



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Optimización Tecnoeconómica de un Buque Sardinero

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO NAVAL

Presentada por:

Méñtor David Coloma Avilés

**Guayaquil – Ecuador
2007**

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Cristóbal Mariscal Díaz, por su dirección durante el desarrollo de este estudio.

Anticipadamente a todas las personas que llegasen a consultar este trabajo, sin ellas este no tendría valor.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por el contenido, ideas y hechos expuestos en esta Tesis de Grado, corresponden exclusivamente a su autor; y el patrimonio intelectual de la misma corresponderá a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).



Méntor David Coloma Avilés

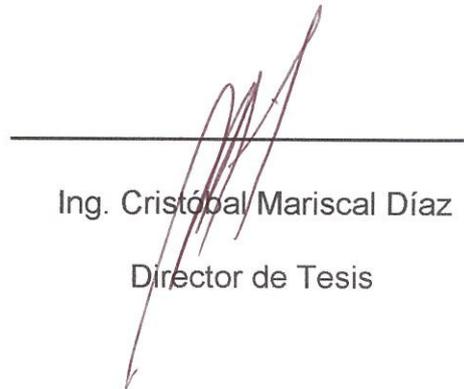


TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



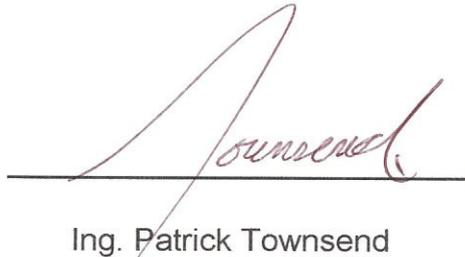
Ing. Wilmo Jara Calderón

Presidente del Tribunal



Ing. Cristóbal Mariscal Díaz

Director de Tesis



Ing. Patrick Townsend

Miembro Principal



Ing. Bolívar Vaca

Miembro Principal



DEDICATORIA

A mi familia, por haberme otorgado esta gran oportunidad. Por su constante apoyo y motivación, a quién si no a ellos.

RESUMEN

El presente trabajo detalla el procedimiento que se ha realizado para lograr determinar las dimensiones principales óptimas de un Buque Sardinero, que operaría principalmente en la zona frente a la provincia de Manabí, a la altura de Salango.

El proceso de optimización tiene como función objetivo la maximización de la tasa interna de retorno (TIR); la capacidad de la bodega y la velocidad de crucero del buque constituyen las variables del proceso. La condición de que la máxima longitud de la red de cerco posible de estibar sin causar problemas de estabilidad a la embarcación, sea mayor que la longitud de red necesaria para realizar la maniobra exitosamente; debe cumplirse como restricción.

Para este propósito se ha empleado información detallada sobre el tonelaje diario de captura de una flota sardinera local. Esta información fue analizada empleando estadística descriptiva y luego fue utilizada para realizar un proceso de simulación, utilizando el método de Monte Carlo.

Mediante el proceso de simulación se pudo obtener un tonelaje de captura diario y una zona de pesca (Caladero) en la cual operaría el buque durante la

oscura. La simulación se realizó para cada día de los 15 años de duración del proyecto.

La embarcación es diseñada, equipada y distribuida en su totalidad partiendo del volumen de la bodega. La capacidad de la bodega y la velocidad de crucero del buque son iteradas en conjunto a fin de obtener la máxima TIR y las dimensiones principales óptimas, correspondientes a esta tasa.

Para demostrar que la construcción de la embarcación optimizada es factible, se procedió a realizar los planos de líneas de formas y distribución de la misma. Finalmente, para comprobar que el buque sardinero óptimo cumple con los criterios de estabilidad del convenio de Torremolinos, se realizó un análisis de estabilidad.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Resumen	I
Índice general	III
Índice de figuras	V
Índice de tablas	VIII
Índice de anexos	XI
Introducción	XII
1. Diseño de la investigación	
1.1 Antecedentes de la investigación	1
1.2 Problema de la investigación	14
1.3 Objetivos de la investigación	17
1.4 Justificación de la investigación	18
1.5 Formulación de la hipótesis	18
2. Análisis estadístico	
2.1 Análisis estadístico de lances efectivos por zona de pesca de una flota sardinera local	19
2.2 Simulación de un caladero para la embarcación a optimizar	25
2.3 Análisis estadístico del tonelaje de captura por buque de una flota sardinera local	43
2.4 Simulación de un tonelaje de captura para la embarcación a optimizar	49

	Pág.
3. Cálculos	
3.1 Cálculo de la red de cerco a emplear en el buque	63
3.2 Cálculo de la distribución y características generales de la embarcación	73
3.3 Cálculo de la potencia a instalar en la embarcación	84
3.4 Cálculo de la geometría de la embarcación	96
3.5 Cálculo de la tasa interna de retorno	102
4. Resultados obtenidos y análisis final	
4.1 Tasa interna de retorno máxima	130
4.2 Óptimas características generales y geometría del buque	134
4.3 Plano de líneas de formas y cálculos hidrostáticos	136
4.4 Análisis de estabilidad	141
Conclusiones y recomendaciones	148
Anexos	150
Bibliografía	183

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1 Pesca con arte de cerco de jareta	3
2 Pesca con arte de cerco, cerrado de la jareta	5
3 Puestos de operaciones para la pesca con arte de cerco de jareta	7
4 Arte de de cerco de jareta, tipo sudamericano	8
5 Operaciones de pesca con arte de cerco de jareta	12
6 Operaciones de pesca con arte de cerco de jareta	16
7 Zonas de pesca de sardina en el ecuador	21
8 Histograma de frecuencias, lances efectivos por zona de pesca	25
9 Función "ALEATORIO()"	27
10 Frecuencia relativa, zonas de pesca	32
11 Frecuencia relativa acumulada, zonas de pesca	32
12 Cuadro de probabilidades, zonas de pesca	36
13 Histograma de frecuencias, tonelaje de captura	49
14 Frecuencia relativa, tonelaje de captura	51
15 Frecuencia relativa acumulada, tonelaje de captura	51
16 Longitud de la red vs. Captura diaria	62
17 Principio para el diseño de la red de cerco	64

	Pág.	
18	Máxima longitud de red posible de estibar	72
19	CUNO vs. Volumen de la bodega	78
20	Desplazamiento Cargado vs. CUNO	80
21	Potencia vs. Desplazamiento, 10 nudos	85
22	Potencia vs. Desplazamiento, 11 nudos	85
23	Potencia vs. Desplazamiento, 12 nudos	86
24	Sistema de Enfriamiento “Agua de Lluvia”	89
25	Sistema Hidráulico de la Planta de Bombeo, Simple	93
26	Sistema Hidráulico de la Planta de Bombeo, Modificado	94
27	Peso de la Red + Panga vs. CUNO	97
28	Costo del Motor	104
29	Costo del Generador	105
30	Consumo del Motor	114
31	Consumo del Generador	115
32	Máxima Tasa Interna de Retorno.	134
33	Plano de líneas de formas, “B/P Óptimo”	138
34	Líneas de formas 3D, “B/P Óptimo”	139
35	Plano de distribución, “B/P Óptimo”	142
36	Curvas de estabilidad estática intacta	147
D.1.	Especificaciones Técnicas, Bomba VICKERS 4535V 60A38	160
D.2.	Especificaciones Técnicas, Bomba VICKERS 45VQ 60	161

	Pág.
F.1. Curvas Hidrostáticas del “B/P Óptimo”, Estaciones	169
F.2. Curvas Hidrostáticas del “B/P Óptimo”, Desplazamiento	170
F.3. Curvas Hidrostáticas del “B/P Óptimo”, KML y KMT	170
F.4. Curvas Hidrostáticas del “B/P Óptimo”, Coeficientes de forma	171
F.5. Curvas Hidrostáticas del “B/P Óptimo”, LCB y LCF	171
F.6. Curvas Hidrostáticas del “B/P Óptimo”, Superficie Mojada	172

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.	
1	Edad promedio de los B/P, Pesca Blanca en el Ecuador	16
2A.	Lances efectivos realizados por zona de captura	22
2B.	Lances efectivos realizados por zona de captura	23
3	Estadística descriptiva, lances efectivos por zona de pesca	24
4A.	Tabla de frecuencias, zonas de pesca	30
4B.	Tabla de frecuencias, zonas de pesca	31
5A.	Intervalos de números aleatorios, zonas de pesca	34
5B.	Intervalos de números aleatorios, zonas de pesca	35
6	Zonas de pesca simuladas	38
7A.	Distancia del caladero a las posibles zonas de pesca	41
7B.	Distancia del caladero a las posibles zonas de pesca	42
8A.	Características generales de la flota sardinera	43
8B.	Características generales de la flota sardinera	44
8C.	Características generales de la flota sardinera	44
8D.	Características generales de la flota sardinera	44
9A.	Tonelaje de captura de la flota sardinera	45
9B.	Tonelaje de captura de la flota sardinera	45
9C.	Tonelaje de captura de la flota sardinera	46
9D.	Tonelaje de captura de la flota sardinera	46

	Pág.
9E. Tonelaje de captura de la flota sardinera	46
9F. Tonelaje de captura de la flota sardinera	47
10 Estadística descriptiva, tonelaje de captura	47
11 Tabla de frecuencias, tonelaje de captura	50
12 Intervalos de números aleatorios, tonelaje de captura	52
13 Tonelaje de captura simulado	53
14 Resumen de zonas y capturas simuladas, años 1-3	55
15 Resumen de zonas y capturas simuladas, años 4-6	56
16 Resumen de zonas y capturas simuladas, años 7-9	57
17 Resumen de zonas y capturas simuladas, años 10-12	58
18 Resumen de zonas y capturas simuladas, años 13-15	59
19 Flota cerquera americana, tonelaje de captura diario	61
20 Dimensiones mínimas de la red de cerco	70
21 Relación $[Lr/L]$ para varios buques cerqueros	72
22 Detalles de la tripulación	74
23 Tasas de almacenamiento para buques pesqueros	77
24 Características de la flota cerquera chilena (CUNO)	78
25 Características de la flota cerquera chilena (Desplazamiento)	80
26 Características de la flota cerquera chilena, (PRed+Panga)	97
27 Relaciones para barcos pesqueros de la flota ecuatoriana	100
28 Precios de Motores Marinos, CATERPILLAR	103

	Pág.
29 Precios de Generadores, CATERPILLAR	105
30 Consumo de Motores Marinos, CATERPILLAR	113
31 Consumo de Generadores, CATERPILLAR	114
32 Flujo del préstamo	123
33 Flujo de caja, flujo antes de impuestos	127
34 Flujo de caja, flujo después de impuestos	128
35 Máxima Tasa Interna de Retorno, Resumen 25-50 tons.	132
36 Máxima Tasa Interna de Retorno, Resumen 75-100 tons.	132
37 Máxima Tasa Interna de Retorno, Resumen 125-150 tons.	133
38 Máxima Tasa Interna de Retorno, Resumen 175-200 tons.	133
39 Análisis de estabilidad, Condiciones.	144
B.1. Ejemplo del tonelaje diario de captura por oscura, Flota local.	154
B.2. Resumen del tonelaje diario de captura por oscura, Flota local.	155
C.1. Trabajo realizado por la tripulación durante las etapas del lance.	157
C.2. Tiempos tomados durante los lances claro y oscuro.	158
I.1. Desglose de costos de la Habitabilidad.	177
I.2. Costos fijos de la Habitabilidad.	178

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Descripción de la pesca con arte de cerco de jareta	151
Anexo B. Tonelaje diario de captura, Flota local	154
Anexo C. Detalle del trabajo de la tripulación durante el lance	156
Anexo D. Especificaciones técnicas de las bombas empleadas	159
Anexo E. Archivo de datos para la generación de formas	160
Anexo F. Archivo de datos para cálculos hidrostáticos y curvas hidrostáticas del buque	164
Anexo G. Archivo de datos para análisis de estabilidad	173
Anexo H. Equipo de salvamento	176
Anexo I. Costos de la Habitabilidad del Buque	177
Anexo J. Costos de la Habitabilidad del Buque	180

INTRODUCCIÓN

La determinación de las dimensiones principales de cualquier buque es un proceso de sucesivas aproximaciones en el que el objetivo es hallar una combinación de las características consideradas fundamentales, de tal manera que satisfagan una serie de requerimientos previamente definidos por el armador o el diseñador y que a la vez cumpla con normas establecidas, tanto de construcción como de seguridad de la vida del hombre en el mar y la protección del medio ambiente, entre otras cosas

La evolución de la flota sardinera ecuatoriana proviene de la oferta de armadores peruanos a los armadores ecuatorianos, durante la gran crisis de la anchoveta en el Perú, en la década de 1970.

Esta flota debe recuperarse en su totalidad debido a que muchos de los barcos han sobrepasado su vida útil e imperiosamente hay que adaptarla a las nuevas condiciones de mercado.

Estos criterios, independientemente del carácter que adopten son de dos tipos: técnicos y económicos, pero es generalizado el no utilizar criterios de

tipo económico en el proceso de determinación de las dimensiones del buque, sobre todo en el caso de embarcaciones menores.

Sin embargo, la realidad puede ser distinta ya que en muchas ocasiones la preponderancia de los criterios económicos en las embarcaciones de pequeño porte y en particular de los pesqueros puede ser tal, que la fundamentación de la selección de las dimensiones sobre la base de criterios técnicos se reduzca a comprobar si las dimensiones que predeterminan los criterios económicos cumplen con las normas constructivas y las que exigen las regulaciones nacionales e internacionales, además de permitir a la embarcación cumplir con las funciones para las que se la requiere.

La flota sardinera ecuatoriana se encuentra conformada casi en su totalidad por barcos de acero de construcción peruana, muchos de los cuales han sobrepasado su vida útil y la mayoría no cumple con la política pesquera del Ecuador, Decreto Supremo N° 178, Registro Oficial 497, 19 de febrero de 1974.

En el presente trabajo se emplearán métodos de simulación estadística y se realizará un análisis tecnoeconómico de la embarcación, con la finalidad de encontrar una tasa interna de retorno (TIR) máxima y de esta forma obtener las dimensiones principales del buque sardinero proveniente de la optimización tecnoeconómica.

CAPÍTULO 1

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Durante el desarrollo de este capítulo se hace referencia a la pesca de sardinas y especies similares, usando al cerco como arte de pesca. Además se hace referencia a la Simulación de Monte Carlo, que se empleará en el desarrollo del capítulo 2. Se aborda también la problemática de la flota sardinera actual y la forma en que esta se encuentra diseñada.

Se detalla luego el objetivo principal y los objetivos específicos de la investigación, se justifica la necesidad de recuperar totalmente la flota sardinera ecuatoriana y de tener en cuenta la realización de un análisis tecnoeconómico en el proceso de diseño. Finalmente se propondrá la optimización tecnoeconómica de un buque sardinero empleando simulación estadística, para maximizar la tasa interna de retorno en función de la capacidad de la bodega y de la velocidad de crucero del buque.

1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

▪ Métodos de Cerco

La pesca con artes de cerco de jareta es la que mejor representa a los métodos de cerco y, desde el punto de vista económico, es la pesquería de este tipo más eficaz y más común.

Existen dos versiones que son muy similares y tienden a separarse por cuestiones geográficas. Un sistema es el americano y el otro es el sistema europeo. La diferencia fundamental radica en que el primero utiliza un pequeño bote auxiliar o panga (también conocida como esquife) para calar y controlar la red y el buque.

El sistema europeo emplea los impulsores de proa y popa para controlar el movimiento lateral del buque, un ancla flotante para facilitar el calamento de la red y una boya marcadora para facilitar la cobranza.

Los dos sistemas utilizan un enorme “cortinaje rectangular” de redes para capturar grandes cardúmenes de especies pelágicas. Pueden tener una longitud de 700 brazas (1170 metros) y una profundidad de 100 brazas (167 metros); sin embargo, las redes pueden llegar a ser significativamente más pequeñas dependiendo del tamaño del buque y de la profundidad a la que se va a pescar.

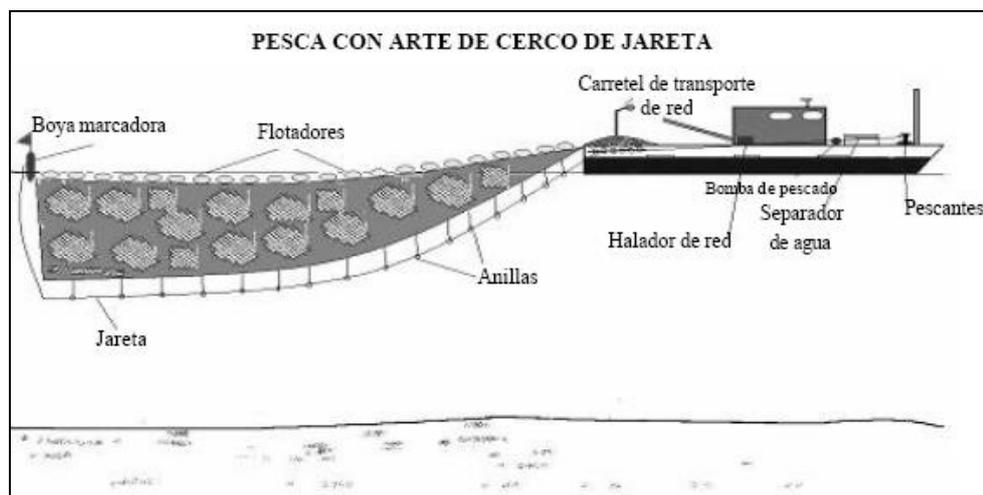
La red consiste en una relinga superior con flotadores y una relinga inferior con pesos de plomo, anillas y una jareta cerca del fondo de la red.

Para faenar con redes de cerco es fundamental una buena maniobrabilidad. En los mástiles de los grandes cerqueros suelen colocarse cofas de vigilancia.

El equipo de cubierta de los cerqueros suele consistir en una polea motriz y una plataforma para halar y estibar la red a bordo, así como una o varias maquinillas para las operaciones de calar y halar.

Para extraer los peces embolsados en la jareta se utilizan salabres o salabardos colocados en un puntal, y para las especies de menor tamaño se suele utilizar una instalación de bombeo.

En este último caso, se emplea una bomba, desplazada desde el puntal al interior de la red enjaretada y se bombea el pescado para que pase a través de una manguera y un separador de agua en cubierta al interior de la bodega.



Fuente: Bibliografía [21]

Figura 1. Pesca con arte de cerco de jareta.

▪ Operación de pesca con arte de cerco de jareta

Las operaciones de pesca comienzan largando por popa un extremo del cortinaje de redes (ver Figura 4) y circundar primero el cardumen. Una vez finalizado el círculo de 360 grados se “cobran” la red y la jareta por el extremo proel del buque.

Seguidamente, con la maquinilla principal se llevan la jareta y sus anillas al costado del buque para cerrar el fondo de la red (ver Figura 2). El halador de red se utiliza para virar la red, la relinga superior y sus flotadores. Un carretel de transporte de red y la tripulación se encargan de estibar la red a popa y que quede preparada para otra operación. En algunos buques el halador de red está montado en cubierta en el centro

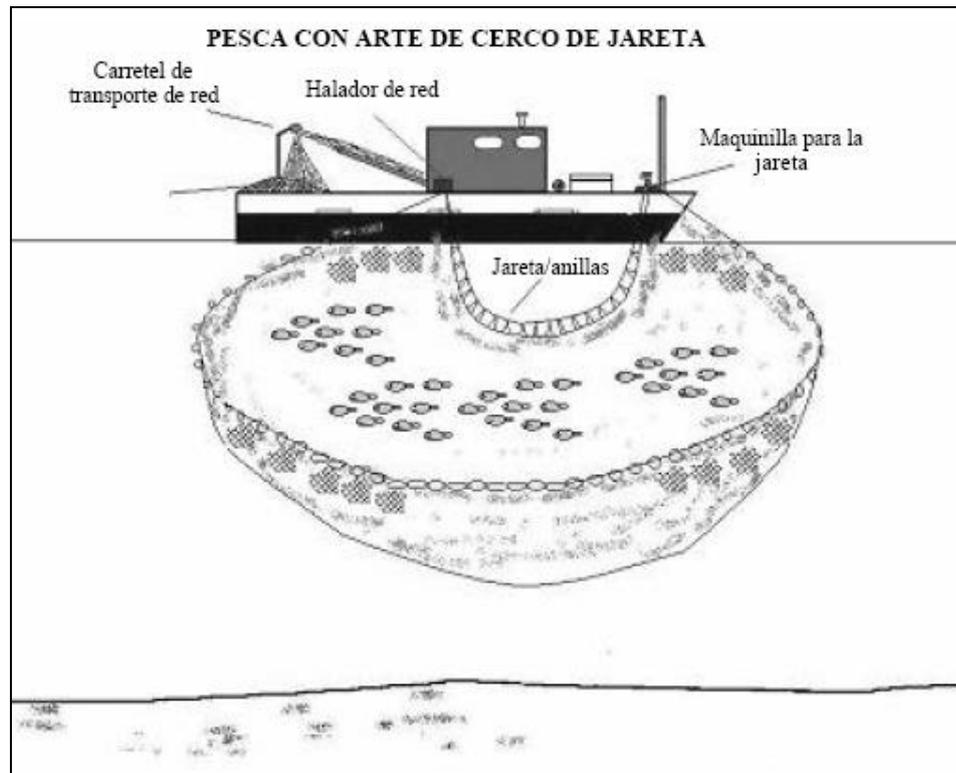
del buque y en otros buques el puntal está montado por encima de la zona de estiba de la red a popa. Además, se emplea un carretel de transporte de red para estibar o llevar la red hasta la plataforma de estiba.

En algunos buques se emplean tambores de redes para largar y virar la red. Tras la contención del cardumen, se bombea o salabardea el pescado a bordo para separarlo del agua de mar y, después, almacenarlo en los tanques de pescado.

Una descripción más detallada de los elementos empleados en la pesca con arte de cerco de jareta, es presentada en el ANEXO A, en la parte final de esta investigación.

A continuación se muestra de forma esquemática la operación de pesca con redes de cerco de jareta en la fase final de cerrar la jareta conforme las anillas se van aproximando a la regala.

La maniobra de calar la red de cerco de jareta es la siguiente:



Fuente: Bibliografía [21]

Figura 2. Pesca con arte de cerco, cerrado de la jareta.

A continuación se presenta detalladamente la operación de pesca con arte de cerco de jareta, haciendo referencia a los puestos de operación que se encuentran ilustrados en la figura 3.

El lance de la red:

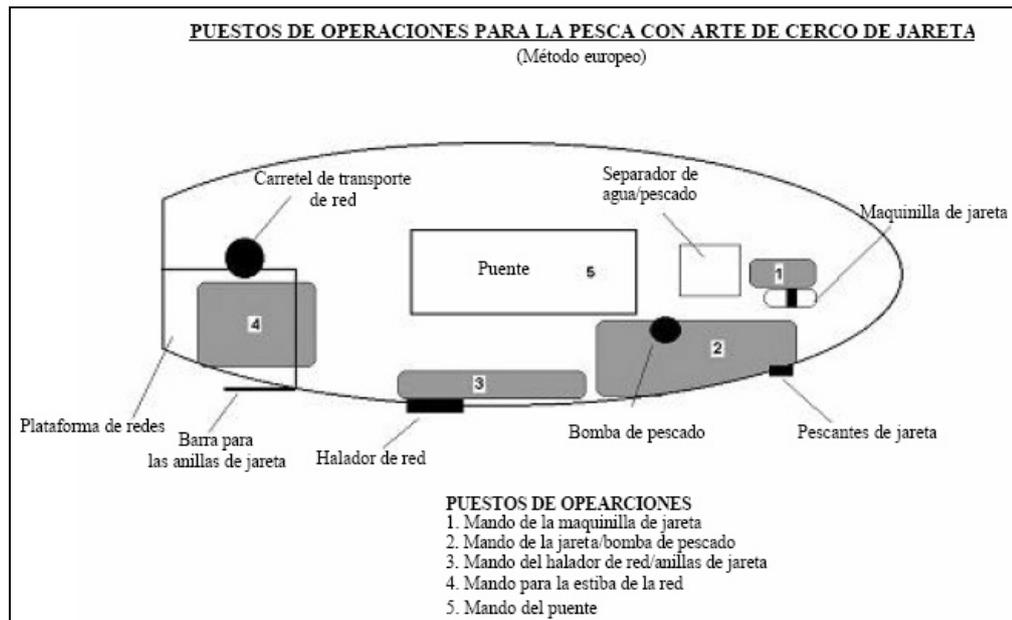
1. Largar por popa el ancla flotante y la boya o la panga amarradas a la red, (Puesto de operación 4).

2. Librar el cortinaje de redes, la jareta y las anillas mientras que el buque evoluciona describiendo un círculo hasta que llega de nuevo a la boya marcadora o a la panga, (Puesto de operación 4).

La Cobranza de la red:

1. Cobrar la jareta y el copo de la red desde la boya o la panga, (Puesto de operación 2).
2. Trincar el copo de la red al buque por la amura y los dos extremos de la jareta a los tambores de la maquinilla, (Puestos de operación 1 y 2).
3. Halar los dos extremos de la jareta para cerrar el fondo de la red hasta que todas las anillas de la jareta se encuentren en el galón de la amurada del buque, (Puestos de operación 1 y 2).
4. Introducir la red en el halador y halar la red desde la parte central del buque para pasarla al carretel de transporte y estibarla en la plataforma situada a popa, (Puestos de operación 3 y 4).
5. Continuar el halado de la red mientras se están retirando las anillas y hasta conseguir reducir toda la red al mínimo, (Puesto de operación 3 y 4).
6. Emplazar la bomba de pescado fuera del buque en la red, (Puesto de operación 2).

