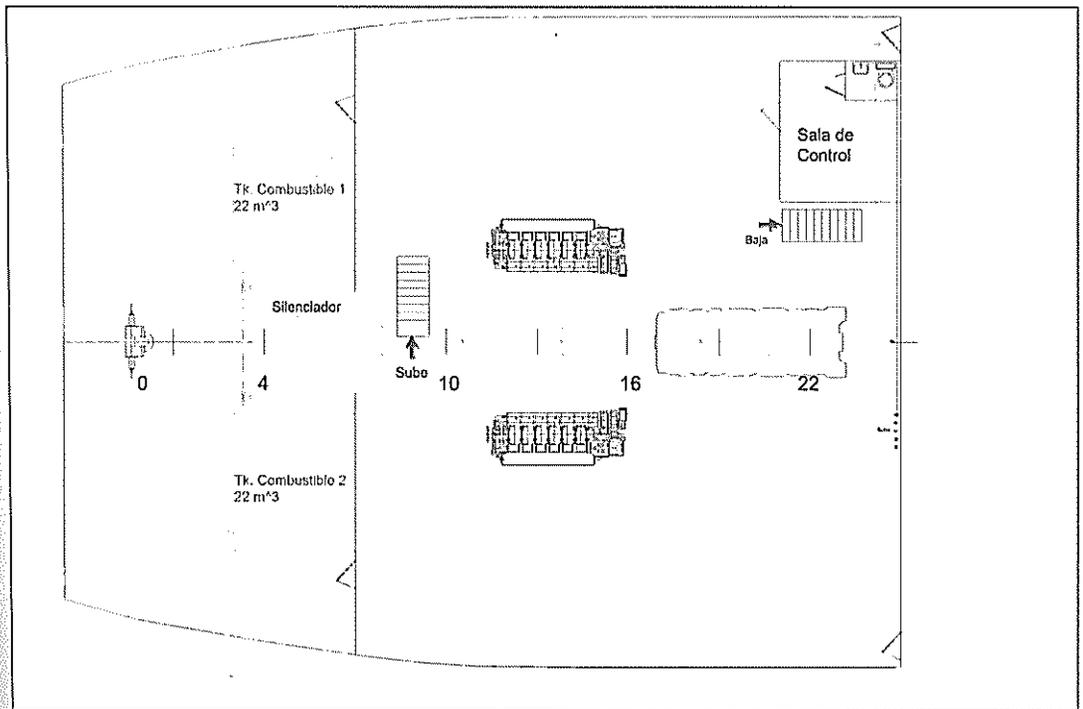
[Fuente: Elaboración Propia.]

3.2. Arreglo de sala de máquinas y sistemas propulsión.

3.2.1. Sala de máquinas.

La Sala de máquinas se divide en dos cubiertas, en la primera (cubierta intermedia) donde se encuentra los equipos esenciales y la cubierta de estiba donde se ubican las bombas y tanques de suministros. En la cubierta intermedia se encuentra la sala de mando de máquinas donde se controla el funcionamiento de los motores, generadores y sistemas instalados en el buque.

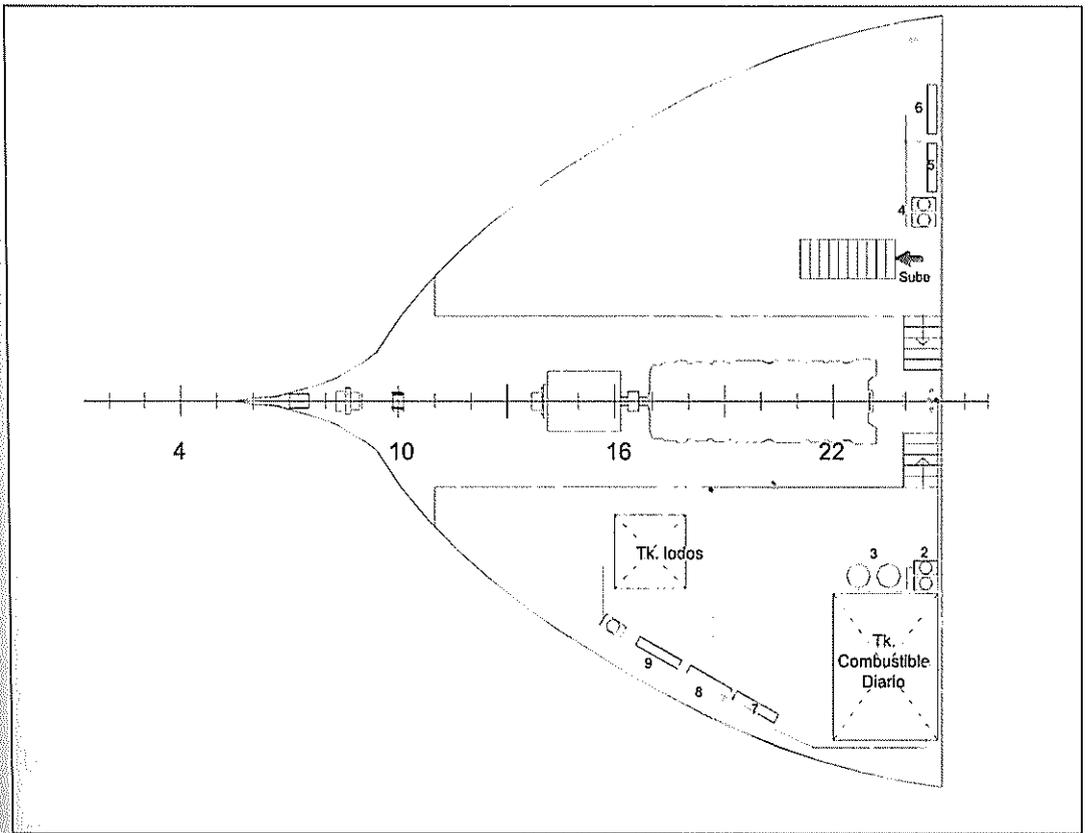
Figura 31: Esquema de la cubierta intermedia en Sala de Máquinas.



[Fuente: Elaboración Propia.]

En la cubierta de estiba se ubican las bombas del sistema de agua dulce con sus tanques de presión, el sistema de trasvasije, el lodos entre otros, cada sistema con su respectivo manifold, como se ilustra en la Figura 32. En esta cubierta se instala el tanque diario de combustible y el tanque de lodos.

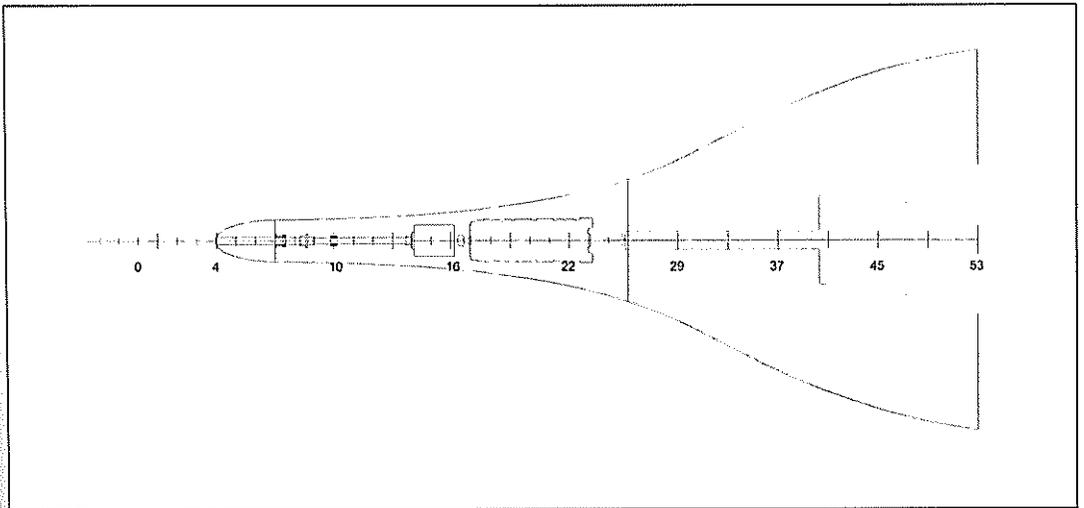
Figura 32: Esquema de la cubierta de estiba en Sala de Máquinas.



[Fuente: Elaboración Propia.]

En la Figura 33 se presenta el esquema del doble fondo en la sección de sala de máquinas, donde se observa las tomas de mar del sistema de contra incendio, motor principal, el reductor, y la línea de propulsión.

Figura 33: Esquema del doble fondo en Sala de Maquinas.



[Fuente: Elaboración Propia.]

3.2.2. Eje propulsor.

Un correcto dimensionamiento del eje propulsor es de vital importancia para el funcionamiento de la línea propulsora: ejes, descansos y hélice. El diámetro de los diferentes ejes de la línea propulsora será obtenido por medio de las reglas de la Sociedad Clasificadora. El dimensionamiento de los bocines y la ubicación de los descansos son analizados por medio de las reacciones en los descansos y las frecuencias naturales del sistema. Las características de

la hélice serán obtenidas por medio de la optimización de su eficiencia. Por lo tanto, se obtendrá una línea propulsora equilibrada que brinde el mejor rendimiento.

Para el dimensionamiento de los ejes del sistema propulsor se aplica las fórmulas de ABS [20], teniendo en cuenta su forma de lubricación. En la Tabla XXXV se muestra los diámetros del eje de cola y del eje intermedio.

Tabla XXXV: Diámetros de ejes de propulsión.

	Diámetro [pulg]	
	ABS	Instalación
Eje de cola	10.31	10.50
Eje intermedio	9.17	9.50

[Fuente: Referencia Propia.]

3.2.2.1. Selección de las características de la hélice por optimización.

Metodología

Se selecciona una hélice de las series B, con el fin de alcanzar la mayor eficiencia de operación. Se realiza diferentes combinaciones de diámetro, paso y velocidades de rotación con el fin de obtener una hélice óptima, el proceso es iterativo hasta cumplir con las restricciones planteadas en la

optimización. Para alcanzar una óptima selección de las características se debe cumplir principalmente con la igualdad de Keller.

El objetivo de la optimización es obtener la mayor eficiencia cumpliendo con las siguientes restricciones:

- La relación Paso/Diámetro (P/D), mínimo y máximo [21],
- La relación de área (A_e/A_o) será obtenida por la formulación dada por SNAME.
- La igualdad de Keller, [26].

Cálculos

Las variables de diseño para la optimización son las dimensiones principales de la hélice. La optimización fue realizada por medio de la herramienta Solver de Microsoft Excel, el método usado es el GRG Nonlinear. En el Anexo M se muestra el proceso de optimización con las formulaciones usadas.

Análisis de Resultados

En la Tabla XXXVI se muestra las dimensiones de la hélice obtenidos como resultados de la optimización. Estas características permiten una eficiencia de 0.579 para un empuje de 272.13 kN

Tabla XXXVI: Dimensiones de la Hélice.

Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro	3.14	m
Paso	2.20	m
RPM _H	225	-
Relación de Área, Ae/Ao	0.65	-
Numero de Aspas	5	-
Peso	2.843	Ton

[Fuente: Elaboración Propia.]

3.2.2.2. Ubicación de descansos del eje propulsor.

Metodología

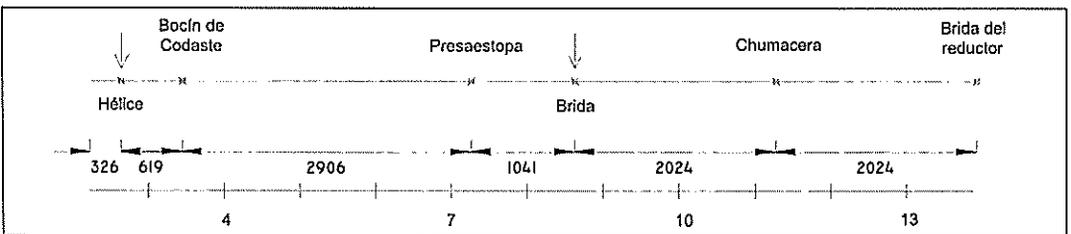
La correcta ubicación de los descansos de la línea propulsora depende de muchos factores, uno de ellos es la separación entre las cuernas y la frecuencia natural del sistema. Inicialmente se obtienen las reacciones del sistema planteado por medio del método de los Tres Momentos, [24], luego aplicando el método de Raleigh, [25], se encuentra la frecuencia de la línea propulsora. Cuando la frecuencia crítica se encuentre mínimo 15% sobre la frecuencia de las aspas de la hélice, se puede decir que la ubicación es correcta.

Cálculos

Se plantea un sistema de una línea propulsora con dos ejes que van desde la brida del reductor a la hélice. La línea consta de la brida del reductor, una

chumacera, un prensaestopa, y un bocín de codaste. La ubicación del bocín de codaste y de la brida son fijas, la ubicación del prensaestopa dependerá de la posición del mamparo del peak de popa, y la posición de la chumacera será evaluada en las cuadernas más cercanas. En la Figura 34 se plantea las ubicaciones iniciales de los descansos.

Figura 34: Esquema de ubicación propuesta para la línea propulsora.



[Fuente: Elaboración Propia.]

El método de Raleigh [25] permite aproximar la frecuencia natural de la línea propulsora por medio de las flexiones máximas que se producen en el sistema. La formulación nace de la igualdad de la máxima energía potencial producida con la máxima energía cinética, a continuación se presenta la fórmula de la frecuencia natural:

$$\Rightarrow \omega_n^2 = \frac{g \sum my}{\sum my^2}$$

donde ω_n es el primer modo de frecuencia natural, g es la gravedad, m es la masa por unidad de longitud, y y la deformación de la línea.

Análisis de Resultados

En la Tabla XXXVII se muestra las reacciones obtenidas en las diferentes ubicaciones de la chumacera obtenidas con el método de los Tres Momentos, [24]. Observando que la posición más adecuada es en la cuaderna 10, dado que se produce la menor reacción en el prensaestopa y la mayor frecuencia crítica del sistema. En el Anexo N se muestra el análisis comparativo con un software de elementos finitos validando los resultados obtenidos.

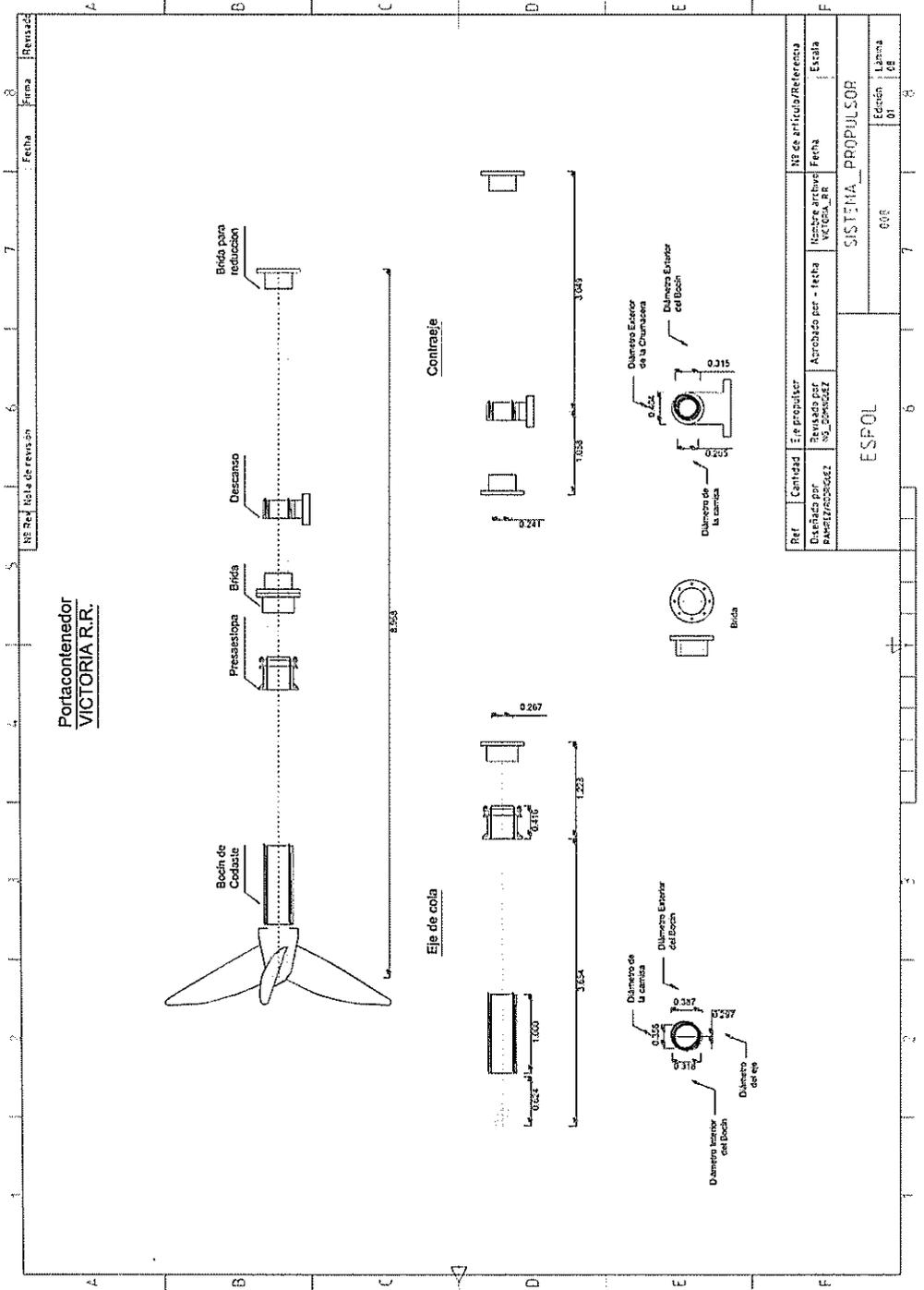
Tabla XXXVII: Reacciones en los descansos.

Descanso	Propuesto	Cuaderna 10	Cuaderna 11	Cuaderna 12
Bocín de Codaste [kgf]	4588.81	4653.18	4602.83	4551.34
Prensaestopa [kgf]	455.73	39.40	383.36	622.49
Chumacera [kgf]	1305.12	1415.21	1298.19	1423.54
Brida del Reductor [kgf]	164.22	406.09	229.15	83.84
Frecuencia crítica [Hz]	24.56	24.75	24.66	23.87

[Fuente: Elaboración Propia.]

En la Figura 35 se ilustra el sistema propulsor de esta etapa de diseño.

Figura 35: Plano del Sistema Propulsor.



[Fuente: Elaboración Propia.]

3.2.1. Gobierno.

En esta sección se calcula las características de la pala del timón, el área proyectada debe cumpliendo los límites dados por SNAME. Se estima el Angulo de Stall para el tipo de pala seleccionada. Se evalúa la capacidad de giro del buque y los índices de maniobrabilidad dados por ABS, [20].

3.2.1.1. Características de la pala del timón.

Área Proyectada de la Pala

Siguiendo las recomendaciones del proyecto del buque mercante, [1], calculamos el área proyectada por medio de:

$$AR = 0.01 \cdot L_{PP} \cdot H \cdot \left[1 + 50 \cdot C_B^2 \cdot \left(\frac{B}{L_{PP}} \right)^2 \right]$$

Conociendo que los valores límites del área proyectada son mínimo $1.5\% \cdot L_{PP} \cdot H$ y máximo de $2.5\% \cdot L_{PP} \cdot H$. Para una eslora entre perpendiculares de 87.49 m con un coeficiente de bloque 0.6 a un calado de 6.069 m, tenemos un área proyectada de 8.58 m^2 , el cual entra en el rango límite de área de 7.96 y 13.28 m^2 .

Cuerda del timón.

La estimación de la cuerda de la pala del timón se lo hará por medio del área proyectada para un timón semi-suspendido. La altura del timón depende de la distancia permisible entre la línea base y el codaste en la perpendicular de popa, d_{Pa} , cumpliendo los requerimientos de Lloyd's Register, [2]:

- La holgura mínima entre la parte superior del timón y el codaste no debe ser menor que el 6% de la altura del timón.
- En caso de codaste inferior la holgura mínima entre parte inferior del timón y línea base no debe ser menor a 5% la altura del timón.

Asumiendo una holgura superior del 10% y una inferior del 5%, tenemos que la altura del timón (H_T) será el 85% de la distancia d_{PA} con un valor de 4.08 m.

Para un área proyectada (AR) de 8.58 m² tendemos una cuerda (c) de:

$$AR = H_T \cdot c$$

$$c = \frac{8.58}{4.08}$$

$$c = 2.10$$

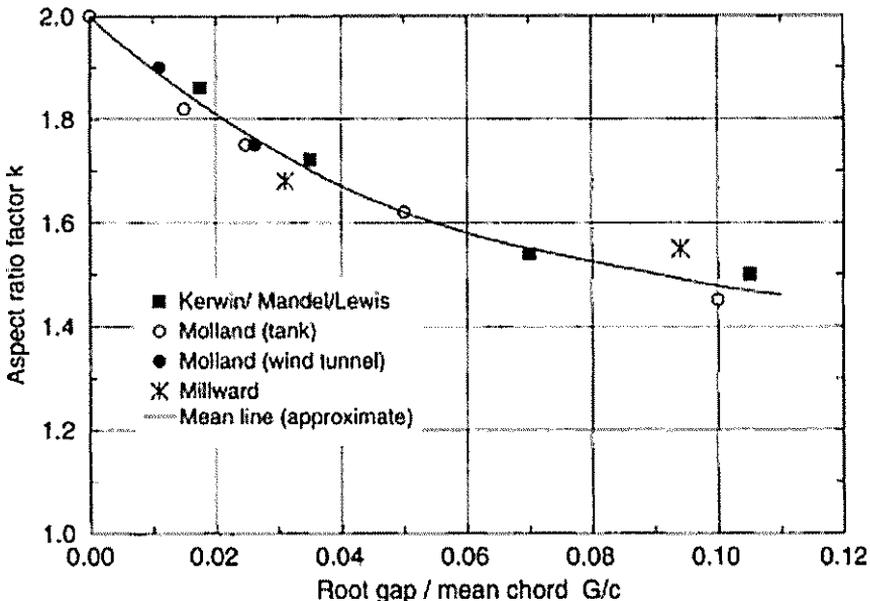
Angulo de Stall

El ángulo de Stall es el máximo ángulo de giro que tendrá la pala del timón en las maniobra. El ángulo de Stall depende del coeficiente de sustentación y de la relación de aspecto efectiva de la pala (AR_E), dado a que la pala tendrá una

sección de la serie NACA, usaremos el modelo NACA0015 que tiene un coeficiente de sustentación (C_L) de 1.05. La relación de aspecto efectiva se la calcula por medio de la relación de aspecto geométrica (AR_G) corregida por un factor k por efecto del espacio de raíz ('Root Gap').

En la Figura 36 se muestra la influencia del espacio de la raíz de la parte superior de la pala del timón. La raíz superior (G) es de 0.408 m (10% de la altura del timón) y la cuerda es de 2.1 m, por lo cual se obtiene una relación de 0.194. Entonces el factor k será de aproximadamente 1.2 debido a la tendencia de la curva.

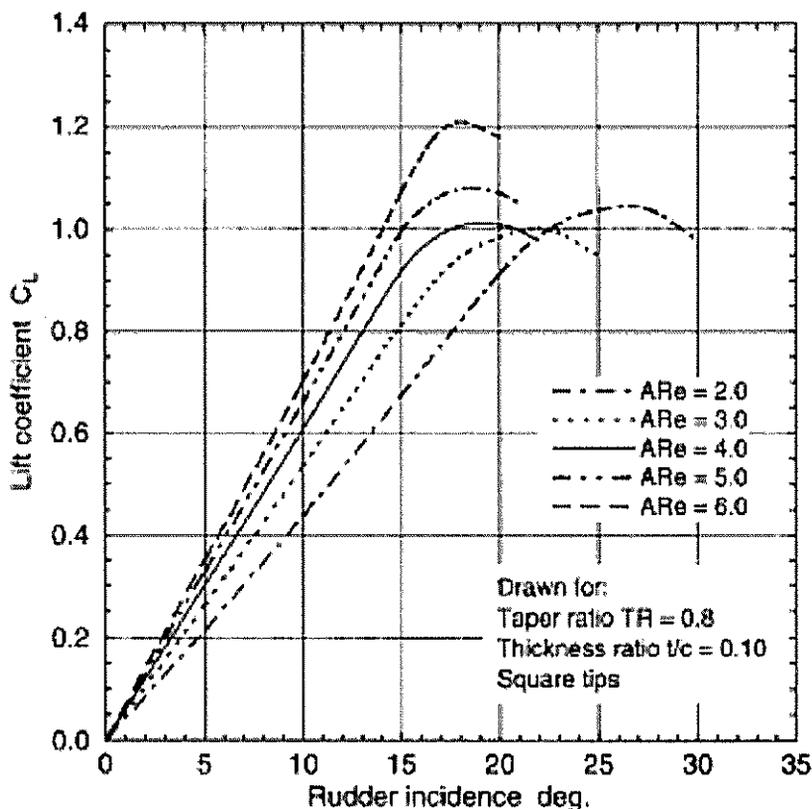
Figura 36: Grafica de la Influencia del espacio en raíz (Root Gap).



[Fuente: Notas de Clases Domínguez, [19]]

La relación de aspecto geométrica es de 1.94 con un $k=1.2$, obtenemos una relación de aspecto efectiva de 2.33. En la Figura 37 se ilustran las gráficas de coeficientes de sustentación según el AR_E para cada ángulo de Stall. Como nuestro AR_E es de 2.52 se hace una interpolación, obteniendo que el máximo ángulo de Stall es de 23° .

Figura 37: Grafica de la Variación del Angulo de Stall de la pala del timón.



[Fuente: Notas de Clases Domínguez, [19]]

3.2.1.2. Maniobrabilidad.

Capacidad de Giro.

Es la capacidad que tiene el buque para realizar las diferentes maniobras de giro, entre las que se encuentran: diámetro de giro, diámetro táctico, avance, y, caída o transferencia. En la Parte 1 del Anexo O se muestran las formulaciones usadas con los datos de ingreso.

Tabla XXXVIII: Características de la capacidad del giro del buque.

	Dimensión, [m]
Diámetro de giro	402.06
Diámetro táctico	437.30
Avance	343.32
Caída o transferencia	211.65

[Fuente: Elaboración Propia.]

Índices de maniobrabilidad.

Todos los buques deben cumplir los criterios de maniobrabilidad dados por la OMI, ABS u otra sociedad clasificadora. En la Tabla XXXIX se muestra el resultado de las evaluaciones a los índices de maniobrabilidad, obteniendo un rating de 2.75 el cual satisface las normas impuestas por la OMI. En la Parte 2 de Anexo O se muestra a detalle las evaluaciones de cada índice.

Tabla XXXIX: Evaluación de Índices de Maniobrabilidad.

Medidas	Índices de maniobra	Valor	Criterios ABS	Criterios OMI	Requisito ABS	Requisito ABS
Capacidad de Giro	Diámetro Táctico	437.3	$368.66 < 437.28 \leq 437.45$	TD < 5 LPP	Rtd = 1	Rtd ≥ 1
	Avance	343.3	$343.31 < 393.71$	ADVC < 4.5 LPP	Pasado	-
Cambio de Rumbo	Primer ángulo de rebasamiento Zig-Zag 10/10	12.79	$11.37 < 12.79 \leq 12.79$	$\alpha_{101} \leq f_{101}(L_{PP}, N)$	Rt $\alpha_{10} = 1$	Rt $\alpha_{10} \geq 1$
	Segundo ángulo de rebasamiento Zig-Zag 10/10	23.82	$13.16 < 24.02$	$\alpha_{102} < f_{102}(L_{PP}, N)$	Pasado	-
	Primer ángulo de rebasamiento Zig-Zag 20/20	23.82	$22.75 < 23.82 \leq 30$	$\alpha_{201} \leq 25$	Rt $\alpha_{20} = 1$	Rt $\alpha_{20} \geq 1$
Resultante de la Calificación a los ángulos de rebasamiento					Rt $\alpha = 1$	-
Capacidad de Giro inicial	Capacidad de recorrida antes de hacer un cambio de 10 grados de curso	92.02	$92.02 \leq 142.61$	$I_{10} \leq 2.5 L_{PP}$	Rti=5	Rti ≥ 1

Capacidad de Parar	Seguimiento de alcance	432.16	432.16 ≤ 1749.8	TR < 20 LPP	Pasado	-
	Jefe de Alcance	4.61	3.3 < 4.61 ≤ 5.8	$Fn(16.6 + 0.000139 \cdot \delta) < hr/L_{PP} \leq Fn(29.8 + 0.000139 \cdot \delta)$	Rts = 4	Rts ≥ 1
RESULTADO RATING						
					2.75	MAN-A
		MAN	Rendimiento de los criterios de maniobrabilidad no cumplen las normas de la OMI		Entre 1 y 2.5	
		MAN-A	Rendimiento de los criterios de maniobrabilidad cumplen las normas de la OMI		Mayor o Igual a 2.5	

[Fuente: Elaboración Propia.]

3.3. Aislamiento térmico y ruido.

La instalación del aislante térmico permite prolongar la propagación del fuego en un compartimento en caso de incendio, y el aislante de ruido mantiene un ambiente audible adecuado para la tripulación. Se debe cumplir con las normas para el área térmica y de ruido impuestas por SOLAS y OMI, [28] y [8], para la selección del aislante se usara el manual de SeaRox-RockWool, [29]. El aislante adecuado debe ser tal que el ruido transmitido por las paredes adyacentes este dentro de los rangos permisibles de confort, resguardando la seguridad del buque y su tripulación.

3.3.1. Ruido producido por el motor y el generador.

Para obtener el nivel de ruido producido por el motor en la sala de máquinas a una distancia de 0.50 m de la fuente de ruido (motor), se utiliza la formulación de Zincenko, [27].

$$L_p = 15.8 \cdot \log \left(N \cdot (D_c \cdot C)^{1/3} \cdot \frac{(Z/6)^{0.5}}{k} \right) + 75.5$$

Donde L_p es el nivel de ruido producido por el motor, k es un factor que depende del motor (4T, $k=1$ y 2T, $k=1.3$), D_c y C son el diámetro y la carrera, y N es el número de cilindros. Para el cálculo se usara los datos del motor, ver Tabla XXII de la sección 2.5, con una frecuencia de 60 Hz, por lo tanto, el ruido producido por el motor será de 117.5 dB.

Para el caso de los generadores se aplicara la formula dada por SNAME, [27];

$$L_p = 57 + 10 \cdot \log(hp)$$

Donde L_p es el ruido producido por los generadores, hp es la potencia del generador de 569.93 hp (425 kW). Por lo tanto, se obtiene un ruido producido por generador de 84.56 dB.

En el caso que la diferencia entre el nivel de ruido producido por el motor y el nivel del ruido del generador es menor a 10, se deberá considerar el ruido del generador. Si la diferencia es mayor a 10, no se considera el nivel de ruido del generador en los cálculos. Entonces, teniendo una diferencia de 32.94 dB no es necesario incluir el nivel de ruido del generador. Por consiguiente, el ruido producido en la sala de maquina será de 117.5 dB.

3.3.2. Selección del aislante.

Se seguirá las recomendaciones de aislantes de SOLAS para la protección contra incendios de mamparos y cubiertas según la zona del buques, [28]. Se calcula los niveles de ruido que se van a propagar en las cubiertas y mamparos, tomando como valor inicial la fuente de ruido producido en la sala de máquinas. Por lo tanto, se requiere un aislante de Clase A-60 lo cual permite el bloqueo del humo y soportar 60 min el fuego.

En la Tabla XL se observa las características principales del aislante seleccionado para los mamparos y cubiertas.

Tabla XL: Aislante para Mamparo y cubierta.

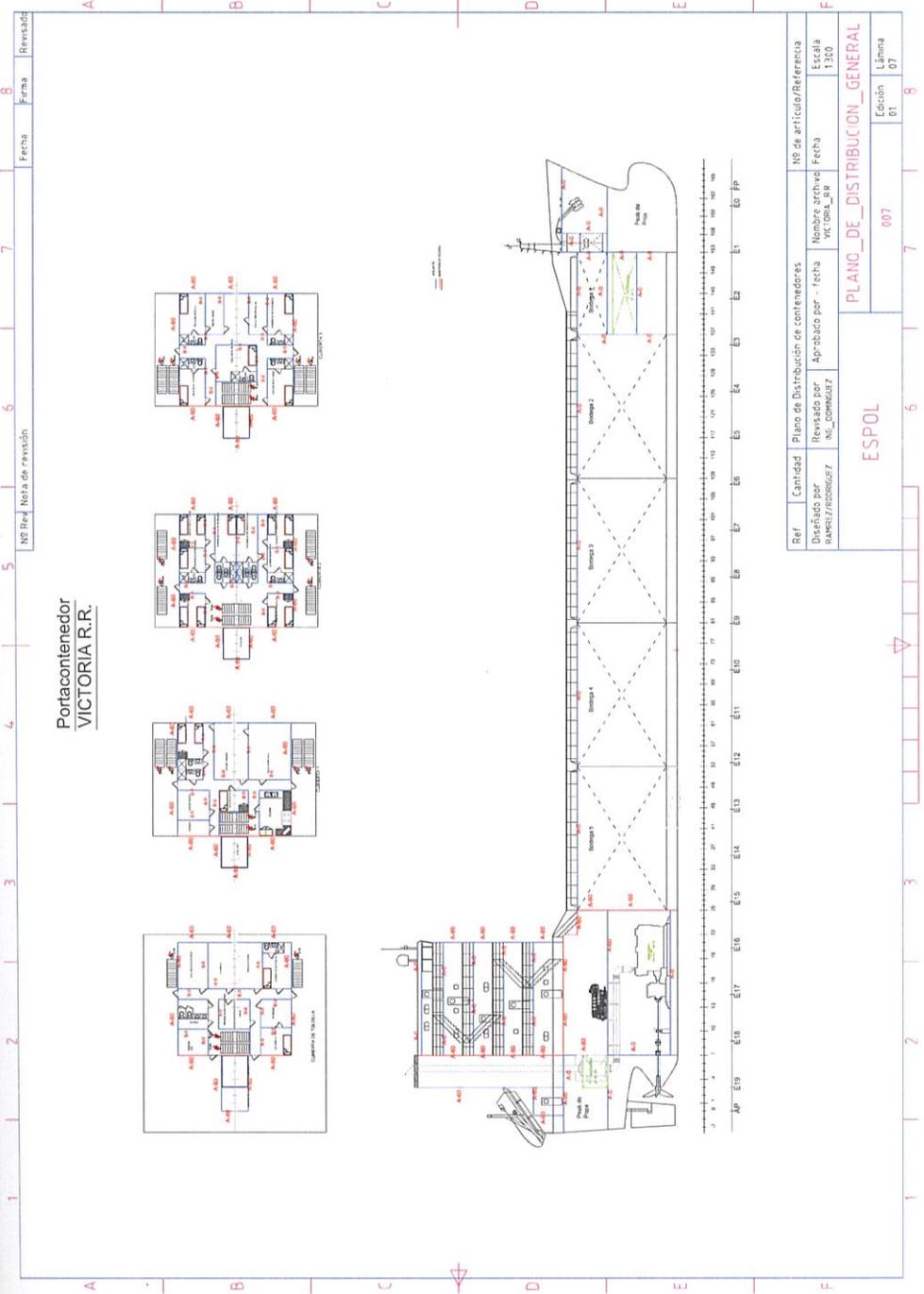
	Cubierta	Mamparo
	A-60 Steel Bulkhead	A-60 Steel Bulkhead
Producto	SeaRox WM SL640	SeaRox WM SL640
Densidad	105 kg/m ³	130 kg/m ³
Espesor	Plate 75 mm/ Stiffener 30 mm	Plate 40 mm/ Stiffener 40 mm

[Fuente: Manual de Sea Rockwool.]

3.3.3. Mamparo divisorio de la zona vertical del buque.

En esta sección queda establecido el mamparo divisorio, principal aislante del buque según recomendaciones de SOLAS, [28], el mismo que permite dividir al buque en dos partes para que en caso de un percance parte de la embarcación no se vea afectada. A continuación se muestran claramente al mamparo aislante.

Figura 38: Plano de Aislamiento térmico y ruido.



Portacontenedor
VICTORIA R.R.

Ref.	Cantidad	Plano de Distribución de contenedores.	NS de artículo/Referencia
Diseñado por	Revisado por	Aprobado por	Nombre Archivo
RAMÍREZ/RODRÍGUEZ	INC_DOMÍNGUEZ	INC_DOMÍNGUEZ	VIC_DOMÍNGUEZ
			Fecha
			13/01
ESPOL			Edición
PLANO DE DISTRIBUCION GENERAL			Lámina
			01
			07

[Fuente: Elaboración Propia.]

En la Tabla XLI se ilustran las características del aislamiento y acomodación, donde se incluyan el Centroide, peso total (aislamiento y acomodación) y el costo total. El análisis se lo detalla en Anexo Q.

Tabla XLI: Características de Aislante y Acomodación Instalada.

Aislante y Acomodación			
Peso Total [ton]	13.87		
Centroide	X[m]	-32.768	Longitudinal(popa)
	Z[m]	12.725	Vertical
	Y[m]	0.000	Transversal
Costo total [\$]	\$ 202,100.12		

[Fuente: Elaboración Propia.]

3.4. Diseño Estructural de las Secciones Básicas.

Metodología

En esta etapa se realiza el diseño estructural de diferentes secciones de la embarcación. Se realiza la optimización del costo estructural total por medio de la separación entre refuerzos secundarios, cumpliendo con las normas de Germanischer Lloyd, [9]. Se especifica el escantillonado de la sección de sala de máquinas, superestructura, peak de popa y proa. Al final se presenta el peso estructural estimado total y por compartimentos, con su respectivo costo.

Cálculos

El objetivo de la optimización de este grupo tecnológico es minimizar el costo de construcción y a la vez el peso estructural. Para facilidad de optimización de este grupo se separa en 9 compartimentos, lo cuales están divididos principalmente por los mamparos. Como función objetivo se plantea el costo de construcción de la estructura de la embarcación, el cual incluye el costo por material y costo por mano de obra. Entre las variables tenemos el tipo de cuadernaje empleado, espaciamientos entre refuerzos primarios y secundarios, módulos seccionales de los elementos estructurales de la embarcación, entre otras. Las restricciones se basan a partir de los parámetros mínimos establecidos por las sociedades de clasificación, y por las dimensiones de la embarcación. En se Anexo P detalla las consideraciones para la optimización estructural.

Análisis de Resultados

Cumpliendo con todas las restricciones planteadas, en la Tabla XLII se muestra los valores óptimos de las separaciones entre refuerzos. Donde las bulárcamas de sección media están espaciadas 4 claras de cuadernas, las bulárcamas de proa y popa 3 claras de cuadernas, las vagras y esloras 4 claros de longitudinales, y, los palmejares 6 claras de longitudinales.

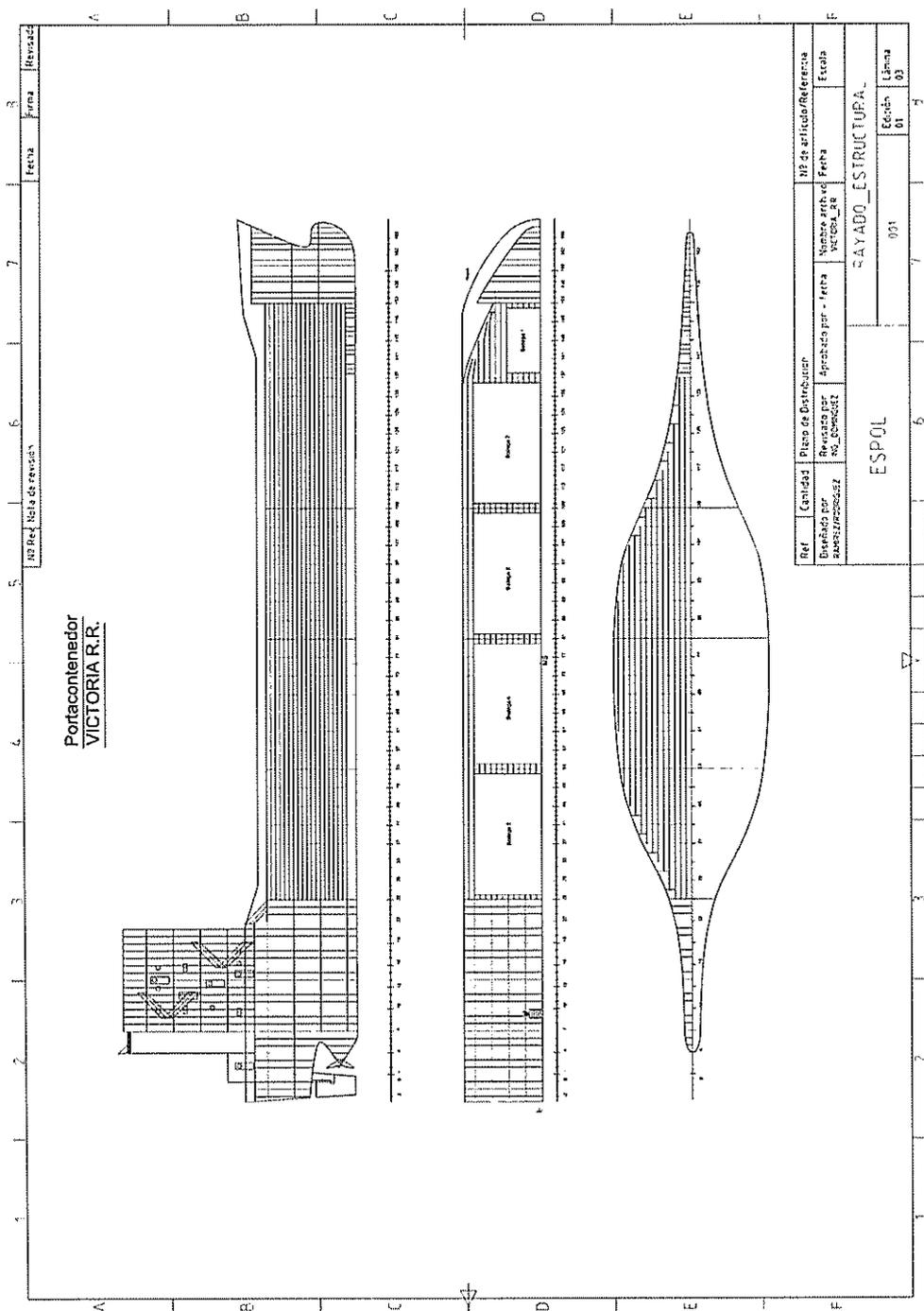
Tabla XLII: Separación entre elementos estructurales.

Sección	Separación [m]
Cuadernas de sección media	0.487
Cuadernas de proa	0.567
Cuadernas de popa	0.763
Long. fondo sección media	0.583
Long. Costados	0.461
Long. Cubierta	0.583
Bulárcamas sección media	1.949
Bulárcamas Proa	1.700
Bulárcamas Popa	2.288
Vagras	2.332
Palmejares	2.767

[Fuente: Elaboración Propia.]

En la Figura 39 se ilustra el rayado estructural con los espaciamientos optimizados.

Figura 39: Rayado Estructural del buque.



[Fuente: Elaboración Propia.]

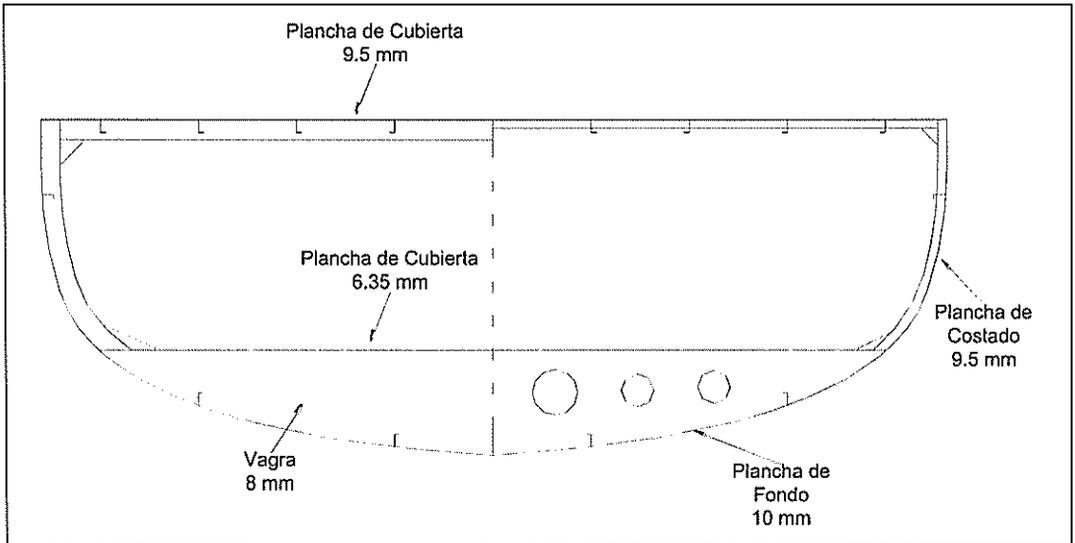
3.4.1. Secciones Estructurales de los compartimentos.

En esta sección se presenta esquemas de diferentes secciones del buque con sus respectivos elementos estructurales. Se especifica el espesor del planchaje y las dimensiones de las estructuras primarias y secundarias.

Peak de Popa.

Esta sección cuenta con cuadernaje transversal, una cubierta intermedia y grandes vagras. En la Figura 40 se ilustra un esquema con los elementos estructurales de este bloque, se presenta el estructurado del anillo primario y secundario. Las dimensiones de los estructurales se muestran en la Tabla XLIII.

Figura 40: Esquema de las cuadernas 1 y 2 del Peak de proa.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla XLIII: Elementos estructurales del Peak de proa.

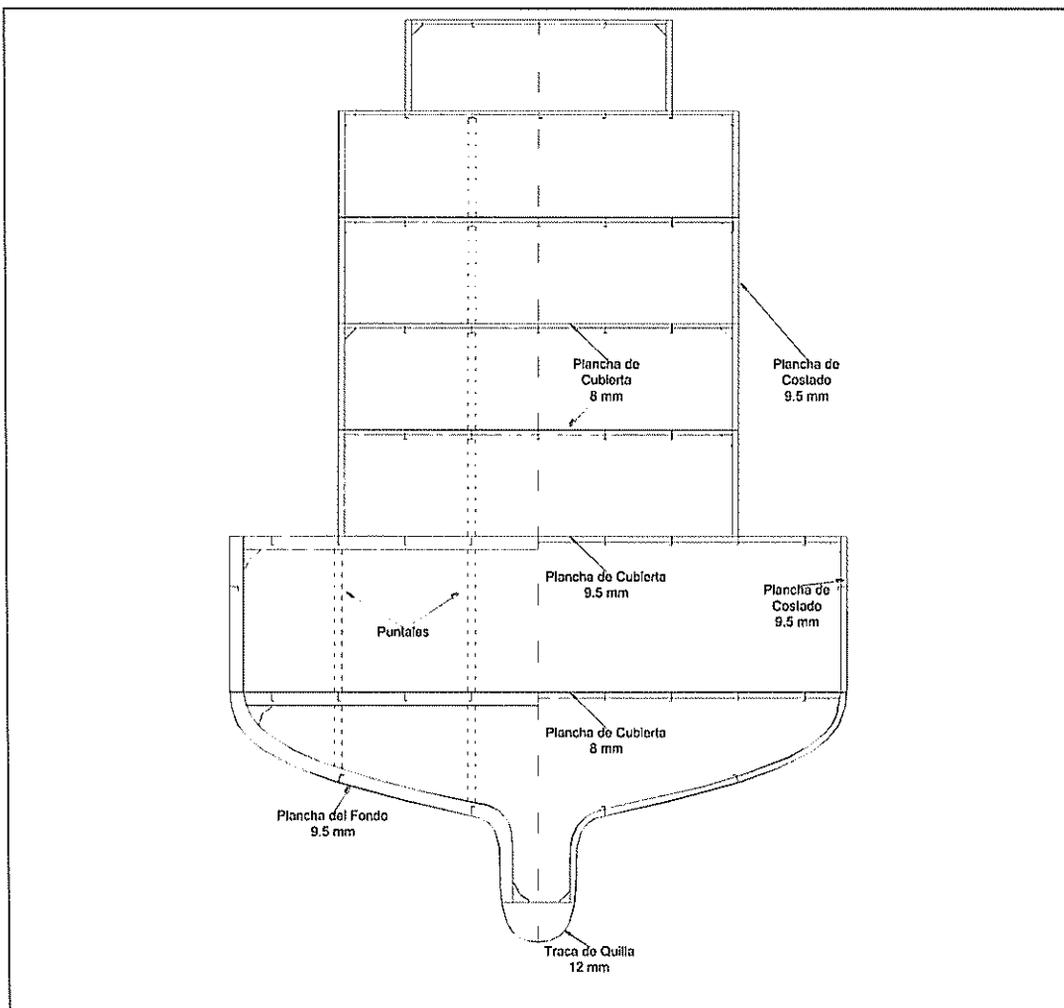
	SM_{Min} [cm ³]	SM [cm ³]	A [cm ²]	I [cm ⁴]	Elemento
Bulárcama	741.02	749	48	18640.2	T 360*10*120*10
Palmejar	228.56	270.4	25.6	4191.6	L 225*8*100*8
Eslora	293.03	323.8	30.4	5250.4	L 225*9.5*100*9.5
Bao principal	693.11	720.6	47	17505.5	T 350*10*120*10
Cuaderna	200.52	216.1	25.4	2626.2	L 160*10*100*10
Bao Secundario	66.15	147.4	18.8	1620.4	L 150*8*90*8

[Fuente: Elaboración Propia.]

Sala de Máquinas.

El compartimento de salas de máquinas al igual que el Peak de popa es cuadernaje transversal. En esta sección se muestra los elementos estructurales de la superestructura. Algunos estructurales de este bloque tienen las mismas dimensiones del Peak de popa como son las bulárcamas, cuadernas, palmejares, baos y esloras. Esta sección presenta una cubierta intermedia y una estiba intermedia. Además, debido a que en esta sección se encuentra la subestructura, se añaden puntales continuos ubicados sobre las bulárcamas y separados 3.6 metros. En la Figura 41 se ilustra medio anillo estructural de la cuaderna 13 y 14 de la sección de sala de máquinas.

Figura 41: Esquema de la cuadernas 13 y 14 de sala de máquinas.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla XLIV: Elementos estructurales de sala de máquinas y superestructura.

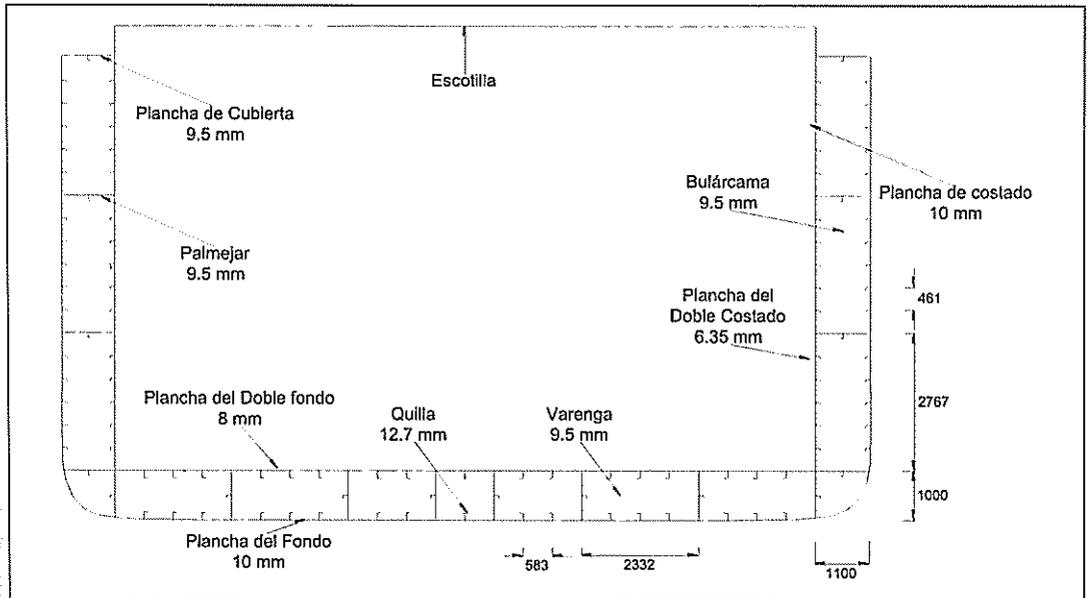
Sala de Maquinas					
	SM _{Min} [cm ³]	SM [cm ³]	A [cm ²]	I [cm ⁴]	Elemento
Bulárcama	741.02	749	48	18640.2	T 360*10*120*10
Cuaderna	200.52	216.1	25.4	2626.2	L 160*10*100*10

Palmejar	228.56	270.4	25.6	4191.6	L 225*8*100*8
Bao principal	693.11	720.6	47	17505.5	T 350*10*120*10
Bao secundario	66.15	147.4	18.8	1620.4	L 150*8*90*8
Eslora	293.03	323.8	30.4	5250.4	L 225*9.5*100*9.5
Superestructura					
Cuaderna	226.13	230.6	26.4	2761.1	L 160*10*110*10
Bao	94.96	110.3	16.4	994.4	L 120*8*90*8
Eslora	419.13	436.3	36	8055.2	T 250*10*110*10

[Fuente: Elaboración Propia.]

Sección Media.

Figura 42: Arreglo estructural de la Sección Maestra.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla XLV: Elementos estructurales secundarios de la sección media.

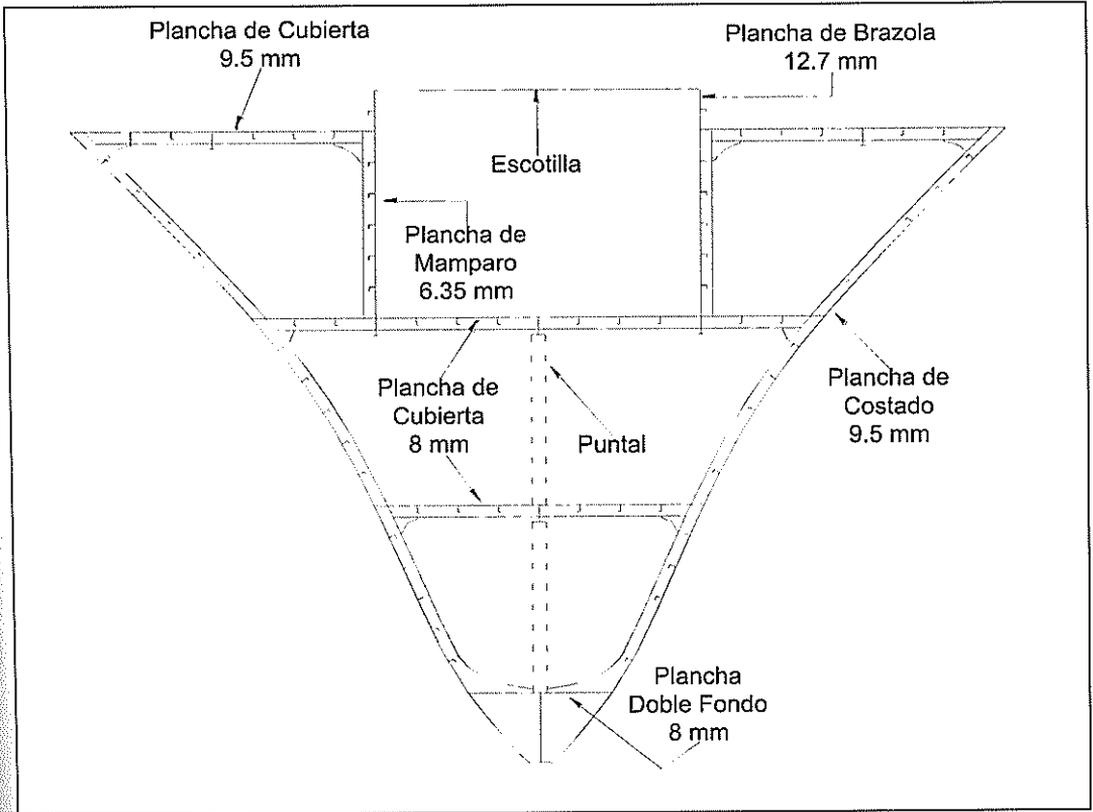
	SM_{Min} [cm³]	SM [cm³]	A [cm²]	I [cm⁴]	Elemento
Long. Fondo	189.25	196.6	24.2	2261	L 150*10*100*10
Long. doble fondo	140.38	146.6	19.5	1707	L 150*9*75*9
Long. de costados	76.14	77	14.2	639	L 100*9*65*9
Long. Mamparos long.	53.48	56.4	11.4	419	L 90*8*60*8
Refuerzos de mamparos transversales	42.32	42.5	8.7	293	L 90*6*60*0
Refuerzos de brazolas	43.70	46.7	10.9	306	L 75*9*55*9
Long. cubierta principal	64.62	66.4	11.9	506	L 100*7*75*7

[Fuente: Elaboración Propia.]

Bodega de Proa.

Esta bodega tiene cuadernaje longitudinal, pero no doble casco en toda la sección. Incluye dos cubiertas intermedias, donde se colocaran un contenedor y en la otra los tanques de combustibles. El escantillonado del planchaje se ilustra en la Figura 43 y las dimensiones de sus estructurales se muestran en la Tabla XLVI.

Figura 43: Esquema de la cuaderna 145 de la Bodega 1 en Proa.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla XLVI: Elementos estructurales secundarios de la Bodega 1.

Bodega 1					
	SM_{Min} [cm ³]	SM [cm ³]	A [cm ²]	I [cm ⁴]	Elemento
Cuaderna	210.18	213.2	25	2599.3	L 150*10*100*10
Long. Costado	55.33	57.2	11.6	423.3	L 90*8*60*8
Long. de mamparo longitudinal	42.32	57.2	11.6	423.3	L 90*8*60*8
Long. Brazolas	40.65	57.2	11.6	423.3	L 90*8*60*8

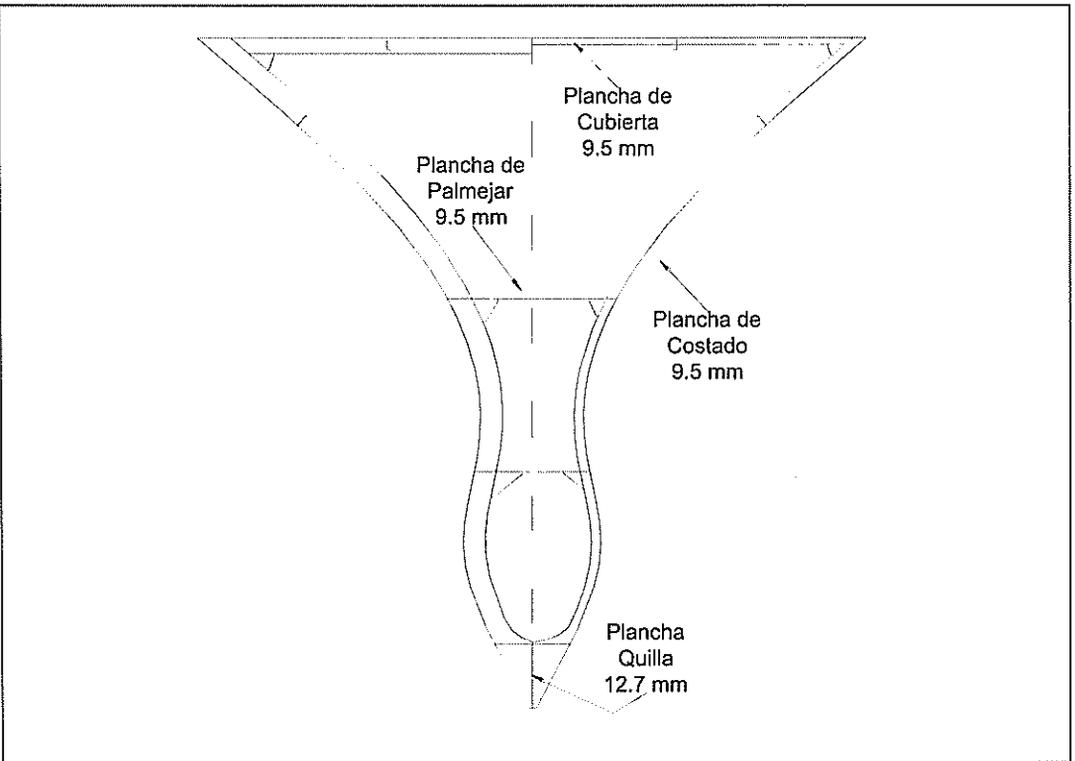
Long. Cubierta Principal	42.89	58.8	11.6	487.3	L 100*8*50*8
Long. Cubierta Intermedia	75.39	78	14.7	659.5	L 100*9.5*60*9.5
Baos	148.13	164.1	19.6	2159	T 170*8*75*8
Esloras	304.54	323.5	28	5673.1	T 250*8*100*8
Cuaderna de Mamparo	148.13	164.1	19.6	2159	T 170*8*75*8

[Fuente: Elaboración Propia.]

Peak de Proa.

Debido a las condiciones de trabajo que implica esta sección la separación entre refuerzos es de 0.567 m. Este bloque posee cuadernaje transversal con dos palmejares solidos con espesor de 9.5 mm (3/8 pulg), el escantillonado se ilustra en la Figura 44. Los elementos estructurales asignados se los muestra en la Tabla XLVII.

Figura 44: Esquema de la cuaderna 157 y 158 del Peak de Proa.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla XLVII: Elementos estructurales del Peak de Proa.

	SM_{Min} [cm ³]	SM [cm ³]	A [cm ²]	I [cm ⁴]	Elemento
Bulárcama	690.87	720.6	47	17505.5	T 350*10*120*10
Cuaderna	189.38	198.6	24.4	2278.8	L 150*10*100*10
Eslora	228.41	254.4	27.4	3651.9	L 190*10*90*10
Palmejar	95.83	294.1	29.4	4344.5	L 200*10*100*10
Bao primario	458.6	459.4	37	8373.7	T 250*10*120*10
Bao secundario	65.95	74.8	13.2	661.1	L 110*8*60*8

[Fuente: Elaboración Propia.]

3.4.2. Peso estructural.

Una vez optimizado el grupo tecnológico estructural por medio del costo, se obtiene la estimación de pesos del buque por compartimentos, como se muestra en la Tabla XLVIII . El costo total estimado es de \$ \$ 2,756,080.00 el cual incluye el costo de material y de mano de obra, el cálculo del costo se detalla en el siguiente capítulo.

Tabla XLVIII: Tabla de Pesos estructurales estimadas por compartimento.

Compartimento	Peso Estimado[ton]
Bodega 1	56.04
Bodega 2	110.91
Bodega 3	145.23
Bodega 4	162.52
Bodega 5	135.48
Sala de Máquinas	121.03
Peak de Proa	42.34
Peak de Popa	57.54
Superestructura	124.56
Total	955.66

[Fuente: Elaboración Propia.]

3.5. Equipos de Cubierta, Salvamento, Navegación y Comunicación.

Para poder navegar el buque necesita de varios equipos electrónicos de navegación y comunicación. Estos equipos serán ubicados en el puente de mando, ciertos permitirán tener un control del buque al momento de navegar, otros mantener una constante comunicación interna del buque y externa con los puertos. Otros equipos y accesorios reglamentarios para la navegación son los de seguridad y salvamento los cuales se encuentran normados por SOLAS, [28], y dependerán del número de tripulantes y pasajeros de la embarcación.

3.5.1. Equipos de Cubierta, Amarre y Fondeo.

Tomando la fórmula de numeral de equipo de GL, [9]:

$$\text{Numero_de_equipo} = \Delta^{\frac{2}{3}} + 2 \cdot B \cdot H + 0.1 \cdot A$$

Donde A es el área de perfil en m^2 esto incluye casco y superestructura sobre el calado de diseño, Δ es el desplazamiento del buque en toneladas, B es la manga en metros, y H es la altura efectiva en metros sobre la línea de flotación incluye francobordo y superestructura.

Tabla XLIX: Datos para cálculo del Numeral de Equipo.

Desplazamiento	5749.44	Ton
B	16.2	m
B1	11.2	m
B2	8.2	m
A	4.87	m
h1	11.2	m
h2	2.4	m
A	977	m ²

[Fuente: Elaboración Propia.]

En la Tabla XLIX se muestra los datos usados para el cálculo del número de equipo, obteniendo un valor de 839.95. Siguiendo las recomendaciones dadas por GL se obtiene las características de los equipos de fondeo y amarre mínimos como se presenta en la Tabla L.

Tabla L: Equipos de amarre y fondeo.

Ancla	Masa	2640	kg
	Numero de ancla	2	-
Cadena del Ancla	Longitud	233.75	m
	Diámetro del cable - GRADO 1	52	mm
Cable de Remolque	Longitud	190	m
	Resistencia a la tracción	518	kN
Líneas de Amarre	Número de líneas de amarre	4	-
	Mínima longitud de cada línea	170	m
	Resistencia a la tracción	201	kN

[Fuente: Elaboración Propia.]

3.5.1.1. Cálculo del Volumen del Pañol de la Cadena.

El volumen aparente del pañol de la cadena se calcula con siguiente ecuación, [30]:

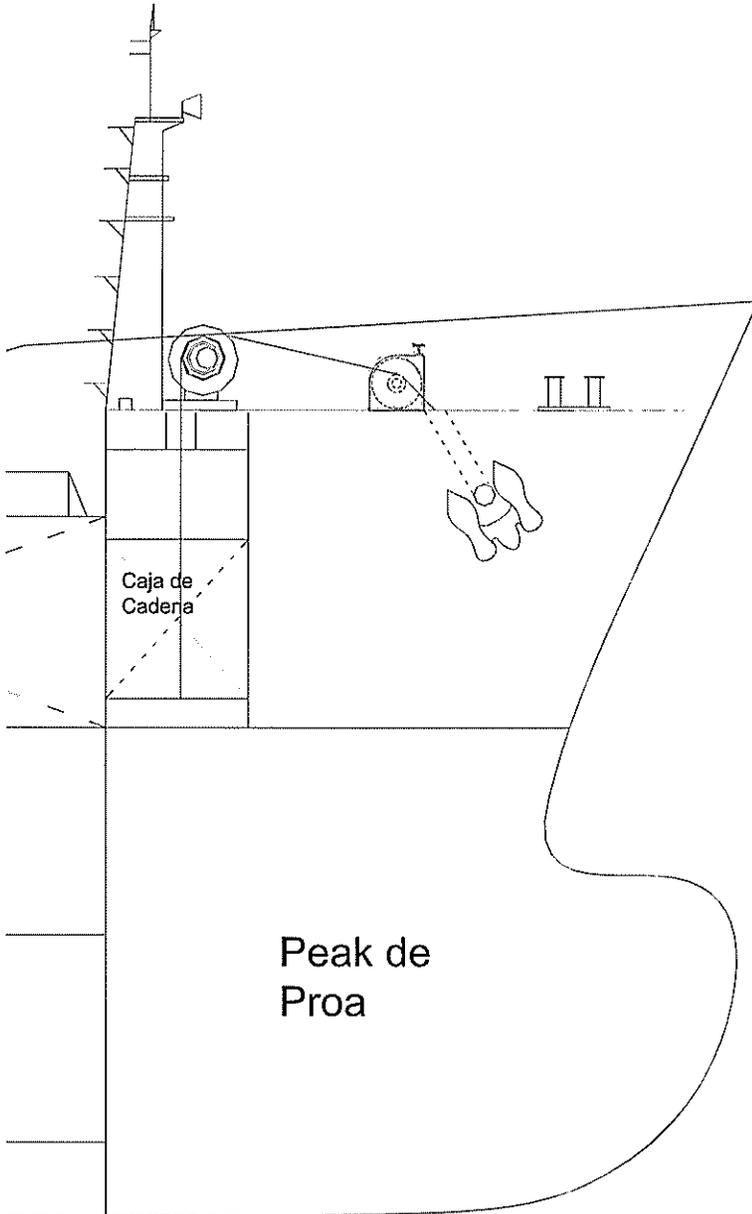
$$Vol = 0.082 \cdot d_E^2 \cdot l_C \cdot 10^{-4}$$

Donde d_E es el diámetro del eslabón en milímetros y l_C es la longitud de la cadena en metros. Para un diámetro de 52 mm con una longitud de cadena de 233.75 m, se obtiene un volumen de 5.18 m³.

Las cadenas están ubicadas en dos cajas simétricas respecto a crujía y bajo la cubierta castillo, el volumen mínimo de 5.18 m³ corresponde a cada uno de las cajas de las cadenas. Hay que dejar una holgura en el fondo para escurrir el agua igual a 0.4 m y una distancia extra entre la estiba de la cadena y la parte superior de la caja de 1.2 m.

Cumpliendo las anteriores estipulaciones las cajas de cadenas tendrán las siguientes dimensiones: una altura de 2.12 m, una longitud de 1.80 m y un ancho de 1.50 m desde la línea de crujía hacia cada banda de babor y estribor respectivamente con un volumen final de 5.72 m³.

Figura 45: Esquema del Sistema de Fondeo.



[Fuente: Elaboración Propia.]

3.5.1.2. Estimación Potencia del Cabrestante.

En la proa de la cubierta castillo se dispondrá de un cabrestante, dos barbotines una para cada ancla. El molinete debe ser capaz de actuar sobre dos anclas simétricas respecto a crujía, los cuales deberán tener un funcionamiento correcto para llevar y fondear las anclas, para ello es necesario calcular la potencia en función del peso del ancla [30].

$$Pot = \frac{T_A \cdot V_A}{4500 \cdot \eta}$$

Donde V_A es la velocidad de izada del ancla, η es la eficiencia del cabrestante, y T_A es la tensión producida al izar el ancla definida como $4.3 \cdot W_A$ he involucra el rozamiento, peso de la cadena y el peso del ancla, W_A .

En la Tabla LI se dispone los valores recomendados para velocidad y eficiencia.

Tabla LI: Valores Recomendados de velocidad y eficiencia.

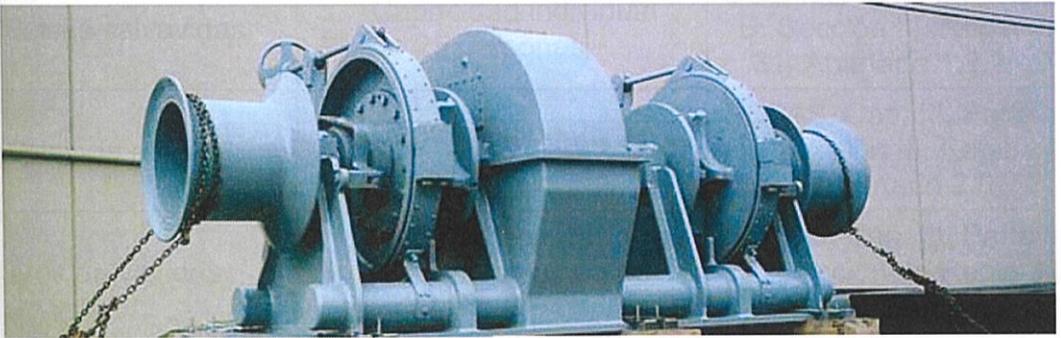
Valores recomendados		
	Rango	Valor asumido
V [m/min]	10 a 12	11
Eficiencia	0.6 a 0.66	0.63

[Fuente: Elaboración Propia.]

Para un peso de ancla de 2460 kg y los valores de velocidad y eficiencia asumidos en la Tabla LI se estima una potencia de cabrestante de 41 hp (10578 N). En el Figura 46 se ilustra el cabrestante seleccionado con sus especificaciones técnicas, con una potencia de 60 hp.

Figura 46: Especificaciones Técnicas de Cabrestante.

- | | |
|---------------------------|---|
| ◆ Wildcat Specifications: | Dual five-pocket wildcat, for 2" (51mm) grade 3 stud-link anchor chain. |
| ◆ Rated Performance: | Wildcats: 53,000 lbs pull at 30 ft/min (low speed).
Warping Heads: 60 ft/min (high-speed). |
| ◆ Electric Drive: | 60HP Two-speed Marine Duty motor with fail-safe brake. |
| ◆ Wildcat Braking: | 190,800 lbs, manual band-type friction brake with handwheel operator. |
| ◆ Wildcat Control: | Local pushbutton station for powered operations. Remote emergency stop. |
| ◆ Wildcat Dimensions: | 71.0" H x 174.0" W x 115.3" D Approximate Weight: 32,000 lbs |



[Fuente: Catalogo Markey WES-32 Electric Anchor Windlass.]

3.5.2. Equipos de Salvamento.

De acuerdo a las normas vigentes de SOLAS Capitulo III - Parte B, [28], se definen todos los dispositivos y medios de salvamento que se aplican al Buque Portacontenedor, como se muestra en la Tabla LII.

Tabla LII: Equipos de Salvamento.

	#	Descripción	Referencia
Botes de caída libre	1	Capacidad de 25 personas	SOLAS, Cap. III, Parte B, Sección III, Regla 31, Apartado 1.2
Balsas salvavidas	2	Capacidad individual de 25 personas	SOLAS, Cap. III, Parte B, Sección III, Regla 31, Apartado 1.2.2
Botes de rescate	1	Capacidad de 25 personas	SOLAS, Cap. III, Parte B, Sección III, Regla 31, Apartado 2.0
Aros Salvavidas	8	Con luz de encendido automático, línea de vida	SOLAS, Cap. III, Parte B, Sección III, Regla 32, Apartado 1.0
Chalecos Salvavidas	22	Con luz de chaleco Tipo 1, silbato, cintas reflexivas	SOLAS, Cap. III, Parte B, Sección III, Regla 32, Apartado 2.0
Trajes de Inmersión	2	Traje de inmersión de neopreno "Neptune" Lalizas	SOLAS, Cap. III, Parte B, Sección III, Regla 32, Apartado 3.0

[Fuente: Elaboración Propia.]

3.5.3. Equipos de Comunicación y Navegación.

3.5.3.1. Equipos de Radiocomunicaciones.

De acuerdo a los equipos de Comunicación dispuestos a continuación el buque puede navegar en las Zonas Marítima A1, A2 y A3 descritas y definidas en SOLAS, Capitulo IV - Parte C, Regla 10, [28].

Tabla LIII: Equipo de Radiocomunicaciones del Buque.

Cantidad	Descripción
1	Dispositivo de escucha continua LSD de 156.525 MHz y mediante radiotelefonía en las frecuencias de 156.300 MHz, 156.650 MHz y 156.800 MHz.
1	Transpondedor de Radar 9 GHz AIS SART AMEC
1	Receptor NASA MARINE PC NAVTEX
1	Dispositivo para sistema INMARSAT
1	Radiobaliza para siniestros INMARSAT con capacidad de 406 MHz
1	Receptor radioeléctrico de 2182 KHz INMARSAT
1	1 dispositivo con señal radiotelefónica de 2182 kHz.
1	Dispositivo terreno de INMARSAT
1	Dispositivo de ondas hectométricas INMARSAT de: 2187.5 kHz usando LSD y 2182 kHz usando radiotelefonía.
1	Dispositivo de LSD INMARSAT
1	Estación GMDSS

[Fuente: Elaboración Propia.]

3.5.3.2. Equipos de Navegación.

Dado a que el Buque Portacontenedor tiene un arqueo bruto de 3390.81 [ton] y en cumplimiento de las normas de SOLAS, Capítulo V, Regla 19, [28], se tiene los equipos náuticos de a bordo, como se muestra en la Tabla LIV.

Tabla LIV: Equipos de Navegación del Buque.

Cantidad	Descripción
2	Compas satelitario SC-110 Marca: FURUNO, ubicados en el puente de mando.
2	GPS Simrad Plotter Sonda NSS16
-	Carta náutica navionics gold y publicaciones náuticas para planificar el viaje.
1	Receptor AIS CYPHO-150 de navegación por satélite
15	Lámpara de señales diurnas para comunicarse durante en el día y la noche. Independiente del suministro eléctrico del buque.
1	Ecosonda: Marca LOWRANCE, Modelo 15276
1	Radar de 9GHz con matriz abierta GMR™ 1226 xHD2 y pedestal.
1	Dispositivo para medir la velocidad y distancia del agua SKYWHATCH.
1	Repetidor RD33 Marca: FURUNO instalado en el puesto de gobierno.
-	Indicador de Angulo de Timón Manual DAVIS D0385
2	Serie de pilotos automáticos GHP™ Reactor con SmartPump™ para saber la distancia y el tiempo a otro blanco y así evitar el riesgo de abordaje.
1	Radar de 3Ghz de antena cerrada GMR™ 24 xHD
-	Luces de Navegación.

[Fuente: Elaboración Propia.]

En este capítulo principalmente se realizó la optimización de ciertos grupos tecnológicos con el fin de minimizar el costo de construcción. En el grupo 200 se optimizó la eficiencia de la hélice con el fin de seleccionar las dimensiones adecuadas, y así mejorar la línea propulsora. En el grupo 100 de estructural se optimizó el costo de construcción por medio del costo del material y mano de obra. Uno de los beneficios de la optimización estructural es la reducción del peso, el peso regresional es de 1288.11 ton mientras que el peso estimado de la optimización es de 955.66 ton. Por lo tanto, por medio de la optimización se mejora notablemente el diseño del buque.

Debido al detalle realizado en los diferentes grupos se puede obtener un desplazamiento más realista del buque. Por medio del análisis de aislamiento térmico y ruido, se calculó el peso requerido con su respectivo centro de gravedad por aislamiento en las secciones habitables y no habitables. Con el dimensionamiento de la línea propulsora se puede obtener el peso de los equipos y accesorios necesarios. Con el diseño del arreglo estructural por compartimento se pudo obtener el peso la embarcación por estructuras metálicas. Por lo tanto, se obtendrá el peso real del buque lo cual ayuda a un mejor análisis de estabilidad intacta.

CAPITULO IV

ANÁLISIS PARA LA TOMA DE DECISIÓN Y CONFIABILIDAD DEL PROYECTO.

4.1. Estimación de Costos.

Para la estimación del costo del Buque 'Victoria RR' se ha analizado el costo de Horas-Hombre en el astillero para obtener el costo de mano de obra y de materiales de los siguientes grupos tecnológicos:

- Casco y Estructura
- Planta Propulsora
- Planta Eléctrica
- Mando y Vigilancia
- Sistemas Auxiliares
- Habitabilidad y Equipos

- Armamento
- Administración y Diseño
- Gastos Generales

4.1.1. Estimación de Costo Hora-Hombre.

En la estimación del costo de hora-hombre, H-H, permite estimar el costo de los trabajos totales a realizar en el buque, dependiente del personal y el tiempo de ejecución de la obra. Para esto se debe conocer el costo mensual del personal administrativo y productivo del astillero que van a intervenir en el proyecto. En la Tabla LV se muestra el costo total de personal, de los gastos adicionales, y la utilidad bruta mensuales.

Tabla LV: Costo del Personal Productivo y Administrativo.

Costo del personal en el astillero		
Descripción	Numero Personas	Costo
Personal Productivo	150	\$ 133,684.20
Personal Administrativo	94	\$ 137,150.00
Gastos Adicionales/ Mes	-	\$ 31,000.00
Utilidad Bruta [20%]	-	\$ 60,366.84
TOTAL	244	\$ 362,201.04

[Fuente: Elaboración Propia.]

El gasto mensual que debe cubrir el proyecto es de \$ 362,201.04. En número de H-H que se necesita mensualmente el proyecto es de 24000, ver detalle

en la Parte 1 del Anexo R. Por lo tanto, el costo de hora-hombre del proyecto será de 15.09 \$/H-H.

$$\frac{\$ 362,201.04}{24000 \text{ H-H}} = 15.09 \frac{\$}{\text{H-H}}$$

4.1.2. Estimación de Costo de Construcción.

El costo de construcción de la embarcación es estimado por medio de los grupos tecnológicos. El costo involucra la mano de obra, materiales, equipos y consumibles, el cálculo de costos se los presenta en la Parte 2 del Anexo R.

Tabla LVI: Costo de construcción estimado por grupos tecnológicos.

Grupos	H-H	Equipo & Material	Consumibles
100 Casco y Estructura	\$ 1,391,520.22	\$ 2,729,430.22	\$ 409,414.53
200 Propulsión	\$ 68,803.23	\$ 546,050.02	\$ 54,605.00
300 Planta Eléctrica	\$ 55,141.59	\$ 275,000.00	\$ 41,250.00
400 Mando y Vigilancia	\$ 95,639.23	\$ 538,287.52	\$ 53,828.75
500 Sistemas Auxiliares	\$ 149,992.25	\$ 372,909.00	\$ 37,290.90
600 Equipo y Habitabilidad	\$ 175,992.36	\$ 365,352.25	\$ 36,535.23
700 Armamento	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
900 Administración y Diseño	\$ 193,708.89	\$ 305,324.88	\$ 36,685.74
000 Gastos Generales	\$ 0.00	\$ 469,761.10	\$ 0.00
Subtotales	\$ 2,130,797.77	\$ 5,602,114.99	\$ 669,610.15
TOTAL		\$ 8,402,522.91	

[Fuente: Elaboración Propia.]

Para obtener el costo de construcción del buque se adiciona un % por los siguientes conceptos.

Tabla LVII: Costo Constructivo Total estimado del buque portacontenedor.

Subtotal de Construcción	\$ 8,402,522.91
Administrativo 5%	\$ 420,126.15
Astillero 15%	\$ 1,260,378.44
Total de Costo	\$ 10,083,027.49
Utilidad Bruta 20%	\$ 2,016,605.50
COSTO TOTAL	\$ 12,099,632.99

[Fuente: Elaboración Propia]

4.1.3. Estimación de Costo Operacional.

Para el costo operacional anual del buque 'Victoria RR', se determina los costos anuales por tripulación, consumibles, combustible, mantenimiento y administrativos generales, [32]. En la Tabla LVIII, se muestra el desglose de este costo y en el Anexo S se presenta el detalle del cálculo.

Tabla LVIII: Costos Operacionales estimados del buque portacontenedor.

Descripción	Mensual	Anual
Tripulantes	\$13,250.00	\$159,000.00
Consumibles	\$12,856.80	\$154,281.60
Combustible	\$83,993.67	\$1,007,924.08
Administrativos Generales	\$140,618.72	\$1,687,424.66
Mantenimiento	\$3,236.47	\$38,837.58
COSTO OPERATIVO TOTAL	\$253,955.66	\$3,047,467.92

[Fuente: Elaboración Propia.]