7. Bombear el pescado a bordo de la embarcación hasta el separador de agua de mar y seguidamente a los tanques de pescado, (Puesto de operación 2).



Fuente: Bibliografía [21]

Figura 3. Puestos de operaciones para la pesca con arte de cerco de jareta.

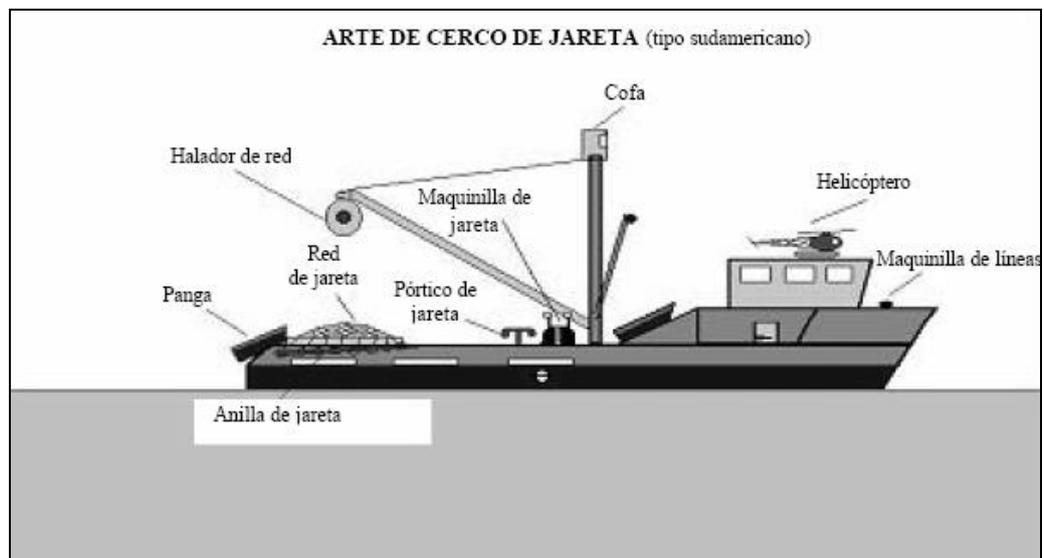
En Sudamérica y Centroamérica se faena con cerqueros que tienen el puente situado a proa y en el que la red se cala por la popa utilizando una panga.

El halador de red está montado en una pluma situada a popa por encima de la zona de estiba. El emplazamiento de la maquinilla de la red de jareta es la zona central del buque a popa del puente. La operación de

halado de la red se realiza en el centro del buque, por cualquiera de sus bandas y en dirección a popa.

En Norteamérica se faena con artes de cerco de jareta para la pesca del salmón y se utiliza un tambor de red situado en la parte popel del buque para calar y halar la red. El proyecto de buque guarda una mayor relación con el proyecto de los arrastreros de popa.

Durante la faena de pesca se utiliza una panga o una boya para calar y controlar la red. Por lo demás, el funcionamiento y las máquinas se asemejan mucho a los típicos cerqueros sudamericanos que faenan con red de jareta.



Fuente: Bibliografía [21]

Figura 4. Arte de de cerco de jareta, tipo sudamericano.

El éxito del proceso de pesca con red de cerco es dependiente de la experiencia del patrón de pesca, quien debe decidir en cuestión de segundos si el cardumen es suficiente para justificar un lance o es demasiado grande que pondría en peligro la estabilidad del buque, o si la profundidad a la que está no es suficiente y podría hacer peligrar la red al esta tocar el fondo, si la dirección en que está avanzando el cardumen podría traer complicaciones con las corrientes marinas o cuando el mismo quiera salirse de la red, cambie repentinamente la dirección y la estabilidad del buque pueda verse amenazada.

▪ FLOTA DE PESCA SARDINERA EN EL ECUADOR

Las pesquerías pelágicas de especies pequeñas están constituidas por sardinas (*Etrumeus teres* y *Sardinops sagax sagax*), macarela (*Scomber japonicus peruanus*), pinchagua (*Opisthonema spp.*) y chuchueco (*Cetengraulis misticetus*). La pesca se efectúa desde San Lorenzo por el norte hasta la frontera con Perú por el sur y se capturan hasta las 70 millas náuticas desde la costa.

En el Ecuador, la flota sardinera es del tipo de buque cerquero americano y a diferencia de las pesquerías del Perú y Chile el uso del sistema Petrel, que disminuye el tiempo de virado de la red, es más bien reciente.

Últimamente se ha introducido, bajo contratos de asociación, embarcaciones de diseño nórdico.

Las embarcaciones sardineras disponen de una panga emplazada encima de la red en la parte inclinada de la popa del buque (ver Figura 5). Su equipo de cubierta consiste en una maquinilla de red de jareta de tres tambores y una polea motriz, con maquinillas para la maniobra del amantillo y los corchos así como otras maquinillas específicas para maniobrar la pesada pluma y la red. En la parte superior del mástil se halla una cofa.

La maquinaria de cubierta dispone de la potencia necesaria para maniobrar una red con un peso que puede ser de aproximadamente 15 toneladas. La red es adosada a la borda mediante una polea (pasteca) hidráulica “macaco” (power block) ubicada en la pluma principal. El pescado capturado es sacado del agua por una bomba de absorción (absorbente), luego pasa a través de un “filtro” que separa el pescado del agua y, posteriormente, es almacenado al granel en la bodega.

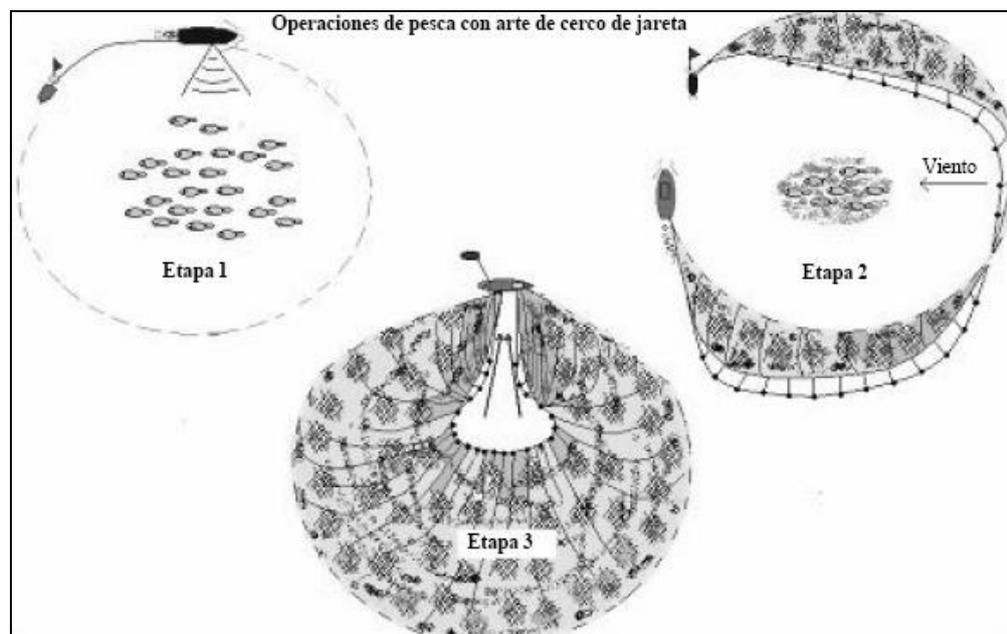
Debido a las condiciones del manejo del pescado a bordo, las embarcaciones de madera de menor tonelaje ofrecen mejores condiciones para la manipulación del pescado apto para la elaboración

de conservas, dado que estas utilizan preferentemente un “chinguillo” para sacar el pescado del agua, lo que produce menos maltrato de la captura en comparación con el “absorbente”.

No ocurre lo mismo con embarcaciones de gran tonelaje (superiores a las 100 toneladas) ya que el pescado está mucho más aprisionado y su proceso de descomposición se acelera por el efecto de la temperatura, incluso produciendo H₂S (ácido sulfhídrico), que es altamente letal para el hombre. Además, el diseño de estos buques de acuerdo a su procedencia estaba orientado para transporte de pescado al granel para ser destinado a reducción.

Los sardineros utilizan redes de cerco artesanal de diseño americano y que en principio fueron adaptadas de los diseños desarrollados en Perú para la captura de anchovetas.

El buque sardinero que faena con artes de cerco de jareta, además de ser rápido, deberá tener una gran maniobrabilidad pues una vez circundado el cardumen el buque permanecerá prácticamente estacionario, mientras la red se está cerrando con la jareta y halando, debiendo estar en este preciso momento perfectamente bajo control.



Fuente: Bibliografía [21]

Figura 5. Operaciones de pesca con arte de cerco de jareta.

La pesca casi en su totalidad se realiza sin ayuda de equipos electrónicos para la detección de cardúmenes y navegación. La faena se realiza principalmente en el período denominado “oscura”, que de acuerdo al ciclo lunar va aproximadamente desde $\frac{1}{4}$ menguante hasta $\frac{1}{4}$ creciente.

En comunicación personal de algunos pescadores se conoce que utilizan luz como una ayuda para agrupar cardúmenes de sardina.

▪ LA SIMULACIÓN DE MONTE CARLO

La simulación de Monte Carlo es una técnica que combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad que tienen los

ordenadores para generar números pseudo-aleatorios y automatizar cálculos.

Los orígenes de esta técnica están ligados al trabajo desarrollado por Stan Ulam y John Von Neumann, a finales de los años 40 del siglo pasado en el laboratorio de Los Álamos, cuando investigaban el movimiento aleatorio de los neutrones, [7].

En años posteriores, la simulación de Monte Carlo se ha venido aplicando a una infinidad de ámbitos como alternativa a los modelos matemáticos exactos o incluso como único medio de estimar soluciones para problemas complejos. Así, en la actualidad es posible encontrar modelos que hacen uso de simulación Monte Carlo en las áreas informática, empresarial, económica, industrial e incluso social.

En otras palabras, la simulación de Monte Carlo está presente en todos aquellos ámbitos en los que el comportamiento aleatorio o probabilístico desempeña un papel fundamental. Precisamente, el nombre de Monte Carlo proviene de la famosa ciudad de Mónaco, donde abundan los casinos de juego y donde el azar, la probabilidad y el comportamiento aleatorio conforman todo un estilo de vida.

Son muchos los autores que han apostado por utilizar hojas de cálculo para realizar simulación Monte Carlo. La potencia de las hojas de cálculo reside en su universalidad, en su facilidad de uso, en su capacidad para recalculiar valores y, sobre todo, en las posibilidades que ofrece con respecto al análisis de escenarios (“what-if analysis”).

Las últimas versiones de Excel incorporan, además, un lenguaje de programación propio, el Visual Basic for Applications, con el cual es posible crear auténticas aplicaciones de simulación destinadas al usuario final.

En el mercado existen de hecho varios complementos de Excel (Add-Ins) específicamente diseñados para realizar simulación Monte Carlo, siendo los más conocidos: @Risk, Crystall Ball, Insight.xla, SimTools.xla, etc.

1.2 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Un gran número de los barcos de acero existentes son de construcción peruana, estos en su mayoría fueron adquiridos después de la gran crisis de la anchoveta peruana ofertados por los armadores peruanos a bajos precios, esto posibilitó que la flota sardinera ecuatoriana creciera considerablemente al término de la década de 1970.

La totalidad de las embarcaciones de madera son de construcción nacional y alcanzan el rango de 71-105 toneladas de registro neto (TRN), su construcción la realizan carpinteros que se distribuyen a lo largo de toda la costa ecuatoriana bajo la supervisión de ingenieros navales.

Los pocos barcos que no tienen origen peruano, son copias de estos a petición de los armadores ecuatorianos. Buques en los que no se empleó ningún criterio tecnoeconómico para su diseño, es decir, buques que no son óptimos para el medio y que no poseen la competitividad que el mercado actual exige.

La política pesquera del Ecuador, establece que la captura de los buques de cerco debe estar orientada para el consumo humano directo y no para la elaboración de harina, tal regulación implicaría que la totalidad de la flota debería contar con sistemas de refrigeración. Sin embargo, esto en la actualidad no se cumple casi en ningún buque.

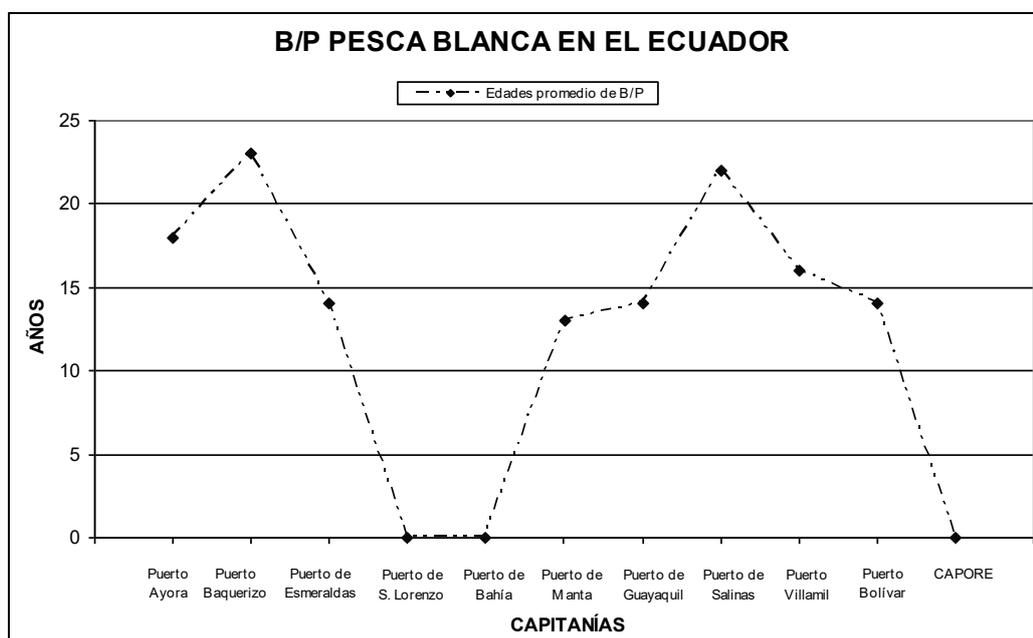
A continuación se muestra el promedio de edad de buques que se dedican a la pesca blanca en el Ecuador.

B/P PESCA BLANCA EN EL ECUADOR

Provincia:	Capitanía	Edad promedio
Galápagos	Puerto Ayora	18 años
	Puerto Baquerizo	23 años
Esmeraldas	Puerto de Esmeraldas	14 años
	Puerto de San Lorenzo	---
Manabí	Puerto de Bahía	---
	Puerto de Manta	13 años
Guayas	Puerto de Guayaquil	14 años
	Puerto de Salinas	22 años
	Puerto Villamil	16 años
El Oro	Puerto Bolívar	14 años
Región Oriente	CAPORE	---

Fuente: GENERICSA S.A., 2006.

Tabla 1. Edad promedio de los B/P, Pesca Blanca en el Ecuador.



Fuente: GENERICSA S.A., 2006.

Figura 6. Edad promedio de los B/P, Pesca Blanca en el Ecuador.

Como se puede observar en la gráfica, muchos de los barcos pertenecientes a la flota sardinera ecuatoriana, han sobrepasado su vida útil y la mayoría no cumple con la política pesquera del Ecuador, por lo que se debe recuperar totalmente esta flota y adaptarla a las condiciones y políticas del mercado.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

▪ Objetivo general

El objetivo general de esta investigación es llevar a cabo el proceso de obtener las dimensiones principales de un buque sardinero, basándonos en análisis estadísticos y tecnoeconómicos para encontrar una tasa interna de retorno óptima (maximizar la ganancia), en función de la capacidad de la bodega y de la velocidad de crucero de la embarcación.

▪ Objetivos específicos

Los objetivos específicos de la presente investigación son:

- ✓ Actualizar y analizar la información sobre barcos que empleen el cerco como arte de pesca en el mercado nacional.
- ✓ Utilizar información estadística del medio para simular factores que influirán en el criterio tecnoeconómico para el diseño de la embarcación.

- ✓ Desarrollar un procedimiento de cálculo detallado para los ingresos y egresos en operación, de un buque sardinero típico del medio.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La optimización Tecnoeconómica de un buque sardinero, permitirá el diseño detallado posterior y la construcción futura del mismo, minimizando los gastos y aumentando los márgenes de ganancia para lograr la competitividad que el mercado actual exige.

De esta forma se justifica realizar el proceso de optimización, empleando métodos de simulación estadística que influyen directamente en el criterio tecnoeconómico a manejar para el futuro diseño de la embarcación.

1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Una tasa interna de retorno mayor al 15% asegurará la operación de una embarcación sardinera, lo que permitirá incentivar a los armadores locales para que renueven la flota nacional.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En este capítulo se presentará información correspondiente a los lances efectivos de una flota sardinera local durante los últimos tres años y se la analizará utilizando estadística descriptiva. Se simulará luego una zona de pesca (caladero) donde operará la embarcación, con la información estadística disponible, empleando el método de Monte Carlo, [7].

Mediante el mismo procedimiento se llevará a cabo la simulación de un tonelaje de captura diario para la embarcación y se determinará la distancia al caladero desde el puerto de Salango, valor que será útil para determinar el consumo de combustible en el capítulo 3. Finalmente se presentará una ecuación regresional para obtener la captura diaria de buques que empleen redes de cerco de características distintas a las que se emplean en el medio.

2.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LANCES EFECTIVOS POR ZONA DE PESCA DE UNA FLOTA SARDINERA LOCAL

Un lance es considerado efectivo cuando la captura realizada durante el mismo es representativa y justifica su ejecución.

▪ Ciclo de faena

El ciclo de faena es realizado en el periodo denominado “oscura” que dura aproximadamente 20 días, de los cuales se trabajan en promedio 17. Los buques sardineros ecuatorianos se caracterizan por no alejarse mucho de la costa para llevar a cabo la operación de pesca. Es más, las tripulaciones que operan en estos barcos no se encuentran preparadas para ejecutar ciclos de pesca muy prolongados.

Actualmente durante la oscura, el buque sardinero trata de realizar la mayor cantidad de lances efectivos para poder llenar sus bodegas lo antes posible y retornar a muelle para el desembarque. Sin embargo, puede que los cardúmenes (manchas) que se divisen no justifiquen un lance, o que el mismo se realice y no sea efectivo.

En este caso, el buque particularmente para el medio local, esperará mejor suerte alrededor de dos días, devolviendo al mar la captura diaria si no posee bodegas refrigeradas y esta es mínima. Al tercer día como

máximo retornará al muelle para desembarcar la captura obtenida y prepararse para un nuevo zarpe.

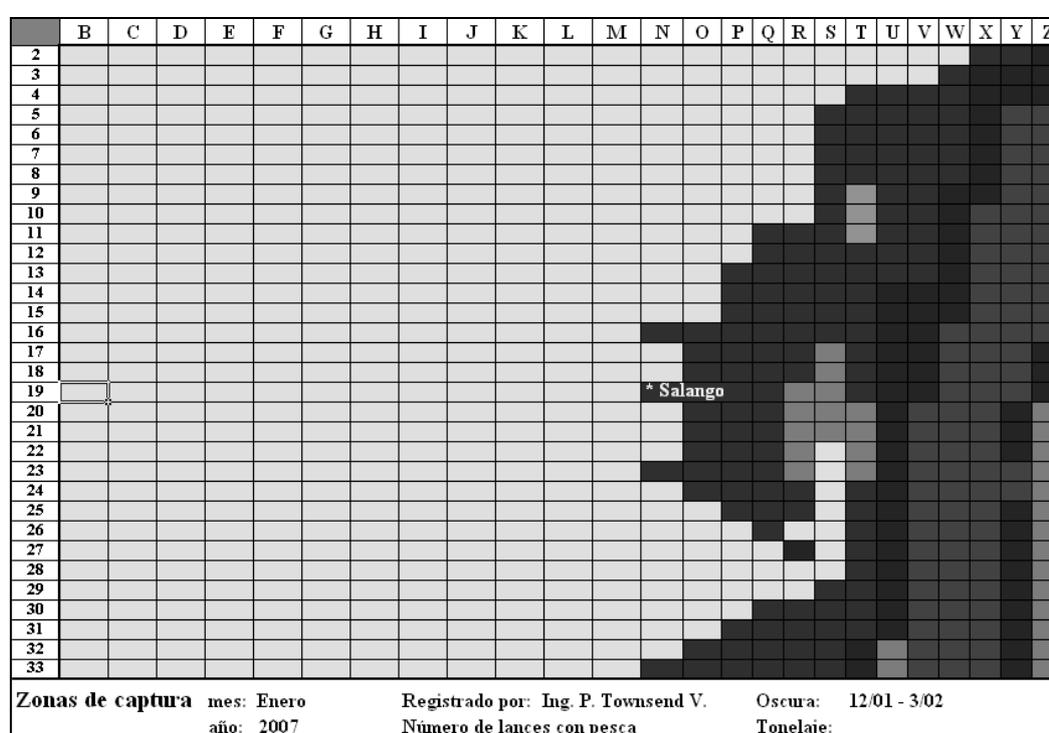
De acuerdo a la política pesquera ecuatoriana, la captura de los barcos de cerco debe estar orientada para el consumo humano directo. Esto implica que los buques que utilizan este tipo de arte de pesca deben contar con sistemas de refrigeración, consideración que se ha tenido en cuenta al momento de realizar la optimización tecnoeconómica del buque sardinero.

▪ **Zona de Pesca**

La zona de pesca a la que se dirige el buque sardinero es denominada caladero. Depende de la experiencia del patrón de pesca y de la información estadística que pueda poseer la flota, el escoger el caladero donde se llevará a cabo la faena.

En este estudio, se ha observado que en la actualidad la pesca de sardina se lleva a cabo en un área de 160 por 60 millas, que abarca una extensión de mar que va desde Posorja (2°, 42' Latitud Sur - 80°,12' Longitud Oeste) en el Golfo de Guayaquil, provincia del Guayas, hasta Bahía de Caráquez (0°, 30' Latitud Sur - 80°,15' Longitud Oeste), y adentrándose en el mar hasta unas 50 millas (80°,50' Longitud Oeste).

Para una mejor comprensión de las zonas de pesca que se emplearon en este estudio, se procedió a dividir la costa del Ecuador en cuadrantes de 10 millas. A cada cuadrante utilizado se le asignó una coordenada en Excel, con letras para las columnas y números para las filas, como se presenta en el gráfico siguiente:



Fuente: Ing. Patrick Townsend, 2007.

Figura 7. Zonas de pesca de sardina en el Ecuador.

Se procedió entonces a elaborar las siguientes tablas, con los **lances efectivos** realizados por la flota en las distintas zonas de pesca.

Número de Zona	Columna	Fila	Segundo Semestre 2003	Año 2004	Año 2005	Primer Semestre 2006	Total de lances efectivos
1	I	11	0	1	0	0	1
2	I	27	0	2	0	0	2
3	J	22	0	0	0	2	2
4	J	28	1	0	0	0	1
5	K	17	0	3	0	0	3
6	K	18	0	1	1	0	2
7	K	19	0	6	5	0	11
8	K	20	0	16	10	3	29
9	K	21	0	3	2	0	5
10	K	22	1	0	14	1	16
11	K	23	9	0	41	8	58
12	K	24	0	0	0	1	1
13	K	25	2	0	0	0	2
14	K	26	0	0	0	1	1
15	L	10	0	1	0	2	3
16	L	13	0	0	0	19	19
17	L	14	0	12	0	2	14
18	L	15	0	21	0	0	21
19	L	16	6	48	3	1	58
20	L	17	8	50	9	7	74
21	L	18	2	25	11	2	40
22	L	19	0	56	7	5	68
23	L	20	39	115	154	32	340
24	L	21	11	136	195	41	383
25	L	22	41	135	228	61	465
26	L	23	100	220	445	116	881
27	L	24	21	31	55	63	170
28	L	25	14	3	20	21	58
29	L	26	6	4	14	1	25
30	L	27	8	0	3	1	12
31	L	28	1	2	0	2	5
32	L	29	1	0	0	0	1
33	M	11	0	5	0	0	5
34	M	12	0	51	0	0	51
35	M	13	0	35	0	5	40
36	M	14	0	6	0	1	7
37	M	15	0	3	0	0	3
38	M	16	11	62	14	3	90
39	M	17	11	5	6	10	32

Fuente: Ing. Patrick Townsend, 2006.

Tabla 2A. Lances efectivos realizados por zona de captura.