4.1.4. Estimación de Costo de Flete.

El costo del flete por Teu dependerá de ciertos factores como puerto de destino y peso de carga, además se incluye costos por diferentes recargos. Las rutas frecuentes que realizara el buque portacontenedor Feeder serán: Guayaquil – Posorja, Guayaquil – Callo, Guayaquil – Buenaventura, y, Guayaquil – Callao – Buenaventura. Para estimar el costo de los fletes nos basamos en un Análisis Logístico de FCSH, [33], y Notas sobre costos del Ministerio de Comercio Exterior. En la Tabla LIX se muestra los costos estimado por carga y el recargo estimado.

Tabla LIX: Estimación de Costo de Flete.

No.	Ruta – Puertos	Costo de transporte	Costo de recargo	Costo Total	% Recargo
1	Guayaquil – Posorja	\$ 357.89	\$ 120.99	\$ 479	34%
2	Guayaquil – Callao	\$ 1,000.00	\$ 350.00	\$ 1,350	35%
3	Guayaquil – Buenaventura	\$ 1,000.00	\$ 300.00	\$ 1,300	30%
4	Guayaquil – Callao - Buenaventura	\$ 1,000.00	\$ 786.00	\$ 1,786	79%

[Fuente: Elaboración Propia.]

4.1.5. Estimación de Ingreso Bruto Anual.

Se detalla el ingreso bruto anual, para esto se plantea 4 escenarios para analizar el VAN y el TIR, con los resultados tomar la decisión de como deberá distribuir los fletes anualmente, para que el proyecto sea rentable:

Tabla LX: Porcentaje de viajes anuales por cada posible escenario.

Ruta	Escenario			
	1	2	3	4
Guayaquil – Posorja	10%	15%	20%	25%
Guayaquil – Callao	25%	40%	25%	20%
Guayaquil – Buenaventura	25%	20%	35%	20%
Guayaquil – Callao – Buenaventura	40%	25%	20%	20%

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla LXI: Ingreso Bruto Anual – Escenario 1.

Escenario 1	Puertos Destinos					TOTAL
	Posorja	Callao	Buenaventura	Varios		
% Viajes	10%	25%	25%	40%	100%	
Viajes Anuales	10	4	5	5	24	
TEU's	3000	1400	1750	2000	8150	
Costo de Flete [\$/TEU]	\$ 478.88	\$ 1,350.00	\$ 1,300.00	\$ 1,786.00	\$ 4,914.88	
Ingreso Bruto [\$]	\$ 1,436,640.00	\$ 1,890,000.00	\$ 2,275,000.00	\$ 3,572,000.00	\$ 9,173,640.00	

Tabla LXII: Ingreso Bruto Anual – Escenario 2.

Escenario 2	Puertos Destinos					TOTAL
	Posorja	Callao	Buenaventura	Varios		
% Viajes	15%	40%	20%	25%	100%	
Viajes Anuales	15	7	4	3	29	
TEU's	4500	2450	1400	1200	9550	
Costo de Flete [\$/TEU]	\$ 478.88	\$ 1,350.00	\$ 1,300.00	\$ 1,786.00	\$ 4,914.88	
Ingreso Bruto [\$]	\$ 2,154,960.00	\$ 3,307,500.00	\$ 1,820,000.00	\$ 2,143,200.00	\$ 9,425,660.00	

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla LXIII: Ingreso Bruto Anual – Escenario 3.

	Puertos Destinos				TOTAL
	Posorja	Callao	Buenaventura	Varios	
Escenario 3	Posorja	Callao	Buenaventura	Varios	TOTAL
% Viajes	20%	25%	35%	20%	100%
Viajes Anuales	20	4	7	2	33
TEU's	6000	1400	2450	800	10650
Costo de Flete [\$/TEU]	\$ 479	\$ 1,350	\$ 1,300	\$ 1,786	\$ 4,915
Ingreso Bruto [\$]	\$ 2,873,280.00	\$ 1,890,000.00	\$ 3,185,000.00	\$ 1,428,800.00	\$ 9,377,080.00

Tabla LXIV: Ingreso Bruto Anual – Escenario 4.

	Puertos Destinos				TOTAL
	Posorja	Callao	Buenaventura	Varios	
Escenario 4	Posorja	Callao	Buenaventura	Varios	TOTAL
% Viajes	25%	20%	20%	20%	85%
Viajes Anuales	25	3	4	2	34
TEU's	7500	1050	1400	800	10750
Costo de Flete [\$/TEU]	\$ 479	\$ 1,350	\$ 1,300	\$ 1,786	\$ 4,915
Ingreso Bruto [\$]	\$ 3,591,600.00	\$ 1,417,500.00	\$ 1,820,000.00	\$ 1,428,800.00	\$ 8,257,900.00

[Fuente: Elaboración Propia.]

4.2. Factores que influyen en la toma de decisiones.

En este apartado se medirá los factores que influyen en la toma de decisiones frente a un problema que se presente durante la construcción del buque, los mismos que van ligados directamente con los elementos claves para una evaluación de riesgos.

4.2.1. Principios básicos en la evaluación de riesgos.

El riesgo es el producto de una probabilidad y la consecuencia de ello, [34]:

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia}$$

Tipos de riesgos:

- El riesgo para los seres humanos
- Riesgo para el medio ambiente
- El riesgo económico

Una evaluación de riesgos controla los riesgos inaceptables de un sistema que no están regulados por otros medios, encontrando soluciones más económicas que ya están controlados los riesgos y que cumplan todas las normas. Esta evaluación se realiza mediante: reconocimiento de los peligros a presentarse, evaluación del nivel de riesgo del problema, reconocimiento de las posibles soluciones para un buen control de riesgo, análisis de costo-beneficio para finalmente sugerir las recomendaciones más aceptables para

la buena toma de decisiones. En el siguiente apartado se detalla estos cinco pasos.

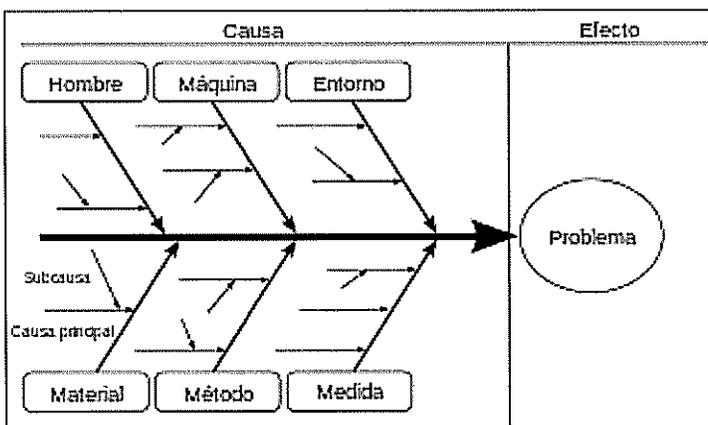
4.2.2. Evaluación de riesgos.

A continuación se presentan los cinco pasos más frecuentes durante una evaluación de riesgos.

Identificación de los peligros (Causa-efecto)

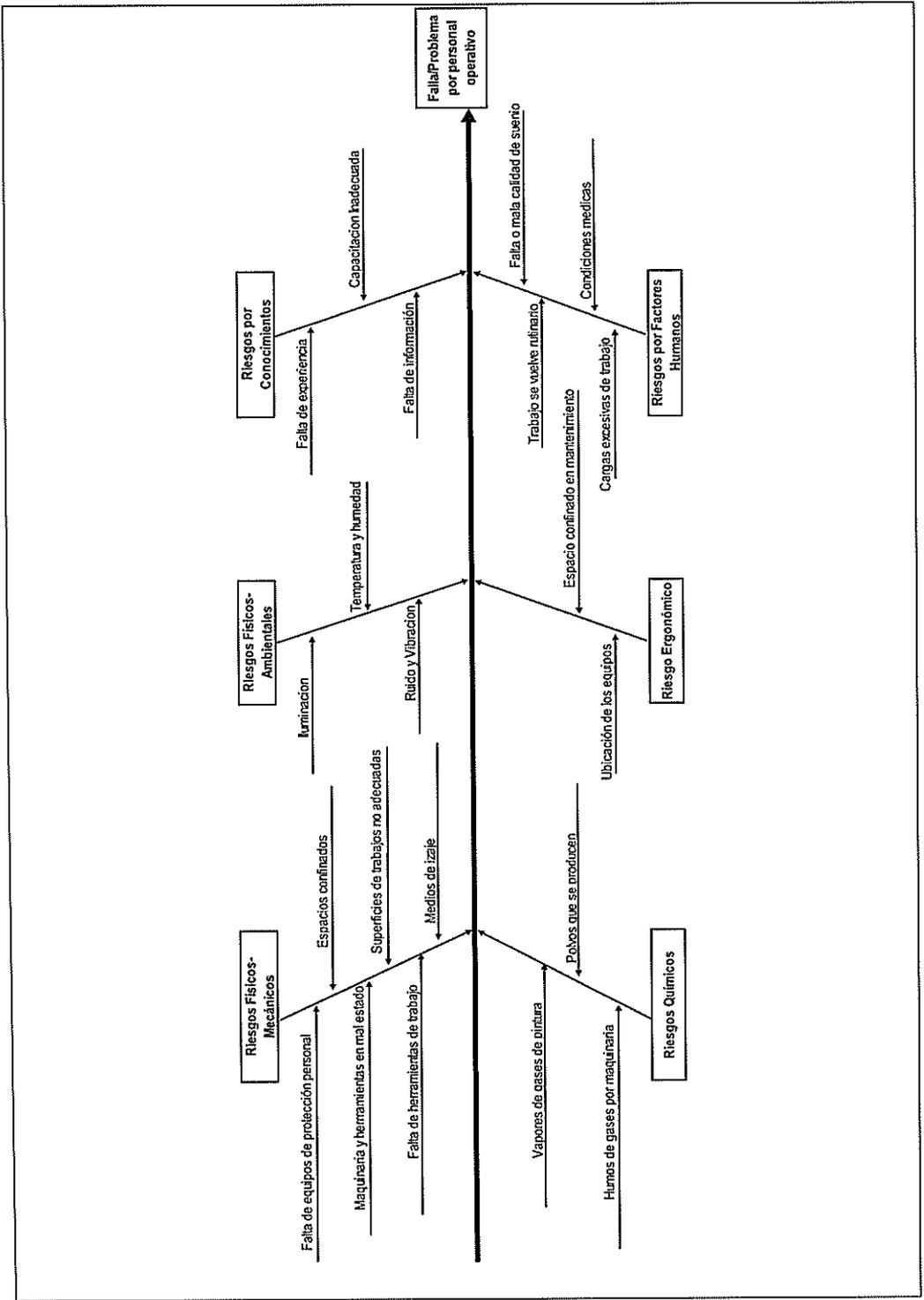
Para la identificación de los peligros que se pueden presentar durante la construcción del buque es necesario hacer un análisis de las posibles causas que generen efectos tales como fallas/problemas, para ello se va a utilizar el Diagrama Ishikawa, ver Figura 47, el cual es un instrumento eficaz para identificar las causas y efectos que ocasionan un problema.

Figura 47: Diagrama Ishikawa (Causa-Efecto)



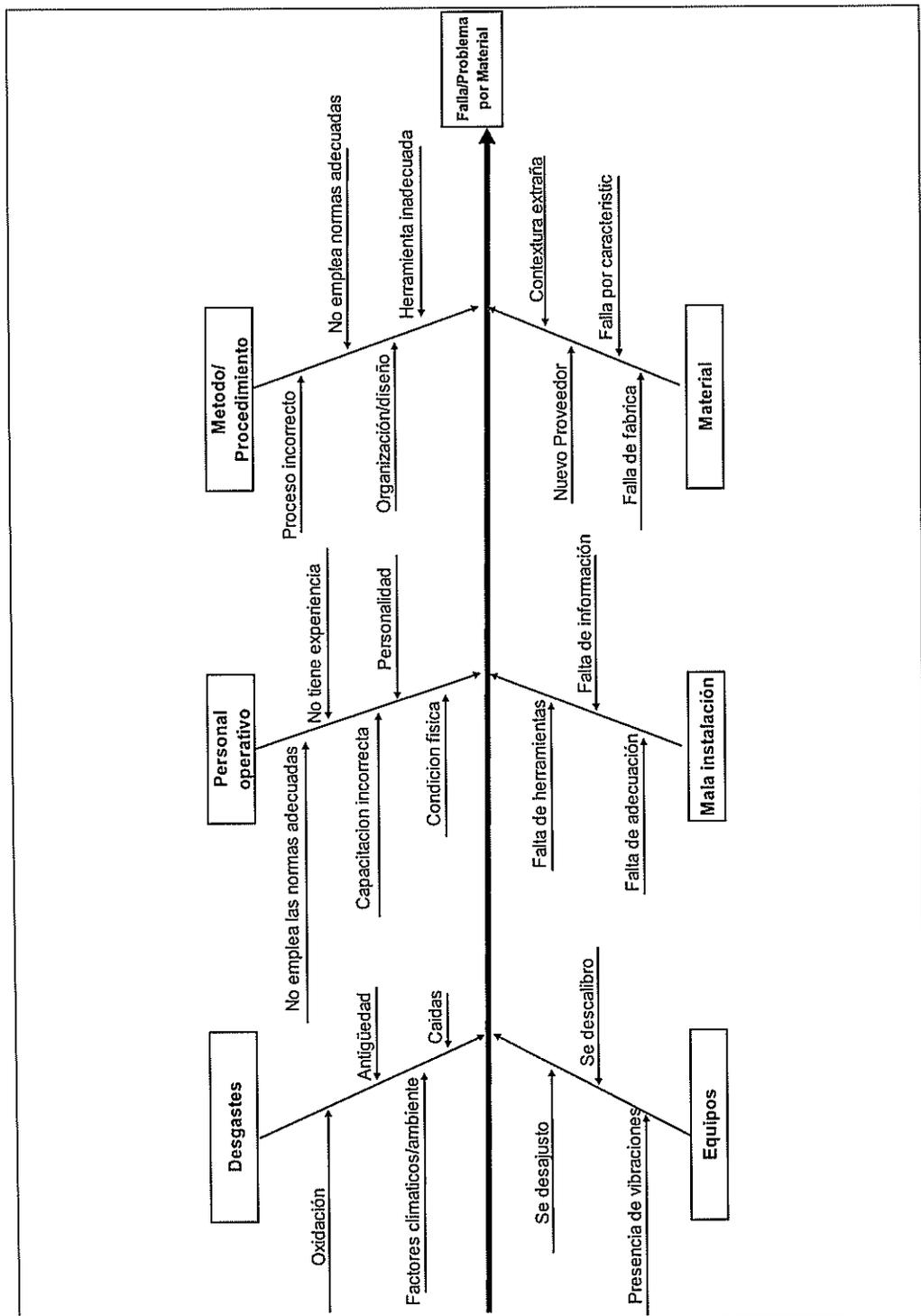
[Fuente: Elaboración Propia.]

Figura 48: Diagrama Ishikawa, Falla por personal operativo.



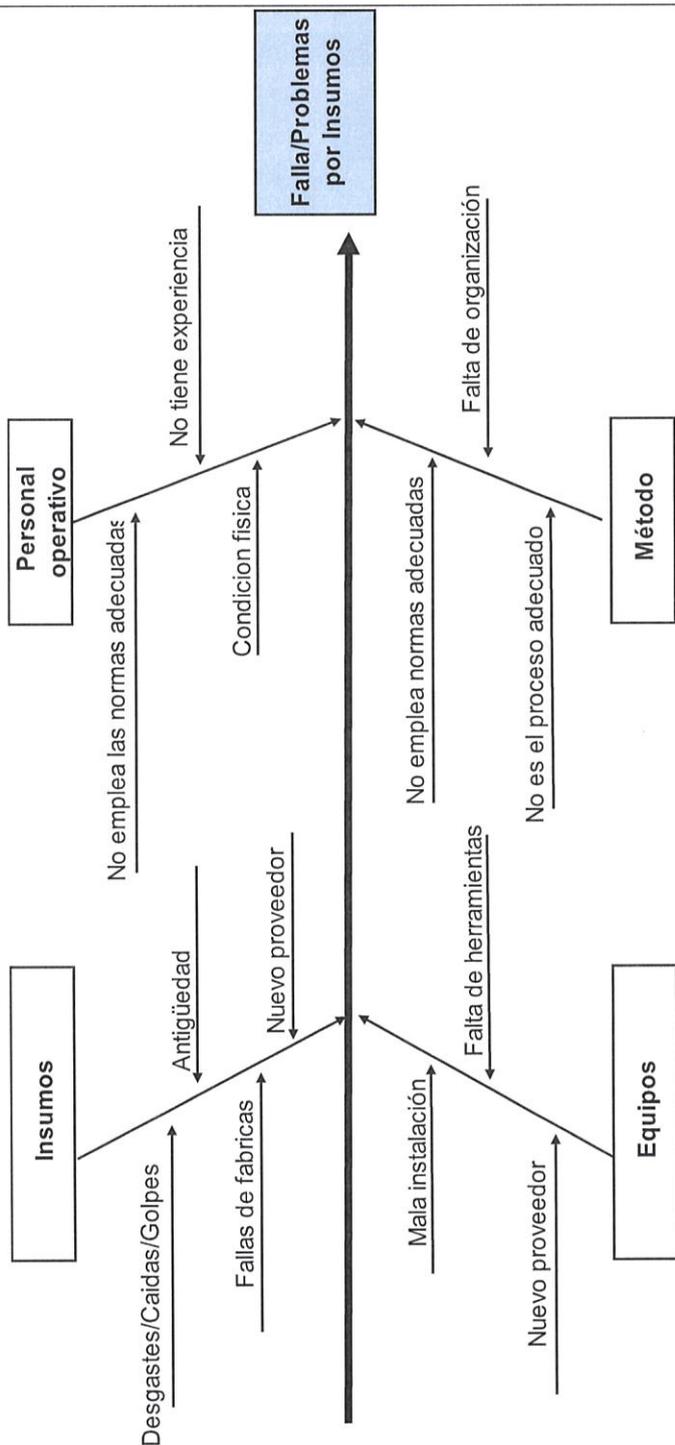
[Fuente: Elaboración Propia.]

Figura 49: Diagrama Ishikawa, Falla por material.



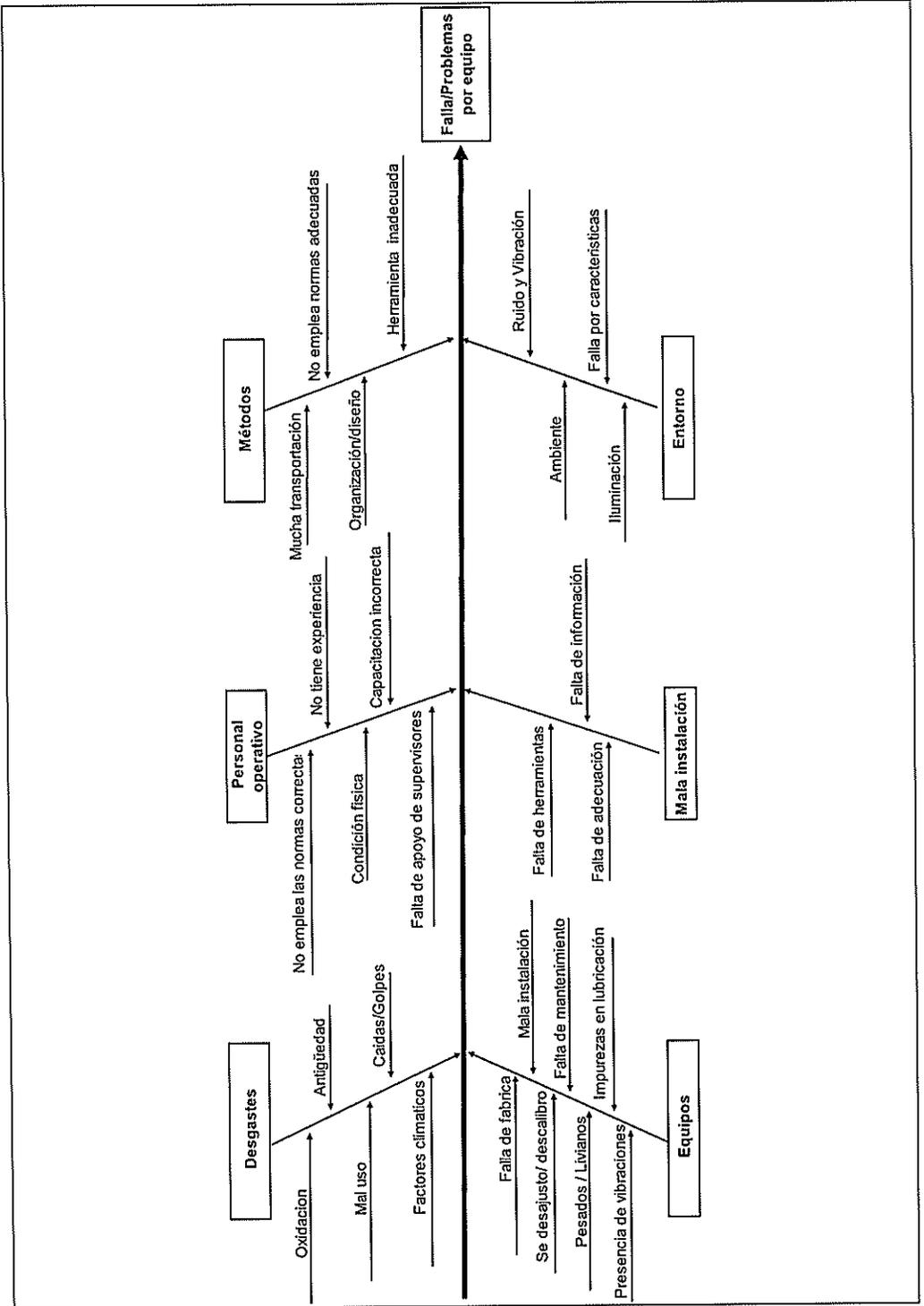
[Fuente: Elaboración Propia.]

Figura 50: Diagrama Ishikawa, Falla por insumos.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Figura 51: Diagrama Ishikawa, Falla por equipos.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Tal como se observa las figuras anteriores, se presenta el Diagrama Ishikawa de las diferentes causas primarias o secundarias que originan fallas/problemas producido por: personal operativo, material, insumos y equipos empleados para la construcción del buque. Estos parámetros serán elementos claves para la evaluación de riesgos y la estimación de las probabilidades de confiabilidad de cada uno de estos componentes en la construcción de los diferentes grupos tecnológicos, que se detallan en apartados posteriores.

Evaluación, identificación de medios de detección y recomendaciones del nivel de riesgo

Para la evaluación de riesgo se emplea un análisis cualitativo, la cual usa palabras para describir las probabilidades y consecuencias que se obtiene en presencia de un riesgo. Para ello se toma en consideración la identificación de las causas que originan los riesgos analizados. Para la elección de la probabilidad se toma en consideración la calificación, Tabla LXV, que se ajuste a la actividad analizada, de acuerdo a una escala previamente establecida en función de las medidas de control existentes. Para la elección de la consecuencia que se origina por la presencia del riesgo, se obtiene por la calificación, Tabla LXVI, que mejor se ajuste a la actividad analizada y se toma en consideración a la escala pre-establecida, optando por la situación

más crítica. El resultado de la evaluación de riesgo se obtiene mediante la formulación, [34]:

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{Consecuencia}$$

Tabla LXV: Calificación de Probabilidad.

Probabilidad	Descripción
Improbable	Ocurre una vez en los 10 años
Remoto	Ocurre entre 1 y 10 años
Ocasional	Ocurre una vez entre 1 a 12 meses
Frecuente	Ocurre una vez cada 29 días o menos

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla LXVI: Calificación de Consecuencia

Consecuencia	Descripción
Insignificante	Lesiones superficiales, cortes y contusiones menores, irritación de la vista, malestar en el cuerpo, molestias temporales
Dañino	Lesiones de ligamentos moderadas, quemaduras tipo (1er grado), fracturas menores, sordera sin incapacidad.
Critico	Quemaduras (2do y 3er grado), contusiones serias, fracturas moderadas, sordera con incapacidad.
Catastrófico	Amputaciones, fracturas mayores, envenenamiento, lesiones y enfermedades fatales.

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla LXVII: Evaluación De Riesgo: Forma Cualitativa.

		Consecuencia			
		Insignificante	Dañino	Critico	Catastrófico
Probabilidad	Improbable	Trivial	Trivial	Trivial	Moderado
	Remoto	Trivial	Trivial	Moderado	Sustancial
	Ocasional	Moderado	Moderado	Sustancial	Sustancial
	Frecuente	Moderado	Moderado	Sustancial	Inaceptable

[Fuente: Elaboración Propia.]

En la Tabla LXVII, se presenta la forma en que se evaluara el riesgo mediante la combinación entre probabilidad de ocurrencia y las consecuencias de presentar el riesgo.

Tabla LXVIII: Evaluación de Riesgos, Falta por Personal de operación.

Posibles Riesgo	Descripción de Falta		Efecto	Análisis de Riesgo cualitativo			Medios de Detección
	Modos de fallas/causas			Probabilidad de Riesgo	Consecuencia	Riesgo	
Riesgos Físicos Mecánicos	Falta de equipos de protección personal		Falla/ problema por personal operativo	Ocasional	Insignificante	Moderado	Inspección Visual y rutinario, Mantenimiento de los equipos
	Espacios confinados			Ocasional	Dañino	Moderado	
	Maquinaria y herramientas en mal estado			Ocasional	Insignificante	Moderado	
	Superficies de trabajos no adecuadas			Remoto	Insignificante	Trivial	
	Falta de herramientas de trabajo			Ocasional	Insignificante	Moderado	
	Medios de izaje			Remoto	Insignificante	Trivial	
Riesgo Físicos Ambientales	Iluminación		Falla/ problema por personal operativo	Ocasional	Insignificante	Moderado	Inspección Visual
	Temperatura y humedad			Frecuente	Insignificante	Moderado	
	Ruido y Vibración			Frecuente	Dañino	Moderado	
Riesgos por conocimientos	Falta de experiencia		Falla/ problema por personal operativo	Remoto	Insignificante	Trivial	
	Capacitación Inadecuada			Ocasional	Insignificante	Moderado	

	Falta de información	problema por personal operativo	Ocasional	Insignificante	Moderado	Supervisor realiza un test rutinario
Riesgos por Factores Humanos	Cargas excesivas de trabajo	Falla/ problema por personal operativo	Ocasional	Insignificante	Moderado	Procedimientos de Diseño
	Condiciones medicas		Remoto	Daño	Trivial	
	Trabajo se vuelve rutinario		Ocasional	Insignificante	Moderado	
	Falta o mala calidad de sueño		Ocasional	Insignificante	Moderado	
Riesgo Ergonómico	Ubicación de los equipos	Falla/ problema por personal operativo	Ocasional	Insignificante	Moderado	Inspección Visual y rutinario
	Espacio confinado en mantenimiento		Frecuente	Daño	Moderado	
Riesgos Químicos	Humos de gases por maquinaria	Falla/ problema por personal operativo	Frecuente	Insignificante	Moderado	Inspección Visual y rutinario
	Polvos que se producen		Ocasional	Insignificante	Moderado	
	Vapores de gases de pintura		Ocasional	Insignificante	Moderado	

[Fuente: Elaboración Propia.]

En la Tabla LXVIII, se observa la evaluación de riesgo que se obtiene a partir de un análisis cualitativo, para el riesgo que se produzca falla por el personal operativo, se detalla los medios de detección que se deberán seguir con el fin de evitar subir el nivel de riesgo. En el Anexo T, se detalla la evaluación de riesgo analizada para la falla originada por: Material, insumos y equipos. Conforme a los resultados obtenidos de los riesgos, se puede hacer las siguientes recomendaciones, Tabla LXIX, con el fin de reducir el nivel de riesgo y establecer medidas de prevención.

Tabla LXIX: Recomendaciones a seguir frente a Riesgos.

Trivial	No requiere acciones
Moderado	Definir acciones de prevención y medir el riesgo para evitar que suba el riesgo
Sustancial	Asignar recursos y plazos para implementar un plan de acción para reducir el nivel de riesgo
Inaceptable	No iniciar la actividad, implementar acciones inmediatas para reducir el nivel de riesgo.

[Fuente: Elaboración Propia.]

4.3. Factibilidad del Proyecto.

En esta sección se va a definir cuan factible es el proyecto, en función de la factores que influyen en la toma de decisiones: Cantidad de fletes, tiempo que permanece operando y no operando el buque.

4.3.1. Amortización del Proyecto.

El presupuesto para construcción del buque se financia a partir de un préstamo bancario de \$12, 099,632.99, con un interés de 9.5% anual, a 10 años de plazo de pago, con una amortización mensual. Se incluye un 2.5% de descuento al valor de cuota mensual de interés con el fin que cada pago sea menor con el tiempo. La tabla presentada para este análisis se encuentra disponible en la Corporación Financiera Nacional.

Tabla LXX: Datos de entrada para Amortización.

Préstamo bancario	\$12,099,632.99
Tasa de interés	9.5%
Plazo De Pago	10 Años
Amortización Cada	30 Días
% Decreciente	-2.5%

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla LXXI: Amortización del Proyecto.

Año	Interés Pagado	Pago Principal	Abono al Capital	Saldo Final
0				\$ 13,439,174.00
1	\$ 1,000,138.41	\$ 4,253,120.07	\$ 3,252,981.66	\$ 9,826,057.26
2	\$ 729,877.05	\$ 3,138,795.57	\$ 2,408,918.52	\$ 7,150,449.24
3	\$ 529,608.47	\$ 2,316,425.94	\$ 1,786,817.47	\$ 5,165,814.58
4	\$ 380,913.42	\$ 1,709,518.51	\$ 1,328,605.09	\$ 3,690,120.65
5	\$ 270,190.53	\$ 1,261,621.83	\$ 991,431.31	\$ 2,588,928.74
6	\$ 187,393.14	\$ 931,074.83	\$ 743,681.69	\$ 1,762,914.63
7	\$ 125,097.13	\$ 687,131.68	\$ 562,034.55	\$ 1,138,657.67
8	\$ 77,812.84	\$ 507,102.04	\$ 429,289.20	\$ 661,842.19
9	\$ 41,477.17	\$ 374,240.47	\$ 332,763.30	\$ 292,238.93
10	\$ 13,078.65	\$ 276,188.85	\$ 263,110.20	\$ 0.00

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla LXXII: Interés Pagado al Banco.

Préstamo	\$ 12,099,632.99
Total pagado	\$ 15,455,219.80
Total de Pago por Intereses	\$ 3,355,586.81

[Fuente: Elaboración Propia.]

4.3.2. Cálculo del VAN y TIR.

El cálculo del VAN y TIR es desarrollado para evaluar los proyectos con el fin de garantizar al armador, la viabilidad y rentabilidad del mismo. Para esto se debe desglosar los egresos e ingresos del proyecto, como se especifica en detalle en la sección 4.1. A continuación se especifica la formulación para evaluar el VAN:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde V_t son los flujos de caja en periodo t , I_0 es el valor de desembolso inicial de la inversión, n es el número de periodos considerados, y k es el tipo de interés aplicado.

En la Tabla LXXIII se detalla los datos de entrada usados para el cálculo del VAN y TIR, como son los egresos e ingresos. Para los egresos se considera el costo de construcción del buque, ver Tabla LVII, el costo de operación anual, y el costo que se cancela al banco anualmente, ver Tabla LXXI. Para los ingresos se toma lo obtenido anualmente para cada uno de los cuatro escenarios que se detalla en 4.1.5.

Tabla LXXIII: Egresos e ingresos del Proyecto.

EGRESOS	
Costo del Proyecto	\$12,099,632.99
Costo Operativo	\$ 3,047,467.92
Egreso (sin pago bancario anual)	\$15,147,100.91
INGRESOS	
Ingreso Anual Escenario 1	\$ 9,173,640.00
Ingreso Anual Escenario 2	\$ 9,425,660.00
Ingreso Anual Escenario 3	\$ 9,377,080.00
Ingreso Anual Escenario 4	\$ 8,257,900.00

[Fuente: Elaboración Propia.]

Ahora se presenta el resultado obtenido del VAN y TIR para los cuatros escenarios planteados en el año # 10, como se muestra en la Tabla LXXIV.

Tabla LXXIV: Resultado de cálculos VAN y TIR.

RESULTADO DE VAN Y TIR		
	VAN	TIR
Escenario 1	\$ 4,002,592.63	18.22%
Escenario 2	\$ 4,198,201.45	19.72%
Escenario 3	\$ 4,206,967.26	19.43%
Escenario 4	\$ 3,349,952.77	12.61%

[Fuente: Elaboración Propia.]

Para el décimo año de operación del buque los valores de VAN son positivos (mayor a cero) y valores TIR cumplen las condiciones de ser mayor a la tasa de retorno estimadas en el mercado.

4.3.3. Análisis de Factibilidad de Proyecto.

De acuerdo a los análisis de VAN y TIR realizados en la sección 4.3.2 y conociendo los ingresos y egresos del proyecto, se define si el proyecto es rentable y viable. Para llevar a cabo el proyecto se hace un préstamo a una entidad bancaria por un valor de \$12,099,632.99, presupuesto de construcción de la embarcación.

Para la operación del buque se analiza cuatro escenarios con diferentes rutas que podría realizar el buque, por lo cual se obtiene los valores de Van y TIR, propuesto en la Tabla LXXIV.

En el análisis de factibilidad de los diferentes escenarios para el décimo año de operación del buque se observa que todos los casos son rentables. El peor escenario es el cuarto, pero a pesar de esto se obtiene un VAN de \$3,349,952.77 a una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 12.61% frente a una tasa de retorno del 8.00%. De acuerdo a las tablas de utilidades del Anexo U, se observa que las utilidades netas son favorables y aceptables y se incrementan a medida que transcurran los años de operación del buque.

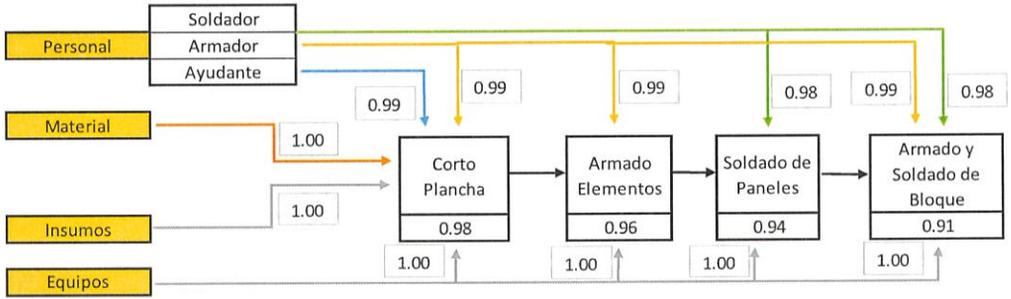
Cumpliendo todos los criterios de evaluación de la factibilidad y con una utilidad neta aceptable, se concluye que el proyecto es viable económicamente.

4.4. Confiabilidad del Proyecto.

La confiabilidad (también llamada fiabilidad) se define como la calidad a través del tiempo, [36], y se mide en base a la probabilidad de error de un sistema. La confiabilidad se divide en dos; la fiabilidad de las tareas realizadas y la fiabilidad de los sistemas. En la ingeniería naval la primera involucra al personal productivo, es decir, la calidad que tienen las personas involucradas en la construcción del buque e instalación de los equipos. Mientras que la fiabilidad de los sistemas es un análisis interno, donde se involucra la confiabilidad de los equipos y accesorios instalados, esto permitirá conocer la probabilidad de falla del sistema.

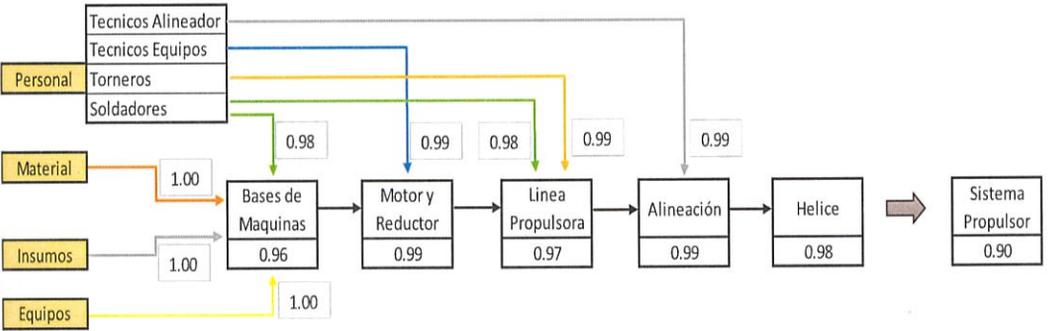
En el proyecto analizaremos la confiabilidad de construcción del buque por medio de los grupos tecnológicos. En el análisis se toman en cuenta al personal productivo (armadores, soldadores, ayudantes, técnicos, etc.), material, equipos e insumos usados. Dado que es un análisis de construcción el proceso de cada grupo tecnológico es en serie y definirá el tiempo de no falla hasta que se dé un mantenimiento. En las siguientes figuras se ilustra los procesos de cada grupo.

Figura 52: Esquema de Confiabilidad Grupo 100.



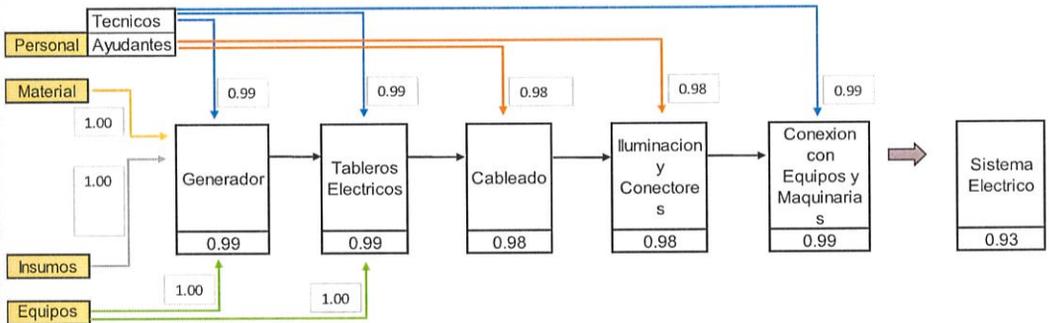
[Fuente: Elaboración Propia.]

Figura 53: Esquema de Confiabilidad Grupo 200.



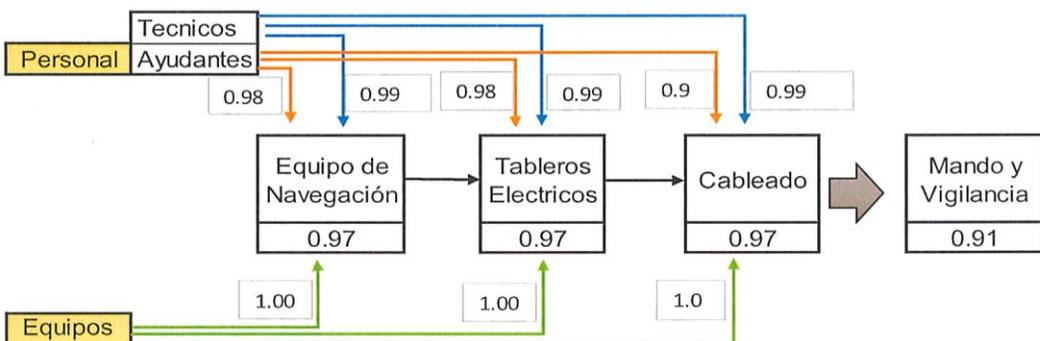
[Fuente: Elaboración Propia.]

Figura 54: Esquema de Confiabilidad Grupo 300.



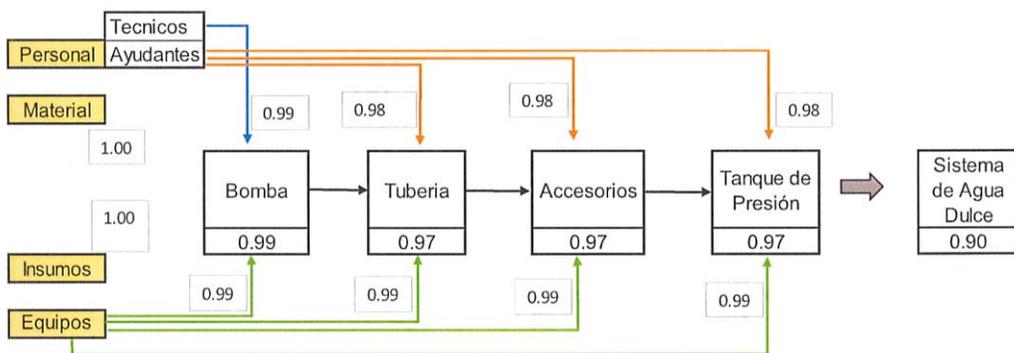
[Fuente: Elaboración Propia.]

Figura 55: Esquema de Confiabilidad Grupo 400.