Número de Zona	Columna	Fila	Segundo Semestre 2003	Año 2004	Año 2005	Primer Semestre 2006	Total de lances efectivos
40	M	18	3	54	22	3	82
41	M	19	4	55	61	9	129
42	M	20	16	98	102	83	299
43	M	21	35	200	318	78	631
44	M	22	2	26	50	11	89
45	M	23	3	6	10	8	27
46	M	24	29	47	50	26	152
47	M	25	61	46	74	21	202
48	M	26	15	33	72	19	139
49	M	27	62	50	98	42	252
50	M	28	53	20	139	49	261
51	M	29	26	9	31	25	91
52	M	30	0	2	0	3	5
53	N	17	0	0	1	0	1
54	N	18	0	1	1	0	2
55	N	20	0	8	3	1	12
56	N	21	5	11	2	0	18
57	N	22	5	0	2	0	7
58	N	24	1	1	2	0	4
59	N	25	102	30	74	31	237
60	N	26	89	89	95	31	304
61	N	27	133	132	163	23	451
62	N	28	46	43	137	24	250
63	N	29	6	21	79	15	121
64	N	30	0	0	3	0	3
65	O	24	3	0	0	0	3
66	O	25	11	2	10	1	24
67	O	26	78	51	78	28	235
68	O	27	154	153	129	24	460
69	O	28	57	62	63	25	207
70	O	29	2	2	21	6	31
71	O	30	0	0	1	0	1
72	P	25	2	0	0	0	2
73	P	26	15	12	15	0	42
74	P	27	54	53	43	15	165
75	P	28	108	157	35	14	314
76	P	29	4	0	14	3	21
77	P	30	0	0	0	4	4
78	Q	28	0	0	5	0	5

Fuente: Ing. Patrick Townsend, 2006.

Tabla 2B. Lances efectivos realizados por zona de captura.

▪ **Estadística descriptiva**

Se procedió a analizar la información de la flota sardinera presentada y se desarrolló el análisis estadístico de forma descriptiva que se presenta a continuación:

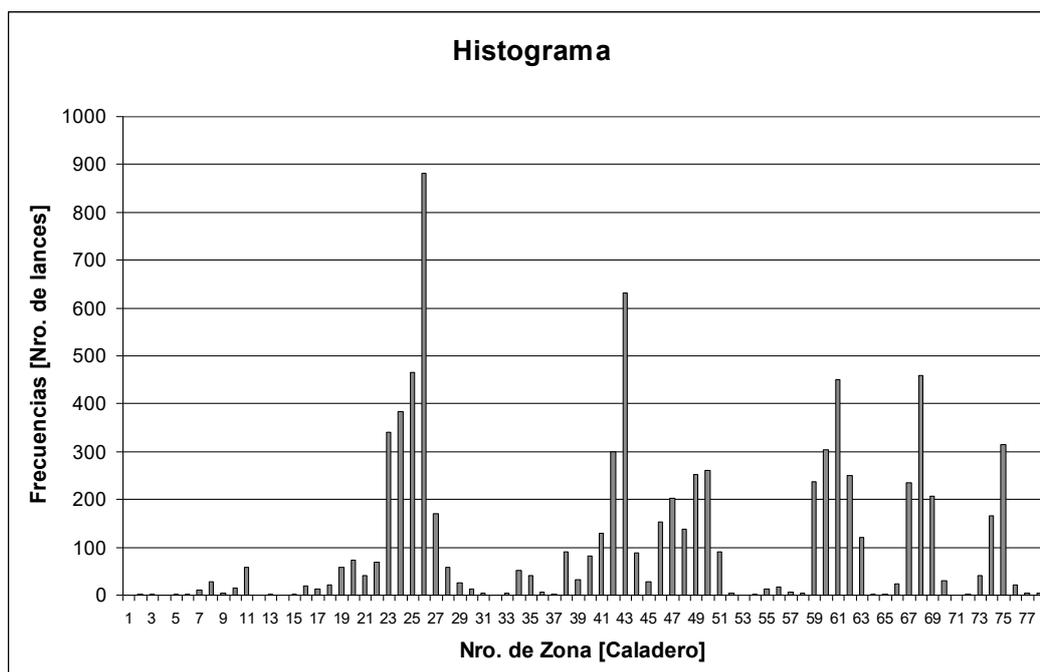
Media	106
Error típico	18
Mediana	28
Moda	1
Desviación estándar	163
Varianza de la muestra	26678
Total de lances efectivos	8282
Total de zonas	78
Mayor número de lances	881
Menor número de lances	1
Rango	880
Número de buques de la flota	9

Elaborado por: Tesista.

Tabla 3. Estadística descriptiva, lances efectivos por zona de pesca.

Como se puede observar, el total de lances efectivos por zona de pesca, para toda la flota sardinera es de 8282 durante los últimos tres años. Estando la flota constituida por 9 buques, el promedio de lances efectivos que realizaría un buque mensualmente por zona de pesca sería 25.

A continuación se presenta el histograma de frecuencias correspondiente a los lances efectivos realizados por la flota, por zona de captura durante los tres últimos años:



Elaborado por: Tesista.

Figura 8. Histograma de frecuencias, lances efectivos por zona de pesca.

El histograma muestra que la mayor cantidad de lances efectivos se realizan en las zonas 26, 43, 61 y 68. Esto indica que dichas zonas son repetidamente escogidas por el patrón de pesca para llevar a cabo la faena.

2.2 SIMULACIÓN DE UN CALADERO PARA LA EMBARCACIÓN A OPTIMIZAR

A continuación se presenta a la simulación de Monte Carlo, definida como una técnica cuantitativa que hace uso de la estadística. Se detallan los procesos en los ordenadores para imitar, mediante modelos

matemáticos, el comportamiento aleatorio de sistemas reales no dinámicos.

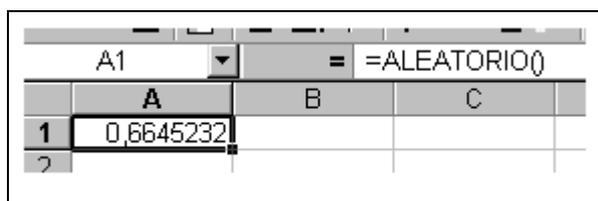
Concretamente haciendo uso de la planilla de cálculo de Microsoft Excel, se describe cómo es posible obtener un número pseudo-aleatorio, proveniente de una distribución uniforme entre el 0 y el 1, usando la función "ALEATORIO()".

- **La función "ALEATORIO()" de Excel**

Las hojas de cálculo como Excel (y cualquier lenguaje de programación estándar) son capaces de generar números pseudo-aleatorios provenientes de una distribución uniforme entre el 0 y el 1.

Este tipo de números pseudo-aleatorios son los elementos básicos a partir de los cuales se desarrolla cualquier simulación por ordenador.

En Excel, es posible obtener un número pseudo-aleatorio, proveniente de una distribución uniforme entre el 0 y el 1, usando la función "ALEATORIO()", como se muestra a continuación:



	A	B	C
1	0,6645232		
2			

Elaborado por: Tesista.

Figura 9. Función “ALEATORIO()”.

Los números generados mediante la función “ALEATORIO()” tienen dos propiedades que los hacen equiparables a números completamente aleatorios:

1. Cada vez que se usa la función “ALEATORIO()”, cualquier número real entre 0 y 1 tiene la misma probabilidad de ser generado (de ahí el nombre de distribución uniforme).
2. Los diferentes números generados son estadísticamente independientes unos de otros (es decir, el valor del número generado en un momento dado no depende de los generados con anterioridad).

La función “ALEATORIO()”, es una función volátil de Excel. Esto significa que cada vez que se pulse la tecla F9 o se cambie alguno de los inputs del modelo, todas las celdas donde aparezca la función “ALEATORIO()” serán recalculadas de forma automática.

Se pueden encontrar ejemplos del uso de la función “ALEATORIO()” en el propio menú de ayuda de Excel.

▪ **La simulación de Monte Carlo**

La simulación de Monte Carlo es una técnica cuantitativa que hace uso de la estadística y de los ordenadores para imitar, mediante modelos matemáticos, el comportamiento aleatorio de sistemas reales no dinámicos (por lo general, cuando se trata de sistemas cuyo estado va cambiando con el paso del tiempo, se recurre bien a la simulación de eventos discretos o bien a la simulación de sistemas continuos).

La clave de la simulación Monte Carlo consiste en crear un modelo matemático del sistema, proceso o actividad que se quiere analizar, identificando aquellas variables (inputs del modelo) cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema.

Una vez identificados dichos inputs o variables aleatorias, se lleva a cabo un experimento consistente en :

1. Generar, con ayuda del ordenador, muestras aleatorias (valores concretos) para dichos inputs, y

2. Analizar el comportamiento del sistema ante los valores generados.

Tras repetir “n” veces este experimento, se dispondrá de “n” observaciones sobre el comportamiento del sistema, lo cual será de utilidad para entender el funcionamiento del mismo. Obviamente, el análisis será tanto más preciso cuanto mayor sea el número “n” de experimentos que se lleven a cabo.

En la siguiente tabla se muestra un análisis de lances efectivos realizados por zona de pesca durante los tres últimos años. La tabla incluye el número de zona junto con las frecuencias absolutas (número de lances efectivos realizados por zona), las frecuencias relativas (relación entre las frecuencias absolutas y el número total de lances, que en este caso es 8282), y las frecuencias relativas acumuladas.

Número de Zona	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada
1	1	0.00012	0.00012
2	2	0.00024	0.00036
3	2	0.00024	0.00060
4	1	0.00012	0.00072
5	3	0.00036	0.00109
6	2	0.00024	0.00133
7	11	0.00133	0.00266
8	29	0.00350	0.00616
9	5	0.00060	0.00676
10	16	0.00193	0.00869
11	58	0.00700	0.01570
12	1	0.00012	0.01582
13	2	0.00024	0.01606
14	1	0.00012	0.01618
15	3	0.00036	0.01654
16	19	0.00229	0.01884
17	14	0.00169	0.02053
18	21	0.00254	0.02306
19	58	0.00700	0.03007
20	74	0.00894	0.03900
21	40	0.00483	0.04383
22	68	0.00821	0.05204
23	340	0.04105	0.09309
24	383	0.04624	0.13934
25	465	0.05615	0.19548
26	881	0.10638	0.30186
27	170	0.02053	0.32239
28	58	0.00700	0.32939
29	25	0.00302	0.33241
30	12	0.00145	0.33386
31	5	0.00060	0.33446
32	1	0.00012	0.33458
33	5	0.00060	0.33518
34	51	0.00616	0.34134
35	40	0.00483	0.34617
36	7	0.00085	0.34702
37	3	0.00036	0.34738
38	90	0.01087	0.35825
39	32	0.00386	0.36211

Elaborado por: Tesista.

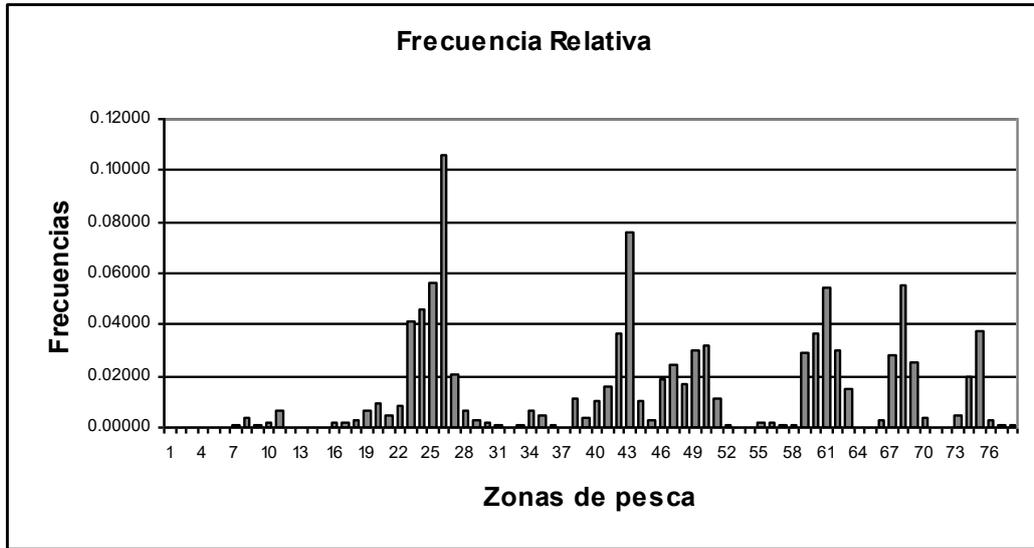
Tabla 4A. Tabla de frecuencias, zonas de pesca.

Número de Zona	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada
40	82	0.00990	0.37201
41	129	0.01558	0.38759
42	299	0.03610	0.42369
43	631	0.07619	0.49988
44	89	0.01075	0.51063
45	27	0.00326	0.51389
46	152	0.01835	0.53224
47	202	0.02439	0.55663
48	139	0.01678	0.57341
49	252	0.03043	0.60384
50	261	0.03151	0.63535
51	91	0.01099	0.64634
52	5	0.00060	0.64695
53	1	0.00012	0.64707
54	2	0.00024	0.64731
55	12	0.00145	0.64876
56	18	0.00217	0.65093
57	7	0.00085	0.65177
58	4	0.00048	0.65226
59	237	0.02862	0.68087
60	304	0.03671	0.71758
61	451	0.05446	0.77204
62	250	0.03019	0.80222
63	121	0.01461	0.81683
64	3	0.00036	0.81719
65	3	0.00036	0.81756
66	24	0.00290	0.82045
67	235	0.02837	0.84883
68	460	0.05554	0.90437
69	207	0.02499	0.92936
70	31	0.00374	0.93311
71	1	0.00012	0.93323
72	2	0.00024	0.93347
73	42	0.00507	0.93854
74	165	0.01992	0.95846
75	314	0.03791	0.99638
76	21	0.00254	0.99891
77	4	0.00048	0.99940
78	5	0.00060	1.00000

Total : 8282 1.00000

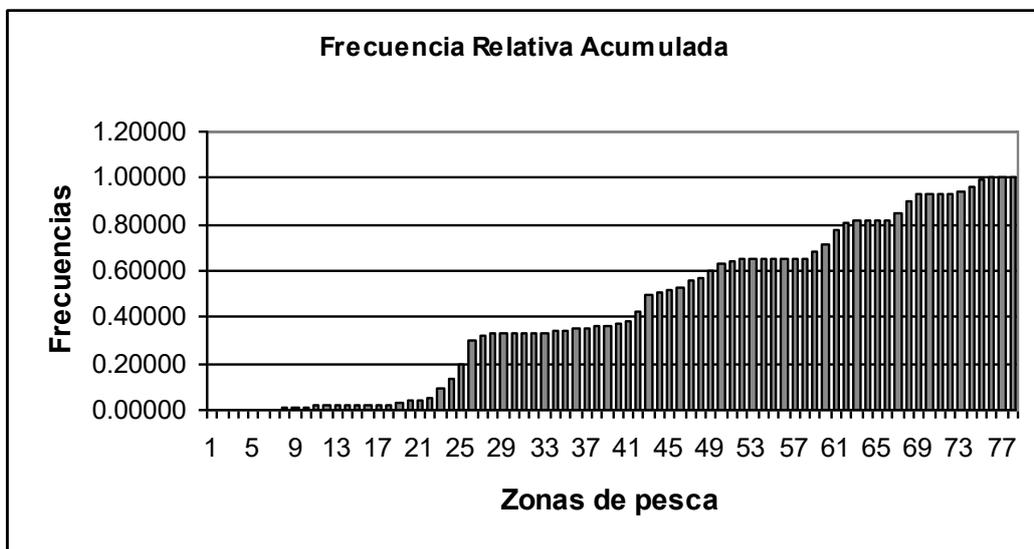
Elaborado por: Tesista.

Tabla 4B. Tabla de frecuencias, zonas de pesca.



Elaborado por: Tesista.

Figura 10. Frecuencia relativa, zonas de pesca.



Elaborado por: Tesista.

Figura 11. Frecuencia relativa acumulada, zonas de pesca.

Se puede interpretar la frecuencia relativa como la probabilidad de que ocurra el suceso asociado, en este caso, la probabilidad de que una determinada zona de pesca sea asignada, en función del número de lances efectivos realizados por zona de pesca (así por ejemplo, la probabilidad de que la zona 26 sea asignada como zona de pesca para la oscura es de 0.10638), por lo que las tablas anteriores proporcionan la distribución de probabilidad asociada a una variable aleatoria discreta (la variable aleatoria es el número de zona de pesca, que sólo puede tomar valores enteros entre 0 y 78).

Una vez conocida la distribución de probabilidad asociada a una variable aleatoria discreta, será posible usar la columna de frecuencias relativas acumuladas para obtener los llamados intervalos de números aleatorios asociados a cada suceso.

A continuación se muestran los intervalos de números aleatorios obtenidos para el estudio.

Número de Zona	Intervalo	
	Extremo Inferior	Extremo Superior
1	0	0.00012
2	0.00012	0.00036
3	0.00036	0.00060
4	0.00060	0.00072
5	0.00072	0.00109
6	0.00109	0.00133
7	0.00133	0.00266
8	0.00266	0.00616
9	0.00616	0.00676
10	0.00676	0.00869
11	0.00869	0.01570
12	0.01570	0.01582
13	0.01582	0.01606
14	0.01606	0.01618
15	0.01618	0.01654
16	0.01654	0.01884
17	0.01884	0.02053
18	0.02053	0.02306
19	0.02306	0.03007
20	0.03007	0.03900
21	0.03900	0.04383
22	0.04383	0.05204
23	0.05204	0.09309
24	0.09309	0.13934
25	0.13934	0.19548
26	0.19548	0.30186
27	0.30186	0.32239
28	0.32239	0.32939
29	0.32939	0.33241
30	0.33241	0.33386
31	0.33386	0.33446
32	0.33446	0.33458
33	0.33458	0.33518
34	0.33518	0.34134
35	0.34134	0.34617
36	0.34617	0.34702
37	0.34702	0.34738
38	0.34738	0.35825
39	0.35825	0.36211

Elaborado por: Tesista.

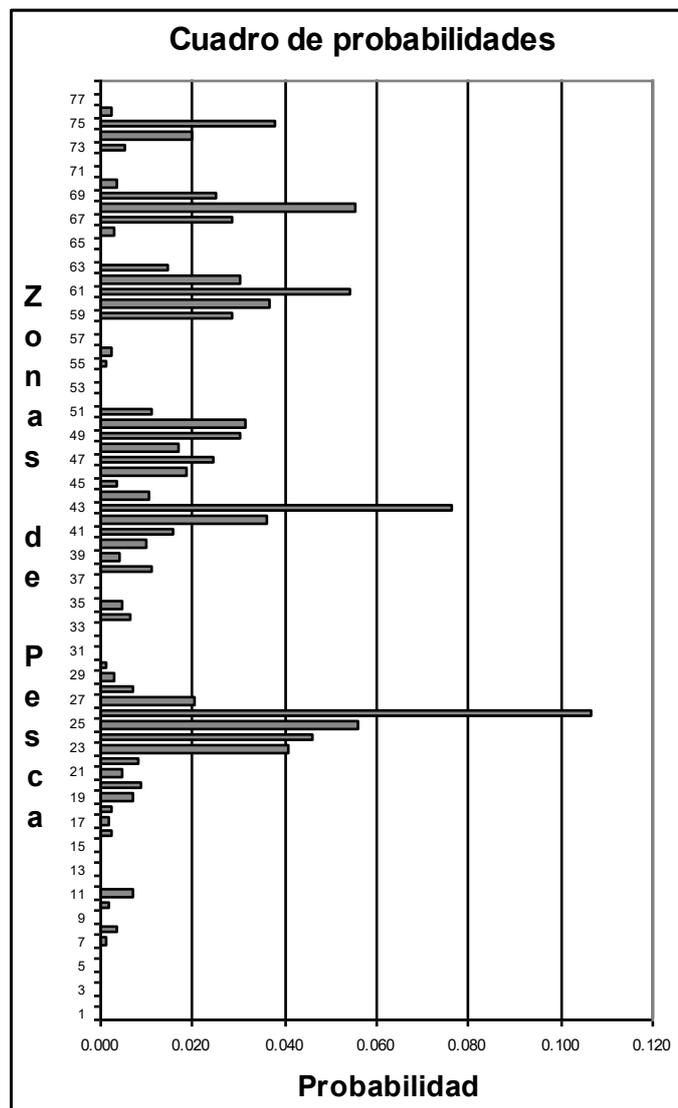
Tabla 5A. Intervalos de números aleatorios, zonas de pesca.

Número de Zona	Intervalo Extremo Inferior	Intervalo Extremo Superior
40	0.36211	0.37201
41	0.37201	0.38759
42	0.38759	0.42369
43	0.42369	0.49988
44	0.49988	0.51063
45	0.51063	0.51389
46	0.51389	0.53224
47	0.53224	0.55663
48	0.55663	0.57341
49	0.57341	0.60384
50	0.60384	0.63535
51	0.63535	0.64634
52	0.64634	0.64695
53	0.64695	0.64707
54	0.64707	0.64731
55	0.64731	0.64876
56	0.64876	0.65093
57	0.65093	0.65177
58	0.65177	0.65226
59	0.65226	0.68087
60	0.68087	0.71758
61	0.71758	0.77204
62	0.77204	0.80222
63	0.80222	0.81683
64	0.81683	0.81719
65	0.81719	0.81756
66	0.81756	0.82045
67	0.82045	0.84883
68	0.84883	0.90437
69	0.90437	0.92936
70	0.92936	0.93311
71	0.93311	0.93323
72	0.93323	0.93347
73	0.93347	0.93854
74	0.93854	0.95846
75	0.95846	0.99638
76	0.99638	0.99891
77	0.99891	0.99940
78	0.99940	1.00000

Elaborado por: Tesista.

Tabla 5B. Intervalos de números aleatorios, zonas de pesca.

El gráfico siguiente, muestra cada una de las probabilidades sobre el número de zona de pesca asignable. En él, se aprecia claramente la relación existente entre probabilidad de cada suceso y el área que éste ocupa.



Elaborado por: Tesista.

Figura 12. Cuadro de probabilidades, zonas de pesca.

Esto significa que, al generar un número pseudo-aleatorio con el ordenador (proveniente de una distribución uniforme entre 0 y 1), se estará llevando a cabo un experimento cuyo resultado, obtenido de forma aleatoria y según la distribución de probabilidad anterior, estará asociado a un suceso.

Asígnese pues la función “ALEATORIO()” a una casilla de Excel. Seleccionando la celda y “arrastrando” con el ratón desde el borde inferior derecho de la misma se puede obtener un listado completo de números pseudo-aleatorios.

A continuación, se puede emplear la función “SI” de Excel para asignar un suceso a cada uno de los números pseudo-aleatorios generados (en este caso, se les asigna un número de zona de pesca), como se muestra a continuación:

Numero Aleatorio Generado	Zona Asignada	Número de Oscura
0.46273	43	1
0.51491	46	2
0.87332	68	3
0.98337	75	4
0.72784	61	5
0.33902	34	6
0.32485	28	7
0.29714	26	8
0.66085	59	9
0.23443	26	10
0.08270	23	11
0.38686	41	12
0.04312	21	13
0.74352	61	14
0.68570	60	15
0.16879	25	16
0.34628	36	17
0.90909	69	18
0.96024	75	19
0.26799	26	20
0.52483	46	21
0.03551	20	22
0.18364	25	23
0.45900	43	24
0.35425	38	25
0.01655	16	26
0.89914	68	27
0.09500	24	28
0.54054	47	29
0.58264	49	30
0.99808	76	31
0.86583	68	32
0.11788	24	33
0.83402	67	34
0.93454	73	35
0.39742	42	36

Elaborado por: Tesista.

Tabla 6. Zonas de pesca simuladas.

Así por ejemplo, si el ordenador proporciona el número pseudo-aleatorio 0,74352, se puede suponer que para esa oscura se seleccionó la zona de pesca número 61.

La operación del buque sardinero se la evaluará como un proyecto con una duración de 15 años (vida útil de la embarcación). Cada año se tienen aproximadamente 12 oscuras (una por mes), esto representa un total de 180 oscuras en los 15 años de duración del proyecto.

En la tabla 9 se puede apreciar las 36 zonas de pesca generadas para 36 distintas oscuras, que equivalen a 3 años del proyecto. El mismo procedimiento se empleó para generar las 144 zonas de pesca restantes para completar las 180 oscuras, información que se presenta completamente mas adelante en las tablas 26 - 30.

▪ **Cálculo de la distancia al caladero, desde el muelle de Salango**

Se calculará la distancia desde el muelle en Salango a cada una de las posibles zonas de pesca, para poder determinar el egreso debido a la cantidad de combustible que se consumirá. La cantidad de combustible consumido por la embarcación durante la salida y el retorno del caladero, dependerá de la velocidad de crucero que se fije para la misma.

Las distancias serán transformadas en horas de acuerdo a la velocidad de la embarcación, y esas horas serán posteriormente transformadas en galones de combustible y finalmente en dólares americanos. Valores que formarán parte de los egresos del buque durante la operación.

A continuación se presenta una tabla con las distancias a las que se encuentran cada una de las posibles zonas de captura, con respecto al puerto de Salango.

Se ha aumentado el valor de las distancias en un 10%, debido al grado de curvatura que toma la embarcación para poder llegar al caladero como se presenta a continuación:

Número de Zona	Columna	Fila	Componente Horizontal [millas]	Componente Vertical [millas]	Distancia al Caladero [millas]
1	I	11	50	80	103.77
2	I	27	50	90	113.25
3	J	22	40	40	62.23
4	J	28	40	100	118.47
5	K	17	30	20	39.66
6	K	18	30	10	34.79
7	K	19	30	10	34.79
8	K	20	30	20	39.66
9	K	21	30	30	46.67
10	K	22	30	40	55.00
11	K	23	30	50	64.14
12	K	24	30	60	73.79
13	K	25	30	70	83.77
14	K	26	30	80	93.98
15	L	10	20	90	101.41
16	L	13	20	60	69.57
17	L	14	20	50	59.24
18	L	15	20	40	49.19
19	L	16	20	30	39.66
20	L	17	20	20	31.11
21	L	18	20	10	24.60
22	L	19	20	10	24.60
23	L	20	20	20	31.11
24	L	21	20	30	39.66
25	L	22	20	40	49.19
26	L	23	20	50	59.24
27	L	24	20	60	69.57
28	L	25	20	70	80.08
29	L	26	20	80	90.71
30	L	27	20	90	101.41
31	L	28	20	100	112.18
32	L	29	20	110	122.98
33	M	11	10	80	88.68
34	M	12	10	70	77.78
35	M	13	10	60	66.91
36	M	14	10	50	56.09
37	M	15	10	40	45.35
38	M	16	10	30	34.79
39	M	17	10	20	24.60

Elaborado por: Tesista.

Tabla 7A. Distancia del caladero a las posibles zonas de pesca.

Número de Zona	Columna	Fila	Componente Horizontal [millas]	Componente Vertical [millas]	Distancia al Caladero [millas]
40	M	18	10	10	15.56
41	M	19	10	10	15.56
42	M	20	10	20	24.60
43	M	21	10	30	34.79
44	M	22	10	40	45.35
45	M	23	10	50	56.09
46	M	24	10	60	66.91
47	M	25	10	70	77.78
48	M	26	10	80	88.68
49	M	27	10	90	99.61
50	M	28	10	100	110.55
51	M	29	10	110	121.50
52	M	30	10	120	132.46
53	N	17	10	20	24.60
54	N	18	10	10	15.56
55	N	20	10	20	24.60
56	N	21	10	30	34.79
57	N	22	10	40	45.35
58	N	24	10	60	66.91
59	N	25	10	70	77.78
60	N	26	10	80	88.68
61	N	27	10	90	99.61
62	N	28	10	100	110.55
63	N	29	10	110	121.50
64	N	30	10	120	132.46
65	O	24	20	60	69.57
66	O	25	20	70	80.08
67	O	26	20	80	90.71
68	O	27	20	90	101.41
69	O	28	20	100	112.18
70	O	29	20	110	122.98
71	O	30	20	120	133.82
72	P	25	30	70	83.77
73	P	26	30	80	93.98
74	P	27	30	90	104.36
75	P	28	30	100	114.84
76	P	29	30	110	125.42
77	P	30	30	120	136.06
78	Q	28	40	100	118.47

Elaborado por: Tesista.

Tabla 7B. Distancia del caladero a las posibles zonas de pesca.

2.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL TONELAJE DE CAPTURA POR BUQUE DE UNA FLOTA SARDINERA LOCAL

De igual manera como se analizó la información presentada en el capítulo 2.1, se procederá con el tonelaje de captura de los buques integrantes de la misma flota sardinera local.

La flota sardinera a analizar posee 9 buques de distintas características, pero que son similares en la longitud de la red de cerco que emplean para la maniobra de pesca, la misma que oscila entre las 372 y 400 brazas (622 y 669 metros).

Las características principales de cada buque perteneciente a la flota se muestran en las siguientes tablas:

Nro. del buque	Eslora [m.]	Manga [m.]	Puntal [m.]	Calado [m.]	Número de Cubiertas	Material
<i>Buque 1</i>	25.02	6.66	3.25	2.80	1	Acero-naval
<i>Buque 2</i>	37.75	8.20	3.91	3.45	1	Acero-naval
<i>Buque 3</i>	37.75	8.20	3.91	3.45	1	Acero-naval
<i>Buque 4</i>	30.23	7.67	3.66	3.21	1	Acero-naval
<i>Buque 5</i>	30.23	7.67	3.66	3.21	1	Acero-naval
<i>Buque 6</i>	30.23	7.67	3.66	3.21	1	Acero-naval
<i>Buque 7</i>	30.23	7.67	3.66	3.21	1	Acero-naval
<i>Buque 8</i>	32.15	7.50	3.44	3.00	1	Acero-naval
<i>Buque 9</i>	32.15	7.50	3.44	3.00	1	Acero-naval

Fuente: Pesquera Polar, 2006.

Tabla 8A. Características generales de la flota sardinera.

Nro. del buque	Arte de pesca	Maquinaria de pesca	Potencia [Hp.]	RPM	Reducción
Buque 1	Cerco	Power Block	375	1200	3,75 a 1
Buque 2	Cerco	Petrel	750	1200	3,75 a 1
Buque 3	Cerco	Petrel	750	1200	3,75 a 1
Buque 4	Cerco	Power block	750	1200	3,75 a 1
Buque 5	Cerco	Power block	750	1200	3,75 a 1
Buque 6	Cerco	Petrel	560	1200	3,75 a 1
Buque 7	Cerco	Power Block	560	1200	3,75 a 1
Buque 8	Cerco	Petrel	560	1200	3,75 a 1
Buque 9	Cerco	Petrel	750	1800	6,00 a 1

Fuente: Pesquera Polar, 2006.

Tabla 8B. Características generales de la flota sardinera.

Nro. del buque	Modelo Motor Principal	Generadores auxiliares	Tipo de Inyección	Cilindros del motor principal	Velocidad [nudos]
Buque 1	Cat D353	1	Directa	6	9
Buque 2	Cat D398	2	Directa	12	11
Buque 3	Cat D398	2	Directa	12	11
Buque 4	Cat D398	2	Directa	12	11
Buque 5	Cat D398	2	Directa	12	11
Buque 6	Cat D379	1	Directa	8	10
Buque 7	Cat D379	1	Directa	8	10
Buque 8	Cat D379	1	Directa	8	9
Buque 9	Cat 3508	1	Inyectores	8	10

Fuente: Pesquera Polar, 2006.

Tabla 8C. Características generales de la flota sardinera.

Nro. del buque	Palas de la hélice	Diámetro/Paso [pulgadas]	Bombas de achique	Capacidad de bodegas [tons.]	Sistema de frío [50 tons.]
Buque 1	5	52/42	1	130	no
Buque 2	5	71/61	4	310	si
Buque 3	5	71/61	4	310	si
Buque 4	3	68/51	4	210	no
Buque 5	3	68/51	4	210	no
Buque 6	3	68/51	2	210	no
Buque 7	3	68/48	2	210	no
Buque 8	5	72/48	2	190	no
Buque 9	5	66/48	2	190	no

Fuente: Pesquera Polar, 2006.

Tabla 8D. Características generales de la flota sardinera.

En las siguientes tablas se presenta un resumen mensual de las toneladas de sardina capturadas por cada buque de la flota durante los últimos tres años. Un ejemplo de la información sobre las toneladas diarias de captura de todos los buques, que se manejó en este estudio; se presentan en el ANEXO B.

Periodo 2003-2004

Número del Buque	Junio [tons.]	Julio [tons.]	Agosto [tons.]	Sept. [tons.]	Octubre [tons.]	Nov. [tons.]
<i>Buque 1</i>	335.98	338.57	169.21	271.86	220.54	127.03
<i>Buque 2</i>	1069.74	879.59	406.60	542.96	737.90	365.29
<i>Buque 3</i>	1563.71	1387.91	739.56	350.71	715.81	316.13
<i>Buque 4</i>	596.49	588.02	542.78	548.85	367.44	339.14
<i>Buque 5</i>	742.44	430.27	337.90	352.57	168.05	250.99
<i>Buque 6</i>	575.90	528.11	32.78	234.10	174.75	0.00
<i>Buque 7</i>	514.80	613.67	350.29	535.77	205.39	163.92
<i>Buque 8</i>	1121.46	714.61	849.24	862.24	569.93	188.41
<i>Buque 9</i>	786.28	148.68	488.14	374.54	4.98	208.33

Fuente: Pesquera Polar, 2006.

Tabla 9A. Tonelaje de captura de la flota sardinera.

Periodo 2003-2004

Número del Buque	Dic. [tons.]	Enero [tons.]	Febrero [tons.]	Marzo [tons.]	Abril [tons.]	Mayo [tons.]
<i>Buque 1</i>	299.43	3.32	428.85	310.78	501.36	410.79
<i>Buque 2</i>	1151.25	459.64	792.79	676.26	780.60	381.01
<i>Buque 3</i>	1952.96	615.13	1328.43	1195.42	1391.95	1281.78
<i>Buque 4</i>	557.44	0.00	0.00	75.01	516.51	231.14
<i>Buque 5</i>	272.90	129.61	336.84	367.02	246.92	232.80
<i>Buque 6</i>	0.00	121.12	502.71	390.78	569.40	530.19
<i>Buque 7</i>	152.08	0.00	348.83	581.62	802.92	549.57
<i>Buque 8</i>	754.36	364.26	584.01	93.65	911.13	609.77
<i>Buque 9</i>	526.72	254.18	641.11	785.21	224.85	501.04

Fuente: Pesquera Polar, 2006.

Tabla 9B. Tonelaje de captura de la flota sardinera.

Periodo 2004-2005

Número del Buque	Junio [tons.]	Julio [tons.]	Agosto [tons.]	Sept. [tons.]	Octubre [tons.]	Nov. [tons.]
<i>Buque 1</i>	364.92	320.08	130.97	267.00	72.21	1.85
<i>Buque 2</i>	496.20	1022.12	951.16	943.55	496.67	733.01
<i>Buque 3</i>	1299.20	805.55	1001.70	1066.03	655.34	635.02
<i>Buque 4</i>	638.84	554.55	158.56	145.46	82.67	8.85
<i>Buque 5</i>	165.08	378.76	180.83	270.05	96.00	14.11
<i>Buque 6</i>	701.26	283.49	139.83	140.89	0.00	37.28
<i>Buque 7</i>	310.68	150.93	161.93	144.08	103.75	0.00
<i>Buque 8</i>	525.08	0.00	0.00	403.31	331.58	27.06
<i>Buque 9</i>	739.01	585.39	309.35	307.34	32.87	0.00

Fuente: Pesquera Polar, 2006.

Tabla 9C. Tonelaje de captura de la flota sardinera.

Periodo 2004-2005

Número del Buque	Dic. [tons.]	Enero [tons.]	Febrero [tons.]	Marzo [tons.]	Abril [tons.]	Mayo [tons.]
<i>Buque 1</i>	133.35	403.08	373.47	501.76	217.56	246.89
<i>Buque 2</i>	791.32	761.95	229.85	1112.01	549.17	1250.38
<i>Buque 3</i>	43.16	0.00	25.67	1145.87	629.87	959.61
<i>Buque 4</i>	0.00	450.25	361.36	291.17	183.07	367.99
<i>Buque 5</i>	143.93	488.50	509.05	625.94	218.89	283.50
<i>Buque 6</i>	13.56	608.14	554.01	525.20	249.17	371.80
<i>Buque 7</i>	81.10	407.74	341.34	616.63	250.08	535.49
<i>Buque 8</i>	332.60	793.88	640.16	1287.67	347.56	868.47
<i>Buque 9</i>	0.00	0.00	347.28	631.50	181.75	488.42

Fuente: Pesquera Polar, 2006.

Tabla 9D. Tonelaje de captura de la flota sardinera.

Periodo 2005-2006

Número del Buque	Junio [tons.]	Julio [tons.]	Agosto [tons.]	Sept. [tons.]	Octubre [tons.]	Nov. [tons.]
<i>Buque 1</i>	563.02	84.16	144.89	0.00	0.00	128.01
<i>Buque 2</i>	1738.90	934.86	308.77	333.35	172.11	0.00
<i>Buque 3</i>	1615.52	1873.88	677.16	541.96	85.43	380.95
<i>Buque 4</i>	764.53	741.84	168.05	136.07	35.07	253.90
<i>Buque 5</i>	271.06	1225.45	494.68	510.99	81.44	498.91
<i>Buque 6</i>	786.79	628.82	78.70	144.05	0.00	205.74
<i>Buque 7</i>	515.94	506.69	86.68	133.63	49.02	171.83
<i>Buque 8</i>	1167.78	1120.11	657.65	359.46	103.36	458.22
<i>Buque 9</i>	804.16	554.25	321.40	0.00	60.42	398.58

Fuente: Pesquera Polar, 2006.

Tabla 9E. Tonelaje de captura de la flota sardinera.

Periodo 2005-2006

Número del Buque	Dic. [tons.]	Enero [tons.]	Febrero [tons.]	Marzo [tons.]	Abril [tons.]	Mayo [tons.]
Buque 1	366.10	54.43	162.63	71.91	82.71	0.00
Buque 2	841.84	36.43	1191.25	432.46	1323.40	872.47
Buque 3	839.95	0.00	0.00	462.04	894.98	267.19
Buque 4	136.28	136.28	175.12	34.23	114.23	229.34
Buque 5	561.42	0.00	70.59	514.36	512.94	729.67
Buque 6	600.49	30.81	93.77	358.86	160.76	0.00
Buque 7	592.44	60.09	106.59	65.30	0.00	325.92
Buque 8	1602.79	270.79	742.12	457.23	668.37	361.51
Buque 9	1228.34	100.43	508.46	342.28	658.66	230.14

Fuente: Pesquera Polar, 2006.

Tabla 9F. Tonelaje de captura de la flota sardinera.

▪ **Estadística descriptiva**

Se procedió a analizar la información sobre los tonelajes de captura de la flota sardinera y se desarrolló el análisis estadístico de forma descriptiva que se presenta a continuación:

Media	21.62
Error típico	0.47
Mediana	5.31
Moda	0
Desviación estándar	36.64
Varianza de la muestra	1342.77
Total de toneladas capturadas	132366.75
Número de buques de la flota	9
Máximo tonelaje de captura	322.14
Mínimo tonelaje de captura	0
Rango	322.14
Número de observaciones	6123

Elaborado por: Tesista.

Tabla 10. Estadística descriptiva, tonelaje de captura.

Como se puede observar, empleando la estadística descriptiva, se ha determinado que en promedio la captura diaria de un buque de la flota sardinera es de 21.62 toneladas.

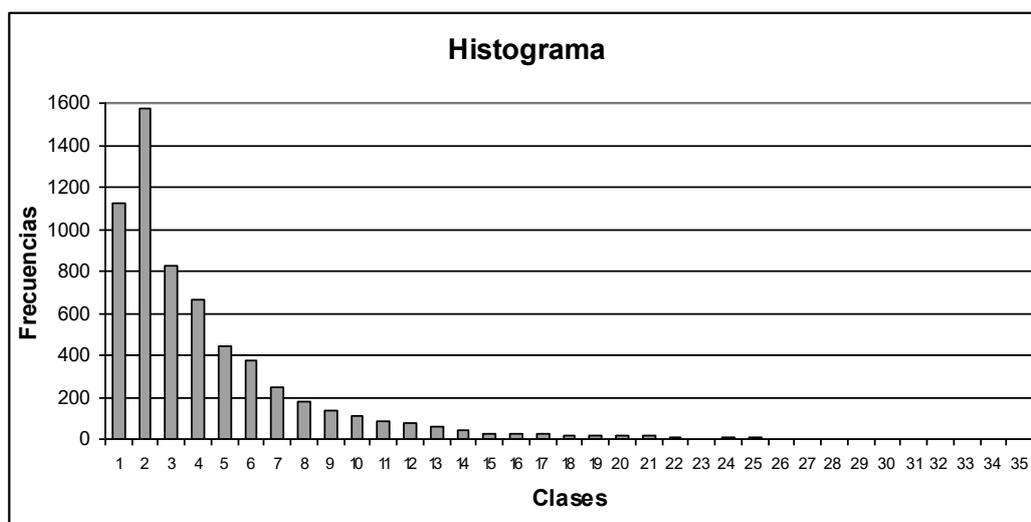
Se realizaron 6123 observaciones provenientes de los 9 buques de la flota, equivalentes a un promedio de 12 oscuras por buque por año en cada uno de los tres periodos.

Se dividieron las observaciones o sucesos (número de veces en que el tonelaje capturado se encontraba dentro del intervalo de la clase), en 35 clases, incluyendo las observaciones de las ocasiones en que los buques no salían a faenar por imperfecciones mecánicas y las ocasiones en que los buques salían a faenar y regresaban vacíos (con captura 0).

Utilizando la información resumida anteriormente en las tablas 16 - 21, se procede a elaborar el histograma de frecuencias correspondiente a las toneladas capturadas por los buques pertenecientes a la flota.

La clase 1, corresponde a las ocasiones en las que el buque no salió a faenar por imperfecciones mecánicas, la clase 2, corresponde a las ocasiones en que el buque salía a faenar pero retornaba vacío.

El resto de clases siguientes (de la 3 a la 35), corresponden a intervalos de tonelaje de captura establecidos. Por ejemplo, la clase 3 corresponde al intervalo de 0 a 10 toneladas de captura, la 4 al intervalo de 10 a 20 toneladas, etc...



Elaborado por: Tesista.

Figura 13. Histograma de frecuencias, tonelaje de captura.

2.4 SIMULACIÓN DE UN TONELAJE DE CAPTURA PARA LA EMBARCACIÓN A OPTIMIZAR

De igual forma que en el capítulo 2.2, se empleó la simulación de Monte Carlo, y utilizando la información resumida anteriormente, se procede a elaborar la siguiente tabla, en la que se presenta las frecuencias absolutas, relativas y relativas acumuladas de las toneladas capturadas por los buques pertenecientes a la flota.

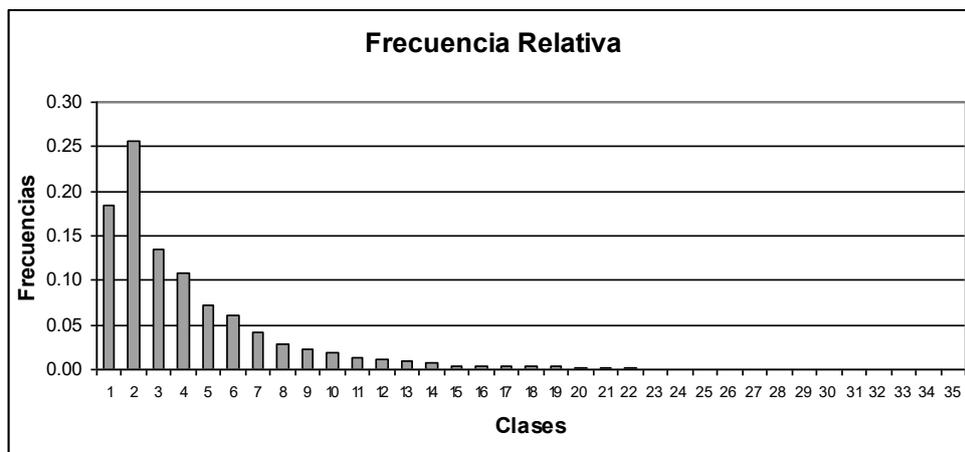
Clases	Margen Inferior [tons.]	Margen Superior [tons.]	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada
1	No Salió a Faenar		1124	0.18357	0.18357
2	0		1574	0.25706	0.44063
3	0	10	823	0.13441	0.57504
4	10	20	665	0.10861	0.68365
5	20	30	445	0.07268	0.75633
6	30	40	373	0.06092	0.81725
7	40	50	250	0.04083	0.85808
8	50	60	178	0.02907	0.88715
9	60	70	136	0.02221	0.90936
10	70	80	113	0.01846	0.92781
11	80	90	81	0.01323	0.94104
12	90	100	73	0.01192	0.95296
13	100	110	63	0.01029	0.96325
14	110	120	44	0.00719	0.97044
15	120	130	27	0.00441	0.97485
16	130	140	28	0.00457	0.97942
17	140	150	22	0.00359	0.98301
18	150	160	18	0.00294	0.98595
19	160	170	20	0.00327	0.98922
20	170	180	16	0.00261	0.99183
21	180	190	14	0.00229	0.99412
22	190	200	6	0.00098	0.99510
23	200	210	4	0.00065	0.99575
24	210	220	5	0.00082	0.99657
25	220	230	5	0.00082	0.99739
26	230	240	2	0.00033	0.99771
27	240	250	2	0.00033	0.99804
28	250	260	1	0.00016	0.99820
29	260	270	2	0.00033	0.99853
30	270	280	2	0.00033	0.99886
31	280	290	2	0.00033	0.99918
32	290	300	2	0.00033	0.99951
33	300	310	2	0.00033	0.99984
34	310	320	0	0.00000	0.99984
35	320	330	1	0.00016	1.00000

Total : 6123 1.00000

Elaborado por: Tesista.

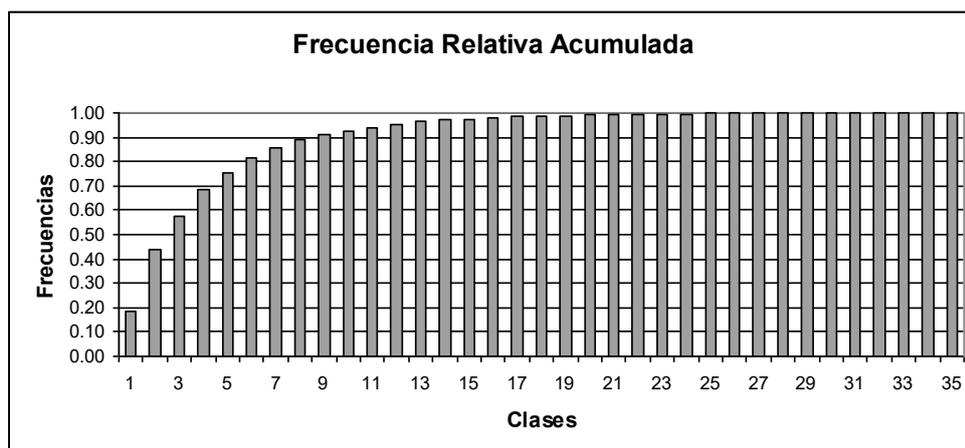
Tabla 11. Tabla de frecuencias, tonelaje de captura.

Los histogramas de frecuencias, relativas y relativas acumuladas se muestran a continuación:



Elaborado por: Tesista.

Figura 14. Frecuencia relativa, tonelaje de captura.



Elaborado por: Tesista.

Figura 15. Frecuencia relativa acumulada, tonelaje de captura.

De igual manera que en el capítulo 2.2, luego de realizar las tablas de frecuencias, se procede a usar la columna de frecuencias relativas acumuladas para obtener los llamados intervalos de números aleatorios asociados a cada suceso.

Clases	Intervalo	
	Margen Inferior	Margen Superior
1	0.00000	0.18357
2	0.18357	0.44063
3	0.44063	0.57504
4	0.57504	0.68365
5	0.68365	0.75633
6	0.75633	0.81725
7	0.81725	0.85808
8	0.85808	0.88715
9	0.88715	0.90936
10	0.90936	0.92781
11	0.92781	0.94104
12	0.94104	0.95296
13	0.95296	0.96325
14	0.96325	0.97044
15	0.97044	0.97485
16	0.97485	0.97942
17	0.97942	0.98301
18	0.98301	0.98595
19	0.98595	0.98922
20	0.98922	0.99183
21	0.99183	0.99412
22	0.99412	0.99510
23	0.99510	0.99575
24	0.99575	0.99657
25	0.99657	0.99739
26	0.99739	0.99771
27	0.99771	0.99804
28	0.99804	0.99820
29	0.99820	0.99853
30	0.99853	0.99886
31	0.99886	0.99918
32	0.99918	0.99951
33	0.99951	0.99984
34	0.99984	0.99984
35	0.99984	1.00000

Tabla 12. Intervalos de números aleatorios, tonelaje de captura.

Como se mencionó anteriormente, la operación del buque sardinero será evaluada como proyecto en un periodo de 15 años. Se necesita para determinar los ingresos del buque un tonelaje de captura diario para los

20 días de duración de la oscura, de igual forma se procederá para las 12 oscuras del año, los 15 años de duración del proyecto. Es decir, que se simularán 3600 tonelajes de captura distintos para poder evaluar la operación del buque sardinero.

A continuación se presenta la simulación de la primera oscura, correspondiente al primer año del proyecto, empleando el método de Monte Carlo.

Número Aleatorio Generado	Captura Asignada [tons.]	Días de Oscura	M E S
0.52787	5	Día 1	E N E R O
0.90459	75	Día 2	
0.19115	0	Día 3	
0.49395	5	Día 4	
0.74761	25	Día 5	
0.09095	No Salió	Día 6	
0.60063	15	Día 7	
0.56526	5	Día 8	
0.53545	5	Día 9	
0.15475	No Salió	Día 10	
0.44449	5	Día 11	
0.78479	35	Día 12	
0.09320	No Salió	Día 13	
0.55457	5	Día 14	
0.53893	5	Día 15	
0.05275	No Salió	Día 16	
0.47362	5	Día 17	
0.64954	15	Día 18	
0.91878	75	Día 19	
0.22532	0	Día 20	

Elaborado por: Tesista.

Tabla 13. Tonelaje de captura simulado.

Empleando el mismo procedimiento, se procedió a simular los tonelajes de captura para los meses y años restantes. Un resumen de las zonas de pesca y tonelajes de captura diarios generados se presenta a continuación, en el mismo se incluye el número de viajes al caladero realizados por la embarcación, valor que depende únicamente de la capacidad de la bodega del buque. Se presenta también la distancia que deberá recorrer la embarcación desde el puerto de Salango a cada una de las zonas de pesca generadas.