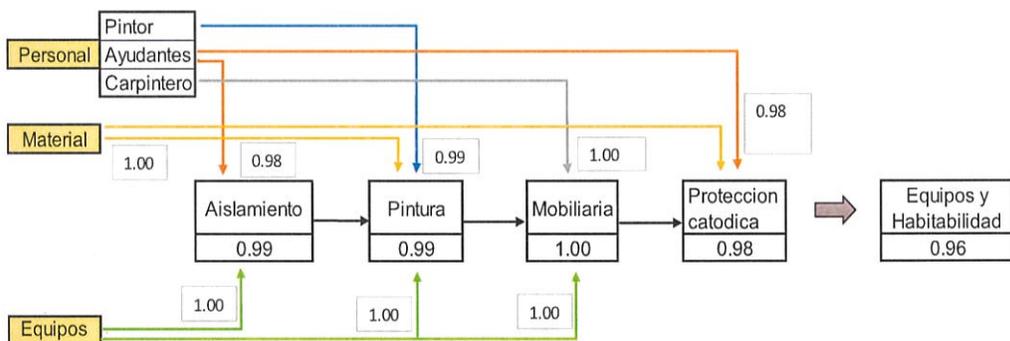
[Fuente: Elaboración Propia.]

Figura 56: Esquema de Confiabilidad Grupo 500.



[Fuente: Elaboración Propia]

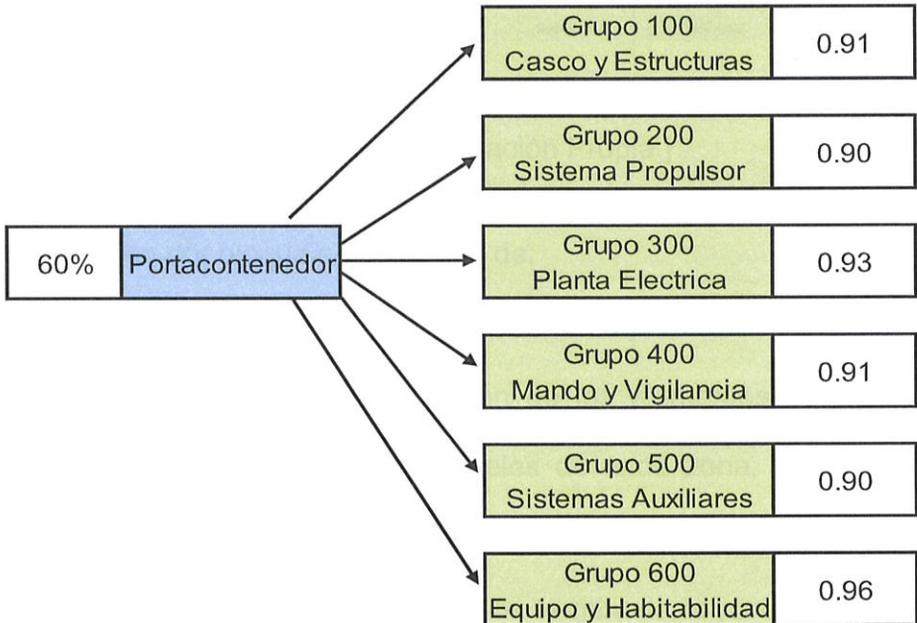
Figura 57: Esquema de Confiabilidad Grupo 600.



[Fuente: Elaboración Propia.]

En los esquemas de confiabilidad de cada grupo tecnológico se considera las peores condiciones que se pueden dar. La probabilidad de falla más alta es 10% y pertenece a los grupos 200 y 500 (Planta Propulsora y Sistemas Auxiliares), el grupo 100 y 400 (Casco y Estructura, y Mando y Vigilancia) con 9% de falla, el grupo 300 – Planta Eléctrica con 7% de falla, y el grupo 600 – Habitabilidad con el valor más bajo de falla de 4%. Por lo tanto, la fiabilidad de la construcción será del 60% como se ilustra en la Figura 58, este valor tiene que ser mejorado con capacitación del personal operativo y mejora de los equipos usados en la construcción.

Figura 58: Resumen de Confiabilidad por Grupos Tecnológicos.

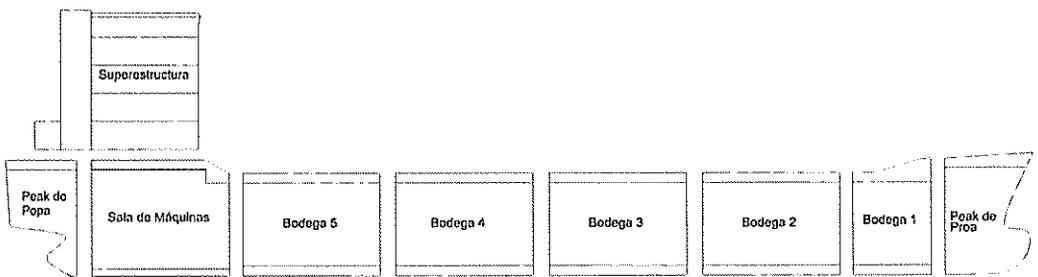


[Fuente: Elaboración Propia.]

4.5. Planificación de la Obra.

La planificación es un paso antes de la construcción y permite organizar los trabajos en el tiempo adecuado con el fin de terminar el buque en el lapso previsto. La construcción del buque portacontenedor Feeder será en bloques; peak de popa, sala de máquinas, bodega 5, bodega 4, bodega 3, bodega 2, bodega 1, peak de proa, y, superestructura, como se ilustra en la Figura 59.

Figura 59: Módulos para la construcción por bloque.



[Fuente: Elaboración Propia.]

La construcción por bloque se compone de:

- **Bloque de casco.-** Es la construcción de la parte estructural del casco del buque. Inicia con elaboración de los elementos estructurales y tracas, luego se arman los paneles de cada zona, y por último se ensamblan los paneles formando el bloque.
- **Equipamiento del Bloque.-** Una vez terminado la parte estructural del bloque, se instalan los equipos y sistemas disponibles como son motores, tuberías, accesorios, etc.

- **Ensamble de bloques.**- Los bloques terminados se van ubicando en el respectivo sitio, ya sea dique seco o una cama de varamiento para su unión.

Para realizar el cronograma de actividades de la construcción del buque, se debe considerar principalmente las Horas-Hombre estimadas, como se muestra en la Tabla LXXV. Además se debe tener en cuenta el personal operativo que se dispone para cada grupo tecnológico, ver Tabla LXXVI. A partir de estos dos parámetros principales se planifica la construcción de la embarcación, tomando en cuenta que el tiempo es de 14 meses.

Tabla LXXV: Hora-Hombre por grupos tecnológicos.

Grupo	Ítems	Horas - Hombre
100	Casco y Estructura	902204
200	Propulsión	4559
300	Planta Eléctrica	3654
400	Mando y Vigilancia	6637
500	Sistemas Auxiliares	11353
600	Equipo y Habitabilidad	6562
700	Armamento	-
900	Administración y Diseño	12977
000	Gastos Generales	-

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla LXXVI: Personal Operativo del Proyecto.

Grupo	Puesto	Personal
100	Técnico Armador	16
	Técnico Soldador	32
	Ayudante	16
200	Técnico en maquinado	4
	Técnico en combustión interna	4
	Técnico en Propulsión	3
	Ayudante	5
300	Técnico Eléctrico 1	5
	Técnico Eléctrico 2	3
	Ayudante	8
400	Técnico Electrónico 3	1
	Técnico Electrónico 1	2
	Ayudante	12
500	Técnico de Sistemas Auxiliares	5
	Ayudante	5
600	Pintor Naval	5
	Ayudante	2
	Carpinteros	3
900	Maniobras	16
	Operador de Grúas	3
	TOTAL	150

[Fuente: Elaboración Propia.]

Dada que la construcción es por bloques se realizara la estimación del tiempo en base a número de horas-hombres de cada uno de los compartimento. En este lapso de tiempo se incluye el corte de las planchas para luego formas las

tracas y elementos estructurales. Luego se armaran los paneles los cuales facilitarían la construcción del bloque, todo este proceso será estimado por las H-H totales de los bloques. En número de horas-hombre estimado por compartimento se los muestra en la Tabla LXXVII, esta estimación se la realizó en la optimización estructural.

Tabla LXXVII: Hora-Hombre de Casco y Estructuras por compartimentos.

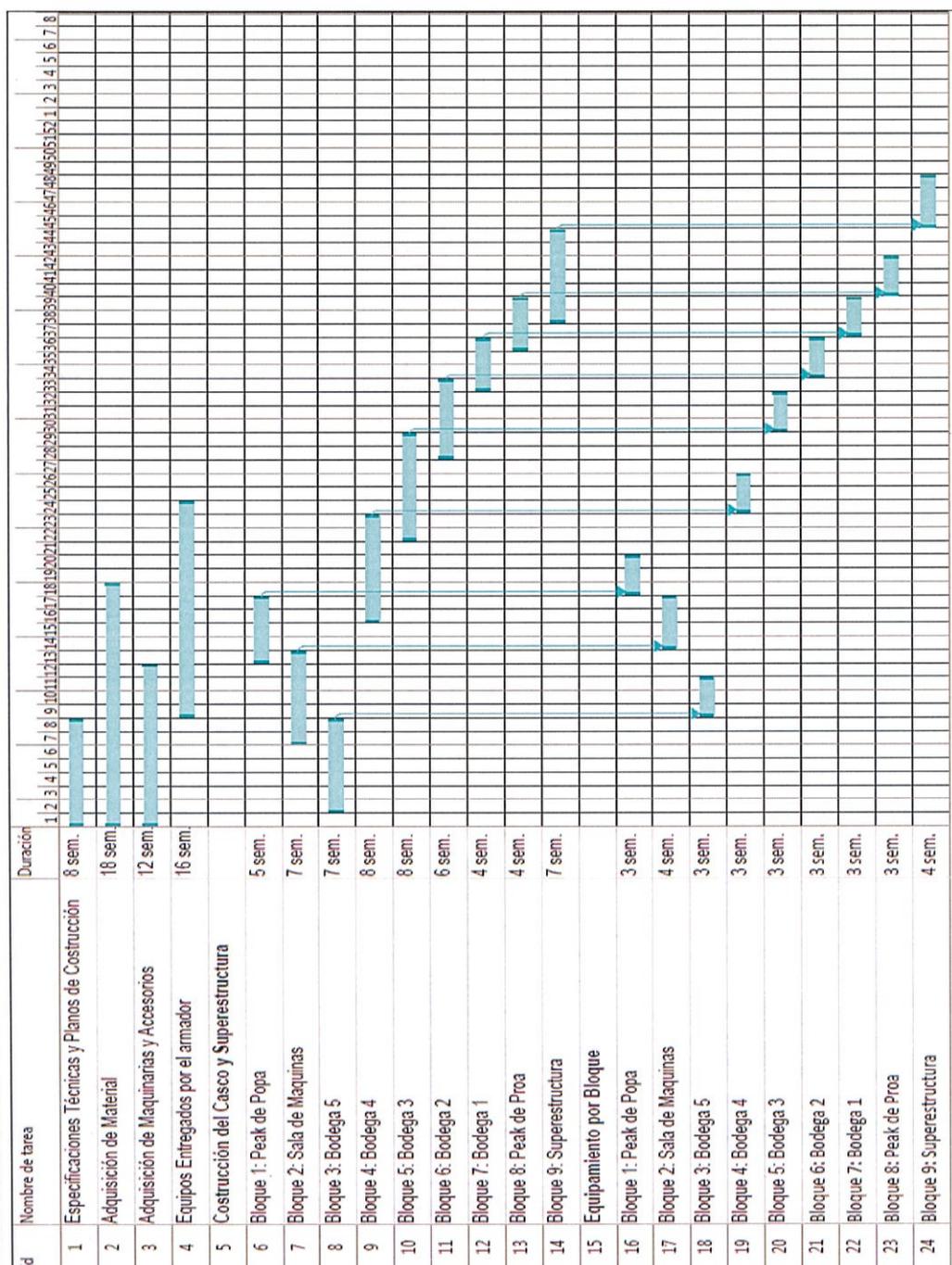
Grupo 100		
Bloque	Compartimento	Horas - Hombre
1	Peak de Popa	5947
2	Sala de Maquinas	4512
3	Bodega 5	12853
4	Bodega 4	15140
5	Bodega 3	13682
6	Bodega 2	10735
7	Bodega 1	5807
8	Peak de Proa	11612
9	Superestructura	11917

[Fuente: Elaboración propia.]

Una vez terminada las especificaciones técnicas y los planos de construcción por parte de la Gerencia de Proyectos, se inicia con la recolección de los materiales, maquinarias y accesorios, y equipos del buque en un lapso máximo de 18 semanas. La construcción estructural inicia desde el tercer bloque (bodega 5) continuando con los de popa, y luego los bloques de proa.

Las dos primeras semanas de construcción de cada bloque se dedicaran al corte y soldado de los paneles. Dos semanas antes de terminar un bloque se inicia con el siguiente y el personal operativo de grupo 100 se divide en dos. Apenas termina cada bloque estructura se inicia con el equipamiento (tuberías, accesorios, equipos, etc). Una vez terminado el la parte estructural y equipamiento, se inicia con el sistema eléctrico seguido del grupo de mando y vigilancia, en la cual se montaran todos los equipos electrónicos. Luego se realiza el montaje del aislamiento y acomodación. Por último, se dan acabados como: sand-blasting, pintura e instalación de protección catódica. Finalmente se prepara el lanzamiento y pruebas de muelle y mar, en la Figura 60 se presenta el diagrama Gantt de la planificación de construcción.

Figura 60: Diagrama de Gantt 1 del Proceso de Construcción del buque.



CONCLUSIONES

Una vez finalizada las etapas del diseño y haber realizado el análisis de factibilidad del proyecto y análisis confiabilidad de la construcción para un buque Portacontenedor Feeder de 200 Teu's se indica las siguientes conclusiones:

1. Luego de haber completado la tres primeras vueltas de la espiral de diseño, donde: en la etapa Conceptual se determinó las dimensiones principales en forma regresional, en la etapa Preliminar se analizó las formas y dimensiones aplicando las reglas dadas por la sociedad clasificadora, en el diseño Definitivo se validó y mejoro el diseño Preliminar en algunos casos mediante optimización. Por lo tanto, se diseñó un buque Portacontenedor Feeder de 200 Teu's, que cumple

con los requerimientos del armador y las necesidades que demanda su operatividad.

2. Con la información propuesta por SOLAS se detalla el aislamiento térmico y acústico adecuado para el buque brindando la mayor seguridad al buque y confort a la tripulación. Además, cuenta con los equipos de salvamento, navegación y comunicación, como medida de prevención y seguridad a la tripulación y auxilio en caso de zozobra.
3. Frente a la limitación de calado en el puerto de Guayaquil debido a restricción de profundidad, se analiza la resistencia añadida por efecto de restricción de canal con un incremento del 40% de la resistencia total. También se ve afectado por el fenómeno Squat que genera un asiento de 0.42 m, manteniendo un claro de quilla de 1.05 m. A pesar de estos factores el buque navega en el puerto de Guayaquil sin problemas con una velocidad de 11 nudos.
4. En la estimación del costo de construcción del buque se incluye la mano de obra (H-H), materiales, equipos de operación, e insumos, para cada grupo tecnológico en un tiempo estimado de 14 meses. Obteniendo un costo final de construcción de \$ 12,099,632.99, el

mismo que será financiado mediante un préstamo bancario con un interés total de \$ 3,355,586.81 a un plazo de pago de 10 años.

5. Una vez realizada la estimación de costos se establece cuatro escenarios, Tabla LX, para evaluar la factibilidad del proyecto mediante el VAN y el TIR. Luego de las consideraciones de la navegación y de haber establecido los costos de los fletes, se obtiene un Tasa Interna de Retorno (TIR) mayor a la Tasa mínima atractiva de rendimiento del mercado en los cuatro escenarios, con un Valor actual neto aceptable. Por lo tanto, el proyecto es económicamente viable.

RECOMENDACIONES

1. Para mejorar el diseño del buque Portacontenedor Feeder se recomienda realizar otra etapa de la espiral de diseño, en la cual se pueda mejorar los Grupos Tecnológicos enfatizando el análisis en el 300-Planta Eléctrica y 500-Sistemas Auxiliares.
2. En beneficio del armador se recomienda realizar un análisis de confiabilidad de los sistemas a bordo, con el fin de poder garantizar la construcción y operatividad del buque en un lapso de tiempo adecuado.
3. En pro al desarrollo de la Ingeniería Naval se recomienda que los Ingenieros se involucren más en la construcción de buques cargueros certificados, utilizando herramientas informativas que corroboren los cálculos navales en mejora de la seguridad marítima.

ANEXOS

Anexo A

BASE DATOS Y REGRESIONES LINEALES DE BUQUES

PORTACONTENEDORES

El análisis regresional del Buque portacontenedor se lo hace en función a una base de datos que se obtuvo por medio de diferentes sitios web, como se muestra en la Tabla LXXVIII.

Tabla LXXVIII: Base de Datos de Buques Portacontenedores.

Buque	TEU's	L, [m]	B, [m]	D, [m]	H, [m]	DWT	P [hp]
Ragne	508	101	19	8.3	5.5	5215	3825
Elisabeth	658	118	18	9.2	7.2	6842	–
Cartagena	508	101	18	8.3	4.7	5218	3825
Pioneer Bay	518	101	19	8.4	6.8	5600	3960
Marus	340	99	16	6.4	5.1	3950	3380
Katharina B	505	100	18	8.5	4.9	5276	3960
Medazov Rosa	366	98.7	16.9	7.5	5.3	4850	2940
Hai Shu Li	186	87	13	–	5.3	3599	–
MV Han Se	215	93.3	15.7	8	5.8	3924	3224
HanPo	215	94	16	–	5.8	4174	–
En Peng	150	80	13	–	4.3	2351	–
Heung-A Pusan	204	93	16	–	4.4	3795	–
Island Intrepid	124	85.3	13.8	–	4.8	2174	–
Surya Samura	100	80	13	–	5	2405	–
Halcon Del Mar	124	85.3	13	–	5.4	2210	2501
Lian Fa 67	150	84	14	–	3.6	2243	–
Double Happiness	226	84.6	15	–	4.5	3285	–

[Fuente: Elaboración Propia.]

El buque prototipo será el MV Han Se con una eslora de 93.3 m, con un peso muerto de 3224 ton, el cual posee una capacidad de 215 Teus. Las relaciones adimensionales de la base de datos se los muestra en la Tabla LXXIX.

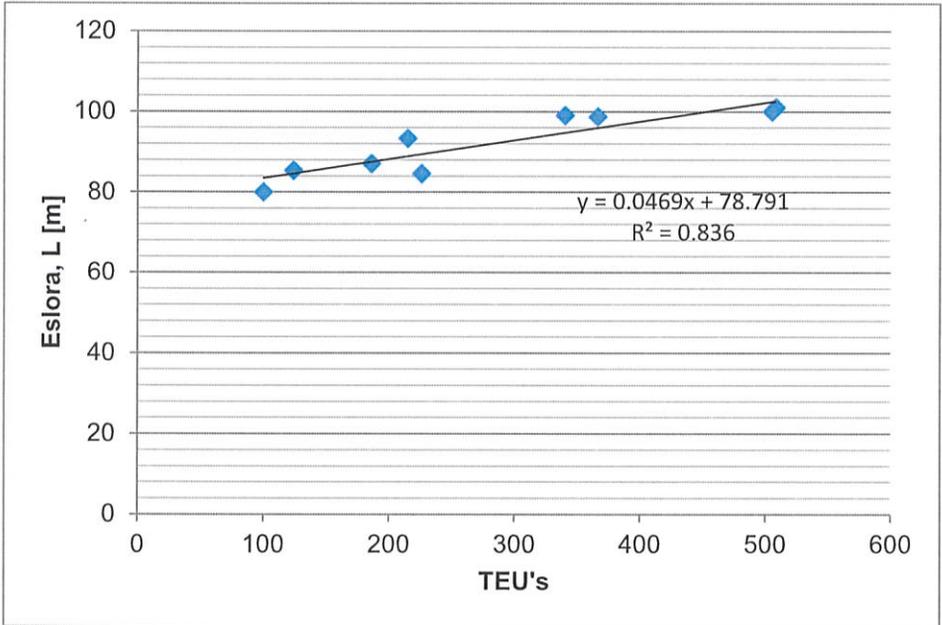
Tabla LXXIX: Relaciones Adimensionales de Buques de la base de datos.

Buque	L/B	L/T	B/T	Fn
Ragne	5.32	18.36	3.45	0.25
Elisabeth	6.56	16.39	2.50	0.27
Cartagena	5.61	21.49	3.83	0.19
Pioneer Bay	5.32	14.85	2.79	0.25
Marus	6.19	19.41	3.14	0.24
Katharina B	5.56	20.41	3.67	0.19
Medazov Rosa	5.84	18.62	3.19	0.25
Hai Shu Li	6.69	16.42	2.45	0.16
M/V Han Se	5.94	16.09	2.71	0.20
HanPo	5.88	16.21	2.76	0.19
En Peng	6.15	18.60	3.02	0.19
Heung-A Pusan	5.81	21.14	3.64	0.21
Island Intrepid	6.18	17.77	2.88	-
Km Surya Samura V	6.15	16.00	2.60	-
Halcon Del Mar	6.56	15.80	2.41	-
Lian Fa 67	6.00	23.33	3.89	-
Double Happiness	5.64	18.80	3.33	0.15

[Fuente: Elaboración Propia.]

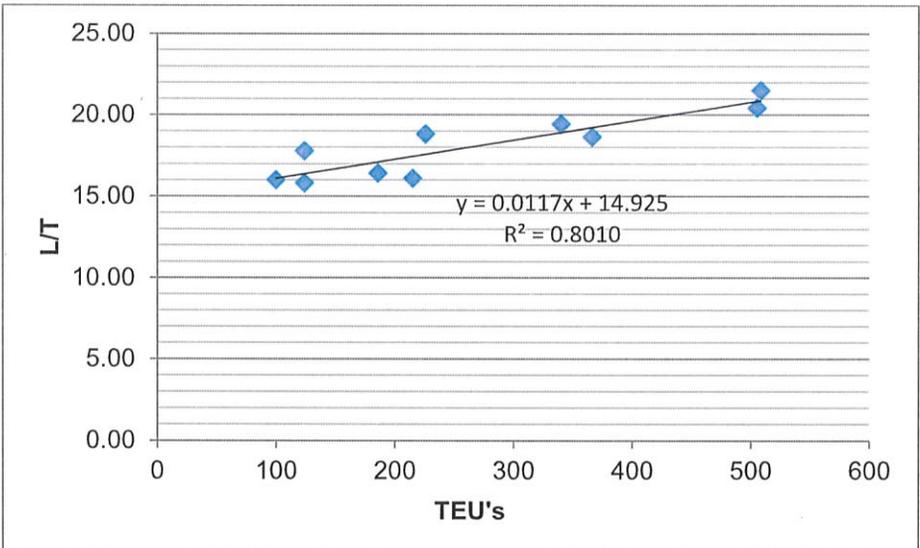
A continuación se muestran las gráficas regresionales que se usaran para el obtener las dimensiones regresionales en el diseño conceptual.

Figura 61: Grafica de Eslora vs Numero de Teu's.



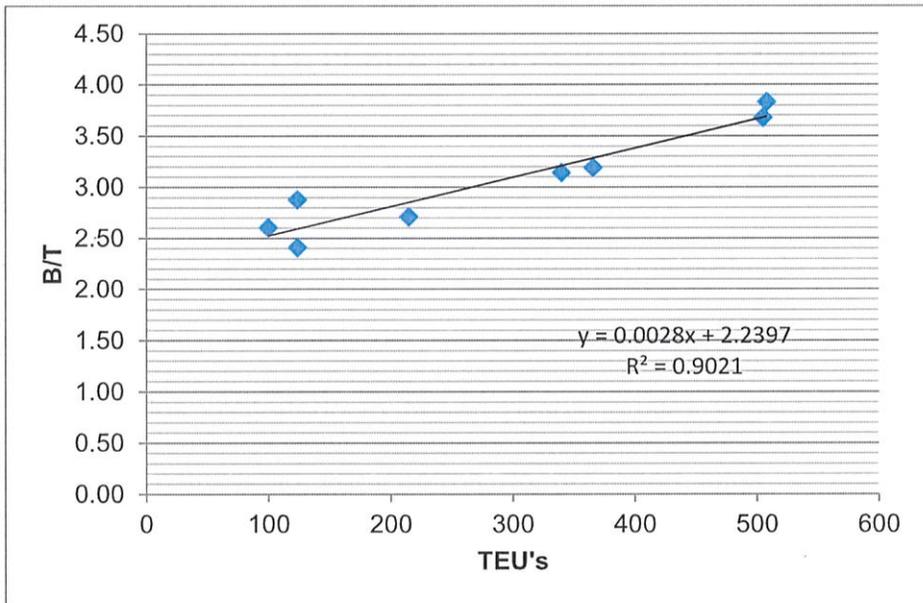
[Fuente: Elaboración Propia.]

Figura 62: Grafica Relación adimensional L/T vs Teu's.



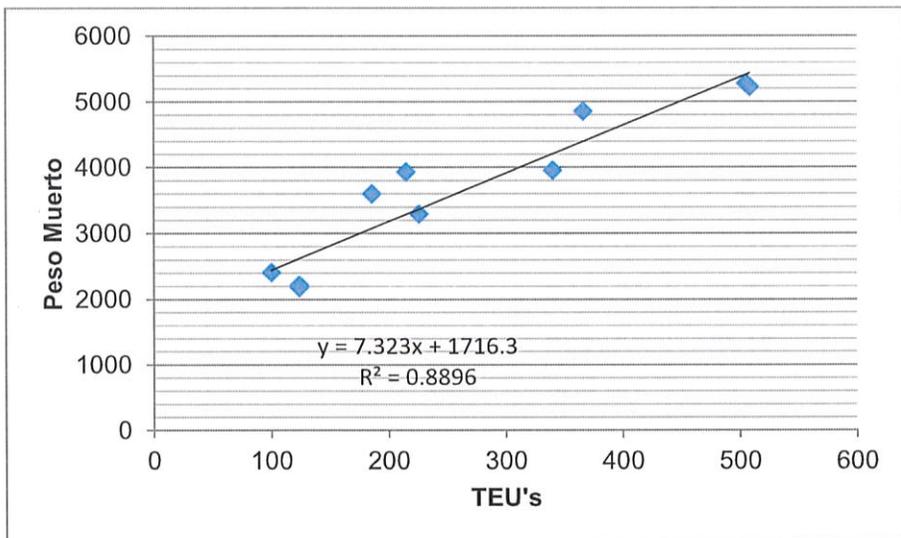
[Fuente: Elaboración Propia.]

Figura 63: Grafica de Relación adimensional B/T vs TEU's.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Figura 64: Grafica de Peso Muerto vs Teu's.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Arqueo Neto, NT.

El arqueo neto se calcula mediante la siguiente fórmula dada por el convenio de arqueo:

$$NT = K_2 \cdot V_C \cdot \left(\frac{4T}{3D}\right)^2 + K_3 \cdot \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right)$$

$$K_2 = 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10} V_C$$

$$K_3 = 1.25 \cdot \frac{GR + 10000}{10000}$$

donde T es el calado en metros, D es el puntal en metros, N_1 es el número de tripulantes, N_2 es el número de pasajeros, y V_C es el volumen total de los espacios de carga en metros cúbicos.

- El factor $\left[\frac{4T}{3D}\right]^2$ no se tomara inferior a 1;
- El término $K_2 \cdot V_C \left[\frac{4T}{3D}\right]^2$ no se tomara inferior a 0.25 GT; y
- NT no se tomara inferior a 0.3 GT.

En la Tabla CX se muestra los volúmenes de las bodegas de carga:

Tabla CX: Volúmenes en cada bodega.

	Volumen [m³]
Bodega 5	1720.356
Bodega 4	1753.612
Bodega 3	1749.017
Bodega 2	1508.872
Bodega 1	263.616
Total	6995.47

[Fuente: Elaboración Propia]

Tabla CXI: Calculo del arqueo neto.

D	9.30
T	5.81
K2	0.277
K3	1.674
N1	9
N2	13
$[4T/3D]^2$	0.69
$K2*V_c*[4T/3D]^2$	1344.00
NT	1361.24

[Fuente: Elaboración Propia]

Anexo M

OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA HÉLICE.

El principal objetivo es la optimización de la hélice con el fin que sea lo más eficiente posible cumpliendo las debidas restricciones. Las variables de diseño que intervienen en la optimización son las dimensiones de la hélice, las mismas estarán incluidas indirectamente en la función objetivo.

Variables de Diseño.

- Diámetro de la hélice
- Paso
- RPM de la hélice

Restricciones de optimización.

Las restricciones de diseño para la optimización son:

- Diámetro, D , menor o igual al 90% del calado mínimo.
- Que la relación paso/diámetro, P/D , se encuentre en el rango, [21]:

$$P/D_{\min} = 0.39 \cdot V^{0.23}$$

$$P/D_{\max} = 0.52 \cdot V^{0.28}$$

- Cumplir con la igualdad de Keller es, [26]:

$$K_Q^{1/4} \cdot J^{-3/4} = \left(\frac{P_D}{2\pi \cdot \rho \cdot D^2 \cdot V_A^3} \right)^{1/4}$$

donde V es la velocidad del buque [nudos], D es el diámetro [m], P_D es la potencia DHP, V_A es la velocidad de avance [nudos], K_Q es el coeficiente de torque, y, J es el coeficiente de empuje.

Función objetiva.

La función objetivo a continuación nos permite definir las variables que determinan la geometría de la hélice:

Maximizar $f(x)$ = Eficiencia de la hélice

$$\eta_0 = \frac{J K_T}{2\pi K_Q}$$

La eficiencia de la hélice es la función apropiada para nuestro análisis de optimización, ya que en ella se involucran las características de la hélice de tipo Series-B, en adición se hace una corrección de los polinomios por el número de Reynolds, [23];

$$K_T = f_1 \left(J, \frac{P}{D}, \frac{A_E}{A_0}, Z, R_n \right)$$

$$K_Q = f_2 \left(J, \frac{P}{D}, \frac{A_E}{A_0}, Z, R_n \right)$$

Anexo B

ESTIMACIÓN DE PESOS Y CAPACIDAD DE TANQUES.

Peso por carga.

Conociendo que el peso máximo que soporta un contenedor de 20 pies es de 24 ton, se realizara el análisis de pesos para la estiba preliminar. Debido a que no todos los contenedores tienen pesos iguales y para controlar los problemas de estabilidad por centros de gravedad altos se colocan los contenedores más pesados bajo cubierto. Se considera los contenedores bajo cubierta al 70% y sobre cubierta del 55 a 60% valor recomendado por Albariño [1], obteniendo un peso de carga de aproximadamente 3124.05 ton, en la Tabla LXXX se muestra el cálculo del peso con su respectivo centro de gravedad vertical de 7.96 m.

Tabla LXXX: Estimación de Peso de Carga contenerizada.

	Teus	70%	55%		Z	M
Fila 1	23	16.8		386.40	2.48	958.272
Fila 2	34	16.8		571.20	3.83	2187.70
Fila 3	39	16.8		655.20	5.18	3393.94
Fila 4	43		14	602.00	11.20	6742.40
Fila 5	43		14	602.00	12.55	7555.10
Fila 6	20		14	280.00	13.90	3892.00
Total	202			3124.04		24729.40
VCG	7.96					

[Fuente: Elaboración Propia.]

Capacidad de Combustible.

De acuerdo al prototipo MV HanSe con un motor principal Sang Yong Heavy se tiene un consumo de combustible de 159.4 gal/Hr (600 lt/Hr) aproximadamente, y para una autonomía de 800 millas entre el Puerto de Guayaquil - Puerto de Callao, con un tiempo de 7 días de viaje.

$$\text{Capacidad_de_Combustible} = 600 \frac{\text{lt}}{\text{hr}} \cdot 7 \text{ dias} \cdot \frac{24 \text{ hr}}{\text{dia}}$$

$$\text{Capacidad_de_Combustible} = 72000 \text{ lt}$$

Para una peso específico de 0.87 kg/lt de combustible marino se obtiene un peso de 87.7 ton.

Anexo C

ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DEL BULBO DE PROA

Un bulbo es necesario siempre que se cumplan los siguientes requerimientos:

- $0.24 < Fn < 0.31$
- $5.5 < L_{pp}/B < 7.0$
- $C_B \cdot B/L_{pp} < 0.135$

Parámetros lineales para dimensionamiento del bulbo son:

- El valor adimensional del ancho, $C_{BB} = \frac{b_{20}}{B/2}$
- El valor adimensional de la longitud, $C_{LPR} = \frac{l_{20}}{L_{pp}}$
- Y el valor adimensional del alto, $C_{zB} = \frac{z}{H}$

donde b_{20} es el máximo ancho del bulbo en la perpendicular de proa. l_{20} es la longitud del bulbo medido desde la perpendicular de proa, z es la altura del bulbo medido desde la línea base hasta el punto más alejado de la protuberancia.

Los parámetros no lineales del bulbo son:

- El coeficiente de la sección transversal, $C_{ABT} = \frac{A_{BT}}{A_{MS}}$
- El coeficiente lateral, $C_{ABL} = \frac{A_{BL}}{A_{MS}}$

➤ El coeficiente volumétrico, $C_{VPR} = \frac{A_{PR}}{\nabla_{WL}}$

Donde ∇_{PR} es el volumen nominal del bulbo, A_{BT} es el área transversal del bulbo, A_{BL} es el área lateral del bulbo, y, A_{MS} es el área de la sección media.

Los coeficientes calculados para el bulbo preliminar se encuentran en el rango permisible de las curvas regresionales, [10]. En la Figura 65 se ilustran las curvas de los coeficientes lineales y no lineales.

Figura 65: Graficas regresionales de coeficientes del bulbo.

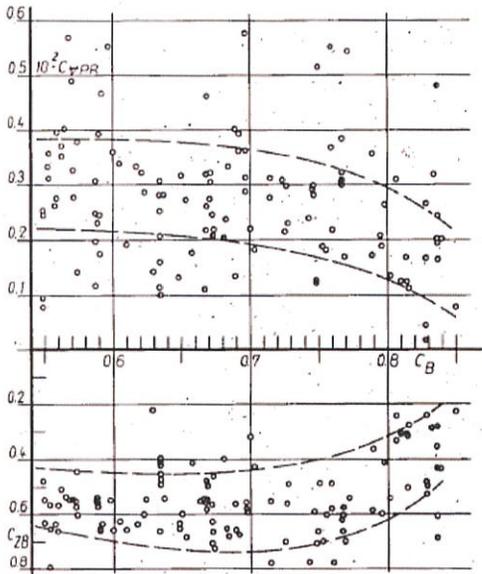


Fig. 23 Volumetric and depth parameter versus block coefficient

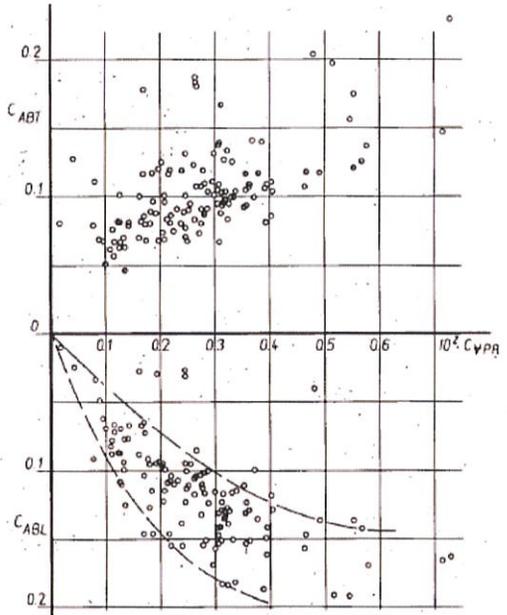


Fig. 25 Cross-section and lateral parameter versus volumetric parameter

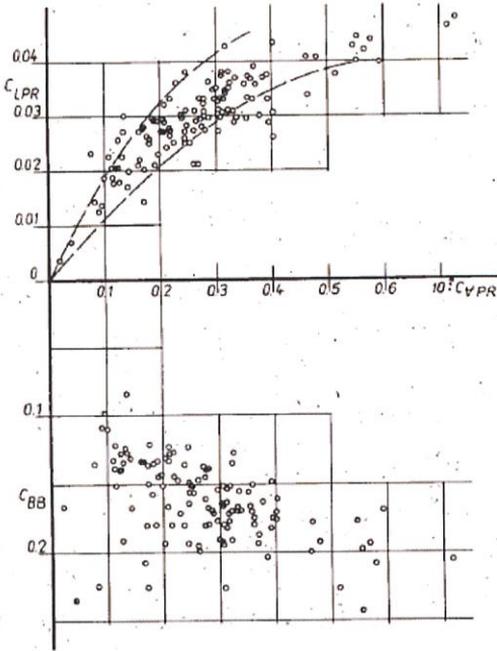


Fig. 24 Length and breadth parameter versus volumetric parameter

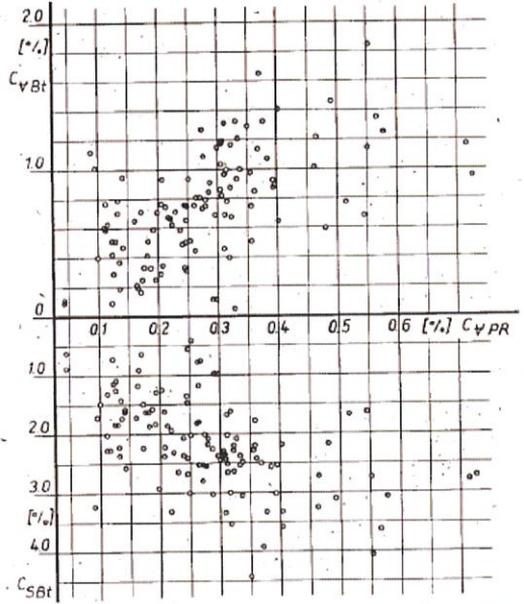


Fig. 26 Total increase of the volume (C_{VBt}) and the wetted surface (C_{SBt}) of the main hull due to a bulbous bow versus volumetric coefficient [$C_{VBt} = (\nabla_{WLW} - \nabla_{WLo}) / \nabla_{WLo}$; $C_{SBt} = (S_w - S_o) / S_o$]

[Fuente: Design of Bulbous Bows, [10].]

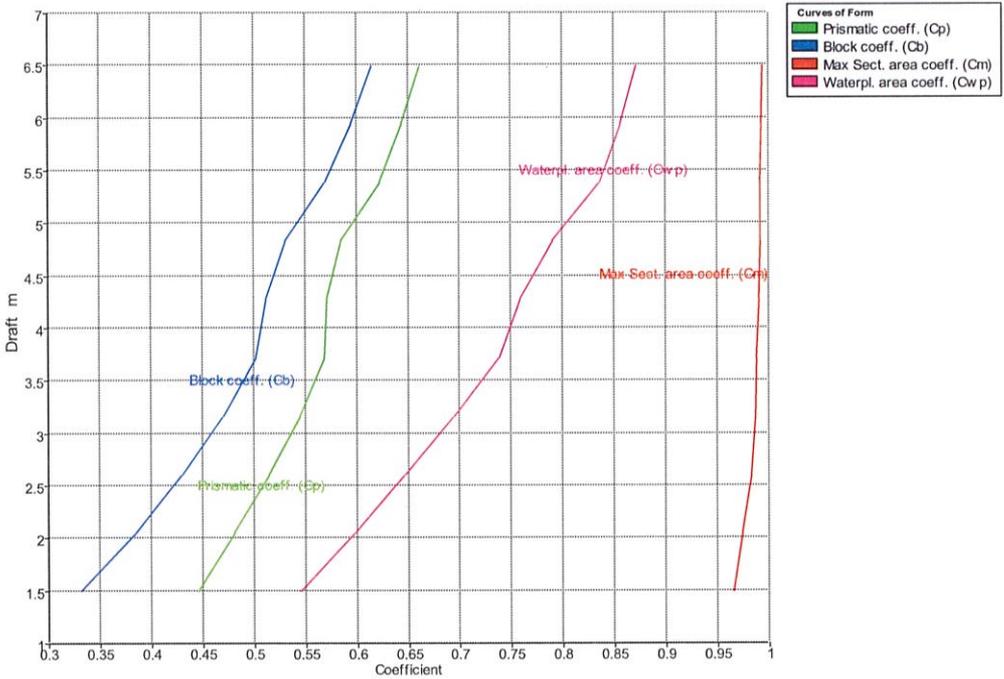
Anexo D

CÁLCULOS DE ESTABILIDAD INTACTA SIN AVERÍA.

Curvas Hidrostáticas.

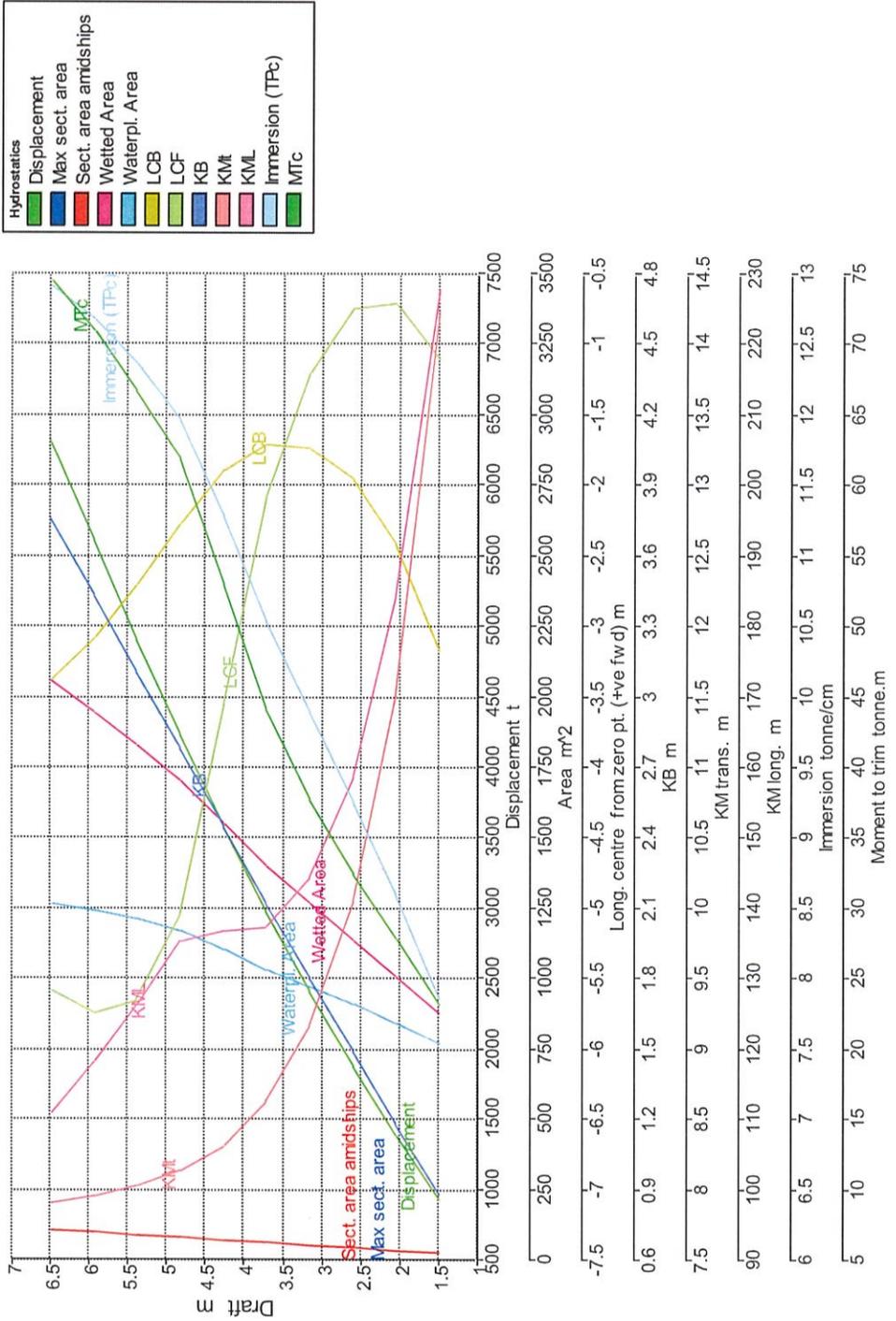
Las curvas hidrostáticas permiten conocer los parámetros principales de la embarcación a diferentes condiciones de carga. Para el su cálculo se usa el software Maxsurf Stability Advance con el respectivo asiento y LCG, de 0.911 y -3.051 metros. En las Figura 66 y Figura 67 se ilustran las gráficas de los coeficientes de formas y parámetros hidrostáticos.

Figura 66: Grafica de Curvas de Coeficientes de Formas.



[Fuente: Maxsurf Stability Advance.]

Figura 67: Grafica de Curvas Hidrostaticas.

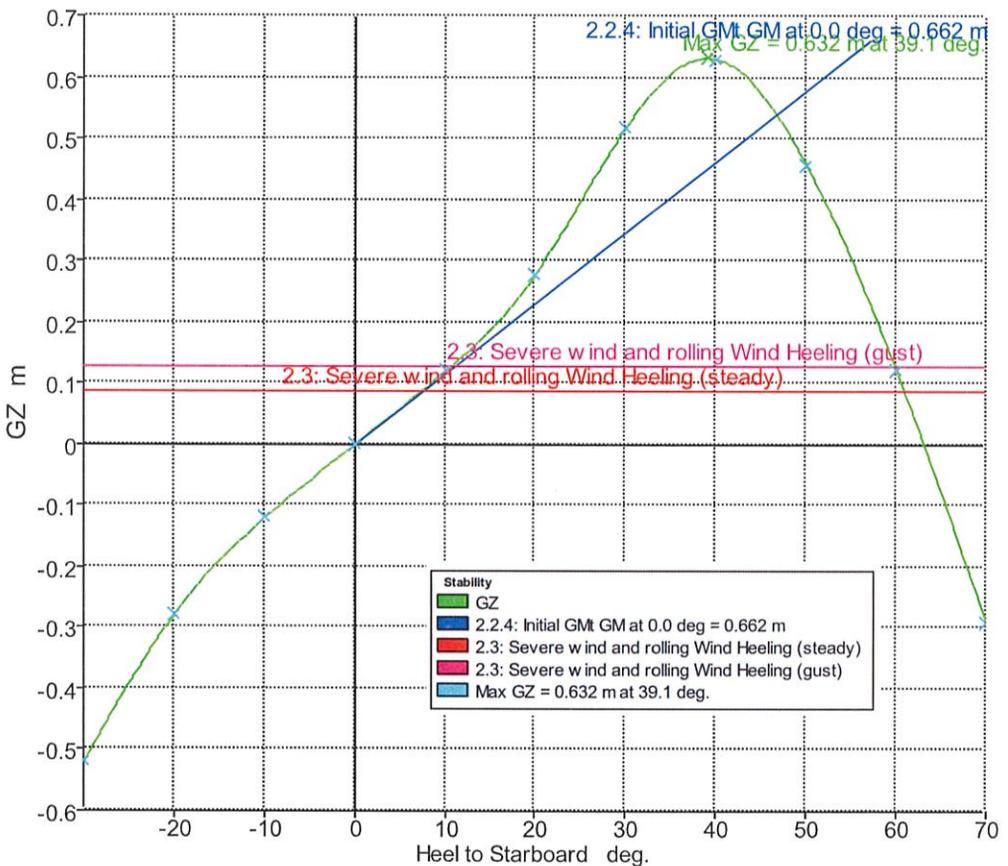


[Fuente: Maxsurf Stability Advance.]

Estabilidad a Grandes Ángulos.

El análisis a grandes ángulos de escora permite conocer los límites transversales estáticos del buque en las peores condiciones. Los criterios de la OMI regulan los máximos valores para poder mantener la seguridad de la tripulación y carga, [8]. Usando el software Maxsurf Stability Advance se obtiene la curva brazo adrizante para la máxima condición de carga asumida, como se muestra en la Figura 68.

Figura 68: Grafica de curva GZ a grandes ángulos de inclinación.

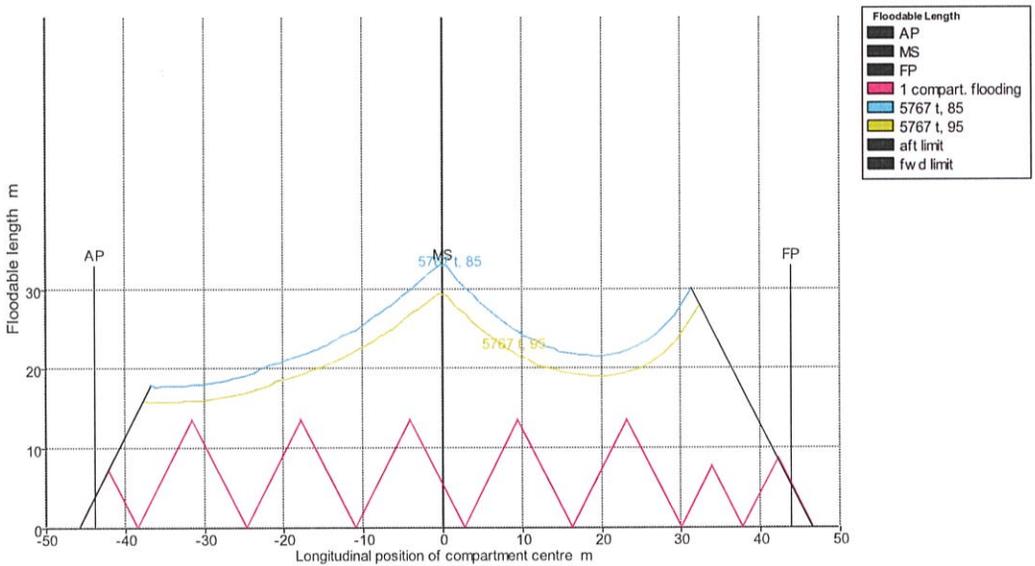


[Fuente: Maxsurf Stability Advance.]

Longitud Inundable.

El análisis de longitud inundable permite conocer la correcta ubicación de los mamparos del buque, y en caso de avería por inundación poder seguir navegando. Por medio del software Maxsurf Stability Advance se realiza el cálculo de la curva y el análisis se lo hace para avería de compartimentos individuales.

Figura 69: Grafica de Curva de Longitud Inundable.



[Fuente: Maxsurf Stability Advance.]

En la Figura 69 se muestra la curva de longitud inundable para un desplazamiento de 5749.44 ton a una permeabilidad de 95 y 85%. Se observa que en caso de avería de uno de sus compartimentos el buque podrá seguir navegando antes de recibir auxilio.

Anexo E

CALCULO DE LÍNEA DE CARGA

El francobordo se lo calcula a partir del Convenio de Líneas de Carga, en este convenio se encuentra todas la estipulaciones y requerimiento para obtener el mínimo francobordo.

Actualmente el buque tiene las siguientes características:

Tabla LXXXI: Datos para el cálculo de Francobordo.

Eslora entre perpendiculares	87.49
Manga de trazado	16.2
Puntal de trazado	9.3
Calado	6.069
C_B	0.60
C_W	0.86
Desplazamiento	5749

[Fuente: Elaboración Propia.]

Para los cálculos siguientes hay que seleccionar el tipo de buque, en nuestro caso será tipo B. El convenio de líneas de carga tiene sus estimulaciones respecto a los datos ingresados. A continuación se muestra los datos ingresado cumpliendo con estas:

- **Eslora de francobordo.**

La eslora de francobordo debe ser la mayor entre:

- ✓ El 96% de la eslora medida a un 85% del puntal de trazado, y
- ✓ La eslora entre perpendiculares

Por lo tanto la eslora de francobordo será 90.10 m.

- **Manga**

La manga de trazado será la máxima manga del buque, medida en el centro del mismo, $B = 16.2$ m

- **Puntal**

El puntal de trazado será medido desde el canto alto de la quilla hasta el canto alto del bao de la cubierta de francobordo, $D = 9.30$ m

- **Puntal de francobordo.**

El puntal de francobordo será el puntal de trazado en el centro del buque más el espesor de la cubierta de francobordo en el costado, $D = 9.30$ m

- **Coefficiente de boque**

El coeficiente de boque viene dado por la fórmula:

$$C_B = \frac{\Delta}{1.025 * L * B * D}$$

donde Δ es el desplazamiento de trazado del buque excluyendo apéndices, L , B y D son la eslora de francobordo, manga y calado al 85% del puntal.

$$C_B = \frac{8225}{1.025 * 90.10 * 16.2 * 7.91}$$

$$C_B = 0.685$$

- **Cubierta de francobordo**

La cubierta de francobordo será normalmente la cubierta completa más alta expuesta a la intemperie y al mar, por lo tanto nuestra cubierta de francobordo será la cubierta principal.

1. Francobordo Tabular.

Tomado el valor de francobordo tabular e interpolando, se obtiene un francobordo inicial de 1077.02 mm.

2. Corrección por eslora menor de 100 metros.

La corrección solo se la hará si E (longitud efectiva de superestructura) es menor que 35% de la eslora.

$$C1 = 7.5(100 - L) \left(0.35 - \frac{E}{L} \right)$$

Donde E es la longitud efectiva de superestructura.

En nuestro buque tenemos toldilla y castillo las cuales se consideran superestructuras. Para obtener la longitud efectiva hay que comprobar que las alturas de las superestructuras.

Las alturas reales de las superestructuras son:

- ✓ Toldilla, 1.330 m
- ✓ Castillo, 1.429
- ✓ Superestructura, 2.8 m

La altura normal de la superestructura para una eslora de 90.10 m es de 1.95 m. Cuando la altura de una superestructura cerrada sea inferior a la normal, E será su longitud real reducida en la relación de altura real a la altura normal,

las longitudes efectivas son:

- ✓ Toldilla, 12.74 m
- ✓ Castillo, 5.96 m
- ✓ Superestructura, 10.68 m

Por lo tanto, las correcciones por longitud de superestructura son:

- ✓ Corrección por toldilla $C1_T = 15.49$ mm
- ✓ Corrección por castillo $C1_C = 21.08$ mm
- ✓ Corrección por superestructura $C1_C = 17.20$ mm

3. Corrección por coeficiente de block.

Si el coeficiente de bloque es mayor de 0.68 se aplica esta corrección y se multiplica por este factor:

$$C_2 = \frac{C_B + 0.68}{1.36}$$

$$C_2 = \frac{0.686 + 0.68}{1.36}$$

Por lo tanto se tendrá un factor de 1.004

4. Corrección por Puntal.

Si el puntal del buque excede de $L/15$, el francobordo se aumenta en:

$$C3 = \left(D - \frac{L}{15} \right) * R$$

Donde: $R=L/0.48$

$$C3 = \left(9.3 - \frac{90.10}{15} \right) * \left(\frac{90.10}{0.48} \right)$$

$$C3 = 618.21 \text{ mm}$$

5. Corrección por superestructuras.

Cuando la longitud efectiva de la superestructura sea L , la reducción del francobordo será de 350 mm para 24 m de eslora, 860 mm para 85 m de eslora y 1070 mm para 122 m de eslora o más.

Para nuestro caso tendremos una reducción de 888.92 mm, ya que nuestras longitudes efectivas no son iguales a L se tiene que multiplicar por un porcentaje.

- ✓ Toldilla $E/L=0.141$, con un porcentaje interpolado de 9.90%.
- ✓ Castillo $E/L=0.066$, con un porcentaje interpolado de 4.63%.
- ✓ Superestructura $E/L=0.118$, con un porcentaje interpolado de 8.29%.

Como la longitud efectiva del castillo es menor que $0.07L$, la reducción no se aplica.

$$C4 = Re * \frac{PorcT}{100} + Re * \frac{PorcST}{100}$$

donde Re es la reducción por L, $PorcT$ es el porcentaje de la toldilla, $PorcST$ es el porcentaje de superestructura.

$$C4 = 888.92 * \frac{9.90}{100} + 888.92 * \frac{4.63}{100}$$

$$C4 = 161.73 \text{ mm}$$

Por lo tanto la reducción por superestructuras será de 161.73 mm.

6. Corrección por arrufo.

Para esta corrección hay que comparar la curva de arrufo normal de la real. A continuación se muestra las ordenadas de la curva de arrufo normal y real.

Tabla LXXXII: Valor de las ordenadas normales y reales.

	Ordenada Arrufo Normal [mm]	Factor	Ordenada *Factor	Ordenada Arrufo Real [mm]	Ordenada *Factor
P. Pp.	1000.80	1	1000.80	1088	1088
1/6 de P. Pp.	444.36	3	1333.07	0	0
1/3 de P. Pp.	112.09	3	336.27	0	0
Centro del buque	0.00	1	0	0	0
1/3 de P. Pr.	224.18	3	672.54	0	0
1/6 de P. Pr.	888.71	3	2666.13	0	0
P. Pr.	2001.60	1	2001.60	870	870

[Fuente: Elaboración Propia.]

Según lo que indica la regla 38. Punto 9, las sumas de los productos de la ordenada y el factor son:

Tabla LXXXIII: Suma de las ordenadas del arrufo.

	Arrufo normal		Arrufo real	
	Popa	Proa	Popa	Proa
Sumas	2670.14	5340.28	1088.00	870.00

[Fuente: Elaboración Propia.]

Por lo tanto el defecto de arrufo será en la mitad de Popa 197.77 *mm* y en la mitad de Proa 558.78 *mm*. El defecto o exceso de arrufo en cubierta será de 335.64 *mm*.

7. Corrección por altura mínima de proa.

La altura mínima de para F_b , definida como la distancia vertical en la perpendicular de proa entre la línea de flotación correspondiente al francobordo de verano asignado y la parte superior de la cubierta de intemperie en el costado no será inferior a:

$$F_b = \left(6075 \frac{L}{100} - 1875 \left(\frac{L}{100} \right)^2 + 200 \left(\frac{L}{100} \right)^3 \right) \\ * \left(2.08 + 0.609Cb - 1.603C_{wf} - 0.0129 \frac{L}{T} \right)$$

Donde C_{wf} es el coeficiente del área de la flotación a proa de $L/2$, y A_{wf} es el área de la flotación a proa de $L/2$ para el calado T .

$$C_{wf} = \frac{A_{wf}}{\frac{L}{2} * B}$$

La altura mínima de la proa debe ser 4190.96 mm, la altura real de la proa es de 3356.06 mm se tiene que hacer la siguiente corrección:

$$C_6 = 4190.96 - 3356.06$$

$$C_6 = 834.90 \text{ mm}$$

8. Francobordo total.

El francobordo total de verano es la resultante del francobordo tabular y las correcciones indicadas.

$$FB = (FBT + C_1) + C_2 + C_3 - C_4 + C_5 + C_6$$

$$FB = 2761.96 \text{ mm}$$

Anexo F

CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LA SECCIÓN MAESTRA

Siguiendo las normas dadas por Germanischer Lloyds, [9], en la Tabla LXXXV se muestra las presiones de diseño usadas para el cálculo estructural de la sección maestra. Los datos de entrada para el cálculo son:

Tabla LXXXIV: Datos para el cálculo estructural.

Parámetro	Valor	Unidad
Eslora total	92.32	m
Eslora norma	89.55	m
Manga	16.20	m
Puntal	9.3	m
Calado	6.069	m
Desplazamiento	5749.44	ton
Velocidad	11	nudos
Coefficiente de Bloque	0.60	-

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla LXXXV: Presiones de Diseño.

Presión	Formula	Valor [kN/m ²]
Carga Dinámica Externa	$p_0 = 2.1 \cdot (C_B + 0.7) \cdot c_0 \cdot f$	21.01
Carga de Cubierta a la Intemperie	$p_D = p_0 \cdot \frac{20 \cdot T}{(10 + z - T) \cdot H} \cdot c_D$	30.77
Carga de Costado	$p_s = 10 \cdot (T - z) + p_0 \cdot c_F \cdot \left(1 + \frac{z}{T}\right)$	51.81
Carga de costado 2	$p_{s1} = 10 \cdot (T - z) + p_{01} \cdot \left(1 + \frac{z}{T} \cdot \left(2 - \frac{z}{T}\right)\right) \cdot 2 \cdot \frac{ y }{B}$	63.10
Carga en fondo	$p_B = 10 \cdot T + p_0 \cdot c_F$	78.61
Carga en brazolas y mamparos	$p_A = n \cdot c \cdot (b \cdot c_0 - z)$	27.83
Carga en Doble Fondo	$p_L = p_C \cdot (1 + a_V)$	54.41
Carga en Mamparo Long	$p_{T3} = \left(4 - \frac{L}{150}\right) \cdot l_t \cdot \rho \cdot n_x + 100 \cdot p_V$	25.67

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla LXXXVI: Coeficientes para cálculo estructural.

Coeficiente	Formula	Valor
Coeficiente de ola	$c_0 = 10.75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{1.5}$	7.70
Factor de probabilidad	F	1
Factor de distribución para cubierta intemperie	c_D	1
Factor de distribución en planchaje	c_F	1
Factor de distribución	$n = 5 + \frac{L}{100} - 4 \cdot \frac{x'}{L}$	5.63
Coeficiente por superestructura	$c = 0.3 + 0.7 \cdot \frac{b'}{B'}$	1
Factor de distribución	$b = 1 + \left(\frac{x'/L - 45}{C_B + 0.2} \right)^2$	1.141
Distancia entre centro de presión y la línea de carga de verano	z'	3.531
Factor de distribución	$n_x = 1 - \frac{4}{I_t} \cdot x_1$ $I_t = 13.64$ $x_1 = 2.332$	0.316
Aceleración Adicional	$a_v = F \cdot m$ $F = 0.11 \cdot \frac{v_0}{\sqrt{L}}$ $m = 1$	0.128

[Fuente: Elaboración Propia.]

Para los elementos estructurales primarios y secundarios se usan las mismas fórmulas de presiones en cada sección, pero con un factor de reducción en la

carga dinámica p_0 . En la Tabla LXXXVII se muestra las formulas usadas para el cálculo de los módulos seccionales.

Tabla LXXXVII: Formulación de Módulos Seccionales.

Modulo Seccional	Formula	Coefficientes
Longitudinales de: Fondo	$W_l = \frac{83}{\sigma_{pr}} \cdot (m_{k1}^2 - m_a^2) \cdot a \cdot l^2 \cdot p$	$m_a = \frac{0.204 \cdot a}{l} \cdot \left[4 - \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right]$
Doble Fondo		$p = p_B = 10 \cdot T + 0.75 \cdot p_0$
Costado		$\sigma_{pr} = \sigma_{perm} - \sigma_L , m_{k1} = 1$
Doble Costado		$p = p_L$
		$p = p_S, c_F = 0.75$
		$p = p_{T3}$

[Fuente: Elaboración Propia.]

Donde a es el espaciamiento entre refuerzos secundarios, l es la longitud no soportada del elemento, σ_{perm} es el esfuerzo permisible total igual a 229.77 N/mm², σ_L es el esfuerzo normal máximo 78.32 N/mm².

Anexo G

CALCULO DE LA RESISTENCIA AL AVANCE PRELIMINAR

Para el cálculo de la resistencia se aplicara método de Holtrop, las diferentes formulaciones usadas se muestra en la Tabla LXXXVIII. Los datos de entrada son tomados de la Tabla XX de la sección 2.5.

Tabla LXXXVIII: Formulas para cálculo de la resistencia total.

Resistencia por:	Formula
Fricción	$R_f = 0.5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_F \cdot S$
Viscosa	$R_{Visc} = R_f \cdot (1 + k_1)$
Apéndices	$R_{AP} = 0.5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_F \cdot S_{AP} \cdot (1 + k_2)$
Ola	$R_W = \nabla \cdot \rho \cdot g \cdot C1 \cdot C2 \cdot C5 \cdot e^{(m1 \cdot Fn^{-0.9} + m4 \cdot \cos(\lambda \cdot Fn^{-2}))}$
Bulbo	$R_B = \frac{0.11 \cdot \exp(-3 \cdot P_B^{-2}) \cdot Fni^2 A_{BT}^{1.5} \cdot \rho \cdot g}{1 + Fni^2}$
Espejo Sumergido	$R_{TR} = 0.5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_6 \cdot A_{TR}$
Modelo – Buque	$R_A = 0.5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot C_A$
Viento	$R_{Viento} = 0.5 \cdot C_x \cdot \rho_{aire} \cdot V^2 \cdot A_{trans}$

[Fuente: Elaboración Propia.]

En la siguiente tabla se muestran los coeficientes para el cálculo de las diferentes resistencias. Los coeficientes C1, C2, C5, C6, m1 y m4 pueden ser buscados en detalle en la referencia [11] y [12].

Tabla LXXXIX: Coeficientes para cálculos de resistencia total.

Coeficientes	Formula
C_F	$C_F = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$
P_B	$P_B = \frac{0.56 \cdot A_{BT}^{0.5}}{Tf - 1.5 \cdot h_B}$
Fni	$Fni = \frac{V}{\left(g \cdot (Tf - h_B - 0.25 \cdot A_{BT}^{0.5}) + 0.15 \cdot V^2\right)^2}$

[Fuente: Elaboración Propia.]

La resistencia total será:

$$R_{Total} = R_{Casco} + R_{AP} + R_W + R_{Viento} + R_{Canal} + R_{Misc}$$

Resultados

Aplicando la formulación descrita para navegación en aguas restringidas con estado de mar se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla XC: Resistencias del Buque Portacontenedor.

V [nudos]	R _{Casco} [kN]	R _{AP} [kN]	R _{Viento} [kN]	R _w [kN]	R _{Canal} [kN]	R _{Misc} [kN]	R _{Total} [kN]
6.00	34.78	0.23	14.384	0	24.70	7.409	81.49
7.00	45.732	0.308	16.436	0	32.477	9.495	104.448
8.00	57.970	0.395	18.625	0	41.168	11.816	129.973
9.00	71.689	0.492	20.951	0	50.911	14.404	158.448
10.00	87.359	0.599	23.414	0	62.038	17.341	190.751
11.00	105.785	0.716	26.014	0	75.124	20.764	228.403
12.00	128.125	0.842	28.750	0	90.989	24.871	273.577
13.00	155.975	0.978	31.623	0	110.767	29.934	329.278
14.00	189.865	1.124	34.634	0	134.834	36.046	396.502
15.00	234.064	1.279	37.781	0	166.222	43.935	483.280

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla XCI: Resistencias por casco.

V [nudos]	R _{visc} [kN]	R _{olas} [kN]	R _B [kN]	R _{TR} [kN]	R _A [kN]	R _{Casco} [kN]
6.00	21.25	0.003	2.708	5.60	5.220	34.78
7.00	28.32	0.03	3.13	7.15	7.10	45.73
8.00	36.33	0.18	3.47	8.71	9.28	57.97
9.00	45.26	0.70	3.74	10.24	11.74	71.69
10.00	55.11	2.12	3.96	11.68	14.50	87.36
11.00	65.85	5.31	4.13	12.96	17.54	105.79
12.00	77.48	11.47	4.27	14.02	20.88	128.13
13.00	89.99	22.28	4.38	14.82	24.50	155.98
14.00	103.37	38.31	4.48	15.29	28.42	189.87
15.00	117.62	63.90	4.56	15.37	32.62	234.06

[Fuente: Elaboración Propia.]

Datos Técnicos de Motor seleccionado.

Tabla XCII: Datos Técnicos de Motor Cat3608.

TECHNICAL DATA

Engine: 3608 In-Line
Rating: MCR
Fuel: MDO

Units		Engine Speed Ratings			
		750	800	900	1000
General Data					
Engine Output ¹	bkW (bhp)	2180 (2920)	2290 (3070)	2530 (3390)	2710 (3630)
Cylinder Bore	mm (in)	280 (11.0)	280 (11.0)	280 (11.0)	280 (11.0)
Stroke	mm (in)	300 (11.8)	300 (11.8)	300 (11.8)	300 (11.8)
Displacement/Cylinder	L (in ³)	18.5 (1127)	18.5 (1127)	18.5 (1127)	18.5 (1127)
Compression Ratio		13:1	13:1	13:1	13:1
Firing Pressure, maximum	kPa (psi)	16200 (2350)	16200 (2350)	16200 (2350)	16200 (2350)
BMEP	kPa (psi)	2360 (342)	2324 (337)	2283 (331)	2201 (319)
Mean Piston Speed	m/s (ft/s)	7.5 (24.6)	8.0 (26.2)	9.0 (29.5)	10.0 (32.8)
Idle Speed	rpm	350	350	350	350
Crash Reversal Speed, minimum	rpm	300	300	300	300
Firing Order - CCW		1-6-2-5-8-3-7-4		1-6-2-5-8-3-7-4	
Firing Order - CW		1-4-7-3-8-5-2-6		1-4-7-3-8-5-2-6	
Combustion Air System					
Flow of air @ 100% load	cmm (cfm)	209.3 (7391)	220.1 (7773)	230.8 (8151)	240.8 (8504)
Air Temperature @ Air Cleaner, maximum	°C (°F)	45 (113)	45 (113)	45 (113)	45 (113)
Air Temperature after Aftercooler	°C (°F)	55.6 (132)	56.9 (134)	59.2 (139)	57.7 (136)
Air Temperature after Aftercooler, alarm	°C (°F)	75 (167)	75 (167)	75 (167)	75 (167)
Intake Manifold Pressure @ 100% load	kPa (psi)	270 (39.2)	275 (39.9)	244 (35.4)	233 (33.8)
Exhaust Gas System					
Exhaust Gas Flow @ 100% load	cmm (cfm)	449.4 (15870)	477.0 (16845)	529.0 (18681)	567.1 (20027)
Exhaust Manifold Temperature @ 100% load	°C (°F)	537 (999)	547 (1017)	582 (1080)	590 (1094)
Exhaust Stack Temperature @ 100% load	°C (°F)	368 (694)	374 (705)	411 (772)	430 (806)
Exhaust Manifold Temperature, alarm	°C (°F)	630 (1166)	630 (1166)	630 (1166)	630 (1166)
Exhaust Stack Temperature, alarm	°C (°F)	550 (1022)	550 (1022)	550 (1022)	550 (1022)
Exhaust System Backpressure, maximum	kPa (in H ₂ O)	2.5 (10)	2.5 (10)	2.5 (10)	2.5 (10)
Heat Balance @ 100% Load					
Lube Oil Cooler	kW (Btu/min.)	236 (13421)	253 (14388)	262 (14900)	288 (16379)
Jacket Water Circuit	kW (Btu/min.)	446 (25364)	460 (26160)	528 (30027)	547 (31108)
Aftercooler	kW (Btu/min.)	788 (44843)	636 (36193)	720 (40973)	884 (50306)
Total Heat rejected to Raw Water	kW (Btu/min.)	1470 (83628)	1349 (76741)	1510 (85900)	1719 (97793)
Exhaust Gas ²	kW (Btu/min.)	1145 (65159)	1451 (82572)	1813 (103173)	1869 (106359)
Radiation	kW (Btu/min.)	80 (4553)	80 (4553)	85 (4837)	88 (5008)
Fuel System					
Pump Suction Restriction, maximum	kPa (psi)	-39 (-5.7)	-39 (-5.7)	-39 (-5.7)	-39 (-5.7)
Return Line Backpressure, maximum	kPa (psi)	350 (51)	350 (51)	350 (51)	350 (51)
Manifold Pressure @ 100% load	kPa (psi)	430-676 (62.4-98)	430-676 (62.4-98)	430-676 (62.4-98)	430-676 (62.4-98)
Flow Rate, supply	Lpm (gpm)	31.5 (8.3)	33.8 (8.9)	38 (10)	41.5 (11)
Flow Rate, return	Lpm (gpm)	20.3 (5.4)	22.1 (5.8)	24.5 (6.5)	27 (7.1)
BSFC (with pumps) ¹	g/kW-hr (lb/hp-hr)	188.2 (.309)	190 (.312)	197.5 (.325)	198.3 (.326)
Lubricating Oil System					
Manifold Pressure, minimum	kPa (psi)	380 (55)	380 (55)	380 (55)	380 (55)
Manifold Pressure, alarm (650-1000 rpm)	kPa (psi)	320 (46)	320 (46)	320 (46)	320 (46)
Manifold Pressure, alarm (0-650 rpm)	kPa (psi)	120 (17)	120 (17)	120 (17)	120 (17)
Manifold Pressure, stop (650-1000 rpm)	kPa (psi)	260 (38)	260 (38)	260 (38)	260 (38)
Manifold Pressure, stop (0-650 rpm)	kPa (psi)	105 (15)	105 (15)	105 (15)	105 (15)
Manifold Temperature, alarm	°C (°F)	92 (198)	92 (198)	92 (198)	92 (198)
Manifold Temperature, stop	°C (°F)	98 (208)	98 (208)	98 (208)	98 (208)
Manifold Temperature, nominal	°C (°F)	85 (185)	85 (185)	85 (198.5)	85 (185)
Prelube Pump Capacity - intermittent	Lpm (gpm)	76 (20)	76 (20)	76 (20)	76 (20)
Prelube Pump Capacity - continuous	Lpm (gpm)	23 (6)	23 (6)	23 (6)	23 (6)
Slump Capacity (marine)	L (gal)	760 (200)	760 (200)	760 (200)	760 (200)
BSOC @ 100% load (nominal)	g/kW-hr (lb/hp-hr)	0.486 (0.0008)	0.486 (0.0008)	0.486 (0.0008)	0.486 (0.0008)

Cooling Water System - Block Cooling										
Inlet Temperature, nominal	°C	(°F)	90	(194)	90	(194)	90	(194)	90	(194)
Inlet Temperature, maximum	°C	(°F)	95	(203)	95	(203)	95	(203)	95	(203)
Inlet Temperature, minimum	°C	(°F)	83	(181)	83	(181)	83	(181)	83	(181)
Outlet Temp., before Regulator, maximum	°C	(°F)	99	(210)	99	(210)	99	(210)	99	(210)
Pump Rise (Delta P) @ 90°C (194°)	kPa	(psi)	170	(24.3)	190	(27.1)	240	(34.3)	295	(42.1)
Pump capacity	Lpm	(gpm)	1095	(289)	1168	(308.5)	1315	(347)	1460	(386)
Pump Inlet Pressure, minimum ³	kPa	(psi)	30	(4.3)	30	(4.3)	30	(4.3)	30	(4.3)
Outlet Temperature, alarm	°C	(°F)	100	(212)	100	(212)	100	(212)	100	(212)
Outlet Temperature, stop	°C	(°F)	104	(219)	104	(219)	104	(219)	104	(219)

Cooling Water System - AC/OC Cooling										
Inlet Temperature, nominal	°C	(°F)	32	(90)	32	(90)	32	(90)	32	(90)
Inlet Temperature, maximum	°C	(°F)	38	(100)	38	(100)	38	(100)	38	(100)
Pump Rise (Delta P) @ 32°C (90°F)	kPa	(psi)	170	(24.3)	190	(27.1)	240	(34.3)	295	(42.1)
Pump capacity	Lpm	(gpm)	900	(238)	960	(254)	1080	(285)	1200	(317)
Pump Inlet Pressure, minimum	kPa	(in-Hg)	-5	(-1.48)	-5	(-1.48)	-5	(-1.48)	-5	(-1.48)

Starting Air System										
Air Pressure, nominal ⁴	kPa	(psi)	1225	(175)	1225	(175)	1225	(175)	1225	(175)
Air Pressure, minimum ⁴	kPa	(psi)	620	(90)	620	(90)	620	(90)	620	(90)
Air Pressure, maximum ⁴	kPa	(psi)	1575	(225)	1575	(225)	1575	(225)	1575	(225)
Low Air Pressure, alarm	kPa	(psi)	850	(125)	850	(125)	850	(125)	850	(125)

[Fuente: Manual de Caterpillar, [17].]

Anexo H

CALCULO DE SISTEMAS AUXILIARES.

Parte 1: SISTEMA DE ESCAPE.

Para el diseño de este tipo sistema de escape hay que tener en cuenta las siguientes recomendaciones, [17]:

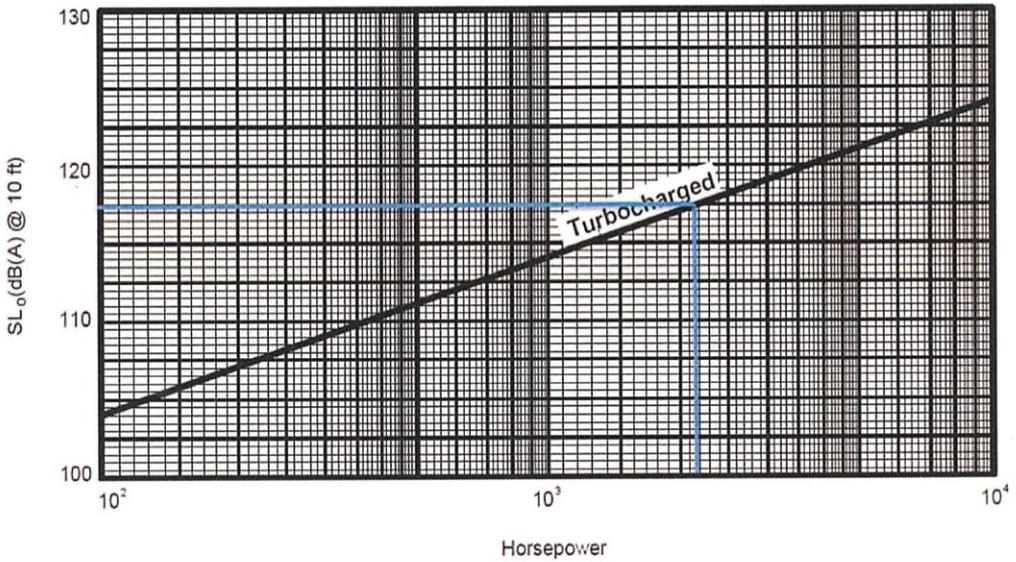
- Las tuberías de escape nunca deben apoyarse en el motor o componentes de este. Reducir las vibraciones que se producen en las tuberías de escape mediante un uso adecuado un acoples flexibles. La tubería del sistema de escape debe ser apoyada, sobre todo al lado del motor, de tal manera que su peso no sea soportado por el motor o el turbocompresor. Las tuberías del sistema de escape deben estar diseñado de acuerdo al límite máximo de contrapresión para el motor. Evitar que las tuberías de escapes estén cercas de bombas, filtros, líneas, tanques de combustibles, con una distancia mínima de 229 mm (9 pulg). Extender los tubos de escape hacia arriba y lejos del sistema de admisión, de la sala de máquinas para evitar calor, humos y olores.
- La disipación de calor se reduce mediante el uso de aislamientos de alta temperaturas de acuerdo el sistema.

- Los protectores de metal para las tuberías de escape que pasen a través de mamparos o cubiertas deben ser 305 mm (12 pulg) de diámetro mayor de los tubos de escapes.
- El corte a la salida del tubo de escape debe ser de $[30^{\circ}-45^{\circ}]$ en vez de 90° con el fin de evitar turbulencias y ruido. Además deben estar diseñado para evitar que el agua entre al sistema de escape. En caso de lluvias, se recomienda usar tapas a la salida de los tubos de escapes, las mismas que se abrirá con la presión que salen los gases.

Selección del silenciador.

Para la sección del silenciador primero se obtiene el ruido producido por el motor a través de la potencia. Un motor de 3393 hp genera un ruido de 117 dB de acuerdo a la gráfica dada por Caterpillar que se ilustra en la Figura 70.

Figura 70: Ruido generado por el motor vs Potencia.



[Fuente: Manual de Caterpillar, [17].]

La reducción de ruido (NR) para un silenciador MSA1 es 20 dB. El nivel del ruido con silenciador instalado será:

$$SL' = SL_0 - NR$$

$$SL' = 117 - 20$$

$$SL' = 97$$

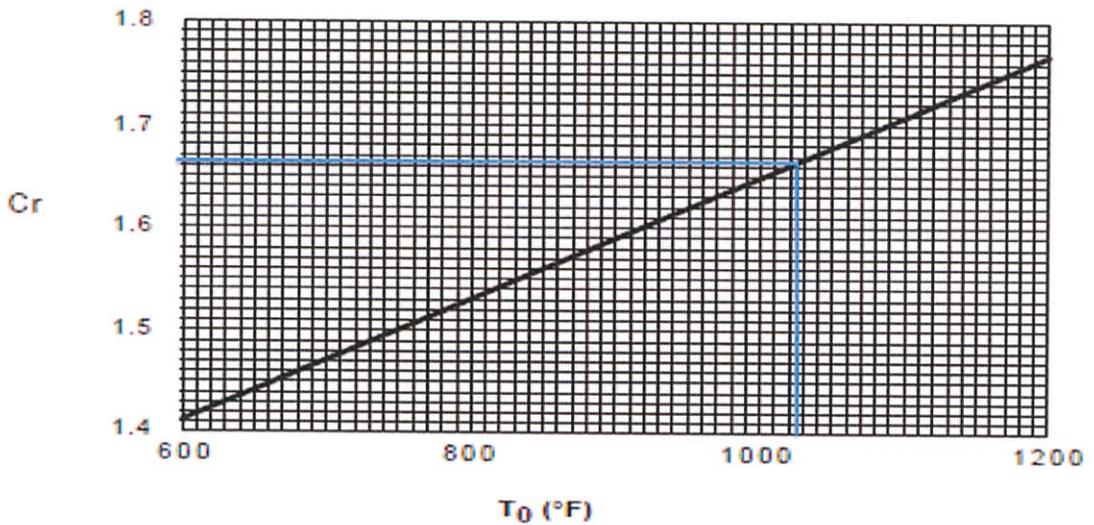
Para la selección de las dimensiones del silenciador se calcula el área de requerida, con la fórmula que se muestra a continuación, [17] :

$$A_0 = \frac{Q}{V_S \cdot C_R}$$

donde Q es el flujo del sistema de escape en pies^3/min , V_S es la velocidad estándar de los gases de escape en pies/min y no mayor a 18000 pies/min , y C_R es el coeficiente de corrección por velocidad.

Caterpillar recomienda para este tipo de silenciador que la caída de presión, ΔP , no sobrepase los 4 pulg H_2O a una velocidad de gas estándar de 5000 pies/min . El flujo de los gases del motor es de 18681 pies^3/min tomado de la Tabla XCII del Anexo G. El factor de corrección por velocidad para una temperatura de gas de 1022 °F es de 1.66, ver la gráfica que se ilustra en la Figura 71.

Figura 71: Grafica de Factor de corrección de velocidad vs Temperatura de escape del gas.



[Fuente: Manual de Caterpillar, [17].]

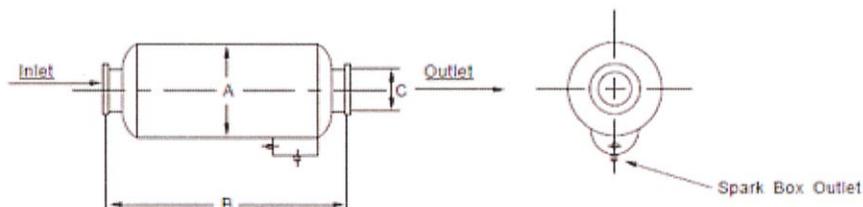
Con esto se tiene un área de silenciador de:

$$A_0 = \frac{18681}{5000 \cdot 1.66}$$

$$A_0 = 2.25 \text{ pies}^2$$

Tabla XCIII: Especificaciones de Silenciadores de escape.