La capacidad de la bodega del buque será iterada junto con la velocidad de crucero del mismo para maximizar la tasa interna de retorno. En el siguiente resumen se ha usado como ejemplo una **bodega de 100 toneladas** de capacidad. El número de viajes al caladero depende de la relación entre la captura diaria y la capacidad de la bodega, cuando la acumulación de la captura exceda la capacidad de la bodega obviamente la embarcación deberá retornar al muelle para descargar y repetir la operación.

El resumen de las zonas de pesca simuladas, junto con la captura diaria para los 15 años de duración del proyecto es presentado a continuación.

Año 1	Caladero No. de Zona	Distancia al Caladero [millas]	Nro. de viajes al Caladero	Captura [tons.]
Enero	43	34.79	3	280
Febrero	46	66.91	4	385
Marzo	68	101.41	6	500
Abril	75	114.84	4	320
Mayo	61	99.61	4	355
Junio	34	77.78	5	405
Julio	28	80.08	5	405
Agosto	26	59.24	5	480
Septiembre	59	77.78	4	365
Octubre	26	59.24	3	275
Noviembre	23	31.11	5	435
Diciembre	41	15.56	3	285

Captura anual : 4490

Año 2	Caladero No. de Zona	Distancia al Caladero [millas]	Nro. de viajes al Caladero	Captura [tons.]
Enero	21	24.60	3	230
Febrero	61	99.61	7	605
Marzo	60	88.68	7	650
Abril	25	49.19	3	255
Mayo	36	56.09	4	320
Junio	69	112.18	3	265
Julio	75	114.84	7	655
Agosto	26	59.24	3	255
Septiembre	46	66.91	4	395
Octubre	20	31.11	5	405
Noviembre	25	49.19	4	380
Diciembre	43	34.79	4	330

Captura anual : 4745

Año 3	Caladero No. de Zona	Distancia [millas]	Nro. de viajes al Caladero	Captura [tons.]
Enero	38	34.79	5	485
Febrero	16	69.57	5	470
Marzo	68	101.41	4	325
Abril	24	39.66	5	455
Mayo	47	77.78	7	635
Junio	49	99.61	5	430
Julio	76	125.42	3	265
Agosto	68	101.41	3	255
Septiembre	24	39.66	4	355
Octubre	67	90.71	4	340
Noviembre	73	93.98	5	430
Diciembre	42	24.60	3	275

Captura anual : 4720

Elaborado por: Tesista.

Tabla 14. Resumen de zonas y capturas simuladas, años 1-3.

Año 4	Caladero No. de Zona	Distancia [millas]	Nro. de viajes al Caladero	Captura [tons.]
Enero	26	59.24	3	225
Febrero	46	66.91	4	335
Marzo	23	31.11	6	520
Abril	47	77.78	5	440
Mayo	63	121.50	7	640
Junio	25	49.19	4	305
Julio	67	90.71	7	625
Agosto	43	34.79	5	440
Septiembre	23	31.11	7	620
Octubre	50	110.55	5	485
Noviembre	26	59.24	3	225
Diciembre	70	122.98	5	465

Captura anual : 5325

Año 5	Caladero No. de Zona	Distancia [millas]	Nro. de viajes al Caladero	Captura [tons.]
Enero	40	15.56	3	260
Febrero	59	77.78	5	405
Marzo	48	88.68	4	345
Abril	75	114.84	4	385
Mayo	27	69.57	4	355
Junio	59	77.78	6	545
Julio	25	49.19	7	615
Agosto	50	110.55	4	370
Septiembre	28	80.08	6	595
Octubre	43	34.79	4	365
Noviembre	59	77.78	9	880
Diciembre	62	110.55	4	370

Captura anual : 5490

Año 6	Caladero No. de Zona	Distancia [millas]	Nro. de viajes al Caladero	Captura [tons.]
Enero	43	49.19	7	670
Febrero	46	39.66	4	395
Marzo	68	24.60	2	155
Abril	75	24.60	4	325
Mayo	61	39.66	8	710
Junio	34	45.35	8	780
Julio	28	114.84	5	405
Agosto	26	39.66	4	320
Septiembre	59	59.24	6	525
Octubre	26	59.24	2	170
Noviembre	23	64.14	6	580
Diciembre	41	110.55	5	490

Captura anual : 5525

Elaborado por: Tesista.

Tabla 15. Resumen de zonas y capturas simuladas, años 4-6.

Año 7	Caladero No. de Zona	Distancia [millas]	Nro. de viajes al Caladero	Captura [tons.]
Enero	43	112.18	3	235
Febrero	46	49.19	6	520
Marzo	68	34.79	4	365
Abril	75	59.24	3	230
Mayo	61	66.91	3	250
Junio	34	101.41	2	160
Julio	28	59.24	5	435
Agosto	26	59.24	4	385
Septiembre	59	99.61	6	585
Octubre	26	49.19	8	740
Noviembre	23	34.79	4	355
Diciembre	41	59.24	4	335

Captura anual : 4595

Año 8	Caladero No. de Zona	Distancia [millas]	Nro. de viajes al Caladero	Captura [tons.]
Enero	43	101.41	6	585
Febrero	46	99.61	4	300
Marzo	68	121.50	3	200
Abril	75	24.60	4	395
Mayo	61	39.66	7	620
Junio	34	66.91	5	400
Julio	28	110.55	5	490
Agosto	26	112.18	8	755
Septiembre	59	59.24	4	355
Octubre	26	64.14	7	620
Noviembre	23	39.66	3	280
Diciembre	41	114.84	5	465

Captura anual : 5465

Año 9	Caladero No. de Zona	Distancia [millas]	Nro. de viajes al Caladero	Captura [tons.]
Enero	43	110.55	8	710
Febrero	46	99.61	3	255
Marzo	68	112.18	6	585
Abril	75	15.56	4	315
Mayo	61	31.11	4	360
Junio	34	39.66	7	630
Julio	28	39.66	7	620
Agosto	26	59.24	3	280
Septiembre	59	49.19	5	470
Octubre	26	59.24	4	370
Noviembre	23	59.24	4	370
Diciembre	41	110.55	8	725

Captura anual : 5690

Elaborado por: Tesista.

Tabla 16. Resumen de zonas y capturas simuladas, años 7-9.

Año 10	Caladero No. de Zona	Distancia [millas]	Nro. de viajes al Caladero	Captura [tons.]
Enero	43	99.61	5	405
Febrero	46	64.14	4	340
Marzo	68	34.79	4	370
Abril	75	110.55	5	450
Mayo	61	39.66	4	390
Junio	34	90.71	5	490
Julio	28	77.78	4	340
Agosto	26	34.79	3	270
Septiembre	59	110.55	5	445
Octubre	26	49.19	8	735
Noviembre	23	69.57	6	580
Diciembre	41	15.56	3	250

Captura anual : 5065

Año 11	Caladero No. de Zona	Distancia [millas]	Nro. de viajes al Caladero	Captura [tons.]
Enero	43	59.24	4	355
Febrero	46	34.79	4	335
Marzo	68	64.14	6	565
Abril	75	59.24	5	420
Mayo	61	99.61	11	1025
Junio	34	101.41	6	595
Julio	28	49.19	6	505
Agosto	26	34.79	2	170
Septiembre	59	59.24	3	265
Octubre	26	110.55	4	320
Noviembre	23	24.60	6	540
Diciembre	41	59.24	4	315

Captura anual : 5410

Año 12	Caladero No. de Zona	Distancia [millas]	Nro. de viajes al Caladero	Captura [tons.]
Enero	43	112.18	4	380
Febrero	46	39.66	5	490
Marzo	68	59.24	4	330
Abril	75	39.66	2	190
Mayo	61	49.19	6	565
Junio	34	59.24	5	465
Julio	28	80.08	4	355
Agosto	26	49.19	3	285
Septiembre	59	99.61	5	410
Octubre	26	77.78	5	490
Noviembre	23	110.55	4	365
Diciembre	41	112.18	2	135

Captura anual : 4460

Elaborado por: Tesista.

Tabla 17. Resumen de zonas y capturas simuladas, años 10-12.

Año 13	Caladero No. de Zona	Distancia [millas]	Nro. de viajes al Caladero	Captura [tons.]
Enero	43	99.61	5	420
Febrero	46	101.41	7	620
Marzo	68	104.36	6	505
Abril	75	15.56	5	475
Mayo	61	99.61	6	565
Junio	34	114.84	3	280
Julio	28	34.79	5	470
Agosto	26	66.91	6	575
Septiembre	59	59.24	5	480
Octubre	26	104.36	5	495
Noviembre	23	59.24	10	955
Diciembre	41	99.61	6	555

Captura anual : 6395

Año 14	Caladero No. de Zona	Distancia [millas]	Nro. de viajes al Caladero	Captura [tons.]
Enero	43	110.55	4	380
Febrero	46	45.35	5	440
Marzo	68	99.61	5	435
Abril	75	34.79	3	270
Mayo	61	24.60	7	610
Junio	34	24.60	6	590
Julio	28	99.61	6	545
Agosto	26	110.55	2	185
Septiembre	59	31.11	4	365
Octubre	26	69.57	6	525
Noviembre	23	110.55	7	630
Diciembre	41	64.14	9	810

Captura anual : 5785

Año 15	Caladero No. de Zona	Distancia [millas]	Nro. de viajes al Caladero	Captura [tons.]
Enero	43	114.84	8	740
Febrero	46	66.91	5	410
Marzo	68	99.61	2	135
Abril	75	114.84	3	240
Mayo	61	110.55	3	225
Junio	34	31.11	3	210
Julio	28	110.55	5	435
Agosto	26	59.24	6	525
Septiembre	59	88.68	4	360
Octubre	26	39.66	4	390
Noviembre	23	55.00	7	670
Diciembre	41	59.24	6	565

Captura anual : 4905

Elaborado por: Tesista.

Tabla 18. Resumen de zonas y capturas simuladas, años 13-15.

Estos son los tonelajes de captura que se han simulado para buques que emplean redes de cerco, cuya longitud oscila entre las 370 y 400 brazas (618 y 669 metros).

▪ **Calculo del tonelaje de captura para distintas redes de cerco**

El tonelaje de captura diario para buques que empleen redes de cerco de longitud mayor o menor a las mencionadas anteriormente, es determinado mediante el siguiente proceso regresional.

Se analizó la información presentada en el paper “Discussion of Parameters for Standardization of U.S. Purse Seine Catch-Per-Unit Effort”, desarrollado por Atilio L. Coan Jr. y Norman Bartoo en 1999, [1]. La utilización de este paper para la determinación de las toneladas diarias de captura, en función de la longitud de la red de cerco con la que se encuentra equipado el buque, se justifica en el ANEXO J de este trabajo de investigación.

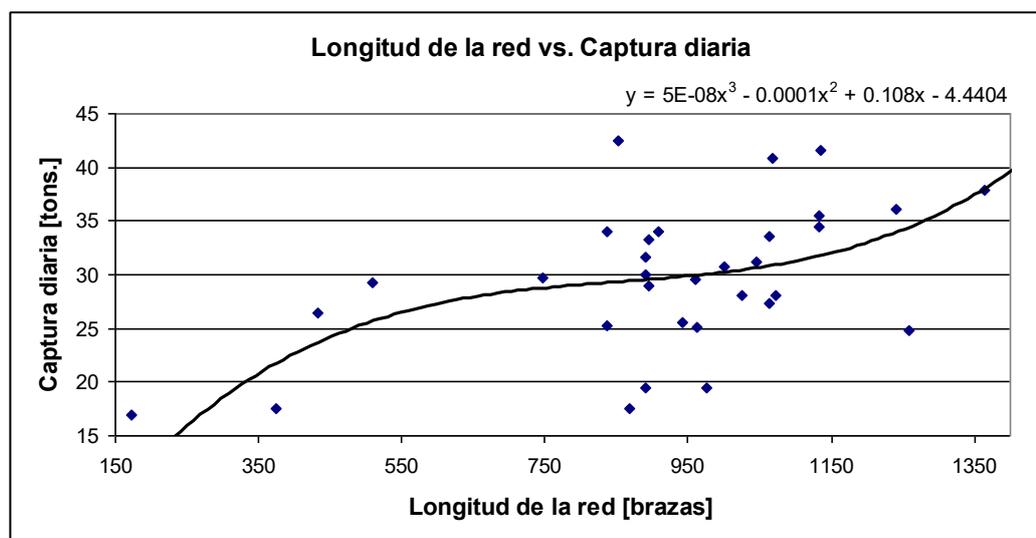
El trabajo presenta la captura diaria en toneladas de la flota cerquera americana en función de la longitud de la red de cerco empleada. La tabla correspondiente a 32 de los buques de la flota se presenta a continuación.

Nro. de Red	Longitud de la red [m]	Longitud de la red [brazas]	Captura diaria [tons.]
1	290	173.42	17
2	625	373.75	17.5
3	725	433.55	26.5
4	850	508.3	29.2
5	1250	747.5	29.7
6	1400	837.2	34
7	1400	837.2	25.2
8	1425	852.15	42.5
9	1450	867.1	17.5
10	1490	891.02	19.5
11	1490	891.02	30
12	1490	891.02	31.6
13	1495	894.01	29
14	1498	895.804	33.3
15	1520	908.96	34
16	1575	941.85	25.5
17	1605	959.79	29.5
18	1610	962.78	25.1
19	1630	974.74	19.5
20	1675	1001.65	30.7
21	1715	1025.57	28
22	1750	1046.5	31.2
23	1780	1064.44	27.4
24	1780	1064.44	33.5
25	1785	1067.43	40.8
26	1795	1073.41	28
27	1895	1133.21	34.4
28	1895	1133.21	35.5
29	1900	1136.2	41.6
30	2075	1240.85	36.1
31	2105	1258.79	24.8
32	2280	1363.44	37.8

Fuente: Bibliografía [1]

Tabla 19. Flota cerquera americana, tonelaje de captura diario.

Utilizando esta información, se recurrió a Excel para encontrar una ecuación cúbica, que es la que se ajustaba de mejor manera a la línea de tendencia asignada, de acuerdo a la dispersión de los datos.



Elaborado por: Tesista.

Figura 16. Longitud de la red vs. Captura diaria.

Ecuación para determinar la Captura:

$$\text{Captura} = [5 \times 10^{-08} \cdot L_{red}^3] - [0.0001 \cdot L_{red}^2] + [0.108 \cdot L_{red}] - 4.4404$$

Donde:

Captura : Tonelaje de captura diario, [Tons./día].

L_{red} : Longitud de la red de cerco empleada, [Brazas].

De esta forma, se puede emplear esta ecuación cúbica para determinar la captura diaria en toneladas en función de la longitud de la red empleada en brazas, se recuerda que un metro equivale a 0.598 brazas.

CAPÍTULO 3

CÁLCULOS

En el presente capítulo se realizarán los cálculos necesarios para determinar las dimensiones principales de la red de cerco a emplear. Luego se calculará la potencia propulsora a instalar en el buque, así como la potencia del generador y de la planta hidráulica de bombeo. A continuación se detallará la distribución general de la embarcación, haciendo referencia a las bodegas para la captura, acomodaciones para la tripulación y sala de máquinas.

Al finalizar el capítulo se emplearán los valores obtenidos de inversión inicial (costo de la embarcación), ingresos y egresos calculados para el buque sardinero durante la operación, para determinar la tasa interna de retorno (TIR) para el proyecto. La velocidad de crucero y la capacidad de bodega son los datos de entrada.

3.1 CÁLCULO DE LA RED DE CERCO A EMPLEAR EN EL BUQUE

La longitud y el alto de la red, son las dimensiones principales que van a ser determinadas para el buque sardinero en cuestión. La información que se requiere para el dimensionamiento de la red de cerco es la siguiente:

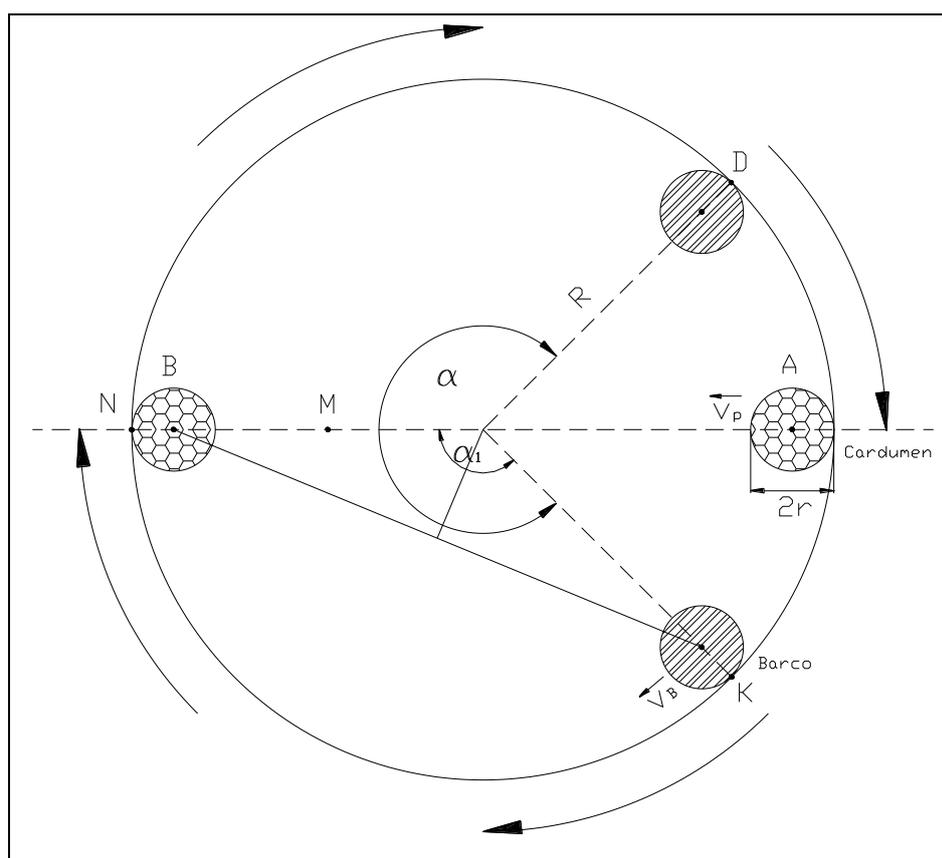
- ✓ Velocidad de crucero del buque.
- ✓ Velocidad del pez (sardina).
- ✓ Ángulo de lance de la red.
- ✓ Longitud del cardumen.

La velocidad de crucero de la embarcación fue variada entre 10, 11 y 12 nudos, teniendo en cuenta que esta se reduce aproximadamente entre 10 y 30 por ciento durante la maniobra. Para los cálculos se fijó una reducción del 25 por ciento de la velocidad de crucero durante el cierre del cerco.

La velocidad de nado del pez, que en este caso es la sardina, fue fijada en 1.22 m/seg. Esta velocidad se incrementa de 1.5 a 2 veces cuando el pez se asusta y trata de escapar. Para los cálculos se fijó la velocidad de escape del pez en 2.28 m/seg. Equivalente a un incremento del 85 por ciento de la velocidad de nado del pez.

El ángulo de lance de la red fue fijado en 100 grados, común en este tipo de pesca y la longitud del cardumen fue fijada en 40 metros, correspondiente a un cardumen grande de sardina. Para determinar las dimensiones principales de la red de cerco que se va a emplear en el buque, se utilizó el siguiente principio; obtenido de las notas de clase “Introducción a los sistemas de pesca” del Ing. Patrick Townsend, [24].

- **Principio para el diseño de la red de cerco**



Elaborado por: Tesista.

Figura 17. Principio para el diseño de la red de cerco.

Se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

El cardumen puede escapar durante la maniobra de dos formas distintas, ya sea retornando una vez que se topa con la red de cerco o sumergiéndose para escapar por el fondo de la misma.

Se deben realizar los cálculos correspondientes para determinar la longitud de red necesaria para que ninguno de estos escenarios se presente, la longitud de la red que se escogerá será la mayor de las calculadas para las dos distintas situaciones. Generalmente la mayor longitud de la red es calculada cuando el cardumen trata de escapar retornando.

El cardumen trata de escapar retornando:

El barco parte del punto "C" y el cardumen parte del punto "A". Cuando el barco llega al punto "D", el cardumen se encuentra en el punto "N".

V_B : Velocidad del buque durante la maniobra.

V_P : Velocidad de nado del pez.

V_{P1} : Velocidad de nado del pez escapando.

$2 \cdot r$: Longitud del cardumen.

$\alpha \cdot R$: El buque recorre \overline{KD} .

$2 \cdot (R-r)$: El cardumen recorre \overline{AB} .

$(2 \cdot \pi - \alpha) \cdot R$: El buque recorre \overline{DK} .

$2 \cdot (R-r) \cdot \text{sen}\left(\frac{\alpha_1}{2}\right)$: El cardumen recorre \overline{BC} .

Relación de velocidades:

$$\frac{V_B}{V_P} = \frac{\overline{KD}}{\overline{AB}} = \frac{R \cdot \alpha}{2 \cdot (R-r)} = e$$

$$\alpha = \frac{2 \cdot e \cdot (R-r)}{R} \quad : \text{Ecuación \# 1.}$$

$$\frac{V_B}{V_{P1}} = \frac{\overline{DK}}{\overline{BC}} = \frac{(2 \cdot \pi - \alpha) \cdot R}{2 \cdot (R-r) \cdot \text{sen}\left(\frac{\alpha_1}{2}\right)} = e_1$$

$$\alpha = 2 \cdot \left[\pi - \frac{e_1 \cdot (R-r)}{R} \cdot \text{sen}\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) \right] \quad : \text{Ecuación \# 2.}$$

Se igualan las ecuaciones # 1 y # 2 para obtener "R".

$$\frac{2 \cdot e \cdot (R-r)}{R} = 2 \cdot \left[\pi - \frac{e_1 \cdot (R-r)}{R} \cdot \text{sen}\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) \right]$$

$$R = \frac{r \cdot \left(e + e_1 \cdot \text{sen}\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) \right)}{e + e_1 \cdot \text{sen}\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) - \pi}$$

La longitud de la red será igual a $2 \cdot \pi \cdot R$:

$$L_{red} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot \left(e + e_1 \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) \right)}{e + e_1 \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) - \pi}$$

El cardumen trata de escapar por el fondo:

Para este escenario, se ha asumido que la distancia “x”, medida desde el punto “B”, a la que se empieza a sumergir el cardumen es igual a 35 metros. Observada generalmente por la flota sardinera estudiada.

Relación de velocidades:

$$\frac{V_p}{V_B} = \frac{\overline{AM}}{\overline{KN}} = \frac{1}{e} \quad \Rightarrow \quad \overline{AM} = \frac{\overline{KN}}{e} = \frac{R \cdot \alpha_1}{e}$$

$$\overline{BM} = \overline{AB} - \overline{AM} = 2 \cdot (R - r) - \frac{R \cdot \alpha_1}{e}$$

$$\overline{BM} = x = 2 \cdot (R - r) - \frac{R \cdot \alpha_1}{e} \quad : \text{ Se despeja "R".}$$

$$R = \frac{e \cdot (x + 2 \cdot r)}{2 \cdot e - \alpha_1}$$

La longitud de la red será igual a $2 \cdot \pi \cdot R$:

$$L_{red} = \frac{2 \cdot \pi \cdot e \cdot (x + 2 \cdot r)}{2 \cdot e - \alpha_1}$$

Este es el procedimiento que se debe llevar a cabo si se desea realizar el dimensionamiento de una red de cerco para un buque sardinero, la longitud de la red calculada será la mínima necesaria para poder llevar a cabo la maniobra de manera exitosa.

Una vez calculada la longitud mínima necesaria de la red de cerco, se procederá a instalar en el buque la red de mayor longitud posible de estibar, para poder obtener el mayor tonelaje diario de captura.

A continuación se presenta un resumen de los cálculos realizados en Excel para el dimensionamiento de la red de cerco de un buque sardinero que posee una velocidad de crucero de 10 nudos.

Situación 1. El cardumen trata de escapar retornando:

$$HL = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot \left[e + e_1 \cdot \sin\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) \right]}{e + e_1 \cdot \sin\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) - \pi}$$

V :	Velocidad del Buque	10	nudos	5.14	m/s.
Vb :	Velocidad del Buque en maniobra (- 25%)	7.5	nudos	3.83	m/s.
Vp :	Velocidad del Pez	2.39	nudos	1.22	m/s.
Vp ₁ :	Velocidad del Pez en escape (+ 85%)	4.43	nudos	2.28	m/s.
α_1 :	Ángulo de Lance	100	grados	1.75	rads.
2 * r :	Longitud del cardumen	40	m.		
e :	Relacion de velocidades	3.14	adim.		
e ₁ :	Relacion de velocidades 1	1.68	adim.		

HL :	Longitud de la Red	433.90	m.	259.47	brazas
-------------	---------------------------	---------------	----	---------------	--------

Situación 2. El cardumen trata de escapar por el fondo

$$HL = \frac{2 \cdot \pi \cdot e \cdot (x + 2 \cdot r)}{2 \cdot e - \alpha_1}$$

x :	Distancia a la que se lanza la red	35	m.		
e :	Relacion de velocidades	3.14	adim.		
α_1 :	Ángulo de Lance	100	grados	1.75	rads.

HL :	Longitud de la Red	326.50	metros	195.24	brazas
-------------	---------------------------	---------------	--------	---------------	--------

Como se puede observar, la mayor longitud de red calculada se dio en la situación 1. Para el cálculo de la altura de la red "AL", se ha asumido que esta es igual a la décima parte de la longitud "HL". Esta relación es común en este tipo de redes de cerco.