MSA1						
Size mm (in)	Dimensions			Weight kg (lb)	Area m ² (ft ²)	NR db
	A	B	C			
305 (12)	76 (30)	175 (69)	305 (12)	259 (570)	.08 (785)	20
356 (14)	91 (36)	196 (77)	356 (14)	338 (745)	.10 (1.07)	20
406 (16)	102 (40)	221 (87)	406 (16)	484 (1090)	.13 (1.39)	20
457 (18)	114 (45)	254 (100)	457 (18)	649 (1430)	.16 (1.77)	20
508 (20)	127 (50)	274 (108)	508 (20)	812 (1790)	.20 (2.18)	20
559 (22)	137 (54)	285 (116)	559 (22)	1002 (2210)	.25 (2.64)	20
610 (24)	152 (60)	325 (128)	610 (24)	1200 (2645)	.29 (3.14)	20
660 (26)	163 (64)	345 (136)	660 (26)	1338 (2950)	.34 (3.68)	20
711 (28)	173 (68)	384 (151)	711 (28)	1742 (3840)	.40 (4.28)	20
762 (30)	183 (72)	411 (162)	762 (30)	2028 (4470)	.46 (4.91)	20



[Fuente: Manual de Caterpillar, [17].]

Para un área de 2.25 pies² se selecciona un silenciador de 22" de diámetro.

Cálculos de las pérdidas de presión.

1. Pérdidas por las tuberías.

Para este análisis se ha utilizado las formulaciones propuestas por Caterpillar de los diferentes accesorios para la longitud equivalente. En nuestro caso se han instalados codos estándar con longitud equivalente igual a:

$$L = \frac{33 \cdot D}{X}$$

donde D es el diámetro de la tubería de escape en mm, X es la longitud del codo de aproximadamente 1000 mm. En la Tabla XCIV se muestra las longitudes equivalentes de los tramos de tuberías.

Tabla XCIV: Longitud equivalente de tuberías.

Cantidad	Longitud equivalente de tuberías	Dimensión [m]
1	Tubería	1.45
1	Silenciador	2.95
2	Codo	18.44
1	Tubería[m]	10.03
1	Tubería[m]	13.43
Total		61.79

[Fuente: Elaboración Propia.]

Para obtener las pérdidas de presión por la longitud equivalente antes calculada se utiliza la siguiente formulación propuesta por Caterpillar [17].

$$P(\text{kPa}) = \frac{L * S * Q^2 * 3.6 * 10^6}{D^5}$$

donde L es la longitud equivalente de las tuberías en metros, S es la densidad del gas en kg/m^3 , y Q es el flujo del gas en m^3/min . La densidad del gas se la calcula con las formula mostrada a continuación, [17],

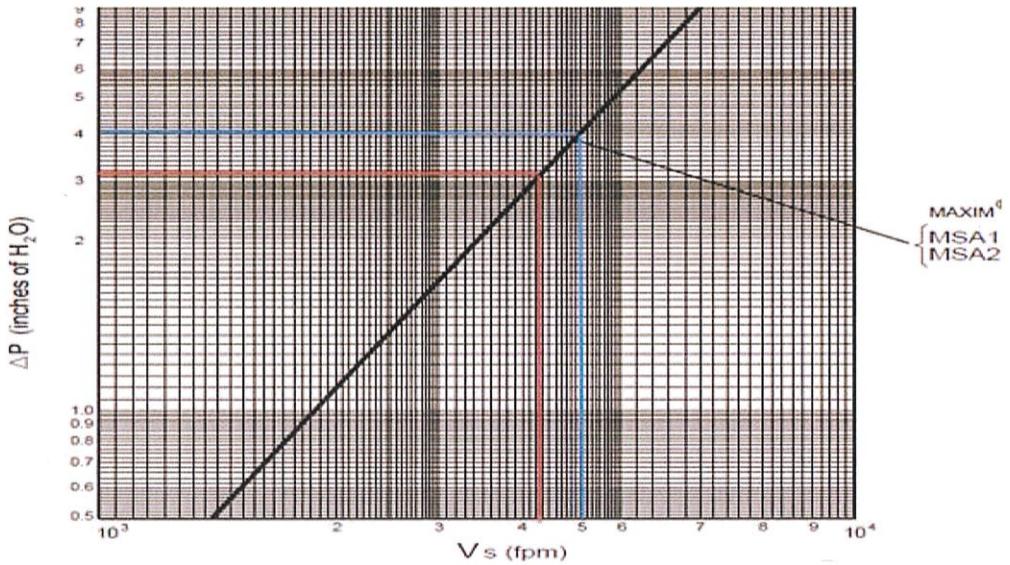
$$S = \frac{352.5}{T_{\text{escape}} + 273}$$

Para una temperatura de escape de $550\text{ }^\circ\text{C}$ la densidad del gas es de $0.428\text{ kg}/\text{m}^3$. Por lo tanto, la perdida de presión en el sistema de escape por tuberías y accesorios es de 0.489 kPa , para un diámetro de $22''$ con un flujo de $529\text{ m}^3/\text{min}$ ($18681\text{ pies}^3/\text{min}$), y una longitud equivalente de 61.70 m .

2. Perdidas de presión por el silenciador.

Debido al cambio a una área de 2.64 pies^2 se debe realizar la corrección de velocidad por medio del coeficiente C_R , obteniendo una velocidad de gases de $4262.7\text{ pies}/\text{min}$ con una caída de presión de $3.1\text{ pulg H}_2\text{O}$ lo cual equivale a 0.77 kPa , la caída de presión es tomada de la Figura 72.

Figura 72: Caída de presión vs Velocidad del gas en el silenciador.



[Fuente: Manual de Caterpillar, [17].]

3. Pérdidas de presión por los componentes del sistema de escape.

El cálculo de estas pérdidas de presiones del sistema de escape para cada uno de los componentes es:

Tabla XCV: Pérdida de presión por los componentes.

Cantidad	Item	Longitud Equivalente [m]	ΔP [kPa]
1	Adaptador rectangular de 14 pulg	-	0.25
1	Conexión flexible de 14 pulg	0.306	0.023
1	Expansión de 14 a 22 pulg	4.26	0.034
3	Conexión flexible de 22 pulg	0.306	0.002
1	Exhaust Opening to Atmosphere	-	0.55
Total			0.864

Parte 2: CIRCUITO DE AGUA DULCE.

Para una tripulación de 22 personas las cuales consume aproximadamente 50 lt de agua potable al día, se necesita dos tanques con una capacidad de 11.25 m³ (2967 gal). Para el cálculo de la potencia de este circuito se obtiene el caudal efectivo, Q_E , para un factor de simultaneidad de 45% en un tiempo de consumo de 10 min.

$$Q_E = \frac{FS \cdot Q_{TD}}{t}$$

donde Q_{TD} es el caudal total que consume la tripulación al día con 290.59 gal, FS es el factor de simultaneidad, y t es el tiempo de consumo el cual se asumirá de 10 minutos. Por lo tanto, el caudal efectivo para la estimación de la potencia será de 13.08 gpm.

En el cálculo de la potencia de la bomba principal del sistema se usara velocidad nominal recomendada por Caterpillar de $0.3 \cdot \sqrt{d}$ donde d se encuentra en mm, [17]. El diámetro preliminar asumido para las tuberías y accesorios es de 1.5 pulg. La potencia se la obtendrá por medio de la siguiente formula:

$$Potencia = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_E \cdot he}{\eta}$$

donde he es cabezal en metro, y η es la eficiencia de la bomba asumida de 0.50.

El cabezal se lo calcula de por medio de la conservación de la energía, obteniendo como resultado la siguiente formula:

$$he = z + \frac{V_{Fi}^2}{2g} + \Delta p$$

donde Z es la máxima altura a vencer, V_{Fi} es la velocidad nominal del fluido, y Δp es la caída de presión por tuberías y accesorios. La caída de presión se lo calcula con la siguiente formula:

$$\Delta p = f \cdot \left(\sum \frac{Le}{d} \right) \cdot \frac{V_{Fi}^2}{2g}$$

El factor de fricción, f , será de 0.0297 obtenido con el diagrama de Moody, para un factor de rugosidad (ϵ) de 0.000152 m. En la Tabla XCVI se muestra la cantidad de accesorios y en la Tabla XCVII longitudes equivalentes totales.

Tabla XCVI: Cantidad de accesorios del circuito de agua dulce preliminar.

Accesorios	Cantidad					Longitud equivalente por accesorio [m]
	Cubierta					
	Maquinas+ Mando	1	2	3	4	
Codos	8	9	10	10	14	1.211
T	1	8	4	10	9	2.567
Válvula compuerta	2	7	3	6	4	0.288

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla XCVII: Longitudes equivalentes de las tuberías y accesorios.

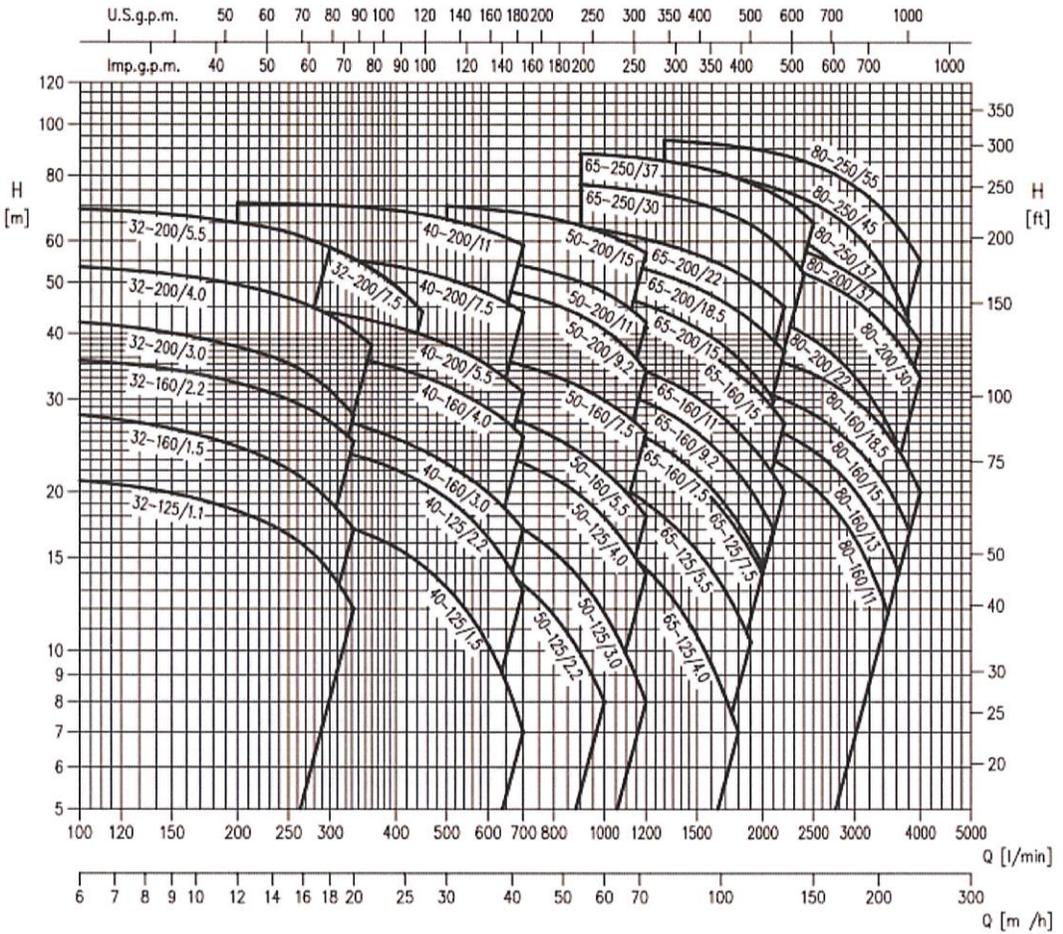
Accesorios	Cubierta				
	Maquinas+ Mando	1	2	3	4
Tuberías Rectas	41.65	45.56	36.27	52.90	58.89
Codos	9.69	10.90	12.11	12.11	16.96
T	2.56	20.54	10.27	25.67	23.11
Válvulas	0.57	2.02	0.86	1.73	1.15
Subtotal	54.49	79.01	59.52	92.42	100.1
Total	385.534				

[Fuente: Elaboración Propia.]

La pérdida de presión por tuberías rectas y accesorios es de 26.38 m, por altura estática es de 21.93 m, con que se obtiene un cabezal total a vencer de 48.39 metros. Por lo tanto, se obtiene una potencia de la bomba de 1.167 hp.

Usando el catálogo de bombas Ebara como se ilustra en la Figura 73 se selecciona una bomba de modelo 32-125/1.1 con una potencia de 1.1 kW (1.5 hp).

Figura 73: Diagramas para selección de la bomba Ebara.



[Fuente: Manual de Bombas Ebara.]

Parte 3: CAPACIDAD TÉRMICA DEL TANQUE DIARIO DE COMBUSTIBLE.

Para dimensionar un tanque diario de combustible es muy crítico el cambio de temperatura. La temperatura de alimentación debe estar dentro de los límites especificados para la vida del inyector y capacidad máxima de potencia. En la Tabla XCVIII se muestran los datos bases para el presente cálculo.

Tabla XCVIII: Datos de entrada para el cálculo de la capacidad Térmica.

Modelo	3608	CAT
Potencia	3393	Hp
Velocidad de Rotación	900	Rpm
Consumo Especifico, BSFC	0.325	lb/hp-hr
Temperatura del combustible inicial en el tanque diario, T_F	85	°F
Temperatura de almacenamiento en el tanque diario, T_{TD}	85	°F
Temperatura ambiente, T_a	95	°F
Largo, L	2.20	m
Alto, H	2.20	m
Ancho, A	3.00	m
H 95%	2.37	m
Caudal de combustible del motor de la bomba de transferencia, q_{xfer}	10	gpm
Calor rechazado del motor en el combustible, Q	831	Btu/min
Tiempo, t	80	min

[Fuente: Elaboración Propia.]

El cálculo de la capacidad térmica está estructurado en cinco pasos. El primer cálculo es la capacidad del tanque en función del tiempo.

➤ **Primero Paso.**

Primero se realiza el cálculo de caudales y masas.

a) Calculo del flujo másico de la bomba de transferencia. En motor Cat3608 utiliza Marine Diésel Oil el cual tiene una densidad de 7.1 lb/gal (ρ), por lo tanto tendremos un flujo másico de:

$$M_{xfer} = q_{xfer} \cdot \rho$$

$$M_{xfer} = 10 \cdot 7.1$$

$$M_{xfer} = 71 \text{ lb/min}$$

b) El consumo de combustible del motor, BR es:

$$BR = \frac{BSFC \cdot hp}{\rho}$$

$$BR = \frac{0.235 \cdot 3393}{7.1 \cdot 60}$$

$$BR = 2.59 \text{ gpm}$$

El flujo másico es:

$$M_{BR} = BR \cdot \rho$$

$$M_{BR} = 2.5 \cdot 7.1$$

$$M_{BR} = 18.38 \text{ lb/min}$$

c) El flujo de combustible de retorno, q_{rtn} , es:

$$q_{rtn} = q_{xfer} - BR$$

$$q_{rtn} = 10 - 2.59$$

$$q_{rtn} = 7.41 \text{ gpm}$$

El flujo másico, M_{rtn} , es:

$$M_{rtn} = q_{rtn} \cdot \rho$$

$$M_{rtn} = 7.41 \cdot 7.1$$

$$M_{rtn} = 52.62 \text{ lb/min}$$

d) La temperatura para un calor específico (C_p) de 0.5 Btu/lb-F.

$$\Delta T_{ENG} = \frac{Q}{M_{rtn} \cdot C_p} = \frac{831}{5262 \cdot 0.5}$$

$$\Delta T_{ENG} = 31.58 \text{ } ^\circ F$$

e) La capacidad del tanque diario con un peso específico de 52.42 lb/pies³, las dimensiones L, H, y A se encuentran en pies.

$$M_{TD} = L \cdot H \cdot A \cdot \gamma_{DO}$$

$$M_{TD} = 7.216 \cdot 7.216 \cdot 9.84 \cdot 52.42$$

$$M_{TD} = 26858.71 \text{ lb}$$

A continuación se calcula la masa de combustible en el tanque diario en cada instante de tiempo.

$$M_{TD} = M_{TD} - (M_{BR} \cdot t)$$

Tabla XCIX: Capacidad de tanque a intervalos de tiempo.

Tiempo, t [min]	M _{DO} [lb]	Capacidad [%]
0	26858.71	100
80	25388.41	94.53
160	23918.11	89.05
240	22447.81	83.58
320	20977.51	78.10
400	19507.21	72.63
480	18036.91	67.15
560	16566.61	61.68
640	15096.31	56.21
720	13626.01	50.73
800	12155.71	45.26
880	10685.41	39.78
960	9215.11	34.31

[Fuente: Elaboración Propia.]

➤ **Segundo Paso.**Se calcula la temperatura de la mezcla del combustible (T_{mez}):

$$T_{mez} = \frac{[M_{TD(t-1)} - (M_{xfer} * t)] * T_{TD(t-1)} + (M_{RTN} * t) * (T_{TD(t-1)} + \Delta T_{ENG})}{M_{TD(t-1)} - (M_{BR} * t)}$$

Tabla C: Temperatura de Mezcla del combustible en el Tanque Diario.

Tiempo, t [min]	Temperatura de Mezcla T_{mez} [F]
0	85
80	90.24
160	95.80
240	101.72
320	108.06
400	114.87
480	122.24
560	130.27
640	139.08
720	148.84
800	159.77
880	172.22
960	186.65

[Fuente: Elaboración Propia].

➤ **Tercero Paso.**

Calcular la altura del combustible a la que se debe reabastecer el tanque.

$$H = \frac{M_{TD}}{\rho \cdot L \cdot A}$$

Tabla CI: Alturas de reabastecimiento del Tanque Diario.

Tiempo, t [min]	Alturas [pies]
0	7.22
80	6.82
160	6.43
240	6.03
320	5.64
400	5.24
480	4.85
560	4.45
640	4.06
720	3.66
800	3.27
880	2.87
960	2.48

[Fuente: Elaboración Propia.]

➤ Cuarto Paso.

Se calcula el calor transferido entre el combustible en el tanque diario y el ambiente por medio de la siguiente formula:

$$Q_{TK} = \left[U * (H * (2L * 2A) * (L * A)) + \left(T_a - \frac{T_{mez} - T_{TD}}{2} \right) \right] * t$$

donde U es el coeficiente de transferencia de calor igual 0.0424 Btu/min-°F-pies², y los valores de temperatura de mezcla se los tomara a cada incremento de tiempo. Luego se calcula el cambio de temperatura por efecto de la transferencia de calor.

$$\Delta T_{TD} = \frac{Q_{TK}}{M_{TD} \cdot C_p}$$

y la temperatura del tanque diario se presenta en la siguiente formula. Por último, en la se muestra los incremento de temperatura en el tanque con el incremento de tiempo.

$$T_{TD} = T_{MEZ} + \Delta T_{TD}$$

Tabla CII: Calor transferido y temperatura final del tanque diario.

Tiempo t [min]	Q _{TK} [Btu]	ΔT _{DT} [F]	T _{DT} [F]
0	-	-	85
80	6367.79	0.502	90.74
160	7519.34	0.629	96.42
240	3795.66	0.338	102.06
320	-4436.44	-0.423	107.63
400	-16780.66	-1.720	113.15
480	-32806.70	-3.638	118.61
560	-52044.94	-6.283	123.99
640	-73979.86	-9.801	129.28
720	-98042.27	-14.390	134.45
800	-123600.23	-20.336	139.44
880	-149949.22	-28.066	144.15
960	-176303.94	-38.264	148.38

[Fuente: Elaboración Propia.]

Como se conoce la temperatura que puede alcanzar el tanque no deber ser mayor a 150 °F, por lo tanto nuestro tanque tendrá que ser recargado después

de 960 min. Además, la temperatura del taque diario después de la recarga será:

$$T_{TDrefill} = \frac{(M_{TDfull} - M_{TDtn}) \cdot T_{MUF} + M_{TDtn} \cdot T_{TKn}}{M_{TDfull}}$$

donde M_{TDfull} es la capacidad del taque diario en lb, M_{TDtn} , es la cantidad de combustible en el tanque antes de llenarse en lb, T_{MUF} es la temperatura del combustible en °F, y, T_{TKn} es la temperatura del tanque diario antes de llenarse en °F.

$$T_{TDrefill} = \frac{(26858.71 - 9215.11) \cdot 85 + 9215.11 \cdot 148.38}{26858.71}$$

$$T_{TDrefill} = 106.75 \text{ } ^\circ F$$

La recarga se la realizara para el tiempo de 960 min que equivale a un 34.31% de la capacidad del taque diario como se muestra en la Tabla XCIX.

Parte 4: SISTEMA DE CONTRAINCENDIOS.

Dado a que tenemos que cumplir los requerimientos de SOLAS, se analizara el caudal requerido por el sistema con el fin de abastecer a todo los hidrantes a instalarse en el buque. Entre los requerimientos para el diseño del sistema está que la bomba no trabaje a menos del 80% de su capacidad, y que el caudal sea mínimo 110 gpm y máximo 790 gpm, [20].

Siguiendo las recomendaciones de American Bureau of Shipping, ABS [20], el diámetro preliminar de la tubería hasta la cubierta principal será de 4 pulg y el de la tubería secundarias (ramales) de 2 pulg.

Para la estimación de la potencia requerida por el sistema se asumirá las descargas más exigentes como son la ubicada en la proa y cubierta de mando. Siguiendo las recomendaciones ABS se asumirá un caudal inicial de 110 galones para una bomba principal. Primero se calcula el cabezal que debe vencer la bomba es:

$$he = z + \frac{V_{F1}^2}{2g} + \Delta p$$

donde Z es la máxima altura estática a vencer en metros, V_{F1} es la velocidad nominal del fluido en m/s la cual se asume de 4.6 m/s recomendada por Caterpillar [17], y Δp es la caída de presión por tuberías y accesorios. La caída de presión se lo calcula con la siguiente formula:

$$\Delta p = f \cdot \left(\sum \frac{Le}{d} \right) \cdot \frac{V_{Fl}^2}{2g}$$

El factor de fricción, f , será de 0.0224 obtenido con el diagrama de Moody, para un factor de rugosidad (ϵ) de 0.000152 m y un número de Reynolds de $3.25E-07$. En la Tabla CIII se muestra las longitudes equivalentes (Le) en metros de las tuberías y accesorios de los ramales seleccionados para la estimación de la potencia.

Tabla CIII: Longitudes Equivalentes de las Tuberías y Accesorios.

Accesorios	Diámetro de 4 pulg		Diámetro de 2 pulg	
	Castillo	Entrepunte	Castillo	Entrepunte
Tuberías Rectas	5.305	16.268	63.411	17.130
Codos	12.920	22.609	3.230	8.075
T	6.846	13.692	3.423	10.269
Válvulas	0.704	0.704	0.371	0.371
Subtotal [m]	25.775	53.274	70.435	35.845
Total [m]	79.049		106.280	

[Fuente: Elaboración Propia.]

La pérdida de presión por tuberías y accesorios es de 80.38 m, y una altura estática de 16.01 m y 3.70 m. Sabiendo que la bomba debe vencer un cabezal de 102.25 m, y asumiendo una eficiencia del 0.5 se estima una potencia de bomba de 19.129 hp. Por lo tanto, las bombas a instalar principal y emergencia tendrán una potencia de 20 hp.

Parte 5: SISTEMA DE ACHIQUE.

➤ Diámetro de tuberías.

El diámetro de la succión para sentina es estimado con la ecuación, [20]:

$$d = 25 + 1.68\sqrt{L(B + D)}$$

donde d es el diámetro colector de achique en milímetros, L es el 96% de la eslora del buque en metros, B es la manga del buque en metros, y, D es el puntal de trazado del buque en metros medido hasta la cubierta de cierre.

$$d = 25 + 1.68\sqrt{(0.96 * 92.49) * (16.4 + 9.3)}$$

$$d = 105.25 \text{ mm}$$

El diámetro interno de la succión de la sentina es de 105.25 mm (4.15"), pero el máximo diámetro permitido por ABS es de 4 pulg para ramales principales.

➤ Selección de bomba.

ABS recomienda que la velocidad del flujo de achique no deba ser menor a 2 m/s, el caudal de la bomba se lo estima con la siguiente ecuación:

$$Q = 16.1 * d^2$$

$$Q = 16.1 * (4)^2$$

$$Q = 257.6 \text{ gpm}$$

Para comprobar si este flujo satisface el circuito se realizara un análisis estimado tomando el ramal más exigente, el cual será en el caso del uso de la bomba de achique en el circuito de contra-incendio. A continuación se calcularan las perdidas por accesorios y longitud de tubos, para esto vamos a trabajar con un diámetro interno de tuberías de 4", este diámetro es igual para el circuito de contra-incendios y de achique.

Tabla CIV: Datos para la estimación de la bomba.

Velocidad	2.00	m/s
Viscosidad	9.46E-07	m ² /s
Número de Reynolds	2.15E+05	-
e/D	0.00045276	-
Factor de fricción, <i>f</i>	0.019	-

[Fuente: Elaboración Propia.]

En la tabla anterior se muestra los datos usados para la estimación de la perdida de cabezal. En la Tabla CV se muestra las longitudes equivalentes total del circuito asumido.

Tabla CV: Longitudes equivalentes totales.

Accesorio	Longitud equivalente [m]
Tubos	83.06
Codos	0.889
Válvulas	22.358
Total	106.31

[Fuente: Elaboración Propia.]

La estimación de pérdida de cabezal será:

$$z = \frac{V^2}{2g} \left(\frac{f}{D} * \sum \frac{Le}{D} \right)$$

$$z = \frac{(2)^2}{2 * 9.8} * \left(\frac{0.019}{0.105} * (1046.27) \right)$$

$$z = 46.3 \text{ m}$$

Para un valor estimado de cabezal de 46.3 m y con el caudal estimado de 260 gpm (985 l/min) se selecciona la potencia de la bomba con la gráfica Cabezal vs Caudal del fabricante Ebara como se muestra en la Figura 73 . Por lo tanto, se tendrá un modelo de bomba 50-200/11, la cual según sus características tiene una potencia de 11 kW (15 hp),

Anexo I

CALCULO DE LA POTENCIA LUMÍNICA POR COMPARTIMENTO

Tabla CVI: Consumo por alumbrado interior.

Piso	Compartimento	Superficie [m ²]	Energía [lux]	Potencia [kW]
Cubierta 1	Habitación de CO2	7.10	125	0.048
	Basuras	2.80	125	0.019
	Aire acondicionado	12.25	500	0.333
	Baño	5.04	150	0.041
	Pañol	4.09	125	0.028
	Oficina	4.09	600	0.133
	Lavandería	10.84	350	0.206
	Sala de Marineros	11.27	350	0.214
	Camarote de enfermería	7.63	150	0.062
	Enfermería	7.63	750	0.311
	Camarote Maquinista	11.81	150	0.096
	Pasillos	21.20	100	0.115
Cubierta 2	Gambuza	4.47	350	0.085
	Sala de Oficiales	8.36	350	0.159
	Baño 1	2.40	150	0.020
	Baño 2	2.40	150	0.020
	Camarote de Marineros	8.10	150	0.066
	Camarote de Cocinero	5.48	150	0.045
	Comedor Oficiales	17.20	375	0.350
	Comedor Marineros	21.50	375	0.438
	Cocina	12.90	150	0.105
	Pasillos	24.57	100	0.134
Cubierta 3	Camarotes Marineros 1	7.65	150	0.062

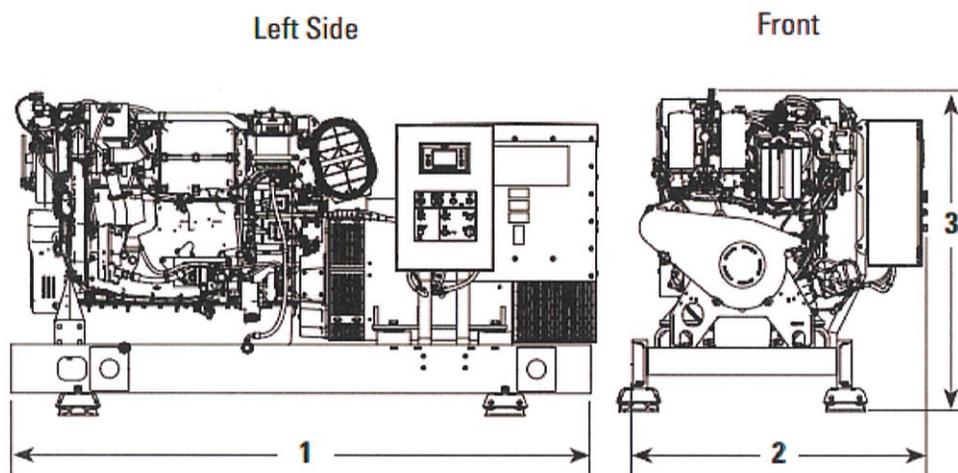
	Camarotes Marineros 2	7.65	150	0.062
	Camarote Contramaestre	5.56	150	0.045
	Baño 1	2.36	150	0.019
	Camarote Maquinista	7.65	150	0.062
	Baño 2	1.97	150	0.016
	Baño 3	1.97	150	0.016
	Camarote Oficial de Maquinas	11.00	150	0.090
	Camarote Oficial de Maquinas	11.00	150	0.090
	Camarote Electrotécnico	5.56	150	0.045
	Camarote Motorista y Aceitero	7.65	150	0.062
	Pasillos	42.06	100	0.229
Cubierta 4	Camarote Primer Oficial	10.86	150	0.089
	Camarote Segundo Oficial	10.86	150	0.089
	Camarote Tercer Oficial	13.20	150	0.108
	Camarote Capitán	11.76	150	0.096
	Sala de Capitán	6.810	350	0.130
	Camarote Jefe de Maquinas	11.76	150	0.096
	Sala de Jefe de Maquinas	6.810	350	0.130
	Pasillos	39.88	100	0.217
Entrepunte	Puente	68.66	625	2.332
	Baño	2.76	150	0.023
	Pasillos	12.70	100	0.069
Sala de Maquinas	Cubierta Intermedia	211.06	750	8.603
	Sala de Control	10.67	375	0.217
	Estiba	114.22	750	4.656
Peak de Popa	Sala de Tanques	115.99	375	2.364

[Fuente: Elaboración Propia.]

Anexo J

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL GENERADOR CATERPILLAR C18.

Figura 74: Dimensiones Principales del Generador.



ENGINE DIMENSIONS & WEIGHT

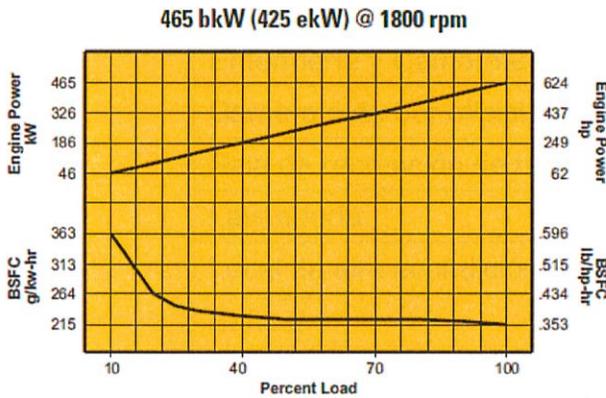
(1) Length	3040 mm	119.7 in
(2) Width	1547 mm	60.9 in
(3) Height	1684 mm	66.3 in
Weight, Net Dry (approx)	4406 kg	9713 lb

Note: Do not use these dimensions for installation design. See general dimension drawings for detail.

[Fuente: Manual de Caterpillar, [22].]

Tabla CVII: Datos Técnicos del generador C18.

Prime Rating – EM0090-00					
% Load	ekW	bhp	g/hr	bkW	g/bkW-hr
100	425	624	31.5	465	215
75	319	468	24.5	349	223
50	213	312	16.4	233	223
25	106	156	9.0	116	246
10	43	62	5.3	47	363



OPTIONAL ATTACHMENTS

- Air inlet adapter
- Cat® alarm and protection system
- EMCP 3.3 control panel
- Battery charger 10 amp
- Charging alternator 24V 105 amp
- Exhaust elbows, dry or watercooled
- Exhaust flange and flexible fitting
- Mufflers (option for spark arresting)
- Duplex fuel filter – front service
- Fuel cooler
- Primary fuel/water separator
- Duplex oil filter – front service
- Manual sump pump
- Starting motors – electric and/or air
- Jacket water heaters
- Battery sets – 24V 950-1300 CCA
- Load sharing module (option for type approved module)
- Low voltage connections
- Extension terminal box
- Power take-offs
- Fumes disposal (closed system)

[Fuente: Manual de Caterpillar, [22].]

Anexo K

DISTRIBUCIÓN DE LOS ESPACIOS HABITABLES DEL BUQUE.

La superestructura estará compuesta por 5 cubiertas, distribuida como:

Tabla CVIII: Distribución de los Espacios Habitables del Buque..

Cubierta	Compartimentos
Primera	Enfermería y Camarote de enfermería
	Camarote de 3er oficial de maquina
	Sala de recreación de marineros
	Lavandería
	Local de aire acondicionado
	Baño # 1
	Cuarto de basura
	Habitación CO2
	Pañol de marinería y repuestos
	Oficina
Segunda	Cocina
	Comedor de marineros
	Comedor de oficiales
	Camarote de marineros 3
	Baño # 2 y # 3
	Sala de oficiales
	Gambuza
	Camarote de cocinero
Tercera	Camarote de marinero 2
	Camarote electromecánico
	Camarote de motorista y aceitero

	Camarote de 2do oficial de maquina
	Camarote de primer oficial de maquina
	Baño # 4 y # 5
	Camarote de maquinista
	Camarote de contramaestre
	Camarote de marinero 1
Cuarta	Camarote de 2do oficial
	Camarote de jefe de maquinas
	Sala de jefe de maquinas
	Sala de capitán
	Camarote de capitán
	Camarote de 1er oficial
	Camarote de 3er oficial
Quinta	Puente de gobierno

[Fuente: Elaboración Propia.]

Anexo L

CALCULO DEL ARQUEO DEL BUQUE.

Arqueo bruto, GT.

Siguiendo el Convenio de Arqueo de 1969 en la regla 3 presenta la fórmula para el cálculo del arqueo bruto:

$$GT = K_1 \cdot V$$

donde V es el volumen de todos los espacios cerrados del buque en m^3 como se muestra en la Tabla CIX, y $K_1 = 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10} V$.

Tabla CIX: Volúmenes cerrados del buque.

	Volumen [m³]
Casco	9658.54
Toldilla y castillo	509.77
Superestructura	1425.52
Brazolas	446.84
Total	12040.67

[Fuente: Elaboración Propia]

Usando este volumen en la formula tenemos:

$$GT = [0.20 + 0.02 \cdot \log_{10}(12040.67)] \cdot 12040.67$$

$$GT = 3390.81 \text{ ton}$$

Arqueo Neto, NT.

El arqueo neto se calcula mediante la siguiente formula dada por el convenio de arqueo:

$$NT = K_2 \cdot V_C \cdot \left(\frac{4T}{3D} \right)^2 + K_3 \cdot \left(N_1 + \frac{N_2}{10} \right)$$

$$K_2 = 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10} V_C$$

$$K_3 = 1.25 \cdot \frac{GR + 10000}{10000}$$

donde T es el calado en metros, D es el puntal en metros, N_1 es el número de tripulantes, N_2 es el número de pasajeros, y V_C es el volumen total de los espacios de carga en metros cúbicos.

- El factor $\left[\frac{4T}{3D} \right]^2$ no se tomara inferior a 1;
- El termino $K_2 \cdot V_C \left[\frac{4T}{3D} \right]^2$ no se tomara inferior a 0.25 GT; y
- NT no se tomara inferior a 0.3 GT.

En la Tabla CX se muestra los volúmenes de las bodegas de carga:

Tabla CX: Volúmenes en cada bodega.

	Volumen [m³]
Bodega 5	1720.356
Bodega 4	1753.612
Bodega 3	1749.017
Bodega 2	1508.872
Bodega 1	263.616
Total	6995.47

[Fuente: Elaboración Propia]

Tabla CXI: Calculo del arqueo neto.

D	9.30
T	5.81
K2	0.277
K3	1.674
N1	9
N2	13
$[4T/3D]^2$	0.69
$K2*V_c*[4T/3D]^2$	1344.00
NT	1361.24

[Fuente: Elaboración Propia]

Anexo M

OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA HÉLICE.

El principal objetivo es la optimización de la hélice con el fin que sea lo más eficiente posible cumpliendo las debidas restricciones. Las variables de diseño que intervienen en la optimización son las dimensiones de la hélice, las mismas estarán incluidas indirectamente en la función objetivo.

Variables de Diseño.

- Diámetro de la hélice
- Paso
- RPM de la hélice

Restricciones de optimización.

Las restricciones de diseño para la optimización son:

- Diámetro, D , menor o igual al 90% del calado mínimo.
- Que la relación paso/diámetro, P/D , se encuentre en el rango, [21]:

$$P/D_{\min} = 0.39 \cdot V^{0.23}$$

$$P/D_{\max} = 0.52 \cdot V^{0.28}$$

- Cumplir con la igualdad de Keller es, [26]:

$$K_Q^{1/4} \cdot J^{-3/4} = \left(\frac{P_D}{2\pi \cdot \rho \cdot D^2 \cdot V_A^3} \right)^{1/4}$$

donde V es la velocidad del buque [nudos], D es el diámetro [m], P_D es la potencia DHP, V_A es la velocidad de avance [nudos], K_Q es el coeficiente de torque, y, J es el coeficiente de empuje.

Función objetiva.

La función objetivo a continuación nos permite definir las variables que determinan la geometría de la hélice:

Maximizar $f(x)$ = Eficiencia de la hélice

$$\eta_0 = \frac{J K_T}{2\pi K_Q}$$

La eficiencia de la hélice es la función apropiada para nuestro análisis de optimización, ya que en ella se involucran las características de la hélice de tipo Series-B, en adición se hace una corrección de los polinomios por el número de Reynolds, [23];

$$K_T = f_1 \left(J, \frac{P}{D}, \frac{A_E}{A_0}, Z, R_n \right)$$

$$K_Q = f_2 \left(J, \frac{P}{D}, \frac{A_E}{A_0}, Z, R_n \right)$$

donde f_1 y f_2 son los coeficientes de los polinomios para los coeficientes de empuje (K_T) y torque (K_Q). Por lo tanto, la eficiencia (función objetivo) en función de las variables de diseño es:

$$\eta_0 = \frac{J}{2\pi} \frac{f_1\left(J, \frac{P}{D}, \frac{A_E}{A_0}, Z, R_n\right)}{f_2\left(J, \frac{P}{D}, \frac{A_E}{A_0}, Z, R_n\right)}$$

Formulación de optimización.

Las fórmulas utilizadas para la optimización se muestran en la Tabla CXII. Los coeficientes K_T y K_Q son obtenidos con las fórmulas de las Series B, [23].

Tabla CXII: Formulación para la optimización de la eficiencia de la Hélice.

Parámetro	Formula	Unidad
Numero Reynolds	$Rn = \frac{V \cdot L_f}{\nu}$	-
Velocidad de avance	$Va = V \cdot (1 - \omega)$	Nudos
Empuje	$T = \frac{EHP}{(1-t) \cdot V}$	kN
Relación de Área	$\frac{A_E}{A_0} = \frac{(1.3 + 0.3 \cdot Z) \cdot T}{171.8 \cdot D^2} + 0.2$	-
Coefficiente de Avance	$J = \frac{Va}{D \cdot RPM_H}$	-
Eficiencia de la Hélice	$\eta_0 = \frac{J \cdot K_T}{2\pi \cdot K_Q}$	-

[Fuente: Elaboración Propia.]

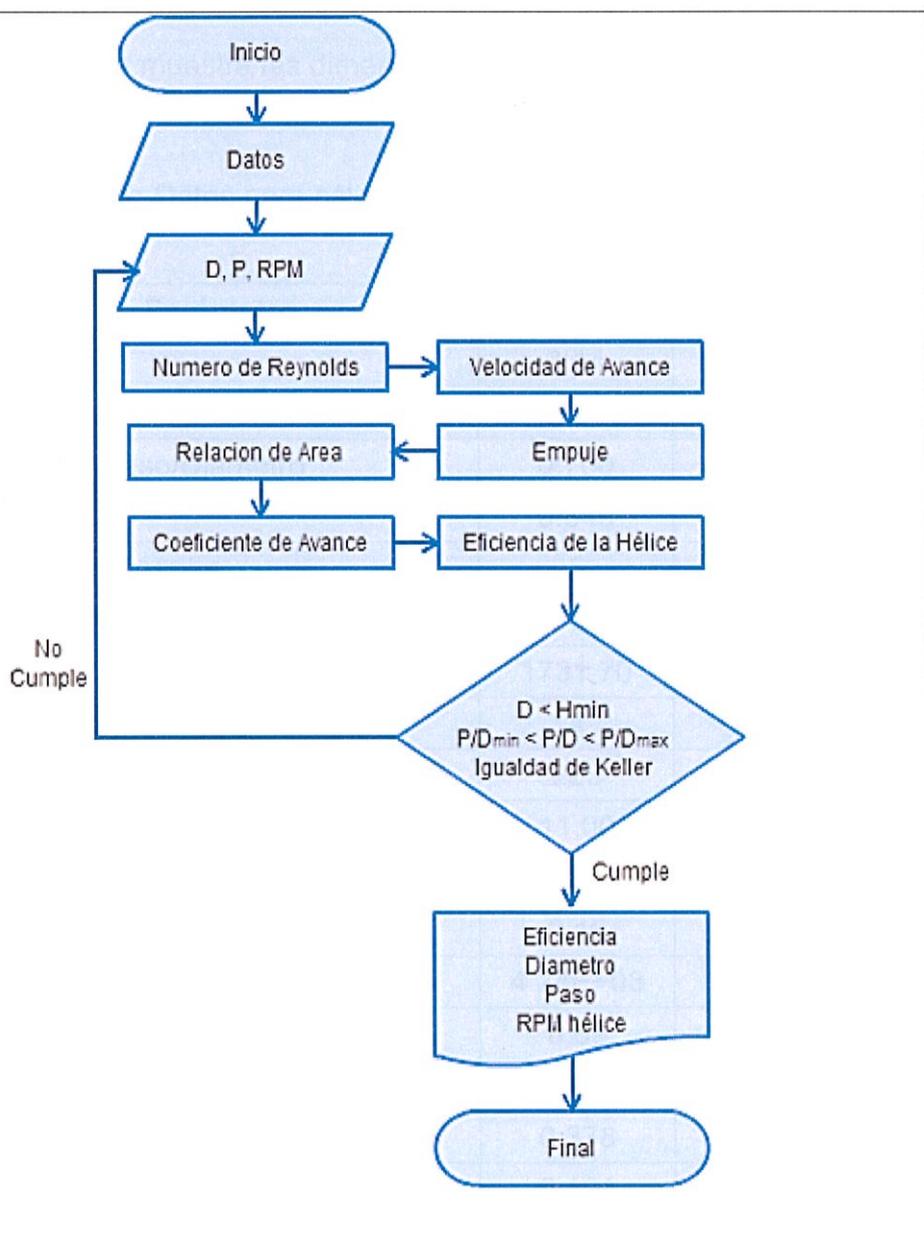
Donde γ es la viscosidad cinemática [m^2/s], ω es el coeficiente de estela, t es el coeficiente de succión, RPM_H es la velocidad de rotación de la hélice, y EHP es la potencia. Adicionalmente se estima el peso de la hélice, W_{HE} , con la siguiente formula:

$$W_{He} = 0.004 \cdot D^3 \cdot \frac{A_E}{A_0}$$

Método de Optimización.

Para la optimización se usara la herramienta Solver de Microsoft Excel, en la cual se ingresaran: la función objetivo, las variables de diseño, y, las restricciones. En la Figura 75 se muestra un diagrama de flujo con el proceso de cálculo que involucra la optimización. El método seleccionado es el GRG Nonlinear.

Figura 75: Diagrama de Flujo del proceso de optimización.



[Fuente: Elaboración Propia.]

Resultados de optimización.

En la Tabla CXIII se muestra las dimensiones óptimas encontradas.

Tabla CXIII: Datos para cálculo de la eficiencia de la hélice.

Parámetro	Dimensión	Unidad
Diámetro	3.14	m
Paso	2.20	m
Relación Paso/Diámetro	0.700	-
Ae/Ao	0.649	-
Numero de Aspas	5	-
RPM motor	900	rpm
EHP	1731.70	hp
Razón de Reducción	4	-
Velocidad de Rotación de la Hélice	225	rpm
Velocidad	11.00	nudos
Coeficiente de Estela	0.21	-
Coeficiente de Succión	0.16	-
Numero Reynolds	4.24E+08	-
Velocidad	8.69	nudos
Empuje	272.13	kN
J	0.378	-
K_T	0.191	-
K_Q	0.0198	-
η_0	0.579	-

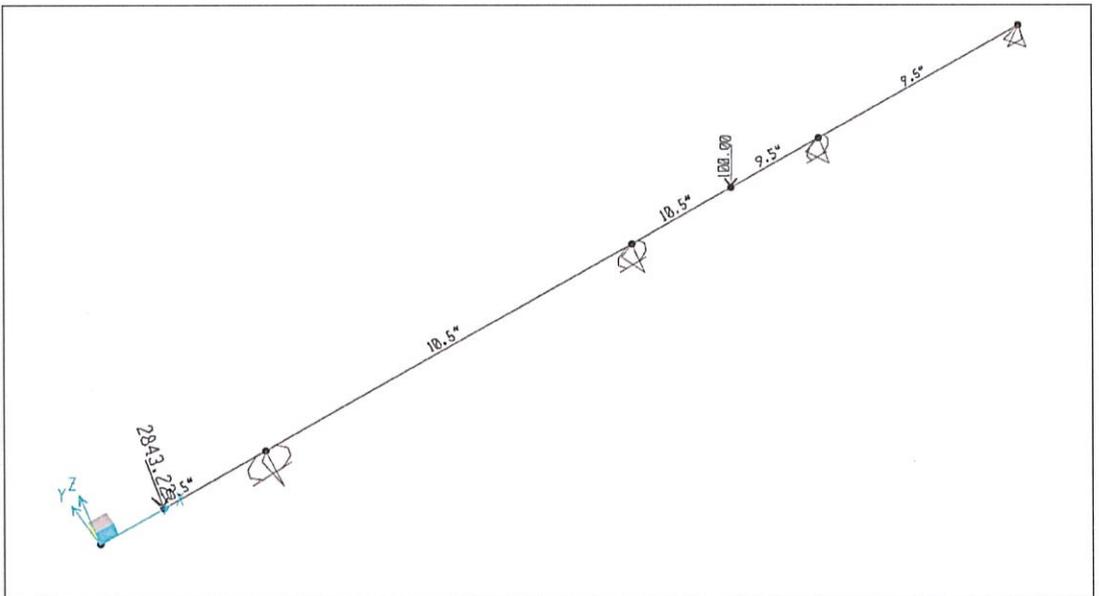
[Fuente: Elaboración Propia.]

Anexo N

ANÁLISIS DE UBICACIÓN DE DESCANSOS EN EL LÍNEA PROPULSORA CON SOFTWARE DE ELEMENTOS FINITOS.

Una vez obtenida las ubicaciones correctas de los descansos se realizara la comparación de las reacciones con los resultados del software. En la Figura 76 se presenta el modelo estructural ingresado. Donde las cargas son el peso de la hélice con 2843.23 kg y el peso de la brida con 100 kg aproximadamente. El diámetro de los ejes son de 10.5 y 9.5 pulg, las restricciones en los descansos son simplemente soportado, 3 con libertad en dirección x y uno totalmente restringido.

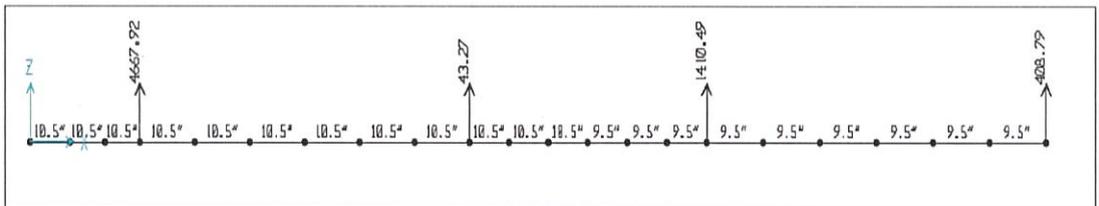
Figura 76: Modelo Estructural del Sistema Propulsor



[Fuente: Software de Elementos Finitos.]

A continuación en la Figura 77 se muestra los resultados de las reacciones de los cuatro descansos en el software. La comparación de las reacciones obtenidas por el método de los Tres Momentos y el software son comparadas en la Tabla CXIV, donde se observa que existe poca diferencia.

Figura 77: Reacciones en descansos.



[Fuente: Software de Elementos Finitos.]

Tabla CXIV: Comparación de reacciones

	Reacciones [kgf]	
	Por formulación	Software
Bocín de codaste	4653.18	4667.92
Prensaestopa	39.40	43.27
Chumacera	1415.21	1410.49
Brida del reductor	406.09	408.79

[Fuente: Elaboración Propia.]

Es necesario para validar la ubicación de los descansos realizar la comparación de las frecuencias. Por medio del método de Raleigh se obtiene una frecuencia natural de 31.02 Hz, mientras que las obtenidas con el software se las muestra en la Tabla CXV.

Tabla CXV: Frecuencias naturales del Software.

Modos	T [seg]	f [Hz]
1	0.0337	29.62
2	0.0154	64.79
3	0.0099	100.75
4	0.0075	131.81
5	0.0064	156.75
6	0.0042	236.83
7	0.0033	303.04

[Fuente: Elaboración Propia.]

De acuerdo con la Sociedad Clasificadora GL se debe comparar la frecuencia critica con la frecuencia de las palas de la hélice ('Blade frequency'). Se puede observar en la Tabla CXVI que la frecuencia critica es mayor que la frecuencia de las palas.

Tabla CXVI: Comparación de frecuencias del sistema propulsor.

Frecuencia Natural [Hz]	31.02
Frecuencia Critica [Hz]	24.75
Frecuencia de las palas [Hz]	22.56

[Fuente: Elaboración Propia]

Anexo O

CÁLCULOS DE MANIOBRABILIDAD

Parte 1: CAPACIDAD DE GIRO.

Los datos usados para el cálculo de la capacidad de giro se muestran en el Tabla CXVII.

Tabla CXVII: Datos de ingreso para el cálculo de capacidad de giro.

	Dimensión	Unidad
L _{PP}	87.49	m
B	16.2	m
H	6.069	m
Asiento	0.911	m
C _B	0.60	-
AR	9.24	m ²
AB	8.25	m ²
V	5.55	m/s
Stall	26	grados

[Fuente: Elaboración Propia.]

➤ Diámetro de Giro.

Esta fórmula es aplicada para buques con codastes abiertos y con una hélice.

$$DG = L_{PP} \cdot \left(4.19 - \frac{203 \cdot C_B}{Dg_S} + \frac{47.4 \cdot t}{L_{PP}} - \frac{13 \cdot B}{L_{PP}} + \frac{194}{Dg_S} - \frac{34.8 \cdot AR}{L_{PP} \cdot H} + \frac{7.79 \cdot AB}{L_{PP} \cdot H} \right)$$

$$DG = 402.06 \text{ m}$$

➤ Diámetro Táctico.

A continuación se muestra la fórmula del diámetro táctico para una solo hélice,

[1]:

$$DT = L_{PP} \cdot \left(\frac{0.91 \cdot DG}{L_{PP}} + \frac{0.234 \cdot V}{\sqrt{L_{PP}}} + 0.675 \right)$$

$$DT = 437.30 \text{ m}$$

OMI requiere que el diámetro táctico de evolución no exceda 5 veces la eslora entre perpendiculares (437.45 m).

➤ Avance.

Para buques con una hélice, [1]:

$$ADVC = L_{PP} \cdot \left(0.519 \cdot \frac{DT}{L_{PP}} + 1.33 \right)$$

$$ADVC = 343.32 \text{ m}$$

OMI requiere que el avance no exceda de 4.5 veces la eslora entre perpendiculares (393.705 m).

➤ **Caída o Transferencia.**

Para buques con 1 hélice, [1]:

$$TRANS = L_{PP} \cdot \left(\frac{0.497 \cdot DT}{L_{PP}} - 0.065 \right)$$

$$TRANS = 211.65 \text{ m}$$

Parte 2: ÍNDICES DE MANIOBRABILIDAD.

Tabla CXVIII: Simbología de Evaluación de índices de maniobrabilidad.

TD	Diámetro táctico [m]
L	Eslora del buque [m]
Δ	Desplazamiento del buque [ton]
Rtd	Evaluación de la capacidad de giro
Rta20	Calificación para el primer ángulo de rebasamiento de la prueba en zig-zag 20/20
I10	Calificación para la capacidad de giro inicial

Tabla CXIX: Criterio para evaluar el Diámetro Táctico.

DT= 437.30 m		
Criterio	Comprobación	Evaluación
$(4.26 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L < DT \leq 5 \cdot L$	$368.66 < 437.30 \leq 437.45$	SI Rtd = 1
$(3.63 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L < DT \leq (4.26 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L$	$313.44 < 437.30 \leq 368.66$	NO Rtd = 2
$(2.79 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L < DT \leq (3.63 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L$	$239.81 < 437.30 \leq 313.44$	NO Rtd = 3
$(2.16 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L < DT \leq (2.79 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L$	$184.59 < 437.30 \leq 239.81$	NO Rtd = 4
$(2.16 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L > DT$	$184.59 > 437.30$	NO Rtd = 5

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla CXX: Criterio para evaluar el Primer Angulo de Rebasamiento.

($\alpha_{101} = 12.79$)		
Criterio	Comprobación	Evaluación
$10.04 + 2.22C_B < \alpha_{101} \leq f_{101}(L/V)$	$11.35 < 12.79 \leq 12.79$	SI R $\alpha_{10} = 1$
$7.42 + 2.22C_B < \alpha_{101} \leq 10.04 + 2.22C_B$	$8.73 < 12.79 \leq 11.35$	NO R $\alpha_{10} = 2$

($\alpha_{20} = 23.82$)		
Criterio	Comprobación	Evaluación
$20.09 + 4.44C_B < \alpha_{201} \leq 25$	$22.71 < 23.82 \leq 30$	$R_{\alpha 20} = 1$
$14.84 + 4.44 C_B < \alpha_{201} \leq 20.09 + 4.44 C_B$	$17.46 < 23.82 \leq 22.71$	$R_{\alpha 20} = 2$
$7.84 + 4.44 C_B < \alpha_{201} \leq 14.84 + 4.44 C_B$	$10.46 < 23.82 \leq 17.46$	$R_{\alpha 20} = 3$
$2.59 + 4.44 C_B < \alpha_{201} \leq 7.84 + 4.44 C_B$	$5.21 < 23.82 \leq 10.46$	$R_{\alpha 20} = 4$
$\alpha_{201} \leq 2.59 + 4.44 C_B$	$23.82 \leq 5.21$	$R_{\alpha 20} = 5$

[Fuente: Elaboración Propia.]

Resultante de la calificación a los ángulos de rebasamiento	
$R_{\alpha 10}$	1
$R_{\alpha 20}$	1
$R_{\alpha} = 0.5(R_{\alpha 10} + R_{\alpha 20})$	1

Tabla CXXI: Criterio para evaluar la Capacidad de Giro Inicial.

Criterio	Comprobación	Evaluación
$2.24 L < I_{10} \leq 2.5L$	$195.98 < 92.02 \leq 218.73$	NO $R_{\alpha 20} = 1$
$2.07 L < I_{10} \leq 2.24L$	$181.1 < 92.02 \leq 195.98$	NO $R_{\alpha 20} = 2$
$1.89 L < I_{10} \leq 2.07L$	$165.36 < 92.02 \leq 181.1$	NO $R_{\alpha 20} = 3$
$1.63 L < I_{10} \leq 1.89L$	$142.61 < 92.02 \leq 165.36$	NO $R_{\alpha 20} = 4$
$I_{10} \leq 1.63L$	$92.02 \leq 142.61$	SI $R_{\alpha 20} = 5$

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla CXXII: Criterio para evaluar la Facilidad de Parada.

Criterio	Comprobación	Evaluación
$F_n(64.9 + 0.000139 \cdot \Delta) < HR/L$	$13.13 < 4.34$	NO $R_{ts} = 1$
$F_n(56.2 + 0.000139 \cdot \Delta) < HR/L \leq F_n(64.9 + 0.000139 \cdot \Delta)$	$11.39 < 4.34 \leq 13.13$	NO $R_{ts} = 2$
$F_n(29.8 + 0.000139 \cdot \Delta) < HR/L \leq F_n(56.2 + 0.000139 \cdot \Delta)$	$6.11 < 4.34 \leq 11.39$	NO $R_{ts} = 3$
$F_n(16.6 + 0.000139 \cdot \Delta) < HR/L \leq F_n(29.8 + 0.000139 \cdot \Delta)$	$3.47 < 4.34 \leq 6.11$	SI $R_{ts} = 4$
$HR/L \leq F_n(16.6 + 0.000139 \cdot \Delta)$	$4.34 \leq 3.47$	NO $R_{ts} = 5$

[Fuente: Elaboración Propia.]

Anexo P

OPTIMIZACIÓN DEL GRUPO TECNOLÓGICO DE ESTRUCTURAS

Función Objetivo.

La función objetivo del grupo tecnológico de estructuras, está definida a continuación:

$$\text{Minimizar } F(X) = \text{Costo}(\$)$$

$$\text{Costo}(\$) = C_{Mat}(\$) + C_{H-H}(\$)$$

donde C_{H-H} es el costo por mano de obra, obtenido a través del concepto de hombre-hora, y C_{Mat} es el costo por material, definido como:

$$C_{Mat}(\$) = \left(\frac{\$}{ton} \right) \cdot \text{Peso}[ton]$$

Variables de Diseño.

El escantillonado de una embarcación es dependiente de los espaciamientos entre refuerzos (primarios y secundarios). Las separaciones regularan las dimensiones de los refuerzos en las diferentes ubicaciones. Si desea minimizar el costo de construcción de las estructuras es recomendable cambiar las dimensiones de los refuerzos. Por lo que se plantea las siguientes variables de diseño:

- Numero de separaciones de bulárcamas de bodegas.

- Numero de separaciones de bulárcamas en peak de popa y sala de máquinas.
- Numero de separaciones de cuadernas en peak de popa y sala de máquinas.
- Numero de separaciones de cuadernas en peak de proa.
- Numero de separaciones de longitudinales de fondo.
- Numero de separaciones de longitudinales de costado.

Restricciones de optimización.

Para que la optimización se lleve a cabo se necesitan conocer las limitaciones que tienes el rayado estructural, e igual conocer los valores máximos y mínimos. Parte de las limitaciones son impuestas con las reglas de la Sociedad de Clasificación, otras restricciones son especificadas según los requerimientos convenientes para el diseñador.

Entre las restricciones tenemos:

- Valores mínimos o máximos de espaciamiento entre refuerzos primarios, como se muestra en la Tabla CXXIII .

Tabla CXXIII: Máximos espaciamientos dados por GL.

Espaciamientos entre:	
Vagras	3.5
Bulárcamas de Bodegas	3.0
Bulárcamas de Peak de Proa	1.4
Bulárcamas de Popa	2.6
Palmejares	2.8
Esloras	2.6

[Fuente: Elaboración Propia.]

- Valores mínimos o máximos de espaciamiento entre secundarios. El valor mínimo para el espaciamiento entre estructuras secundarias (longitudinales de cubiertas, fondo, costado, cuadernas y baos) es de 0.3 m. En el peak de proa el máximo espaciamiento será de 0.6 m.
- Razones de aspecto de fondo y costados declaradas por las sociedad de clasificación.
- La frecuencia crítica de vibración de las planchas y estructuras, dependiendo de cada bloque.

Anexo Q

CALCULO DE PROPAGACIÓN DE RUIDO A TRAVÉS DE LOS COMPARTIMENTOS.

En la siguiente sección se presenta el análisis de la propagación de ruido a través de las paredes adyacentes en los diferentes compartimentos. Para ello se tomó como fuente de ruido en la sala de máquina el nivel de ruido del motor de 117.5 [dB] calculado en la sección 3.3.1.

Calculo de velocidad de propagación del sonido

En esta sección se requiere de la formulación, [29].

$$C_s == 331.4 + 0.607 \cdot T$$

donde C_s es la velocidad de propagación del sonido en m/s, T es la temperatura ambiente en grados centígrados. Por lo tanto, se tendrá una velocidad de propagación del sonido de 349.61 m/s para un motor con un nivel de ruido de 117.5 dB.

Calculo de la frecuencia crítica

La frecuencia crítica sirve para calcular la reducción de ruido que hay de acuerdo al sector de análisis. Siguiendo las especificaciones técnicas que

establece SeaRox-RockWool, [29], se calculara las frecuencias de costado, mamparo y cubierta, dada por la siguiente formula;

$$F_c = \frac{K_c}{h}$$

$$m_{Mat} = \frac{\rho_{Mat}}{h}$$

Tabla CXXIV: Constante del material para uso de aislante, [29].

	gypsum	concrete	glass	wood	steel
K_c	27	19	12	15...40	13

donde F_c es la frecuencia crítica en Hz, K_c es la constante del material como se muestra en la Tabla CXXIV, [29], m_{Mat} es la masa por unidad de área, y h es la altura del aislante. En la Tabla CXXV se muestra las frecuencias de las tres zonas a instalarse el aislamiento.

Tabla CXXV: Frecuencia crítica.

	Cubiertas	Mamparo	Costados	Rockwool Mamparo	Rockwool Cubierta
ρ_{mat} (Kg/m ³)	7850	7850	7850	105	130
t (mm)	8	9	9.5	75	40
m_{mat} (Kg/m ²)	62.80	70.65	74.58	7.88	5.20
$\alpha_{m mat}$	0.05	0.05	0.05	0.9	0.75
Kc	13	13	13	19	19
Fc (hz)	1625.0	1444.4	1368.4	253.3	475.0

Nivel de reducción de ruido por sectores y por planchaje.

La reducción de ruido, R_W , por sectores se lo realiza en función de la frecuencia de los octavos de banda: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, Y 800 Hz. Para ello se utiliza las formulaciones previstas en el Manual de RockWool, [29]:

$$f < f_c \rightarrow R_W = 20 \cdot \log(m_{Mat}) + 20 \cdot \log(f) - 48$$

$$f > f_c \rightarrow R_W = 20 \cdot \log(m_{Mat}) + 30 \cdot \log(f) - 10 \cdot \log(f_c) + 10 \cdot \log(\alpha_m) - 47$$

Por lo tanto, en Tabla CXXVI se muestra los niveles de reducción de ruido por sectores para cada octavo de banda.

Tabla CXXVI: Nivel de reducción de ruido por sectores.

f (hz)	Rw _{cub} (dB)	Rw _{Mamp} (dB)	Rw _{Cost} (dB)	Rw _{RockW} (dB) Mamparos	Rw _{RockE} (dB) cubiertas
63	23.95	24.97	25.44	5.91	2.31
125	29.90	30.92	31.39	11.86	8.26
250	35.92	36.94	37.41	17.88	14.28
500	41.94	42.96	43.43	27.40	20.27
1000	47.96	48.98	49.45	36.43	29.30
2000	42.87	43.89	44.36	45.46	38.33
4000	51.90	52.93	53.39	54.49	47.37
8000	60.93	61.96	62.43	63.52	56.40

[Fuente: Elaboración Propia.]

En la Tabla CXXVII se muestra el área del planchaje por compartimentos habitables con su respectiva reducción por ruido. La fórmula para calcular la reducción de ruido por planchaje de acero se define como:

$$R_w = \frac{S \cdot \alpha_m}{1 - \alpha_m}$$

Tabla CXXVII: Reducción de ruido por planchaje de los compartimentos habitables.

Sala de Maquinas	Área [m²]	R_{Steel} [dB]
Sala de Maquina	533.77	28.09
Sala de Ejes	251.62	13.24
Cuarto de Bombas	632.15	33.27
Lazareto	428.24	22.54
Cubierta de Toldilla		
Camarote del Enfermería	37.89	1.99
Enfermería	33.39	1.76
Camarote Maquinista	59.02	3.11
Oficina	32.03	1.69
Pañol de marinería y herramientas	32.03	1.69
Sala de recreación de marineros	64.60	3.40
Lavandería	53.60	2.82
Local De Aire Acondicionado	60.48	3.18
Baño # 1 Independiente	35.76	1.88
Cubierta 1		
Cocina	66.07	3.48
Comedor Marineros	90.40	4.76
Comedor Oficiales	76.38	4.02
Camarotes De Marineros 3	57.58	3.03

Baño # 2 Independiente	24.96	1.31
Baño # 3 Independiente	24.96	1.31
Camarote De Cocinero	37.32	1.96
Sala De Oficiales	49.08	2.58
Gambuza	34.02	1.79
Cubierta 2		
Camarote De Marinero 2	45.92	2.42
Camarote Electromecánico	38.63	2.03
Camarote De Motorista Y Aceitero	45.83	2.41
Camarote De 2do Oficial Maquinista	57.92	3.05
Camarote De 1er Oficial Maquinista	57.92	3.05
Baño # 4 Independiente	21.54	1.13
Baño # 5 Independiente	21.54	1.13
Camarote De Maquinista	46.04	2.42
Camarote De Contra maestre	44.42	2.34
Camarote De Marinero 1	46.05	2.42
Cubierta 3		
Sala De Capitán	41.96	2.21
Camarote De Capitán	50.38	2.65
Camarote De 1er Oficial	50.46	2.66
Camarote De 3er Oficial	67.10	3.53
Camarote De 2do Oficial	50.36	2.65
Camarote De Jefe De Maquinas	50.38	2.65
Sala De Jefe De Maquinas	41.96	2.21
Cuarto De Basura	26.88	1.41
Habitación Co2	43.68	2.30
Guarda calor	32.64	1.72
Cubierta 4		
Puente De Mando	272.52	14.34

[Fuente: Elaboración Propia.]

Nivel de ruido en la Sala de Máquinas.

Para el cálculo del nivel de ruido en la sala de máquinas proporcionado por el foco de ruido (motor), se puede observar en la Sección 3.3.1.

Para el análisis de ruido solo se considerara la propagación de ruido por motor ('Casing') con un valor de 117.5 dB. Pero en la realidad habría que considerar tres tipos de ruidos en la sala de máquinas: por motor ('Casing'), por sistema de admisión ('Instake'), y por escape ('Exhaust').

Niveles de ruido en Compartimentos.

El nivel de ruido propagado por cada pared de los compartimentos son determinadas mediante la fórmula, [29].

$$L_P = L_W - R_W + 10 \cdot \log \left(\frac{Q}{S_P} + \frac{4}{R_{Steel}} \right)$$

donde R_W es la Reducción de ruido del aislante instalado en decibeles, ver Tabla CXXVI. R_{Steel} es la reducción de ruido por planchaje de acero en decibeles, ver Tabla CXXVII.

Integrando la propagación de los niveles de ruidos producidos por las paredes (6 caras) en cada compartimento se realizara una media logarítmica para obtener su equivalente. En la Tabla CXXIX se indica los niveles de propagación de ruido por cada pared en los diferentes compartimentos analizados en el buque.

Tabla CXXVIII: Simbología para el análisis del ruido producido por las paredes de los compartimentos.

SIMBOLOGÍA	
	Requiere aislante para cubiertas o costados del compartimento al no cumplir los límites permitidos por IMO.
	No requiere aislante, pero se considera colocar porque el nivel del ruido es alto o requiere mamparo aislante
-	No requiere aislante
R	Ruido Producido
A	Ruido Aislado

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla CXXIX. Niveles de propagación de ruido por cada pared.

RESUMEN DE NIVELES DE RUIDO EN COMPARTIMENTOS BUQUE PORTACONTENEDOR FEEDER DE 200 TEUS														
Niveles, [dB]	Cubierta Inferior		Cubierta Superior		Costado Estribor		Costado Babor		Costado Proa		Costado Popa		Ruido en el compartimento, [dB]	OMI [db]
	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A		
Compartimentos														
Sala De Ejes	-	-	38	-	-	-	-	-	72	-	-	-	64	90
Cuarto De Bomb1	68	65	44	41	-	-	-	-	49	42	34	-	58	90
Lazareto	51		51	48	-	-	-	-	50	-	-	-	50	75
CUBIERTA DE TOLDILLA														
Camarote Del Doctor	62	58	47	-	60	53	35	-	31	-	61	54	53	60
Enfermería	62	59	47	-	61	54	36	-	36	-	36	-	52	60
Oficial De Maquina	60	56	35	-	58	51	33	-	58	51	33	-	53	60
Oficina	63	59	33	-	36	-	56	-	36	-	36	-	53	65
Panól De Marinería Y Herramientas	63	59	33	-	36	-	36	-	36	-	36	-	51	85
Sala De Recreación De Marineros	59	56	34	-	28	-	28	-	58	51	33	-	49	65
Lavandería	60	57	35	-	34	-	53	-	59	52	34	-	54	60
Local De Aire Acondicionado	60	56	30	-	28	-	58	51	58	51	33	-	51	85

Baño # 1 Independiente	62	59	47	-	36	-	61	54	35	-	45	-	52	65
Cuarto De Basura	63	60	48	-	37	-	62	55	37	-	57	-	55	75
Habitación Co2	61	58	46	-	35	-	60	53	46	-	60	53	52	85
CUBIERTA 1														
Cocina	29	-	29	-	58	51	33	-	33	-	58	51	46	75
Comedor Marineros	28	-	28	-	56	50	31	-	57	50	32	-	45	65
Comedor Oficiales	34	-	29	-	32	-	32	-	57	50	32	-	43	65
Camarotes De Marineros 3	55	-	30	-	33	-	58	51	58	52	33	-	50	60
Baño # 2 Independiente	59	-	34	-	37	-	62	55	32	-	37	-	53	65
Baño # 3 Independiente	59	-	34	-	37	-	62	55	37	-	37	-	53	65
Camarote De Cocinero	57	-	37	-	35	-	35	-	35	-	35	-	49	60
Sala De Oficiales	46	-	31	-	34	-	59	52	34	-	44	-	46	75
Gambuza	57	-	32	-	36	-	61	54	46	-	61	54	52	75
CUBIERTA 2														
Camarote De Marinero 2	46	-	31	-	59	52	34	-	34	-	59	52	48	60
Camarote Electromecánico	47	-	32	-	60	53	35	-	30	-	35	-	46	60
Camarote De Motorista Y Aceitero	36	-	31	-	59	52	34	-	59	52	30	-	48	60

Camarote De 2do Oficial Maquina	35	-	35	-	33	-	28	-	59	52	34	-	44	60
Camarote De 1er Oficial Maquina	35	-	35	-	28	-	28	-	59	52	34	-	44	60
Baño # 4 Independiente	34	-	34	-	38	-	38	-	38	-	38	-	37	65
Baño # 5 Independiente	34	-	34	-	38	-	38	-	33	-	38	-	36	65
Camarote De Maquinista	31	-	31	-	34	-	59	52	59	52	29	-	48	60
Camarote De Contraestre	36	-	31	-	34	-	59	53	30	-	35	-	45	60
Camarote De Marinero 1	46	-	31	-	34	-	59	52	35	-	59	52	48	60
CUBIERTA 3														
Camarote De 2do Oficial	45	-	35	-	59	52	34	-	34	-	59	52	48	60
Camarote De Jefe De Maquinas	30	-	35	-	59	52	34	-	59	52	34	-	47	60
Sala De Jefe De Maquinas	31	-	36	-	30	-	35	-	60	53	34	-	45	65
Sala De Capitán	31	-	36	-	35	-	30	-	60	53	35	-	45	65
Camarote De Capitán	30	-	35	-	34	-	59	52	59	52	34	-	47	60
Camarote De 1er Oficial	30	-	35	-	34	-	59	52	34	-	59	52	47	60
Camarote De 3er Oficial	34	-	34	-	33	-	33	-	33	-	33	-	33	60
CUBIERTA 4														
Puente de Mando	28	25	53	50	52	45	52	45	52	45	52	45	46	65

Peso y Centroide de aislante más acomodación.

Los datos que se emplean para el cálculo del peso y Centroide de aislante más acomodación son los siguientes:

Tabla CXXX: Datos Técnicos de Aislantes y Acomodación.

Datos técnicos de aislantes				
	Nombre comercial	Densidad [kg/m³]	Espesor [mm]	Costo [\$/m²]
Cubiertas	SEAROX SL640	130	40	30.31
Mamparos y costados	SEAROX WM640	105	75	25.25
Acomodación				
Peso [kg/m ²]	10			
Valorización[\$/12m ²]	5000			

[Fuente: Elaboración Propia.]

En la Tabla CXXXI se muestra el peso de aislante más acomodación del buque, esto incluye el peso del aislante colocada en cada pared de acuerdo a los cálculos previamente realizados. Además incluye el peso de la acomodación que son las camas, cómodas, cocinas, equipos de enfermería, baño, lavabo, duchas, etc, es decir, todo lo que forma parte de la acomodación para los tripulantes en los diferentes compartimentos. Se asume un peso de 10 kg/m² por acomodación, al final se obtiene un peso total de aislante más acomodación de 13. 87 ton, que incluye 10.14 ton de aislante y 3.73 ton de acomodación.

Tabla CXXXI: Peso de aislante y acomodaciones.

Peso Aislante [Kg]	3730
Peso Acomodación [Kg]	10143
Peso Total (Aislante + Acomodación) [Kg]	13873.48
Peso Total (Aislante + Acomodación) [Ton]	13.87

[Fuente: Elaboración Propia.]

En la Tabla CXXXII se muestra el Centroide del aislante colocado en el Buque Portacontenedor Feeder de 200 TEU's.

Tabla CXXXII: Centroide de Aislante más acomodación del buque.

Centroides	X[m]	-32.768	Longitudinal (+proa)
	Z[m]	12.725	Vertical
	Y[m]	0.000	Transversal

[Fuente: Elaboración Propia.]

Por ultimo en la Tabla CXXXIII se muestra los valores del costo estimado de aislamiento y acomodación, es necesario mencionar que para la valorización de la acomodación se considera \$5000 por cada 12 m².

Tabla CXXXIII: Resumen costo de aislante más acomodación.

Costo	
Costo de Aislante [\$]	\$ 46,664.29
Costo de Acomodación [\$]	\$ 155,435.83
Costo total (Aislante + Acomodación) [\$]	\$ 202,100.12

[Fuente: Elaboración Propia.]

Anexo R

ESTIMACIÓN DE COSTOS.

Parte 1: ESTIMACIÓN DEL COSTO HORAS – HOMBRE.

En las Tabla CXXXIV y Tabla CXXXV se presentan los salarios estimados para el personal productivo y administrativo que intervienen en la construcción de la embarcación.

Tabla CXXXIV: Estimación de costo para personal Productivo.

Personal Productivo					
Descripción	#	\$/ Mensual	Subtotal/ Mensual	MRL	\$
Técnico Armador	16	\$ 986.00	\$ 15,776.00	30	\$ 20,508.80
Técnico Soldador	32	\$ 800.00	\$ 25,600.00	30	\$ 33,280.00
Ayudante	16	\$ 450.00	\$ 7,200.00	30	\$ 9,360.00
Técnico en maquinado	4	\$ 950.00	\$ 3,800.00	30	\$ 4,940.00
Técnico en combustión interna	4	\$ 900.00	\$ 3,600.00	30	\$ 4,680.00
Técnico en Propulsión	3	\$ 1,000.00	\$ 3,000.00	30	\$ 3,900.00
Ayudante	5	\$ 450.00	\$ 2,250.00	30	\$ 2,925.00
Técnico Eléctrico 1	5	\$ 800.00	\$ 4,000.00	30	\$ 5,200.00
Técnico Eléctrico 2	3	\$ 900.00	\$ 2,700.00	30	\$ 3,510.00
Ayudante	8	\$ 450.00	\$ 3,600.00	30	\$ 4,680.00
Técnico Electrónico 3	1	\$ 1,200.00	\$ 1,200.00	30	\$ 1,560.00
Técnico Electrónico 1	2	\$ 675.00	\$ 1,350.00	30	\$ 1,755.00

Ayudante	12	\$ 450.00	\$ 5,400.00	30	\$ 7,020.00
Técnico de Sistemas Auxiliares	5	\$ 800.00	\$ 4,000.00	30	\$ 5,200.00
Ayudante	5	\$ 550.00	\$ 2,750.00	30	\$ 3,575.00
Pintor Naval	5	\$ 553.00	\$ 2,765.00	30	\$ 3,594.50
Ayudante	2	\$ 450.00	\$ 900.00	30	\$ 1,170.00
Carpinteros	3	\$ 675.00	\$ 2,025.00	30	\$ 2,632.50
Maniobras	16	\$ 553.00	\$ 8,848.00	30	\$ 11,502.40
Operador de Grúas	3	\$ 690.00	\$ 2,070.00	30	\$ 2,691.00
SUBTOTAL	150	\$ 14,282.00	\$ 102,834.00		\$ 133,684.20

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla CXXXV: Estimación de costo para personal Administrativo.

Personal Administrativo					
Descripción	#	\$/Mensual	Subtotal/Mensual	MRL	\$
Conserje	5	\$ 732.00	\$ 3,660.00	30	\$ 4,758.00
Bodeguero	8	\$ 733.00	\$ 5,864.00	30	\$ 7,623.20
Chofer	8	\$ 733.00	\$ 5,864.00	30	\$ 7,623.20
Oficinista	4	\$ 622.00	\$ 2,488.00	30	\$ 3,234.40
Seguridad	10	\$ 553.00	\$ 5,530.00	30	\$ 7,189.00
Secretarias	12	\$ 750.00	\$ 9,000.00	30	\$ 11,700.00
Auxiliar De Enfermería	1	\$ 820.00	\$ 820.00	30	\$ 1,066.00
Medico	1	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00	30	\$ 2,080.00
Abogado	2	\$ 1,600.00	\$ 3,200.00	30	\$ 4,160.00
Ayudante Seguridad Industrial	2	\$ 533.00	\$ 1,066.00	30	\$ 1,385.80

Jefe De Calidad	2	\$ 2,034.00	\$ 4,068.00	30	\$ 5,288.40
Desarrollo De Software	2	\$ 1,600.00	\$ 3,200.00	30	\$ 4,160.00
Verificador	6	\$ 1,200.00	\$ 7,200.00	30	\$ 9,360.00
Ingenieros De Obras	6	\$ 1,600.00	\$ 9,600.00	30	\$ 12,480.00
Asistente De Operaciones	6	\$ 980.00	\$ 5,880.00	30	\$ 7,644.00
Asistente De Diseno	6	\$ 980.00	\$ 5,880.00	30	\$ 7,644.00
Asistente De Gerencia	4	\$ 740.00	\$ 2,960.00	30	\$ 3,848.00
Ejecutiva De Gerencia	4	\$ 980.00	\$ 3,920.00	30	\$ 5,096.00
Ingenieros De Gerencia	4	\$ 1,600.00	\$ 6,400.00	30	\$ 8,320.00
Gerente De Proyectos	4	\$ 2,500.00	\$ 10,000.00	30	\$ 13,000.00
Vicepresidente De Proyectos	1	\$ 2,800.00	\$ 2,800.00	30	\$ 3,640.00
Gerente General	1	\$ 4,500.00	\$ 4,500.00	30	\$ 5,850.00
SUBTOTAL	94	\$ 30,190.00	\$ 105,500.00		\$ 137,150.00

[Fuente: Elaboración Propia.]

El costo total que el astillero debe pagar a los trabajadores la sección administrativa como productiva es de \$ 270,834.20. Los gastos adicionales mensuales estimados que debe cancelar el astillero se muestran en Tabla CXXXVI. Además, se asume una bruta del 20% como se presenta en el desglose de gastos mensuales del astillero para el proyecto de la Tabla CXXXVII.

Tabla CXXXVI: Gastos adicionales mensuales del Astillero.

Gastos Adicionales/ Mes	
Servicios	\$ 3,000.00
Comunicación	\$ 2,500.00
Papelería	\$ 2,500.00
Habilitación	\$ 8,000.00
Alquiler de parrilla	\$ 15,000.00
Total	\$ 31,000.00

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla CXXXVII: Desglose de gastos mensuales totales del astillero.

Costo en el astillero mensual		
Descripción	Numero Personas	Costo
Personal Productivo	150	\$ 133,684.20
Personal Administrativo	94	\$ 137,150.00
Gastos Adicionales/ Mes	-	\$ 31,000.00
Utilidad Bruta [20%]	-	\$ 60,366.84
TOTAL	244	\$ 362,201.04

[Fuente: Elaboración Propia.]

A continuación se presenta el cálculo de las H-H mensual del astillero, según la siguiente formulación, [31].

$$H - H = P \cdot t \cdot D$$

Dónde: P es el número de personas productivas, t es el tiempo trabajado diario, y D es el número de días trabajados en el mes. Asumiendo 8 horas de

trabajo diarias por 20 días laborales, tenemos un total de Hora-Hombre de 24000 al mes. Por lo tanto, para un gasto mensual de \$ 362,201.04 se un costo de hora-hombre de 15.09 \$/H-H.

Parte 2: ESTIMACIÓN DE COSTO DE EQUIPO, MATERIAL Y MANO DE OBRA.

Según el diseño definitivo del Capítulo III, se determina el costo por Material, Consumibles y Mano de obra, [31], [32], de los Grupos tecnológicos:

GRUPO 100: Casco y Estructura.

Según el escantillonado del buque para el planchaje y la estructura, de acuerdo a un costo de 1000 \$/ton de acero, se obtiene para el casco y la estructura un costo de \$ 2,729,430.22 que corresponde al costo por Material, Consumibles (15% del costo por Material) y Mano de Obra. En la Tabla CXXXVIII se detalla el costo del Grupo Tecnológico 100:

Tabla CXXXVIII: Costo de Mano de Obra y Material Grupo 100.