A continuación se presenta una tabla con las longitudes mínimas de red, calculadas para buques sardineros con velocidades de crucero de 10, 11 y 12 nudos.

$$AL = \frac{HL}{10}$$

Dimensión de la red	Velocidad de crucero de la embarcación					
	10 nudos		11 nudos		12 nudos	
	[metros]	[brazas]	[metros]	[brazas]	[metros]	[brazas]
Longitud "HL" :	433.9	259.5	354.8	212.2	308.0	184.2
Altura "AL" :	43.4	25.9	35.5	21.2	30.8	18.4

Elaborado por: Tesista.

Tabla 20. Dimensiones mínimas de la red de cerco.

Estas son las dimensiones mínimas de la red de cerco que se debe emplear para realizar exitosamente la faena de pesca de sardina.

Como se mencionó anteriormente en este mismo capítulo, se tratará de instalar en el buque la red con la mayor longitud posible de estibar.

Se debe tomar en cuenta muy seriamente el procedimiento de estiba de la red en la popa del buque. Si esta acción se llevara a cabo de mala forma, podría escorar el buque o influir significativamente en la estabilidad del mismo, ya sea porque el bulto formado por la red es demasiado alto o porque los flotadores se encuentran colgando fuera de la manga, produciendo un momento escorante.

La forma de estibar la red en el barco es aleatoria y depende únicamente de las costumbres del personal encargado de esta maniobra. Como el espacio dejado a un costado del bulto de la red para que transite la tripulación, o la manera de esquivar las escotillas o maquinarias de cubierta del buque.

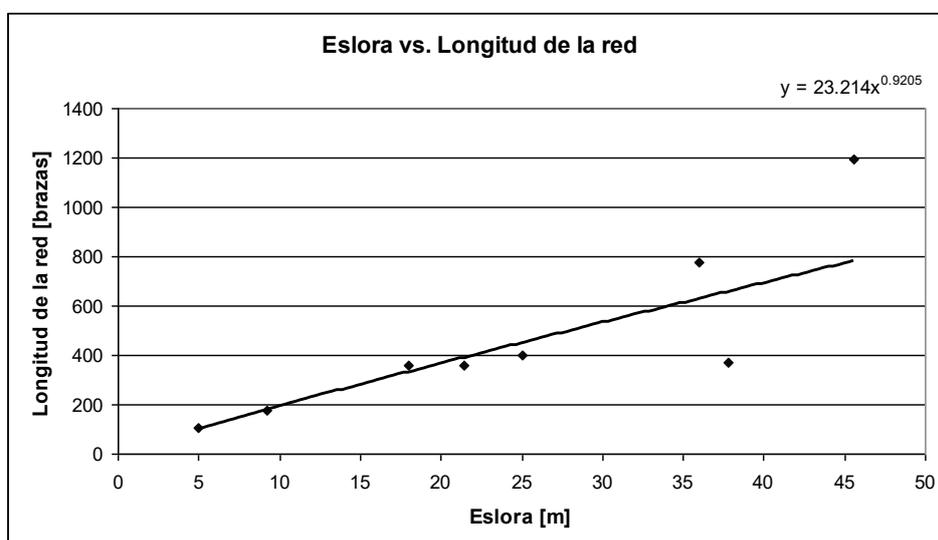
Sin embargo se ha podido deducir de acuerdo a observaciones dentro de la flota sardinera local y de embarcaciones que se encuentran a la venta en el Internet (www.boat-world.com) [2], que el bulto formado por la red al ser estibada en la popa del buque, depende en mayor parte del espacio longitudinal disponible. De esta forma se han encontrado las siguientes relaciones en función de la eslora del buque, para determinar la máxima longitud estibable de la red de cerco sin que ocurra ningún problema de estabilidad debido a la misma.

Eslora [m]	L red [m]	L red [brazas]	Relacion Lr/L [adim.]
5	180	108	36.00
9.2	300	179	32.61
18	600	359	33.33
21.47	600	359	27.95
25.02	669	400	26.73
36	1300	777	36.11
37.75	622	372	16.48
45.6	2000	1196	43.86

Elaborado por: Tesista.

Tabla 21. Relación [Lr/L] para varios buques cerqueros.

Utilizando esta información, se recurrió a Excel para encontrar una ecuación tipo potencial, que es la que se ajustaba de mejor manera a la línea de tendencia asignada, de acuerdo a la dispersión de los datos.



Elaborado por: Tesista.

Figura 18. Máxima longitud de red posible de estibar.

Ecuación para determinar la máxima longitud de red posible de estibar:

$$L_{red} = 23.214 \cdot L^{0.9205}$$

Donde:

L_{red} : Máxima longitud de la red posible de estibar, [Brazas].

L : Eslora del buque, [Metros].

Se empleará esta ecuación para encontrar la longitud de la red que se instalará en el buque. Para determinar la captura diaria generada por esta red se utilizará la información proveniente del proceso de simulación o de la ecuación mencionada en el capítulo 2.4, dependiendo de la longitud de la red de cerco a instalar.

3.2 CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA EMBARCACIÓN

A continuación se presentan los cálculos realizados para dimensionar y distribuir en el buque los espacios para las acomodaciones y la bodega. También se presentan los cálculos de algunas características generales de la embarcación. La sala de máquinas será dimensionada en el capítulo 3.3, ya que para esto es necesario conocer la potencia total del buque.

▪ Tripulación y acomodaciones

Basándose en la experiencia para la operación y faena por parte de la flota sardinera estudiada, se ha concluido que para llevar a cabo exitosamente las maniobras de pesca, se necesitan no menos de 18 tripulantes a bordo del buque.

Los detalles de la tripulación son mostrados a continuación.

Rango	N° Personas
Capitán Pescador	1
Capitán Costanero	1
Maquinista	1
Motorista	1
Jefe de Cubierta	1
Aceitero	1
Timonel	1
Panguero	1
Tecnólogo	1
Cocinero	1
Marinero	8

Tripulación Total : 18

Fuente: Pesquera Polar, 2006.

Tabla 22. Detalles de la tripulación.

Área total requerida para la acomodación de la tripulación

$$ACOMA = k * Tripulación$$

Tripulación : 18 hombres

k : 6.53 m²/hombre

ACOMA = 117.6 m²

El cálculo fue realizado empleando la información detallada en el paper “An Optimun Fishing Vessel for Georges Bank Groundfish Fishery” [5], e incluye los espacios de habitabilidad, cocina, comedor, servicios higiénicos, lavamanos y duchas para la tripulación, que deberán luego ser distribuidos por el proyectista.

Este valor es mayor que el encontrado mediante el “Código de Seguridad para pescadores y buques pesqueros” [20], de la Organización Marítima Internacional, que recomienda destinar aproximadamente un área de 94 m² para las acomodaciones de la tripulación.

Este espacio, según la Organización Marítima Internacional será distribuido de la siguiente manera: 60 m² destinados para la habitabilidad (incluyendo literas y taquillas), 30 m² destinados para el comedor y 4 m² destinados para los baños (2 servicios higiénicos, 2 duchas y 3 lavamanos).

De estos dos valores para el área de las acomodaciones, el proyectista escogerá el que crea adecuado. El detalle de los trabajos que cada tripulante realiza a bordo del buque durante la faena, así como los tiempos estimados de duración de cada labor es presentada en el ANEXO C.

- **Bodega para la captura**

La bodega de captura constituye un dato de entrada para el proceso de optimización. En este estudio, se hará variar la capacidad de bodega en un rango de 25 a 200 toneladas.

Para desarrollar los cálculos a lo largo del capítulo, se usó la capacidad de la bodega para la captura, tomando como ejemplo 100 toneladas. Es necesario conocer el volumen que estas 100 toneladas ocuparán en la embarcación, para calcular el número cúbico del buque como se muestra en el siguiente Ítem.

A continuación se presenta un ejemplo del cálculo y dimensionamiento de una bodega de 100 toneladas de capacidad. La siguiente tabla, extraída del paper “Fishing boat designs” desarrollado por la FAO [6], servirá como guía en este propósito.

Materia Prima	Método de Almacenamiento	Tasa de Almacenamiento [Kg/m³]
Hielo	Triturado	550
Hielo	Escamas	420
Peces pequeños [sardina]	Sin hielo	852
Peces pequeños [sardina]	Al granel con hielo	650
Peces medianos y grandes	Al granel con hielo	500
Peces medianos y grandes	En cajas con hielo	350
Peces medianos y grandes	Congelado	500

Fuente: Bibliografía [6]

Tabla 23. Tasas de almacenamiento para buques pesqueros.

En este caso se trata de sardina almacenada sin hielo, debido al sistema de enfriamiento (sistema de Agua de Lluvia) escogido, entonces se ha utilizado la tasa de almacenamiento de 852 Kg/m³ (casi la misma tasa, de 850 Kg/m³ que se utiliza en el medio). El volumen de la bodega se calculó como se muestra a continuación.

Tasa de almacenamiento del producto:

Sardina entera	852	Kg/m ³	Empleada
Capacidad de la Bodega:	100	tons.	HOLCAP
Volumen de la Bodega:	117.371	m ³	HOLVOL

▪ **Número cúbico “CUNO”**

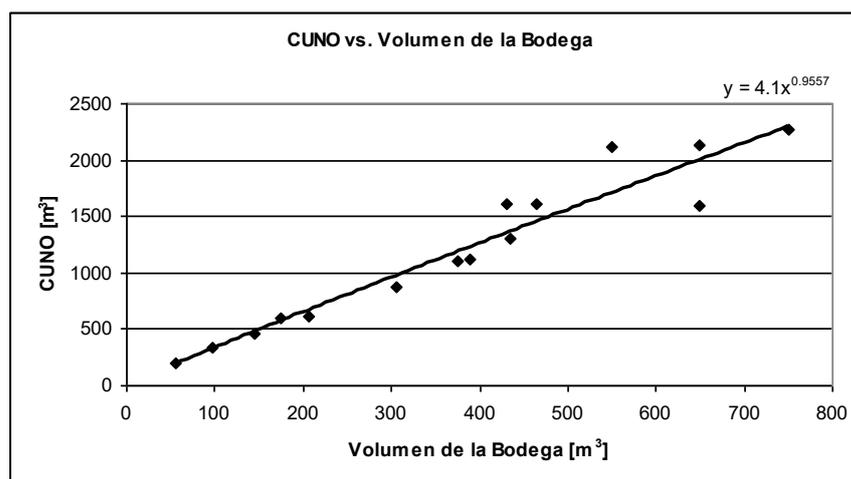
Para el cálculo del número cúbico (CUNO), se empleó la información detallada en el paper “Evolution of the Chilean Fishing Fleet”, desarrollado por Peter G. SHMIDT en 1989, [23]. A continuación se presentan las características principales de una flota cerquera chilena.

N° Buque	Volumen de la bodega [m ³]	CUNO [m ³]
1	55.2	196.5
2	98	335.7
3	144	456
4	175	593.2
5	206	611.1
6	305	881
7	375	1103.5
8	390	1123
9	435	1308.5
10	430	1609
11	465	1609
12	550	2116
13	650	1590.3
14	650	2135
15	750	2269

Fuente: Bibliografía [23]

Tabla 24. Características de la flota cerquera chilena, (CUNO).

Utilizando esta información, se recurrió a Excel para encontrar una ecuación tipo potencial, que es la que se ajustaba de mejor manera a la línea de tendencia asignada, de acuerdo a la dispersión de los datos.



Elaborado por: Tesista.

Figura 19. CUNO vs. Volumen de la bodega.

Ecuación para determinar el número cúbico (CUNO):

$$CUNO = 4.1 \cdot HOLVOL^{0.9557}$$

Donde:

CUNO : Número cúbico de la embarcación, [Metros cúbicos].

HOLVOL : Volumen de la bodega, [Metros cúbicos].

Como se puede observar en la ecuación, se ha expresado el número cúbico del buque en función del volumen que ocupará la bodega para la captura. Se procede entonces a calcular el número cúbico de la embarcación, empleando el volumen de la bodega de 100 toneladas de capacidad (117.371 m³), "HOLVOL" calculado anteriormente.

Número Cúbico:

$$CUNO = k1 * (HOLVOL^n)$$

k1 :	4.1	adim.
n :	0.9557	adim.

$$CUNO = 389.639 \text{ m}^3$$

- **Desplazamiento cargado**

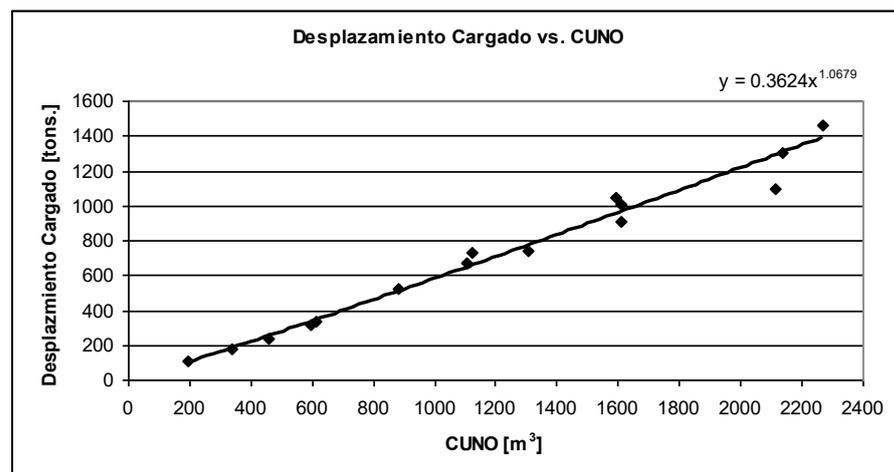
Se procedió de igual forma que para el cálculo del "CUNO", empleando las características principales de la flota cerquera chilena como se muestra a continuación.

N° Buque	CUNO [m ³]	Desplazamiento Cargado [tons.]
1	196.5	105.8
2	335.7	175.5
3	456	238.7
4	593.2	318
5	611.1	336
6	881	520
7	1103.5	667
8	1123	730.3
9	1308.5	740
10	1609	911
11	1609	1008
12	2116	1095
13	1590.3	1050
14	2135	1305
15	2269	1457.4

Fuente: Bibliografía [23]

Tabla 25. Características de la flota cerquera chilena (Desplazamiento).

Utilizando esta información, se recurrió a Excel para encontrar una ecuación tipo potencial, que es la que se ajustaba de mejor manera a la línea de tendencia asignada, de acuerdo a la dispersión de los datos.



Elaborado por: Tesista.

Figura 20. Desplazamiento Cargado vs. CUNO.

Ecuación para determinar el Desplazamiento Cargado:

$$\Delta = 0.3624 \cdot CUNO^{1.0679}$$

Donde:

Δ : Desplazamiento cargado de la embarcación, [Toneladas].

CUNO: Número cúbico de la embarcación, [Metros cúbicos].

Empleando esta ecuación se continuó calculando las características generales para el buque que asumimos en un principio con 100 toneladas de capacidad de bodega.

Desplazamiento Cargado:

$$\Delta = k1 * (CUNO^n)$$

k1 : 0.3624 adim.

n : 1.0679 adim.

$\Delta =$ 211.718 tons.

▪ Equipos de Seguridad

Se debe tener en cuenta la zona de navegación, para determinar el equipo de seguridad necesario. En este caso, se navega en Alta Mar, en la zona comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 60 millas. Para este tipo de navegación, las normativas náuticas sugieren dotar al buque con los siguientes equipamientos.

- Equipo de Salvamento

- ✓ 2 Balsa salvavidas, para 10 personas cada una.
- ✓ 18 Chalecos salvavidas de 150 N. de flotabilidad.
- ✓ 1 Aro salvavidas, luz y rabiza.
- ✓ 6 Bengalas de mano.
- ✓ 2 Señales flumígenas flotantes.
- ✓ 6 Cohetes de luz roja y paracaídas.

- Equipo Electrónico de Pesca

- ✓ Sonar.
- ✓ Ecosonda.
- ✓ Indicador de temperatura del mar.
- ✓ Medidor de corrientes marinas.

- Equipo de Navegación

- ✓ Compás de gobierno.
- ✓ Compás de marcaciones.
- ✓ GPS.
- ✓ Compás, regla, transportador.
- ✓ Cartas de navegación, derroteros, faros.
- ✓ Prismáticos.
- ✓ Código señales.

- ✓ Código banderas.
- ✓ 2 Linternas estancas.
- ✓ Espejo de señales.
- ✓ Bocina de niebla.
- ✓ Campana.
- ✓ Radar.
- ✓ Barómetro.
- ✓ Pabellón nacional.

- Equipo Contra Incendios y achique

- ✓ 3 Baldes con rabiza.
- ✓ Bomba de achique manual.
- ✓ Bomba de achique eléctrica.
- ✓ Radiobaliza.
- ✓ Comunicación VHF.
- ✓ Comunicación BLU.
- ✓ Botiquín tipo C.

- Extintores

- ✓ 4 Extintores tipo 21B.
- ✓ 1 Extintor tipo 34B.

- Otros Equipos

- ✓ Luces de Navegación BR, ER, Tope.
- ✓ Depósito para retención y equipo de tratamiento de aguas sucias.

3.3 CÁLCULO DE LA POTENCIA A INSTALAR EN LA EMBARCACIÓN

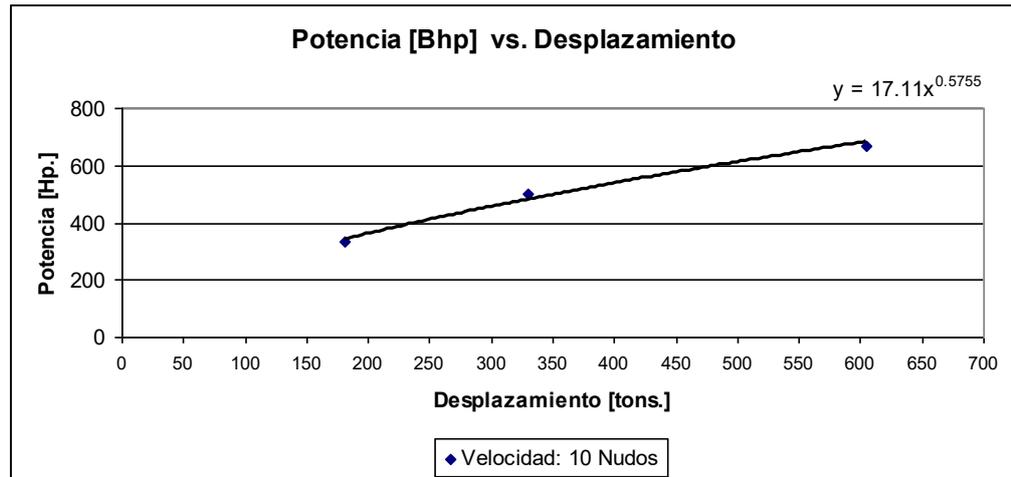
La potencia total que se instalará en el buque sardinero está conformada por la potencia propulsiva, necesaria para alcanzar la velocidad de crucero y utilizada también para accionar la planta hidráulica de bombeo cuando esta es requerida; y la potencia del generador eléctrico, empleada para accionar el sistema de refrigeración del buque.

▪ Potencia propulsiva

Para el cálculo de la potencia propulsiva de la embarcación se empleó el paper “A Resistance Study on a Systematic Series of Low L/B Vessels”, desarrollado por Sander M. Calisal y Dan McGreer en 1993, [3].

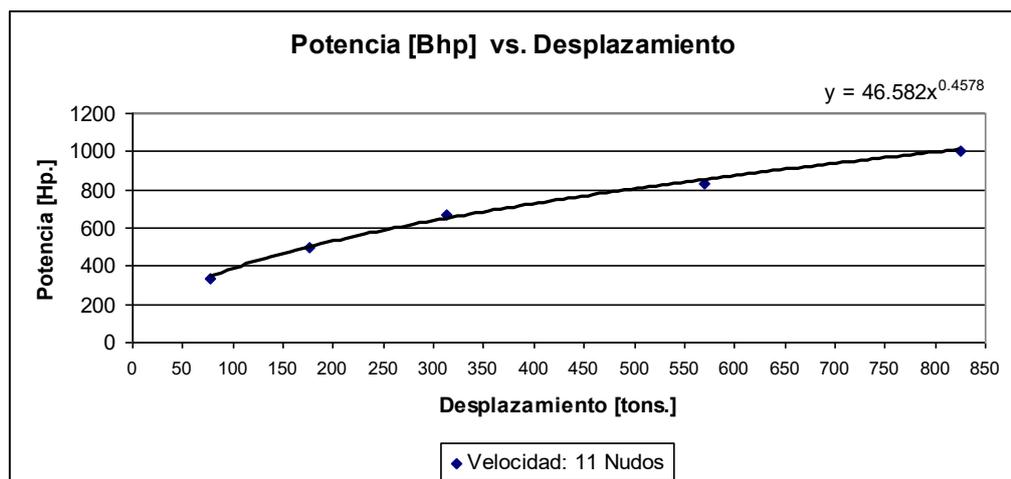
De este trabajo, se han extraído las gráficas y se han tabulado los valores que se emplearon en el cálculo de la potencia máxima continua que se instaló en el buque sardinero, en función de la velocidad de crucero y del desplazamiento de la embarcación. Se han considerado velocidades de 10, 11 y 12 nudos para determinar las ecuaciones para la potencia, se

debe recordar que se están realizando los cálculos para una embarcación de 100 toneladas de capacidad de bodega, 10 nudos de velocidad de crucero y 211,718 toneladas de desplazamiento, tomada como ejemplo.



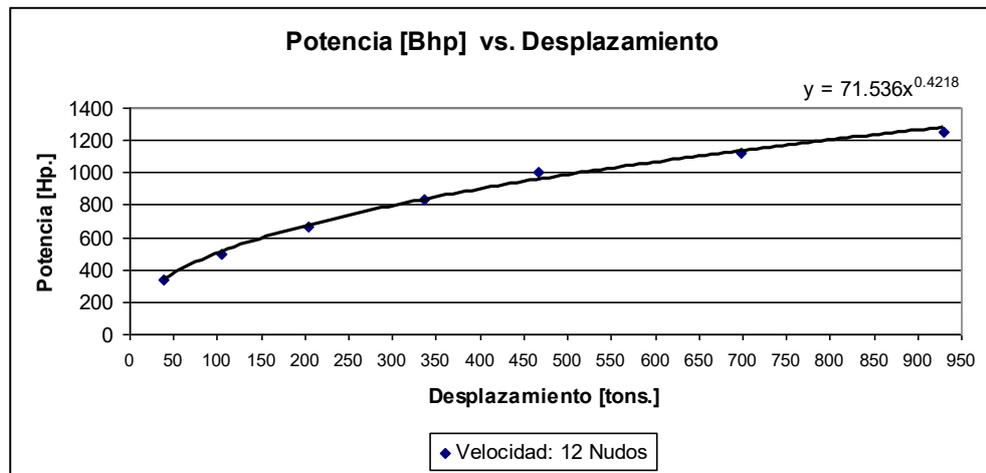
Fuente: Bibliografía [3]

Figura 21. Potencia vs. Desplazamiento, 10 nudos.



Fuente: Bibliografía [3]

Figura 22. Potencia vs. Desplazamiento, 11 nudos.



Fuente: Bibliografía [3]

Figura 23. Potencia vs. Desplazamiento, 12 nudos.

Ecuación para determinar la Potencia Propulsiva:

$$BHP = K \cdot \Delta^n$$

Velocidad [Nudos]	K [adim.]	n [adim.]
10	17.11	0.5755
11	46.582	0.4578
12	71.536	0.4218

Donde:

BHP : Potencia al freno del buque, [Horse Power].

Δ : Desplazamiento Cargado de la embarcación, [Toneladas].

Las constantes adimensionales K y n, representan el ajuste para la ecuación de tipo potencial, que describe el crecimiento de la potencia al freno en función del desplazamiento del buque, para velocidades de 10,

11 y 12 nudos, [3]. Así, se puede utilizar esta ecuación para determinar la potencia del buque de 211,718 toneladas de desplazamiento y 10 nudos de velocidad de crucero que se tomó como ejemplo. La potencia que se deberá instalar en esta embarcación, empleando esta ecuación y un factor de seguridad del 15% será de 429 Hp. Junto con el motor principal será instalado un reductor.

- **Potencia del generador**

Como se mencionó anteriormente en el capítulo 3.2, el buque sardinero poseerá un sistema de enfriamiento para la bodega de captura, basado en el ciclo de compresión del vapor.

El refrigerante es evaporado al quitar el calor al medio, pero como este refrigerante es costoso, habrá que volverlo a condensar empleando agua de mar. Para poder efectuar esto, se utiliza un compresor que extrae el gas del evaporador, a baja presión, y lo devuelve al condensador como gas comprimido.