Compartimento	Costo de Mano de Obra		Costo de Materiales	
	Horas-Hombre	Costo	Material/Equipo	Consumibles
	H-H	\$	\$	\$
Bodega 1	5807	\$ 87,638.67	\$ 56,040.00	\$ 8,406.00
Bodega 2	10735	\$ 162,002.26	\$ 110,910.00	\$ 16,636.50
Bodega 3	13682	\$ 206,489.59	\$ 145,230.00	\$ 21,784.50
Bodega 4	15140	\$ 228,488.10	\$ 162,520.00	\$ 24,378.00
Bodega 5	12853	\$ 193,970.25	\$ 135,480.00	\$ 20,322.00
Peak de proa	4512	\$ 68,096.25	\$ 42,340.00	\$ 6,351.00
Sala de Maquinas	11612	\$ 175,247.24	\$ 121,030.00	\$ 18,154.50
Peak de popa	5947	\$ 89,747.08	\$ 57,540.00	\$ 8,631.00
Superestructura	11917	\$ 179,840.78	\$ 124,560.00	\$ 18,684.00
Subtotal	92204	\$ 1,391,520.22	\$ 955,650.00	\$ 143,347.50
Imprevistos 10% (5% soldadura + 5% desperdicio)			\$	95,565.00
Infraestructura y/o equipos 15%			\$	143,347.50
TOTAL			\$	2,729,430.22

[Fuente: Elaboración Propia.]

GRUPO 200: Propulsión.

Según el arreglo de la sala de máquinas analizado en el subcapítulo 3.2 se estima un costo de \$ 669,458.25 para la propulsión, que corresponde al costo por equipos, consumibles (10% del costo por material) y mano de obra. En la Tabla CXXXIX se detalla el costo del Grupo Tecnológico 200.

Tabla CXXXIX: Costo de Mano de Obra y Material Grupo 200.

Descripción	Costo de Mano de Obra		Costo de Materiales	
	Horas-Hombres	Costo	Material/Equipo	Consumibles
	H-H	\$	\$	\$
Motor: CAT3608	1795	\$ 27,083.62	\$ 400,000.00	\$ 40,000.00
Transmisión Marina: WAF 3445	870	\$ 13,131.23	\$ 50,000.00	\$ 5,000.00
Prensaestopa	16	\$ 240.90	\$ 4,800.00	\$ 480.00
Brida	36	\$ 549.51	\$ 2,000.00	\$ 200.00
Hélice	267	\$ 4,033.48	\$ 68,700.00	\$ 6,870.00
Ejes	388	\$ 5,855.86	\$ 6,428.06	\$ 642.81
Pala	1007	\$ 15,199.47	\$ 10,000.00	\$ 1,000.00
Bocine	36	\$ 549.51	\$ 2,000.00	\$ 200.00
Barón	143	\$ 2,159.65	\$ 2,121.96	\$ 212.20
Subtotal	4559	\$ 68,803.23	\$ 546,050.02	\$ 54,605.00
TOTAL	\$ 669,458.25			

[Fuente: Elaboración Propia.]

GRUPO 300: Planta Eléctrica.

De acuerdo al balance eléctrico analizado en el subcapítulo 2.7, se estima un costo de \$ 371,391.59 para la planta eléctrica, que corresponde al costo por equipos, consumibles (10% del costo por Material) y mano de obra. En la Tabla CXL se detalla el costo del Grupo Tecnológico 300.

Tabla CXL: Costo de Mano de Obra y Material Grupo 300.

#	Descripción	Costo de Mano de Obra		Costo de Materiales	
		Horas-Hombres	Costo	Material/Equipo	Consumibles
		H-H	\$	\$	\$
2	Generador Eléctrico 600 KW	1079	\$ 16,290.39	\$ 175,000.00	\$ 26,250.00
1	Cableado Eléctrico	1624	\$ 24,503.75	\$ 50,000.00	\$ 7,500.00
1	Tableros Eléctricos	824	\$ 12,433.96	\$ 40,000.00	\$ 6,000.00
-	Baterías	127	\$ 1,913.50	\$ 10,000.00	\$ 1,500.00
Subtotal		3654	\$ 55,141.59	\$ 275,000.00	\$ 41,250.00
TOTAL		\$ 371,391.59			

[Fuente: Elaboración Propia.]

GRUPO 400: Mando y Vigilancia.

Se estima un costo de \$ 687, 755.50 para el Grupo Mando y Vigilancia, que corresponde al costo por equipos, consumibles (10% del costo por material) y mano de obra. Equipos como son de amarre y fondeo, radiocomunicaciones, salvamento y navegación. En la Tabla CXLI se detalla el costo del Grupo Tecnológico 400.

Tabla CXLII: Costo de Mano de Obra y Material Grupo 400.

#	Descripción	Costo de Mano de Obra		Costo de Materiales	
		Horas-Hombres	Costo	Material/Equipo	Consumibles
		H-H	\$	\$	\$
Radiocomunicaciones					
1	Dispositivo de escucha continua LSD	200	\$ 3,076.15	\$ 70.00	\$ 7.00
1	AIS SART AMEC: Transpondedor de Radar 9 GHz	150	\$ 2,307.11	\$ 490.00	\$ 49.00
1	Receptor NASA MARINE PC NAVTEX USB				
1	Dispositivo para sistema INMARSAT				
1	Radiobaliza para siniestros INMARSAT				
1	Receptor radioeléctrico de 21.82 KHz INMARSAT	1000	\$ 15,380.74	\$ 100,000.00	\$ 10,000.00
1	Dispositivo terreno de INMARSAT				
1	Dispositivo de ondas heptométricas INMARSAT				
1	Dispositivo de LSD INMARSAT				
Equipo de Amarre y Fondeo					
2	Ancla	1134	\$ 17,109.17	\$ 71,934.83	\$ 7,193.48

2	Cadena	661	\$ 9,977.38	\$ 48,000.00	\$ 4,800.00
1	Cabrestante WAS-32 (MARKEY) 60 HP	1252	\$ 18,897.76	\$ 40,000.00	\$ 4,000.00
8	Bitas	238	\$ 3,596.21	\$ 3,200.00	\$ 320.00
16	Guardacabos	86	\$ 1,304.24	\$ 8,800.00	\$ 880.00
Equipos de Salvamento					
2	Botes salvavidas: Modelo DY010115 P.E.	473	\$ 7,141.43	\$ 140,000.00	\$ 14,000.00
1	Botes de caídas libre: Marca DEYUAN MARINE	237	\$ 3,570.72	\$ 25,000.00	\$ 2,500.00
2	Balsas salvavidas	73	\$ 1,099.02	\$ 3,962.00	\$ 396.20
1	Botes de rescate: Modelo DY010115 P.E.	247	\$ 3,731.00	\$ 30,000.00	\$ 3,000.00
8	Aro salvavidas 4 kg con Cinta Reflexiva LALIZAS	9	\$ 130.01	\$ 520.00	\$ 52.00
8	Luz para aro salvavidas + Soporte LALIZAS	7	\$ 106.36	\$ 552.00	\$ 55.20
2	Traje de inmersión de neopreno "NEPTUNE"	9	\$ 133.37	\$ 250.00	\$ 25.00
22	Chaleco Salvavidas Solas Tipo I Adulto	44	\$ 667.19	\$ 1,518.00	\$ 151.80
4	Pistolas de bengalas	4	\$ 53.18	\$ 116.00	\$ 11.60
30	Bengalas-Señal de Mano Comet	14	\$ 213.74	\$ 1,050.00	\$ 105.00
2	Bengalas-Señal de Luz y Humo Comet	14	\$ 211.21	\$ 2,300.00	\$ 230.00
10	Extintor automático fe-36 para sala de maquinas	70	\$ 1,056.05	\$ 2,276.40	\$ 227.64
45	Extintores polvo abc 4 Kg	90	\$ 1,364.71	\$ 2,922.30	\$ 292.23

44	Agua de emergencia Seven Oceans	9	\$	137.42	\$	226.60	\$	22.66
6	Kit de medicina SOLAS	12	\$	181.96	\$	780.00	\$	78.00
44	Raciones de alimentos de emergencia	11	\$	167.99	\$	455.40	\$	45.54
2	Megáfono con sirena 16W 320M – LALIZAS	2	\$	26.59	\$	70.00	\$	7.00
2	Sirenas Marinas	4	\$	55.17	\$	330.00	\$	33.00
-	Señales foto luminiscentes	15	\$	219.10	\$	4,800.00	\$	480.00
Equipos de Navegación								
2	Autonautic Compas Magnético Grande	26	\$	394.13	\$	9,000.00	\$	900.00
2	Simrad Gps Plotter Sonda NSS16	17	\$	258.19	\$	11,000.00	\$	1,100.00
-	Carta náutica navionics gold	2	\$	33.04	\$	290.00	\$	29.00
1	Receptor AIS CYPHO-150 navegación por satélite	4	\$	56.59	\$	260.35	\$	26.04
15	Lámpara de señales diurnas	25	\$	372.14	\$	196.05	\$	19.61
1	Ecosonda: Marca LOWRANCE, Modelo 15276	13	\$	197.06	\$	2,460.00	\$	246.00
1	Radar de 9GHz GMR™ 1226 xHD2 y pedestal	15	\$	219.10	\$	7,400.00	\$	740.00
1	Dispositivo para medir la velocidad y distancia del agua SKYWATCH	12	\$	174.75	\$	104.59	\$	10.46
1	Compas satelitario SC-110 Marca: FURUNO	9	\$	129.09	\$	4,000.00	\$	400.00
1	Repetidor RD33 Marca: FURUNO	7	\$	105.60	\$	460.00	\$	46.00

-	Indicador de Angulo de Timón Manual DAVIS	5	\$	81.52	\$	433.00	\$	43.30
2	Serie de pilotos automáticos GHP™	20	\$	304.22	\$	7,700.00	\$	770.00
1	Radar de 3Ghz de antena cerrada GMR™ 24 xHD	13	\$	197.06	\$	2,460.00	\$	246.00
-	Luces de Navegación	104	\$	1,565.34	\$	2,800.00	\$	280.00
	Subtotal	6337			\$	95,639.23	\$	538,287.52
	TOTAL				\$	687,755.50		

[Fuente: Elaboración Propia.]

GRUPO 500: Sistemas Auxiliares.

Se estima un costo de \$ 560,192.15 para los Sistemas Auxiliares instalados en el buque, que corresponde al costo por equipos, consumibles (10% del costo por material) y mano de obra. En la Tabla CXLII se detalla el costo del Grupo Tecnológico 500:

Tabla CXLII: Costo de Mano de Obra y Material Grupo 500.

#	Descripción	Costo de Mano de Obra		Costo de Materiales	
		Horas-Hombre	Costo	Material/Equipo	Consumibles
		H-H	\$	\$	\$
2	Bomba Achique	1090	\$ 16,451.45	\$ 70,560.00	\$ 7,056.00
2	Bomba Contra-incendio	1481	\$ 22,351.85	\$ 102,950.00	\$ 10,295.00
1	Bomba agua de dulce	137	\$ 2,066.21	\$ 8,535.00	\$ 853.50
1	Bomba centrifugado	190	\$ 2,874.11	\$ 15,975.00	\$ 1,597.50
1	Bomba trasvasije de D.O.	237	\$ 3,580.46	\$ 10,500.00	\$ 1,050.00
1	Bomba combustible	170	\$ 2,564.38	\$ 9,555.00	\$ 955.50
1	Bomba enfriamiento	360	\$ 5,426.96	\$ 22,455.00	\$ 2,245.50
2	Extractores	1652	\$ 24,935.74	\$ 9,214.00	\$ 921.40
2	Ventiladores	1652	\$ 24,935.74	\$ 9,420.00	\$ 942.00
1	Centrifugador	452	\$ 6,828.97	\$ 24,000.00	\$ 2,400.00
1	Bomba combustible m. auxiliar	199	\$ 3,004.79	\$ 9,255.00	\$ 925.50

1	Bomba lodos	117	\$ 1,761.73	\$ 8,535.00	\$ 853.50
1	Purificador de aceite	374	\$ 5,641.23	\$ 1,200.00	\$ 120.00
1	Bomba alimentación purificador aceite	107	\$ 1,620.02	\$ 3,600.00	\$ 360.00
1	Bomba aceite	208	\$ 3,131.79	\$ 1,300.00	\$ 130.00
1	Compresor	982	\$ 14,816.84	\$ 19,500.00	\$ 1,950.00
2	Aire acondicionado	855	\$ 3,000.00	\$ 9,000.00	\$ 900.00
2	Bomba achique bodegas	1090	\$ 5,000.00	\$ 37,355.00	\$ 3,735.50
Subtotal		11353	\$ 149,992.25	\$ 372,909.00	\$ 37,290.90
TOTAL			\$ 560,192.15		

[Fuente: Elaboración Propia.]

GRUPO 600: Equipo y Habitabilidad.

El buque tendrá una tripulación de 22 personas, el mismo que debe brindar la mayor seguridad, comodidad y confort a su tripulación. En base a esto se estima un costo de \$ 577,879.84 para la Habitabilidad instalada en el buque, que corresponde al costo por equipos, consumibles (10% del costo por Material) y mano de obra. En la Tabla CXLIII se detalla el costo del Grupo Tecnológico 600.

Tabla CXLIII: Costo de Mano de Obra y Material Grupo 600.

Descripción	Costo de Mano de Obra		Costo de Materiales	
	Horas-Hombres	Costo	Costo	Consumibles
	H-H	\$	\$	\$
Sand blasting	3313	\$ 50,000.00	\$ 20,000.00	\$ 2,000.00
Pintura y Ánodos	6968	\$ 105,166.00	\$ 143,252.13	\$ 14,325.21
Acomodamiento	360	\$ 5,435.51	\$ 155,435.83	\$ 15,543.58
Aislamiento Térmico y Acústico: SeaRox WM SL640	1020	\$ 15,390.85	\$ 46,664.29	\$ 4,666.43
Subtotal	11662	\$ 175,992.36	\$ 365,352.25	\$ 36,535.23
TOTAL		\$ 577,879.84		

[Fuente: Elaboración Propia.]

GRUPO 700: Armamento.

Según el buque en Diseño, este no contara de Armamento a bordo, sin generar costos.

GRUPO 900: Administración y Diseño.

De acuerdo a porcentajes recomendados se tiene un costo \$ 535,719.50, generado por la Administración y el Diseño, que corresponde al costo por equipos, consumibles y mano de obra. En la Tabla CXLIV se detalla el costo del Grupo Tecnológico 900.

Tabla CXLIV: Costo de Mano de Obra y Material Grupo 900.

Descripción	Costo de Mano de Obra		Costo de Materiales	
	Horas-Hombres	Costo	Costo	Consumibles
	H-H	\$	\$	\$
Ingeniería de Diseño	2595	\$ 38,741.78	\$ 61,064.98	\$ 7,337.15
Ingeniería de Construcción	3893	\$ 58,112.67	\$ 91,597.46	\$ 11,005.72
Cama de Construcción	6488	\$ 96,854.44	\$ 152,662.44	\$ 18,342.87
Subtotal	12977	\$ 193,708.89	\$ 305,324.88	\$ 36,685.74
TOTAL		\$ 535,719.50		

[Fuente: Elaboración Propia.]

GRUPO 0: Gastos Generales.

De acuerdo a los costos obtenidos hasta el momento de los grupos constructivos se obtiene una proporción en porcentaje para obtener un costo \$ 469,761.10, generado por Gastos Generales. En la Tabla CXLV se detalla el costo del Grupo Tecnológico 0.

Tabla CXLV: Costo del Grupo 0.

Descripción	Porcentaje (De Grupos Tecnológicos)	Costo
		\$
Gastos varios del contrato	0.07%	\$ 5,699.01
Costes del proyecto	0.12%	\$ 9,769.73
Seguros	1.23%	\$ 97,697.28
Gastos de clasificación del buque y expedición de certificados	1.54%	\$ 122,121.60
Gastos de visado en Colegio de Ingenieros y gerencia Sector Naval	0.51%	\$ 40,707.20
Gastos originados durante la construcción	1.54%	\$ 122,121.60
Gastos de Pruebas de mar	0.12%	\$ 9,769.73
Gastos de entrega	0.06%	\$ 4,884.86
Previsión de garantía	0.72%	\$ 56,990.08
TOTAL		\$ 469,761.10

[Fuente: Elaboración Propia.]

Anexo S

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN.

Para el costo operacional del buque portacontenedor 'Victoria RR', se determina el costo anual por: tripulación, protección y seguro de indemnización, mantenimiento de casco y maquinaria, seguros de riesgos, subsistencia de tripulación y suministros, además los gastos generados en el puerto y el rol de pago mensual y anual a la tripulación, [32]. En la Tabla CXLVI, se muestra los datos usados para los cálculos.

Tabla CXLVI: Datos de Entrada para Costos Operacionales.

L	92.32	M
B	16.2	M
D	9.3	M
Numero Cubico, CN	4908.12	pies ³
Numero de Tripulantes, Nc	22	-
Potencia	3291	hp
Costo invertido [\$]	\$ 12,099,632.99	

[Fuente: Elaboración Propia.]

➤ **Costo anual por tripulación.**

El costo anual por tripulación, viene dado por la siguiente formulación, [32]:

$$\text{Costo anual} = \$27,000(Nc)^{4/5}$$

$$\text{Costo anual} = \$ 320,111.97$$

➤ **Costo anual de protección y seguro de indemnización.**

El Costo anual de protección y seguro de indemnización, viene dado por la siguiente formulación, [32]:

$$\text{Costo anual} = \$965 * Nc$$

$$\text{Costo anual} = \$ 21,230.00$$

➤ **Costo anual de seguro de casco y maquinaria.**

El Costo anual de seguro de casco y maquinaria, viene dado por la siguiente formulación, [32]:

$$\text{Costo anual} = \$10,000.00 + 0.997 * \text{Costo}_{\text{Invertido}}$$

$$\text{Costo anual} = \$94,697.43$$

➤ **Costo anual por seguros de riesgos.**

El Costo anual por seguros de riesgos, viene dado por la siguiente formulación, [32]:

$$\text{Costo anual} = 0.1\% * \text{Costo}_{\text{Invertido}}$$

$$\text{Costo anual} = \$ 1,209,963.30$$

➤ **Costo anual por mantenimiento y reparación del casco.**

El costo anual por mantenimiento y reparación del casco, viene dado por la siguiente formulación, [32]:

$$\text{Costo anual} = \$10,000.00 \left(\frac{CN}{1000} \right)^{2/3}$$

$$\text{Costo anual} = \$ 28,880.86$$

➤ **Costo anual por mantenimiento y reparación de maquinaria.**

El costo anual por mantenimiento y reparación del casco, viene dado por la siguiente formulación, [32]:

$$\text{Costo anual} = \$4,500.00 \left(\frac{SHP}{1000} \right)^{2/3}$$

$$\text{Costo anual} = \$ 9,956.72$$

➤ **Costo anual de subsistencia anual por tripulación.**

El costo anual de subsistencia anual por tripulación, viene dado por la siguiente formulación, [32]:

$$\text{Costo anual} = \$770 * Nc$$

$$\text{Costo anual} = \$ 16,940.00$$

➤ **Costo anual de suministros.**

El costo anual de suministros (pinturas, aceite lubricantes, materiales de limpieza), viene dado por la siguiente formulación, [32]:

$$\text{Costo anual} = \$80.00 \left(\frac{Nc}{10} \right)^4$$

$$\text{Costo anual} = \$ 1,874.05$$

➤ **Costos generales y varios anuales.**

El Costo generales y varios anuales; gestión de flota, las comunicaciones, el transporte de la tripulación, etc., viene dado por la siguiente formulación, [32]:

$$\text{Costo anual} = \$65,000.00 + \$2 * CN$$

$$\text{Costo anual} = \$ 74,816.24$$

➤ **Costos en el puerto.**

El costo en el puerto comprende pilotaje, costos de aduana, impuestos sobre el tonelaje, servicio de remolque y la manipulación de la carga, [32]:

- Costos portuarios en cada convocatoria:

$$\text{Costo} = \$233.00 + \$19.25 * \frac{CN}{1000}$$

$$\text{Costo} = \$ 327.48$$

- Costos de puerto por día:

$$\text{Costo} = \$20.00 + \$8.20 * \frac{CN}{1000}$$

$$\text{Costo} = \$ 60.25$$

➤ **Costos anuales por honorarios de tripulación.**

El costo mensual y anual por los honorarios de la tripulación se presenta en la Tabla CXLVII.

Tabla CXLVII: Roll de pago anual de tripulación.

Descripción	Costo mensual [\$]	Costo anual [\$]
Capitán De Altura	\$ 2,000.00	\$ 24,000.00
Oficial De Primera Cubierta	\$ 850.00	\$ 10,200.00
Oficial De segunda Cubierta	\$ 850.00	\$ 10,200.00
Oficial De tercera Cubierta	\$ 850.00	\$ 10,200.00
Contramaestre	\$ 950.00	\$ 11,400.00
3 Marinero De Primer Puente (Timonel)	\$ 2,700.00	\$ 32,400.00
3 Marinero De Cubierta	\$ 2,850.00	\$ 34,200.00
Cocinero	\$ 700.00	\$ 8,400.00
Medico	\$ 1,500.00	\$ 18,000.00
Total	\$ 13,250.00	\$ 159,000.00

[Fuente: Elaboración Propia.]

➤ **Costos anuales por honorarios de tripulación**

El costo mensual y anual por los consumibles: agua y comida, y por combustible viene desglosado en la siguiente Tabla CXLVIII.

Tabla CXLVIII: Costo anual por consumibles y combustible.

Descripción	Costo mensual [\$]	Costo anual [\$]
Agua	\$ 8,082.80	\$ 96,993.60
Comida	\$ 4,774.00	\$ 57,288.00
Costo por Combustible	\$ 83,993.67	\$ 1,007,924.08
SUBTOTAL	\$ 96,850.47	\$ 1,162,205.68

[Fuente: Elaboración Propia.]

Anexo T

ANÁLISIS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS.

En la Tabla LXVIII, se observa la evaluación de riesgo que se obtiene a partir de un análisis cualitativo, para el riesgo que se produzca falla por: Material, Insumos y equipos, se detalla los medios de detección que se deberán seguir con el fin de evitar subir el nivel de riesgo.

Conforme a los resultados obtenidos de los riesgos, se puede hacer las recomendaciones pertinentes, Tabla LXIX, con el fin de reducir el nivel de riesgos y establecer medidas de prevención de acuerdo el caso lo amerite.

Tabla CXLIX: Evaluación de Riesgos, Falla por material.

Posibles Riesgo	Descripción de Falla	Análisis de Riesgo cualitativo			Medios de Detección
		Probabilidad de Riesgo	Consecuencia	Riesgo	
Personal operativo	No emplea las normas adecuadas	Frecuente	Insignificante	Moderado	Supervisor realiza un test rutinario
	Capacitación incorrecta	Ocasional	Insignificante	Moderado	
	Condición física	Remoto	Insignificante	Trivial	
	No tiene experiencia	Remoto	Insignificante	Trivial	
	Personalidad	Remoto	Insignificante	Trivial	
Equipos	Se desajusto	Frecuente	Insignificante	Moderado	Inspección Visual y rutinario
	Presencia de vibraciones	Ocasional	Insignificante	Moderado	
	Se descalibro	Frecuente	Insignificante	Moderado	
	Falta de herramientas	Ocasional	Insignificante	Moderado	
Mala instalación	Falta de adecuación	Ocasional	Insignificante	Moderado	Mantenimiento Rutinario
	Falta de información	Ocasional	Insignificante	Moderado	
	Proceso incorrecto	Ocasional	Insignificante	Moderado	
Método	Organización/diseño	Remoto	Insignificante	Trivial	Procedimientos de Diseño
	No emplea normas adecuadas	Ocasional	Insignificante	Moderado	
	Herramienta inadecuada	Remoto	Insignificante	Trivial	
Material	Nuevo Proveedor	Ocasional	Insignificante	Moderado	

Falla de fabrica	Ocasional	Daño	Moderado	Inspección Visual y rutinario
Contextura extraña	Ocasional	Insignificante	Moderado	
Falla por características	Remoto	Insignificante	Trivial	Inspección Visual y rutinario
Oxidación	Frecuente	Insignificante	Moderado	
Factores climáticos/ambiente	Frecuente	Insignificante	Moderado	
Antigüedad	Remoto	Insignificante	Trivial	
Caídas	Ocasional	Insignificante	Moderado	

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla CL: Evaluación de Riesgos, Falla por insumos.

Posibles Riesgo	Descripción de Falla Modos de fallas/causas	Análisis de Riesgo cualitativo			Medios de Detección
		Probabilidad de Riesgo	Consecuencia	Riesgo	
Personal operativo	No emplea las normas adecuadas	Ocasional	Insignificante	Moderado	Supervisor realiza un test rutinario
	No tiene experiencia	Remoto	Insignificante	Trivial	
	Condición física	Remoto	Insignificante	Trivial	
Equipos	Mala instalación	Ocasional	Daño	Moderado	Inspección Visual y rutinario y mantenimiento
	Nuevo proveedor	Remoto	Insignificante	Trivial	
	Falta de herramientas	Remoto	Insignificante	Trivial	
Método	No emplea normas adecuadas	Ocasional	Insignificante	Moderado	Procedimientos de Diseño
	No es el proceso adecuado	Ocasional	Insignificante	Moderado	
	Falta de organización	Ocasional	Insignificante	Moderado	
Insumos	Desgastes/Caídas/golpes	Ocasional	Daño	Moderado	Hacer pruebas, Inspección visual y rutinaria
	Fallas de fabricas	Ocasional	Insignificante	Moderado	
	Antigüedad	Remoto	Insignificante	Moderado	
	Nuevo proveedor	Remoto	Insignificante	Trivial	

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla CLI: Evaluación de Riesgos, Falla por equipos.

Posibles Riesgo	Descripción de Falla Modos de fallas/causas	Análisis de Riesgo cualitativo			Medios de Detección
		Probabilidad de Riesgo	Consecuencia	Riesgo	
Desgastes	Oxidación	Ocasional	Insignificante	Moderado	Inspección Visual y rutinario
	Mal uso	Ocasional	Insignificante	Moderado	
	Factores climáticos	Ocasional	Insignificante	Moderado	
	Antigüedad	Remoto	Insignificante	Trivial	
	Caídas/golpes	Frecuente	Insignificante	Moderado	
Mala instalación	Falta de herramientas	Ocasional	Insignificante	Moderado	Inspección Visual y rutinario
	Falta de adecuación	Ocasional	Insignificante	Moderado	
	Falta de información	Ocasional	Insignificante	Moderado	
Métodos	Mucha transportación	Frecuente	Insignificante	Moderado	Procesos de Diseño
	Organización/diseño	Ocasional	Insignificante	Moderado	
	No emplea normas adecuadas	Ocasional	Insignificante	Moderado	
	Herramienta inadecuada	Ocasional	Insignificante	Moderado	
	No emplea las normas correctas	Ocasional	Insignificante	Moderado	
Personal operativo	Condición física	Remoto	Insignificante	Trivial	Inspección Visual y rutinario
	Falta de apoyo de supervisores	Ocasional	Insignificante	Moderado	
	No tiene experiencia	Remoto	Insignificante	Trivial	

	Capacitación incorrecta	Ocasional	Insignificante	Moderado
Equipos	Falla de fabrica	Remoto	Insignificante	Trivial
	Se desajusto/ descalibro	Frecuente	Dañino	Moderado
	Pesados/livianos	Ocasional	Dañino	Moderado
	Presencia de vibraciones	Frecuente	Insignificante	Moderado
	Mala instalación	Ocasional	Insignificante	Moderado
	Falta de mantenimiento	Ocasional	Insignificante	Moderado
	Impurezas en lubricación	Ocasional	Insignificante	Moderado

[Fuente: Elaboración Propia.]

Anexo U

CALCULO FACTIBILIDAD DEL PROYECTO.

Calculo de VAN y TIR.

Las rutas son mostradas en la Tabla LX de la sección 4.1.5.

Tabla CLII: Ingresos y Egresos.

Descripción	Anual
Tripulantes	\$ 159,000.00
Consumibles	\$ 154,281.60
Combustible	\$ 1,007,924.08
Administrativos Generales	\$ 1,687,424.66
Mantenimiento	\$ 38,837.58
Costo Operativo	\$ 3,047,467.92
Costo del Proyecto	\$ 12,099,632.99
Egreso Total	\$ 15,147,100.91
Ingreso Anual Escenario 1	\$ 9,173,640.00
Ingreso Anual Escenario 2	\$ 9,425,660.00
Ingreso Anual Escenario 3	\$ 9,377,080.00
Ingreso Anual Escenario 4	\$ 8,257,900.00

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla CLIII. Cálculo de Utilidades – Primer escenario.

Detalle	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costo Por Operación	\$3,047,467.92	\$3,199,841.32	\$3,359,833.38	\$3,527,825.05	\$3,047,467.92
Amortización	\$4,253,120.07	\$3,138,795.57	\$2,316,425.94	\$1,709,518.51	\$1,261,621.83
Egresos	\$7,300,587.99	\$6,338,636.89	\$5,676,259.32	\$5,237,343.57	\$4,309,089.76
Ingreso Bruto	\$9,173,640.00	\$9,173,640.00	\$9,173,640.00	\$9,173,640.00	\$9,173,640.00
Utilidad Bruta	\$1,873,052.01	\$2,835,003.11	\$3,497,380.68	\$3,936,296.43	\$4,864,550.24
Utilidad Neta	\$1,311,136.41	\$1,984,502.18	\$2,448,166.47	\$2,755,407.50	\$3,405,185.17

Detalle	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo Por Operación	\$3,047,467.92	\$3,047,467.92	\$3,047,467.92	\$3,047,467.92	\$3,047,467.92
Amortización	\$931,074.83	\$687,131.68	\$507,102.04	\$374,240.47	\$276,188.85
Egresos	\$3,978,542.75	\$3,734,599.60	\$3,554,569.97	\$3,421,708.39	\$3,323,656.77
Ingreso Bruto	\$9,173,640.00	\$9,173,640.00	\$9,173,640.00	\$9,173,640.00	\$9,173,640.00
Utilidad Bruta	\$5,195,097.25	\$5,439,040.40	\$5,619,070.03	\$5,751,931.61	\$5,849,983.23
Utilidad Neta	\$3,636,568.08	\$3,807,328.28	\$3,933,349.02	\$4,026,352.13	\$4,094,988.26

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla CLIV: Cálculo de Utilidades – Segundo escenario.

Detalle	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costo Por Operación	\$3,047,467.92	\$3,199,841.32	\$3,359,833.38	\$3,527,825.05	\$3,047,467.92
Amortización	\$4,253,120.07	\$3,138,795.57	\$2,316,425.94	\$1,709,518.51	\$1,261,621.83
Egresos	\$7,300,587.99	\$6,338,636.89	\$5,676,259.32	\$5,237,343.57	\$4,309,089.76
Ingreso Bruto	\$9,425,660.00	\$9,425,660.00	\$9,425,660.00	\$9,425,660.00	\$9,425,660.00
Utilidad Bruta	\$2,125,072.01	\$3,087,023.11	\$3,749,400.68	\$4,188,316.43	\$5,116,570.24
Utilidad Neta	\$1,487,550.41	\$2,160,916.18	\$2,624,580.47	\$2,931,821.50	\$3,581,599.17

Detalle	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo Por Operación	\$3,047,467.92	\$3,047,467.92	\$3,047,467.92	\$3,047,467.92	\$3,047,467.92
Amortización	\$931,074.83	\$687,131.68	\$507,102.04	\$374,240.47	\$276,188.85
Egresos	\$3,978,542.75	\$3,734,599.60	\$3,554,569.97	\$3,421,708.39	\$3,323,656.77
Ingreso Bruto	\$9,425,660.00	\$9,425,660.00	\$9,425,660.00	\$9,425,660.00	\$9,425,660.00
Utilidad Bruta	\$5,447,117.25	\$5,691,060.40	\$5,871,090.03	\$6,003,951.61	\$6,102,003.23
Utilidad Neta	\$3,812,982.08	\$3,983,742.28	\$4,109,763.02	\$4,202,766.13	\$4,271,402.26

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla CLV: Cálculo de Utilidades – Tercer escenario.

Detalle	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costo Por Operación	\$3,047,467.92	\$3,199,841.32	\$3,359,833.38	\$3,527,825.05	\$3,047,467.92
Amortización	\$4,253,120.07	\$3,138,795.57	\$2,316,425.94	\$1,709,518.51	\$1,261,621.83
Egresos	\$7,300,587.99	\$6,338,636.89	\$5,676,259.32	\$5,237,343.57	\$4,309,089.76
Ingreso Bruto	\$9,377,080.00	\$9,377,080.00	\$9,377,080.00	\$9,377,080.00	\$9,377,080.00
Utilidad Bruta	\$2,076,492.01	\$3,038,443.11	\$3,700,820.68	\$4,139,736.43	\$5,067,990.24
Utilidad Neta	\$1,453,544.41	\$2,126,910.18	\$2,590,574.47	\$2,897,815.50	\$3,547,593.17

Detalle	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo Por Operación	\$3,047,467.92	\$3,047,467.92	\$3,047,467.92	\$3,047,467.92	\$3,047,467.92
Amortización	\$931,074.83	\$687,131.68	\$507,102.04	\$374,240.47	\$276,188.85
Egresos	\$3,978,542.75	\$3,734,599.60	\$3,554,569.97	\$3,421,708.39	\$3,323,656.77
Ingreso Bruto	\$9,377,080.00	\$9,377,080.00	\$9,377,080.00	\$9,377,080.00	\$9,377,080.00
Utilidad Bruta	\$5,398,537.25	\$5,642,480.40	\$5,822,510.03	\$5,955,371.61	\$6,053,423.23
Utilidad Neta	\$3,778,976.08	\$3,949,736.28	\$4,075,757.02	\$4,168,760.13	\$4,237,396.26

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla CLVI: Cálculo de Utilidades – Cuarto escenario.

Detalle	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costo Por Operación	\$3,047,467.92	\$3,199,841.32	\$3,359,833.38	\$3,527,825.05	\$3,047,467.92
Amortización	\$4,253,120.07	\$3,138,795.57	\$2,316,425.94	\$1,709,518.51	\$1,261,621.83
Egresos	\$7,300,587.99	\$6,338,636.89	\$5,676,259.32	\$5,237,343.57	\$4,309,089.76
Ingreso Bruto	\$8,257,900.00	\$8,257,900.00	\$8,257,900.00	\$8,257,900.00	\$8,257,900.00
Utilidad Bruta	\$957,312.01	\$1,919,263.11	\$2,581,640.68	\$3,020,556.43	\$3,948,810.24
Utilidad Neta	\$670,118.41	\$1,343,484.18	\$1,807,148.47	\$2,114,389.50	\$2,764,167.17

Detalle	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo Por Operación	\$3,047,467.92	\$3,047,467.92	\$3,047,467.92	\$3,047,467.92	\$3,047,467.92
Amortización	\$931,074.83	\$687,131.68	\$507,102.04	\$374,240.47	\$276,188.85
Egresos	\$3,978,542.75	\$3,734,599.60	\$3,554,569.97	\$3,421,708.39	\$3,323,656.77
Ingreso Bruto	\$8,257,900.00	\$8,257,900.00	\$8,257,900.00	\$8,257,900.00	\$8,257,900.00
Utilidad Bruta	\$4,279,357.25	\$4,523,300.40	\$4,703,330.03	\$4,836,191.61	\$4,934,243.23
Utilidad Neta	\$2,995,550.08	\$3,166,310.28	\$3,292,331.02	\$3,385,334.13	\$3,453,970.26

[Fuente: Elaboración Propia.]

Tabla CLVII: Análisis de VAN y TIR.

Inversión	\$ 13,439,174.00			
Escenario	1	2	3	4
Tasa de Retorno < TIR	12.00%	13.00%	12.75%	8.00%
VAN	\$ 4,002,592.63	\$ 4,198,201.45	\$ 4,206,967.26	\$ 3,349,952.77
TIR	18.22%	19.72%	19.43%	12.61%

[Fuente: Elaboración Propia.]

De acuerdo a las tablas de utilidades de los cuatro escenarios, se observa que en todos los casos analizados la utilidad neta es positiva. En la Tabla CLVII se compara los valores de VAN y TIR para el año 10, donde se evidencia que el proyecto es factible debido a que todos los porcentajes de TIR son positivos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] **ALVARIÑO, R., AZPIROZ, J., MEIZOSO, M.**, El Proyecto Básico del buque mercante. Colegio Oficial de Ingenieros Navales, Fondo Editorial de Ingeniería Naval, Madrid, 1997.
- [2] **LLOYD'S REGISTER**, Lloyd's Register Documents. Rulerfinder Version 9.20, July, 2013.
- [3] **NEU, W., HUGHES, O., BROWN, A.**, "Formulation of a Multi-Disciplinary Design Optimization of Containerships". Dissertation submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, May, 1999.
- [4] **OMI**, Líneas de Carga – Convenio Internacional sobre líneas de carga. Organización Marítima Internacional, Londres, 2005.
- [5] **SPTMF**, "Establéense principios relativos a la dotación mínima de seguridad de las naves". Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial, Edición No. 096-S, Octubre, 2013.
- [6] **VENTURA, M.**, "Estimation Methods for Basic Ship Design". Ship Design I, Marine Engineering and Naval Architecture.
- [7] **ILO**, "Convenio Sobre el Trabajo Marítimo". Organización Internacional del Trabajo, Conferencia Internacional del Trabajo, 2006.
- [8] **OMI**, Organización Marítima Internacional.
- [9] **GERMANISCHER LLOYDS**, Structural Rules for Container Ships, Part 1 Seagoing ships- Chapter 5, Germany, Enero 2014.

- [10] **KRACHT, A.**, Design of Bulbous Bows. The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Vol 86 pp 197-217, EEUU, 1978.
- [11] **HOLTROP, J., MENNEN, G.**, An Approximate Power Prediction Method. British Maritime Technology, July, 1982.
- [12] **HOLTROP, J.**, A Statistical Re-analysis of Resistance and Propulsion data. International Shipbuilding Progress, Maritime Research Institute Netherlands, Vol. 31 pp 272-276, 1984.
- [13] **KRISTENSEN, H., LÜTZEN, M.**, Prediction of Resistance and Propulsion Power of Ship. Technical University of Denmark & University of Southern Denmark, October 2012.
- [14] **MOLLAND, A.**, Ship Resistance and Propulsion. Cambridge University Press, 2011
- [15] **CATERPILLAR**, Marine Selection Guide. Caterpillar Marine Power Systems, September 2013.
- [16] **CATERPILLAR**, Marine Propulsion Engine 3608. Caterpillar, LEHM1877-01, USA, 2002.
- [17] **CATERPILLAR**, Cat 3600 Marine Engine Application & Installation Guide, USA, 2005.
- [18] **CATERPILLAR**, Marine Engines Application and Installation Guide-Ventilation, LEKM7146, USA, 2000.
- [19] **DOMINGUEZ, J.**, Notas de clases Diseño de Buques I. Espol, Primer Término Julio 2014.

- [20] **ABS**, Steel Vessels under 90 meters (295 feet) in length. Rules for Building and Cassing, Part 4 Vessel Systems and Machinery, Houston, 2014.
- [21] **CATERPILLAR**, Marine Analyst Service hand book. Caterpillar, 4th Edition, February, 2001.
- [22] **CATERPILLAR**, C18 Diesel Generator Set 525 ekW–1800 rpm, LEHM0086-03, USA, 2015.
- [23] **OOSURVELD, M., OOSSANEN, P.**, Further Computer-Analyzed Data of the Wageningen B-Screw Series, Holland, July, 1975.
- [24] **SINGER**, “Resistencia de materiales, Introducción a la mecánica de sólido”, Cuarta edición.
- [25] **PAZ, M.**, Dinámica Estructural –Teoría y Calculo. Editorial Reverte, New York, Octubre, 2002.
- [26] **LEWIS, E.**, Principles of Naval Architecture. The Society of Naval Architecture and Marine Engineer, Propulsion pp 183, Jerssey City, 1988.
- [27] **MAÑANAS M.**, La protección jurídica de los hombres del mar frente a los riesgos derivado de la exposición al ruido, Universidad Politécnica de Catalunya, Cap II: Niveles de los focos de ruidos en buques, 1999
- [28] **SOLAS**, Consolidation Edition 2009
- [29] **SEAROX-ROCKWOOL**, Technical Insulation, Acoustic Manual, Products & Solutions, 2012.
- [30] **MOYA C.**, ETSIN, Grupo XVIII : Equipos y servicios,

- [31] **DON BUTLER**, Guide To Ship Repair Estimates (In Man Hours), First Edition, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2000.
- [32] **BENFORD H.**, The practical Application of Economics to Merchant Ship Design, Department of Naval Architecture and Marine Engineering, The University of Michigan, Virginia, 1967.
- [33] **SAAVEDRA J., BAILON S., BUSTAMANTE J.**, Análisis del transporte del el corredor logístico Manta-Manaos, Facultad de Economía y Negocios, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.
- [34] **SAND.CORE.**, Best Practice Guide for Sandwich Structures in Marine Applications, Contributing Organisations, University of Newcastle, European.
- [35] **MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR**, Notas sobre los costos de transporte marítimo, Ecuador.
- [36] **SALVADOR N., FRAGUELA J.**, Fiabilidad y Mantenibilidad de la Ingeniería Naval: Estado del Arte y nuevo retos, Escuela Politécnica Superior-Departamento de Matemáticas, Universidad de A Coruña-Departamento de Ingeniería Naval Y oceánica, España.