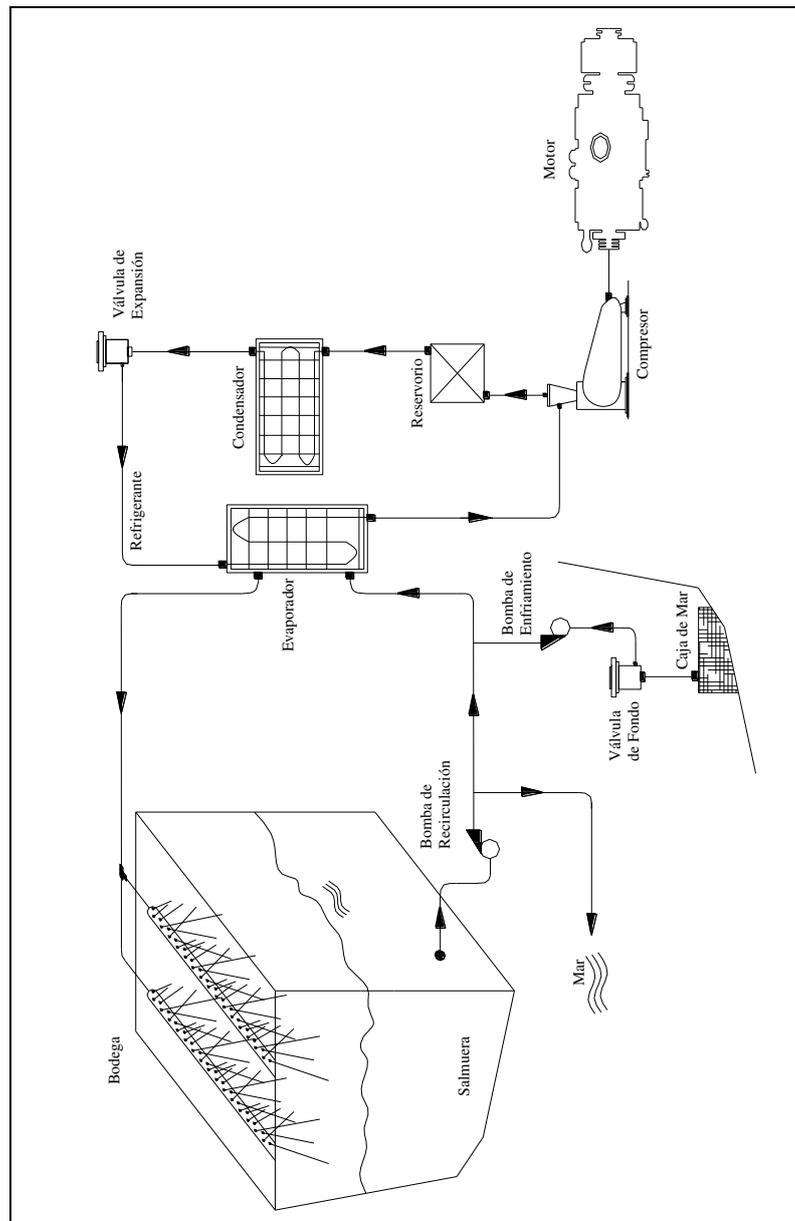
Para llevar a cabo el paso del líquido del condensador al evaporador, se emplea una válvula de expansión controlada termostáticamente. El sistema de enfriamiento escogido para ser instalado en el buque es el denominado "Agua de Lluvia", sistema donde la salmuera es enfriada y

recirculada a través de la bodega por medio de una bomba. Se empleó el término “salmuera” técnicamente, ya que se recircula agua de mar dentro de las bodegas.

Esto se debe a que la captura será procesada para obtener harina de pescado, y si un líquido con una elevada concentración salina es empleado para la refrigeración de la captura, se aumentaría considerablemente el contenido de salinidad de la harina, adquiriendo el riesgo de incumplir las exigencias actuales de calidad.

En la parte superior de la bodega se instalan tuberías con perforaciones, que durante la circulación de la salmuera, simulan una pequeña llovizna fría. De ahí proviene el nombre del sistema.

A continuación se presenta un esquema del funcionamiento del “Sistema de Refrigeración de Agua de Lluvia” para su mejor comprensión.



Elaborado por: Tesista.

Figura 24. Sistema de Enfriamiento, "Agua de Lluvia".

Este sistema será accionado por un generador, cuyas características se determinarán de acuerdo a lo que se ha considerado es el principal componente del sistema, el compresor.

En base a la experiencia de la flota sardinera estudiada, se ha encontrado una relación existente entre la cantidad de captura que se desea enfriar y la potencia requerida por el generador para accionar el compresor del sistema.

Ecuación para determinar la Potencia del Generador:

$$GENP = 2.1 \cdot HOLCAP$$

Donde:

GENP : Potencia del generador, [Kilowatts].

HOLCAP : Capacidad de la bodega, [Toneladas].

De esta forma, se puede utilizar esta ecuación para determinar la potencia del generador que se instalará en el buque, capaz de accionar el compresor del sistema que enfriará la bodega. La potencia del generador que se deberá instalar en esta embarcación, empleando esta ecuación y un factor de seguridad del 15% será de 242 Kw.

▪ **Planta Hidráulica de Bombeo**

El buque sardinero poseerá una planta hidráulica capaz de bombear la cantidad de galones requeridos por el Power Block, los winches de ancla y jareta; y el absorbente respectivamente.

Se ha considerado emplear un “Power Block” en el sistema ya que el proyecto se encuentra en su inicio. Luego de un tiempo se considerará la factibilidad de cambiar el “Power Block” por un “Petrel”; una vez que el proyecto haya producido ganancias.

El ahorro de tiempo que se lograría al instalar un “Petrel” en el sistema, es de 90 minutos aproximadamente, este ahorro de tiempo se daría durante el proceso de estiba de la red en cubierta.

Sin embargo la inversión que se debería realizar para instalar un “Petrel” en el buque es de aproximadamente 4 veces el costo de instalación del “Power Block”, ya que se necesitaría un sistema halador y un sistema estibador.

Tipo de Sistema	Precio [USD]
Petrel Halador Sudafricano	\$ 45,000.00
Petrel Estibador Sudafricano	\$ 65,000.00
Power Block	\$ 30,000.00

Cuando esta planta sea requerida, será accionada por el motor principal de la embarcación. Se debe recordar que cuando la planta de bombeo hidráulico se encuentre funcionando, el buque no estará navegando, es decir que se podrá extraer hasta un 45% de la potencia indicada del motor por medio del “toma de fuerza” (Power Take Off).

La planta de bombeo se encargará del “virado” de la red por medio del Power Block, del manejo y recuperación del ancla y jareta por medio de los winches respectivos; y del bombeo de la captura desde la red hasta la bodega por medio del absorbente. Todas estas operaciones se llevan a cabo individualmente.

Se han diseñado dos sistemas distintos de plantas de bombeo para ser instaladas en la embarcación, en función de la potencia del motor principal de la misma, el sistema simple y el modificado.

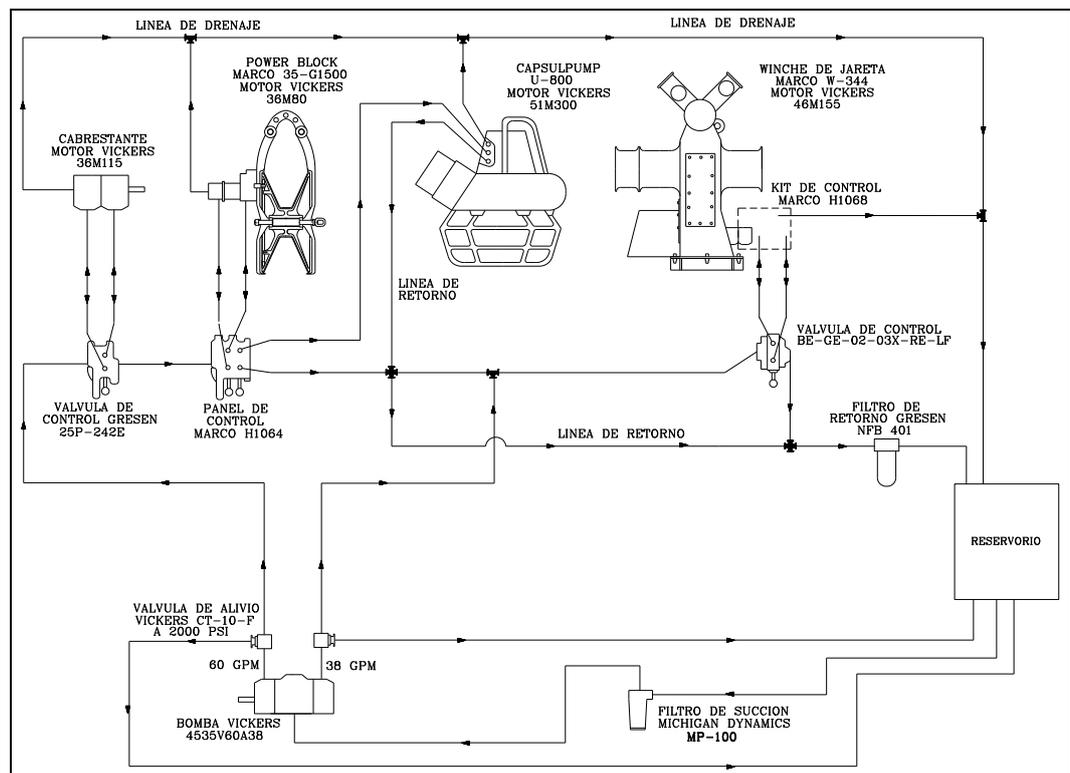
El primer diseño posee una sola bomba, capaz de hacer circular 150 galones por minuto mientras que el segundo diseño posee dos bombas, la misma del primer diseño y otra con una capacidad de bombeo de 60 galones por minuto.

La instalación de la segunda bomba en el sistema modificado, permite realizar la maniobra de cierre del cerco de la red aproximadamente 30 minutos más rápido que en el sistema simple.

Se debe resaltar que este tiempo es crítico, mientras más rápido se logre recoger la jareta y cerrar el cerco, menores son las probabilidades de que el cardumen pueda escapar.

La instalación de la segunda bomba, permite también agregar un mayor flujo al sistema. Por lo tanto las máquinas de cubierta operan de manera más rápida.

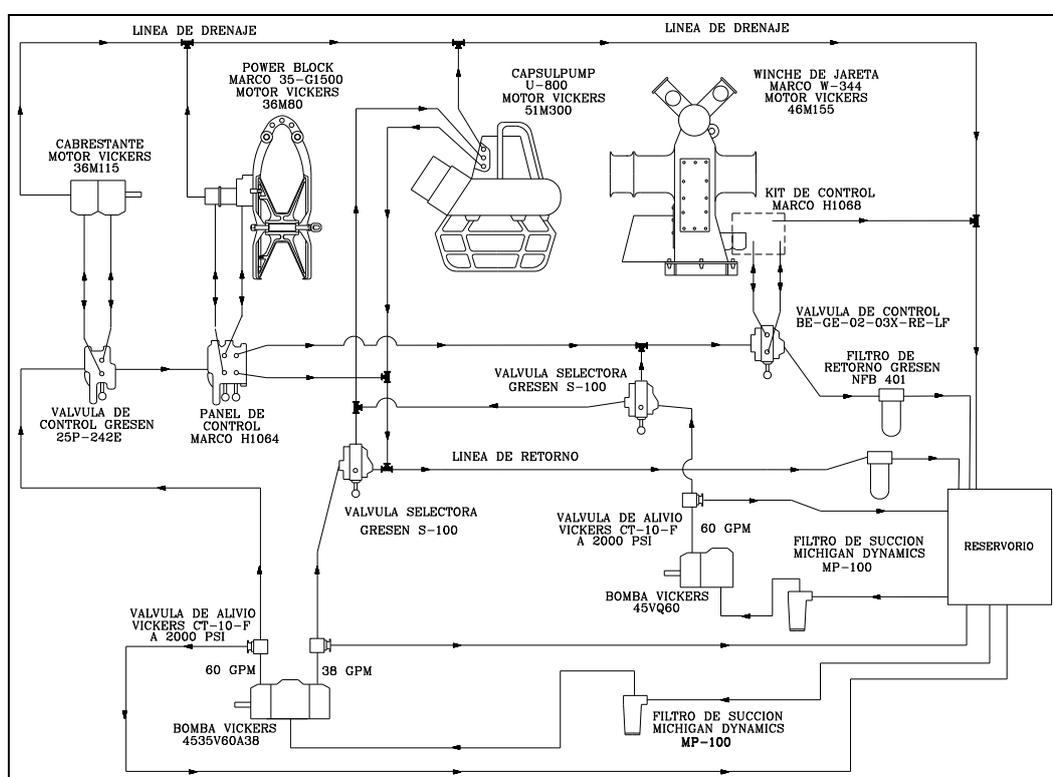
Para una mejor comprensión, se presentan a continuación los sistemas hidráulicos de los dos tipos de plantas de bombeo empleados en este estudio.



Fuente: Ing. Patrick Townsend, 2006.

Figura 25. Sistema Hidráulico de la Planta de Bombeo, Simple.

En el sistema hidráulico de la planta de bombeo simple se empleó una bomba “VICKERS4530V60A38” de baja presión y doble desplazamiento, capaz de bombear 150 galones por minuto. Esta bomba necesita un motor mecánico con una potencia mínima de 15 Hp. para su funcionamiento.



Fuente: Ing. Patrick Townsend, 2006.

Figura 26. Sistema Hidráulico de la Planta de Bombeo, Modificado.

Para el sistema hidráulico de la planta de bombeo modificado, además de la bomba “VICKERS4530V60A38” del sistema simple, se instaló una bomba “VICKERS 45VQ60” de alta presión y alta velocidad, capaz de

bombear 60 galones por minuto. Para su funcionamiento, esta bomba necesita un motor mecánico con una potencia mínima de 170 Hp.

El sistema hidráulico de la planta de bombeo modificado (2 bombas) requiere una potencia total de 185 Hp., esta potencia será extraída del “toma de fuerza” del motor principal. Se debe recordar que solamente se puede tomar el 45% de la potencia total del motor para accionar el sistema hidráulico de la planta de bombeo. Esto implica que la potencia total del motor principal deberá ser mayor a 410 Hp. para poder accionar este sistema.

De esta manera, se procederá a instalar el sistema hidráulico de bombeo simple en los buques cuya potencia sea menor a 410 Hp. En el resto de buques, cuya potencia supere los 410 Hp. se instalará el sistema hidráulico de bombeo modificado.

Mayor información sobre las bombas utilizadas en ambos sistemas hidráulicos es presentada en el ANEXO D.

La embarcación será dotada de una pequeña panga para poder realizar la faena. La longitud de la panga oscilará entre los 5 y 6 metros, y su potencia propulsiva será de 120 Hp.

3.4 CÁLCULO DE LA GEOMETRÍA DE LA EMBARCACIÓN

Para el cálculo de la geometría del buque, se emplearán las relaciones encontradas por el Ing. J. Domínguez para barcos pesqueros de la flota ecuatoriana, [16]. Para emplear estas relaciones se necesita conocer el desplazamiento ligero de la embarcación.

▪ Desplazamiento Ligero

Para poder obtener el desplazamiento ligero del buque sardinero, se necesita conocer el peso muerto de la embarcación. El cálculo del peso muerto del buque se lo realizó utilizando la información detallada en el paper “Evolution of the Chilean Fishing Fleet”, desarrollado por Peter G. Schmidt en 1989, [23].

$$\Delta_0 = \Delta - \text{Peso Muerto}$$

$$\text{Peso Muerto} = [P_{\text{Red+Panga}}] + [P_{\text{Líquidos Consumibles}}] + [P_{\text{Bodega}}]$$

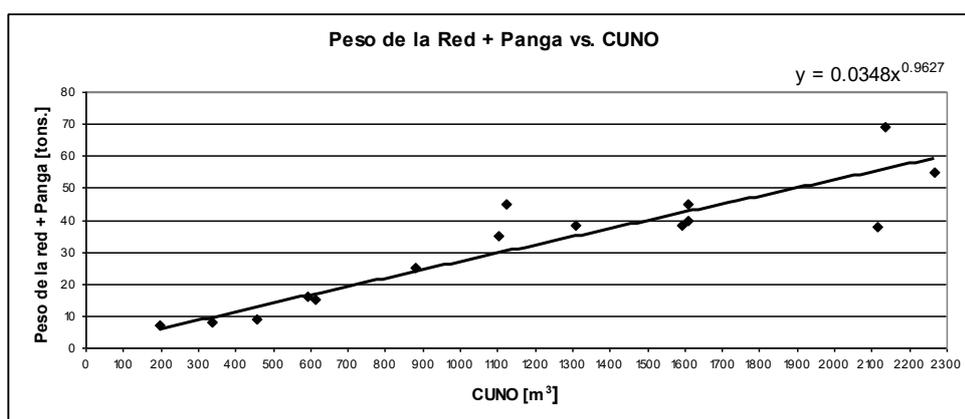
El peso de la bodega constituye un dato de entrada para el proceso de optimización, este es igual a 100 toneladas para el ejemplo que se está desarrollando.

Nº Buque	CUNO [m ³]	Peso de la Red más Panga
1	196.5	7
2	335.7	7.9
3	456	9.2
4	593.2	16.1
5	611.1	15
6	881	25
7	1103.5	35
8	1123	45
9	1308.5	38.5
10	1609	45
11	1609	40
12	2116	38
13	1590.3	38.5
14	2135	69
15	2269	55

Fuente: Bibliografía [23]

Tabla 26. Características de la flota cerquera chilena, ($P_{\text{Red}+\text{Panga}}$).

Utilizando esta información, se recurrió a Excel para encontrar una ecuación tipo potencial, que es la que se ajustaba de mejor manera a la línea de tendencia asignada, de acuerdo a la dispersión de los datos.



Elaborado por: Tesista.

Figura 27. Peso de la Red + Panga vs. CUNO.

Ecuación para determinar el $P_{Red+Panga}$:

$$P_{Red+Panga} = 0.0348 \cdot CUNO^{0.9627}$$

Donde:

$P_{Red+Panga}$: Peso de la Red más la Panga del buque, [Toneladas].

CUNO : Número cúbico de la embarcación, [Metros cúbicos].

Empleando esta ecuación y el CUNO correspondiente al ejemplo del buque de 100 toneladas de capacidad de bodega, se calculó el peso de la red más la panga de la embarcación.

Peso de la red + panga:

$$P_{red+panga} = k1 * (CUNO^n)$$

CUNO :	389.64	m ³
k1 :	0.0348	adim.
n :	0.9627	adim.

$$P_{red+panga} = 10.855 \text{ Tons.}$$

Para el cálculo del peso de los líquidos consumibles de la embarcación, se fijaron 8 días de autonomía para el buque y un promedio de 2 lances realizados por día durante la faena. El cálculo del peso del combustible y agua que llevará el buque ejemplo de 100 toneladas de capacidad de bodega y 10 nudos de velocidad crucero se detalla a continuación.

Peso de líquidos consumibles:

$$P_{\text{combustible}} = [k1 * k2 * k3] * [\text{CONSUMOM} + 2 * \text{CONSUMOG}] + [k3 * k4 * k5 * \text{CONSUMOP}]$$

$$k4 = [\text{AUTON} * \text{NLD} * \text{TL} / 60]$$

Donde :

Cte.	Valor	Descripción
k1 :	96	[Hrs.], autonomía del buque
k2 :	0.875	[Tons./m ³], peso específico del diesel
k3 :	0.0038	[m ³ /Gal.], factor de conversión
k4 :	7.20	[Hrs.], duración de los lances
k5 :	0.75	[Tons./m ³], peso específico de la gasolina
AUTON :	8	[Días], autonomía de la embarcación
NLD :	2	[Adim.], número de lances diario
ConsumoM :	14	[Gals./Hr.], acorde al motor
ConsumoG :	9	[Gals./Hr.], acorde al generador
ConsumoP :	12	[Gals./Hr.], acorde a la panga

$$P_{\text{combustible}} = 10.43 \text{ Tons.}$$

$$P_{\text{agua}} = [k1 * k2 * k3 * k4] * [\text{TRIPULACIÓN}]$$

Donde :

Cte.	Valor	Descripción
k1 :	8	[Días], autonomía del buque
k2 :	8	[Gals./ Tripulante / Día], consumo de agua
k3 :	1	[Tons./m ³], peso específico del agua
k4 :	0.0038	[m ³ /Gal.], factor de conversión

$$P_{\text{agua}} = 4.36 \text{ Tons.}$$

Peso muerto de la bodega:

$$P_{\text{bodega}} = 100 \text{ Tons.}$$

Resumen de pesos:

Red + Panga	10.855	Tons.
Combustible	10.43	Tons.
Agua	4.36	Tons.
Bodega	100	Tons.

$$\text{Peso Muerto} = 125.645 \text{ Tons.}$$

Desplazamiento Ligero:

$$\Delta_0 = \Delta - \text{Peso Muerto}$$

Δ :	211.718	Tons.
Peso Muerto :	125.645	Tons.
$\Delta_0 =$	86.072	Tons.

Una vez calculado el desplazamiento ligero de la embarcación, se procede a calcular la geometría del buque empleando las relaciones encontradas por el Ing. J. Domínguez para barcos pesqueros de la flota ecuatoriana, [23].

Tipo de Buque	Número de Buques estudiados	Relación encontrada
Arrastreros	120	$B = 0.95 \times L^{0.718}$ m. $D = 0.212 \times B^{1.268}$ m. $TRN = 0.181 \times \Delta^{1.025}$ Tons. $\Delta_0 = 0.03066 \times CUNO^{0.816}$ m ³ .
Atuneros	35	$B = 0.793 \times L^{0.655}$ m. $D = 0.448 \times B^{1.01}$ m. $TRN = 0.171 \times \Delta^{1.063}$ Tons. $\Delta_0 = 0.003785 \times L^{2.32}$ m ³ .
Pesca Blanca	40	$B = 0.479 \times L^{0.831}$ m. $D = 0.183 \times B^{0.896}$ m. $TRN = 0.282 \times \Delta^{0.929}$ Tons.
Pinchahueros	20	$B = 0.583 \times L^{0.757}$ m. $D = 0.115 \times L^{1.128}$ m. $TRN = 0.075 \times \Delta^{1.238}$ Tons.

Fuente: Ing. J. Domínguez.

Tabla 27. Relaciones para barcos pesqueros de la flota ecuatoriana.

A continuación se presenta el cálculo de la geometría de la embarcación ejemplo, de 100 toneladas de capacidad de bodega y 10 nudos de velocidad crucero.

Geometría de la embarcación:

Eslora Total :

$$L_{\text{Total}} = k * [\Delta_0^n]$$

$$k : 4.0032$$

$$n : 0.3863$$

$$L_{\text{Total}} = 22.38 \quad [\text{Metros}]$$

Manga:

$$B = k * [L^n]$$

$$k : 0.793$$

$$n : 0.655$$

$$B = 6.07 \quad [\text{Metros}]$$

Puntal:

$$D = k * [B^n]$$

$$k : 0.448$$

$$n : 1.01$$

$$D = 2.77 \quad [\text{Metros}]$$

Resumen:

L_{Total} [m]	B [m]	D [m]	CUNO [m ³]
22.38	6.07	2.77	389.64

3.5 CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tasa interna de retorno es una herramienta de toma de decisiones de inversión, utilizada para comparar la factibilidad de diferentes opciones o proyectos. Generalmente, la opción de inversión con la (TIR) más alta es la preferida.

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. El “VAN” o “VPN” es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente.

Para calcular la tasa interna de retorno correspondiente al buque sardinero en operación, evaluado como proyecto, es necesario conocer la inversión inicial (Costo Total del Buque) y el flujo de caja anual. Se deberá desarrollar el flujo de caja para el tiempo de duración del proyecto, que en este estudio será de 15 años.

- **Inversión Inicial**

Para el cálculo del costo total del buque se tomó en cuenta los principales valores que influyen en él, como el casco, maquinarias, equipos de

navegación, equipos de salvamento, sistemas de pesca y refrigeración entre otros.

El cálculo del costo del casco se lo realizó empleando como guía el paper “An Optimun Fishing Vessel for Georges Bank Groundfish Fishery”, [5]. Para el cálculo del costo de los sistemas de pesca, refrigeración, habitabilidad, navegación y salvamento, se empleó la experiencia de la flota sardinera local estudiada y se realizó una investigación actual del mercado. El desglose de los costos de la habitabilidad del buque, se detallan en el ANEXO I.

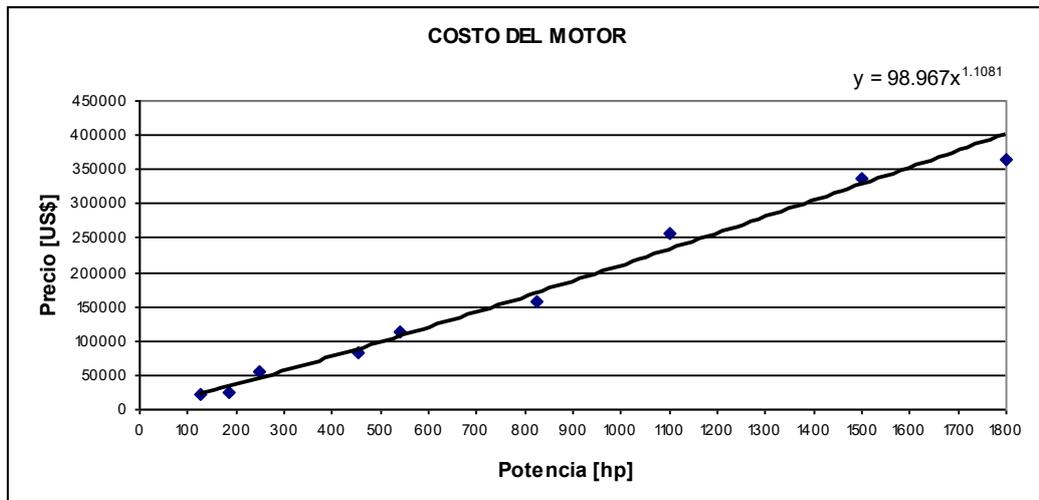
La información empleada en el cálculo del costo del motor principal se presenta a continuación.

Clasificaciones de propulsión:

Marca	Modelo de motor		bhp	rpm	Precio [US\$]
Caterpillar	3056	DINA	125	2600	21280
Caterpillar	3056	DITA	185	2100	25760
Caterpillar	3406C	DITA	250	1800	56000
Caterpillar	C18	DITA	453	1800	84000
Caterpillar	3412D	DITTA	542	1800	112000
Caterpillar	3412C	DITTA	825	2100	156800
Caterpillar	3508B	HP DITA SW	1100	1800	257600
Caterpillar	3512B	DITA SC	1500	1200	336000
Caterpillar	3512B	HD DITA SC	1800	1600	364000

Fuente: Econ. Paúl Jara, CAT.

Tabla 28. Precios de Motores Marinos, CATERPILLAR.



Elaborado por: Tesista.

Figura 28. Costo del Motor.

Ecuación para determinar el Costo del Motor:

$$C_{Motor} = 98.967 \cdot BHP^{1.1081}$$

Donde:

C_{Motor} : Costo del Motor Principal, [USD].

BHP : Potencia al freno del buque, [Horse Power].

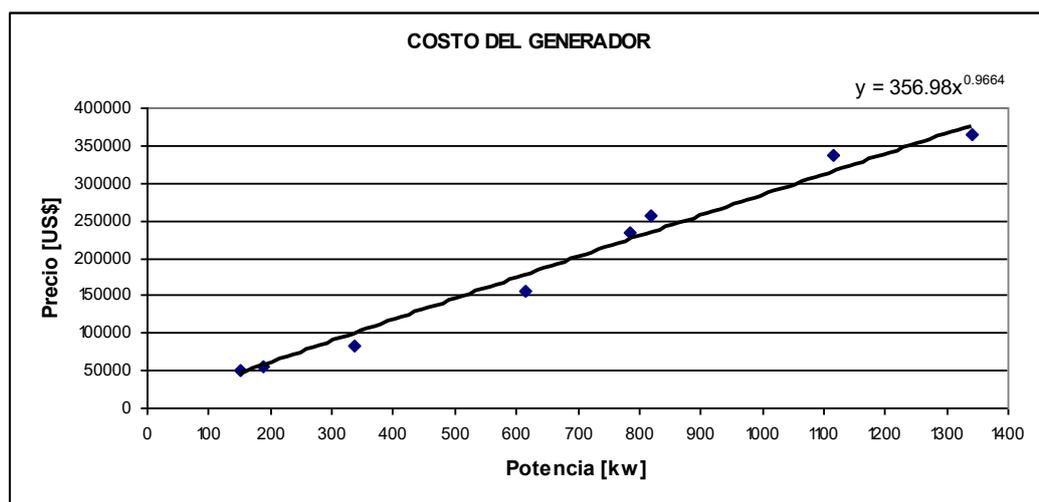
La información empleada en el cálculo del costo del generador se presenta a continuación.

Clasificación de generadores:

Marca	Modelo de motor		kw	rpm	Precio [US\$]
Caterpillar	C9	DITA	150	1500	50400
Caterpillar	3406C	DITA	187	1800	56000
Caterpillar	C18	DITA	337	1800	84000
Caterpillar	3412C	DITA	615	2100	156800
Caterpillar	3508B	DITA	786	1600	235200
Caterpillar	3508B	DITA	819	1800	257600
Caterpillar	3512B	DITA	1117	1200	336000
Caterpillar	3512B	DITA	1341	1600	364000

Fuente: Econ. Paúl Jara, CAT.

Tabla 29. Precios de Generadores, CATERPILLAR.



Elaborado por: Tesista.

Figura 29. Costo del Generador.

Ecuación para determinar el Costo del Generador:

$$C_{\text{Generador}} = 356.98 \cdot BHP^{0.9664}$$

Donde:

C_{Generador} : Costo del Generador Eléctrico, [USD].

GENP : Potencia del Generador, [Kilowatts].

Empleando esta información se procedió a calcular el costo total del buque (CTB) como se muestra a continuación.

Ecuación para determinar el Costo Total del Buque:

$$CTB = [1 + OVERHEAD] \cdot [(k_1 \cdot CUNO) + (k_2 \cdot BHP^{n_1}) + (k_2 \cdot PHP^{n_1}) + (k_3 \cdot GENP^{n_2}) + k_4 + k_5 + (L_{red} \cdot k_6) + (HOLCAP \cdot k_7) + (TRIP \cdot k_8) + k_9 + (k_{10} \cdot TRIP) + k_{11}]$$

Donde:

OVERHEAD : Factor de seguridad para gastos generales, [Adim.]

CUNO : Número cúbico de la embarcación, [m³]

BHP : Potencia al freno del motor principal, [Hp.]

PHP : Potencia de la panga, [Hp.]

GENP : Potencia del generador, [Hp.]

L_{red} : Longitud de la red de cerco, [Brazas]

HOLCAP : Capacidad de la bodega de captura, [Tons.]

TRIP : Número de tripulantes del buque, [Adim.]

El detalle de las constantes empleadas en el cálculo del costo total del buque se muestra a continuación.

Cte.	Valor	Cálculo Empleado
k1 :	8,481	Casco
k2 :	98,967	Maquinaria Principal
n1 :	1,1081	Maquinaria Principal
k3 :	356,98	Maquinaria Auxiliar
n2 :	0,9664	Maquinaria Auxiliar
k4 :	75000	Reductor
k5 :	30000	Power Block
k6 :	625	Red de Cerco
k7 :	3000	Sistema de Refrigeración
K8 :	800	Equipos de Salvamento
k9 :	35000	Equipos de Navegación
k10 :	718,28	Habitabilidad
k11 :	1850	Habitabilidad

De esta forma se ha calculado el costo total para el buque ejemplo de 100 toneladas de capacidad de bodega y velocidad de crucero de 10 nudos.

Costo Total del Buque:

$$\text{CTB} = \$1.252.944,52 \text{ [USD]}$$

La “Patente de Navegación” es un documento otorgado por la Dirección General de la Marina Mercante (DIGMER) y Guardacostas, que acredita la nacionalidad ecuatoriana de la nave y la autoriza para enarbolar la bandera nacional.

Este documento se emite una sola vez, a menos que se realicen cambios considerables en la embarcación, entonces deberá ser renovado. El costo de la patente de navegación, lo establece la Dirección General de

la Marina Mercante. Este costo no se encuentra relacionado con el tonelaje de registro neto (TRB) de la embarcación; para este tipo de buques, el costo de la patente es igual a **USD \$ 3.42**.

Al ser un costo bajo, se considera que el factor de seguridad para gastos generales que utilizamos para calcular el costo total del buque (Inversión inicial), incluye la patente de navegación.

Inversión Inicial:

Inversión = \$1.252.944,52 [USD]

El 30% de la inversión correrá por parte del armador, mientras que el 70% restante será financiado mediante un préstamo a un plazo de 10 años.

▪ **Ingresos y Egresos**

Para el cálculo de la TIR se deberá realizar un flujo de caja para cada uno de los 15 años de duración del proyecto. A continuación se presentan los cálculos de los ingresos y egresos durante el primer año del proyecto, del buque sardinero tomado como ejemplo con una bodega de 100 toneladas de capacidad y 10 nudos de velocidad de crucero.

Ingresos del Buque:

La embarcación destinará su captura (revisar Tabla 26) a las plantas procesadoras de harina de pescado, comercializando la tonelada de sardina al precio del mercado. Se ha considerado que la embarcación subirá a parrilla cada 3 años para mantenimiento y reparaciones mayores.

Esta operación se empieza a realizar durante la clara, cuya duración es de 10 días y se toma 10 días más de la siguiente oscura. De esta forma, los ingresos correspondientes al mes en que el buque sube a parrilla se ven reducidos prácticamente a la mitad.

Ingresos del Buque:

Captura por Año :	4490.00	[Tons./año]
Precio de la Tonelada :	100	[USD/Ton.]
Total de ingresos por año:	\$449,000.00	[USD]

Egresos del Buque:

Se han dividido los egresos del buque en gastos de operación y mantenimiento. Los gastos de operación los conforman los salarios, víveres, lubricantes y combustible principalmente.

- Operación

En la pesca de sardina como en otras pesquerías, se emplea el reparto o fracción de la venta de la captura como método de paga. Este método resulta una manera práctica de estimular a los tripulantes y empleados del buque.

El reparto se expresa como una fracción de la venta final de la captura, su magnitud depende de la importancia de la labor realizada por el tripulante o el empleado.

A continuación se presentan los gastos en los que incurre la embarcación durante el primer año del proyecto.

Detalle de Sueldos:**Salarios de la Tripulación:**

Rango	N° Personas	Reparto [USD/Ton.]	Salario [USD/año]
Capitán Pescador	1	7	31430
Capitán Costanero	1	1.2	5388
Maquinista	1	1.2	5388
Motorista	1	1	4490
Jefe de Cubierta	1	0.8	3592
Aceitero	1	0.8	3592
Timonel	1	0.7	3143
Panguero	1	0.5	2245
Tecnólogo	1	0.45	2020.5
Cocinero	1	0.4	1796
Marinero	8	0.4	14368
Total :	18	Tripulantes	

Apoyo en Tierra:

Ocupación	Número de Personas	Reparto [USD/Ton.]	Salario [USD/mes]	Salario [USD/año]
Jefe de Bahía	1	0.18	450+Reparto	6208.2
Mecánico	1	0	450	5400
Electricista	1	0	250	3000
Soldador	1	0	250	3000
Ayudante	1	0	180	2160
Total :	5	Personas		

Personal Subcontratado:

Ocupación	Número de Personas	Salario [USD/mes]	Salario [USD/año]
Pintor	1	200	2400
Carpintero	1	200	2400
Contador	1	400	4800
Total :	3	Personas	

Personal de Oficina:

Ocupación	Número de Personas	Salario [USD/mes]	Salario [USD/año]
Secretaria	1	450	5400
Bodeguero	1	350	4200
Gerente	1	800	9600
Total :	3	Personas	

Detalle de Víveres:

	Número de Personas	Consumo [USD/Persona/Día]	Total [USD/año]
Alimentos	18	1.5	5508
	Porcentaje de Alimentos	Mensual [USD/mes]	Total [USD/año]
Otros [Higiene como % de Comida]	2%	9.18	110.16
* Promedio de días de faena :	17 días		

Detalle de Lubricantes:

	Tanques de 55 Galones [Tanques/año]	Precio del Tanque [USD/Tanque]	Consumo Total [USD/año]
Consumo anual	15	900	13500

Detalle de Combustibles:

A continuación se presentan los tiempos de duración de cada etapa de la maniobra de pesca, empleados posteriormente en el cálculo del consumo de combustibles del buque. También se presentan los porcentajes de potencia a los que trabaja el motor principal durante las etapas mencionadas.

Duración de las etapas de la maniobra: (Sist. Hidráulico Modificado)

Cte.	Duración	Unid.	Etapas
TL =	27	[Mins.]	Lance de la red
TR =	15	[Mins.]	Recuperación de la red
TM =	108	[Mins.]	Manipulación de la red en cubierta
TT =	150	[Mins.]	Tiempo Total de la maniobra

Para el sistema de hidráulico simple se debe utilizar **TR = 45 mins.**

Sujetas a las siguientes condiciones de potencia:

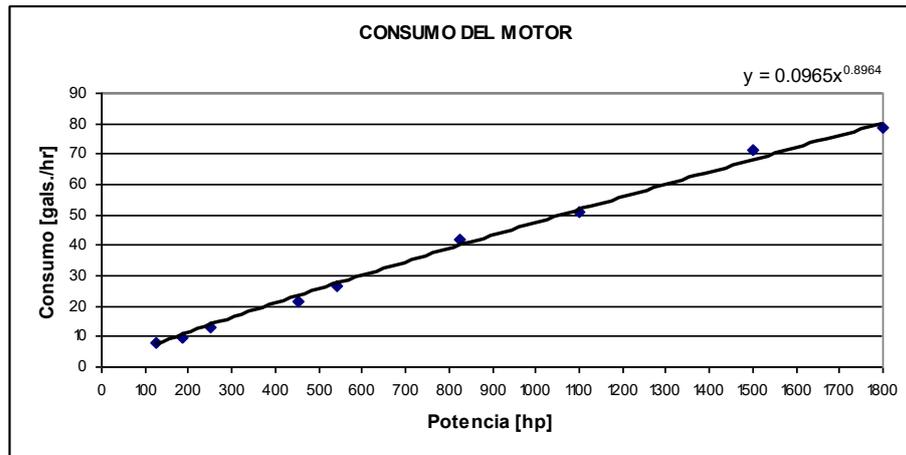
Motor Principal	Potencia
Tránsito	70%
Salida y Retorno del Caladero	100%
Lance de la red	100%
Recuperación de la red	85%
Manipulación de la red en cubierta	20%

A continuación se presenta la información empleada para el cálculo del consumo de combustible (Diesel) de motores y generadores marinos.

Marca	Modelo de motor		bhp	rpm	Consumo [gals./hr]
Caterpillar	3056	DINA	125	2600	8.2
Caterpillar	3056	DITA	185	2100	9.7
Caterpillar	3406C	DITA	250	1800	13.1
Caterpillar	C18	DITA	453	1800	21.7
Caterpillar	3412D	DITTA	542	1800	26.6
Caterpillar	3412C	DITTA	825	2100	41.9
Caterpillar	3508B	HP DITA SW	1100	1800	50.9
Caterpillar	3512B	DITA SC	1500	1200	71.3
Caterpillar	3512B	HD DITA SC	1800	1600	78.9

Elaborado por: Tesista.

Tabla 30. Consumo de Motores Marinos, CATERPILLAR.



Elaborado por: Tesista.

Figura 30. Consumo del Motor.

Ecuación para determinar el Consumo del Motor:

$$FC_{Motor} = 0.0965 \cdot BHP^{0.8964}$$

Donde:

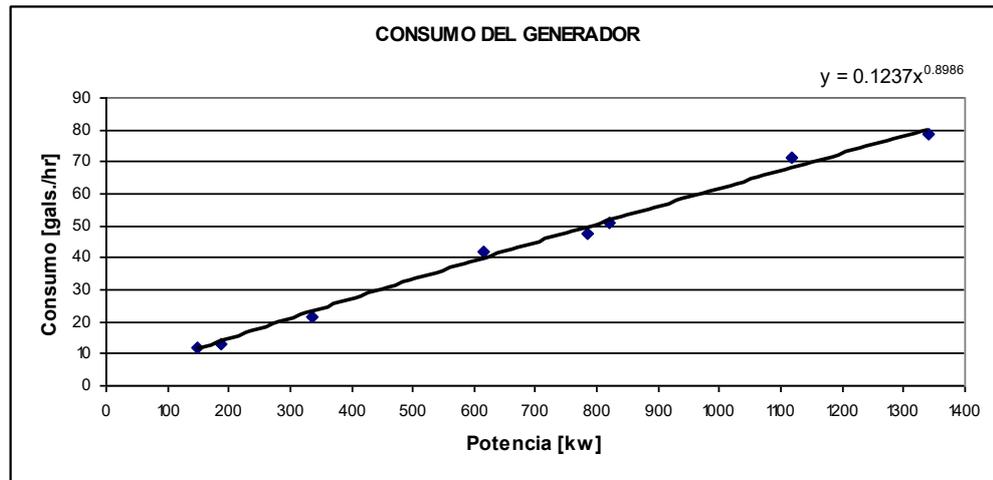
FC_{Motor} : Consumo de combustible del motor, [Galones/Hora].

BHP : Potencia al freno del motor, [Horse Power].

Marca	Modelo de motor		kw	rpm	Consumo [gals./hr]
Caterpillar	C9	DITA	150	1500	11.9
Caterpillar	3406C	DITA	187	1800	13.1
Caterpillar	C18	DITA	337	1800	21.7
Caterpillar	3412C	DITA	615	2100	41.9
Caterpillar	3508B	DITA	786	1600	47.3
Caterpillar	3508B	DITA	819	1800	50.9
Caterpillar	3512B	DITA	1117	1200	71.3
Caterpillar	3512B	DITA	1341	1600	78.9

Elaborado por: Tesista.

Tabla 31. Consumo de Generadores, CATERPILLAR.



Elaborado por: Tesista.

Figura 31. Consumo del Generador.

Ecuación para determinar el Consumo del Generador:

$$FC_{Generador} = 0.1237 \cdot GENP^{0.8986}$$

Donde:

FC_{Generador} : Consumo de combustible del generador, [Galones/Hora].

GENP : Potencia del generador, [Kilowatts].

Estas ecuaciones servirán para calcular el consumo del motor y del generador en función de la potencia de cada uno de ellos, esta información es necesaria para determinar el consumo anual de combustible de la embarcación.

Resumen del consumo del motor, generador y panga:

	Motor [Gals/hora]	Generador [Gals/hora]	Panga [Gals/hora]
Consumo	22	17	12
	Diesel [USD/Gal.]	Gasolina [USD/Gal.]	
Precio	1	1.4	

Cada oscura el buque deberá realizar un recorrido fijo desde Guayaquil hasta el muelle en Salango, además de los recorridos a cada una de las zonas de pesca definidas. La distancia recorrida por la embarcación durante cada oscura es transformada a horas de trabajo del motor, de acuerdo a la velocidad de crucero fijada para el buque.

El tiempo que el buque emplea para realizar estos recorridos es denominado "TC" en los cálculos, este valor depende del número de viajes que se realice al caladero una vez que se hayan llenado las bodegas (revisar Tabla 26). Se debe multiplicar por 2 el valor de "TC" para que este incluya el retorno al puerto de Salango desde los caladeros, y finalmente a la ciudad de Guayaquil.

A continuación se muestran los cálculos realizados para determinar el consumo anual de combustible del buque.

Tránsito, Salida y Retorno del Caladero

Velocidad del Buque:	10.00	[Nudos]
	11.50	[Millas/Hr.]
Recorrido fijo por oscura	200	[Millas/Oscura]
Guayaquil - Salango	2400	[Millas/Año]

Recorrido a los Caladeros :

Enero	104.36	[Millas]
Febrero	267.64	[Millas]
Marzo	608.49	[Millas]
Abril	459.37	[Millas]
Mayo	398.44	[Millas]
Junio	388.91	[Millas]
Julio	400.41	[Millas]
Agosto	296.18	[Millas]
Septiembre	311.13	[Millas]
Octubre	177.71	[Millas]
Noviembre	155.56	[Millas]
Diciembre	46.67	[Millas]
Total anual:	3614.87	[Millas]

Tiempo de recorrido fijo y a caladeros:

$$TC = 523.03 \quad \text{Hrs.}$$

$$CA = (k_1 * k_2) * (2 * TC) + (k_1 * k_3) * [(k_4 * CICLO) - TT_{año} - (2 * TC)]$$

$$TT_{año} = (12 * NLC * TT / 60)$$

Donde:

Cte.	Valor	Descripción
k1	22	Consumo [Gals/hora], Diesel
k2	1.00	Factor de consumo de salida y retorno al caladero, [Adim.]
k3	0.70	Factor de consumo en tránsito, [Adim.]
k4	190	Días trabajados por año, [Días/año]
TT _{año}	750	Tiempo de duración de la maniobra por ciclo, [Hrs./año]
CICLO	12	Horas de trabajo por día, [Hrs./Día]

Cte.	Valor	Descripción
TC _{año}	523.03	Tiempo de recorrido a caladeros, [Hrs./año]
DF	17	Promedio de días de faena por obscura, [Días]
NLC	25	Número de lances por ciclo, [Adim.]
CA =	30593.03	[Gals.Diesel/año]

Lance de la red

Lance de la red (Buque):

$$CB = (12 * k1 * k2 * ITL * NLC)$$

Donde:

Cte.	Valor	Descripción
k1 :	22	Consumo de Diesel, [Gals/Hora]
k2 :	1.00	Factor de consumo del lance de la red, [Adim.]
TL :	0.45	Tiempo de duración de la maniobra por ciclo, [Hrs.]
NLC :	25	Número de lances por ciclo, [Adim.]
CB =	2982.38	[Gals.Diesel/Año]

Lance de la red (Panga):

$$CC = (12 * k1 * k2 * TL * NLC)$$

Donde:

Cte.	Valor	Descripción
k1 :	12	Consumo de Gasolina, [Gals/Hora]
k2 :	1.00	Factor de consumo del lance de la red, [Adim.]
TL :	0.45	Tiempo de duración de la maniobra por ciclo, [Hrs.]
NLC :	25	Número de lances por ciclo, [Adim.]
CC =	1620.00	[Gals.Gasolina/Año]

Recuperación de la red

$$CD = (12 * k1 * k2 * TR * NLC)$$

Donde:

Cte.	Valor	Descripción
k1 :	22	Consumo de Diesel, [Gals/Hora]
k2 :	0.85	Factor de consumo de la recuperación de la red, [Adim.]
TR :	0.25	Tiempo de duración de la maniobra por ciclo, [Hrs.]
NLC :	25	Número de lances por ciclo, [Adim.]
CD =	1408.35	[Gals.Diesel/Año]

Manipulación de la red en cubierta

$$CE = (12 * k1 * k2 * TE * NLC)$$

Donde:

Cte.	Valor	Descripción
k1 :	22	Consumo de Diesel, [Gals/Hora]
k2 :	0.20	Factor de consumo de la manipulación de la red, [Adim.]
TE :	1.80	Tiempo de duración de la maniobra por ciclo, [Hrs.]
NLC :	25	Número de lances por ciclo, [Adim.]
CE =	2385.91	[Gals.Diesel/Año]

Combustible consumido por el Generador

$$CF = (k1 * k2 * CICLO)$$

Donde:

Cte.	Valor	Descripción
k1 :	17	Consumo de Diesel, [Gals/Hora]

Cte.	Valor	Descripción
k2 :	190	Días trabajados por año, [Días/Año]
CICLO :	24	Horas de trabajo por día, [Hrs./Día]
CF =	78095.12	[Gals.Diesel/Año]

Resumen del combustible consumido en el primer año:

CA :	30593.03	[Gals.Diesel/Año]
CB :	2982.38	[Gals.Diesel/Año]
CC :	1620.00	[Gals.Gasolina/Año]
CD :	1408.35	[Gals.Diesel/Año]
CE :	2385.91	[Gals.Diesel/Año]
CF :	78095.12	[Gals.Diesel/Año]
GALG =	1620.00	[Gals.Gasolina/Año]
GALD =	115464.78	[Gals.Diesel/Año]
Consumo de Diesel	\$ 115,464.78	[USD/Año]
Consumo de Gasolina	\$ 2,268.00	[USD/Año]

- Seguro del buque y permiso de pesca

En base al costo total del buque, se procede a calcular el monto que se deberá cancelar anualmente, correspondiente al aseguramiento de la embarcación. El costo del seguro marítimo para este tipo de embarcaciones, se lo puede estimar como un **2.5%** del costo total de la embarcación.

Costo del seguro del buque:

CTB =	\$1.252.944,52	[USD]
Seguro =	\$31.323,61	[USD]

La Subsecretaría de Recursos Pesqueros, ha establecido el costo de emisión de sus permisos anuales de pesca, en función del tipo de buque y de su tonelaje de registro neto (TRB). El costo de los permisos de pesca para buques sardineros se muestra a continuación.

TRN [Tons.]	Costo del permiso
Menor a 50	USD \$ 200.00
Entre 51 y 100	USD \$ 300.00
Mayor a 100	USD \$ 400.00

De esta forma, podemos identificar el costo del permiso anual de pesca, para la embarcación tomada como ejemplo de 100 TRB, igual a **USD \$ 300,00.**

- Mantenimiento

Una vez cada tres años el buque subirá a parrilla para mantenimiento y reparaciones mayores, significándole al armador un gasto de USD \$ 60,000.00.

La operación se realiza durante los días de clara de los primeros meses del año, dura aproximadamente 20 días y le significa a la embarcación una disminución en los ingresos de ese mes, como se mencionó anteriormente.

Resumen de los ingresos y egresos del primer año:

Ingresos	\$ 449.000,00	[USD/Año]
Resumen de Egresos		
Salarios	\$ 126.020,70	[USD/Año]
Víveres	\$ 5.618,16	[USD/Año]
Lubricantes	\$ 13.500,00	[USD/Año]
Combustibles	\$ 117.732,78	[USD/Año]
Seguro del buque y permiso de pesca	\$ 31.623,61	[USD/Año]
Total de Egresos	\$ 294.495,25	[USD/Año]

▪ Tasa Interna de Retorno (TIR)

Como se mencionó en el cálculo de la inversión inicial, se financiará el 70% del costo total del buque mediante un préstamo a un plazo de 10 años y el 30% restante será proporcionado por el armador.

Se debe recordar que los ingresos se reducen y los egresos se incrementan cada 3 años, debido a la subida del buque a parrilla, como se muestra en el Flujo de caja antes de impuestos, que se presenta en la Tabla # 45.

Empleando estas consideraciones, se ha procedido a calcular la tasa interna de retorno (TIR) para el buque de 100 toneladas de capacidad de bodega y velocidad crucero de 10 nudos tomado como ejemplo durante el estudio.

- Préstamo

A continuación se presenta la información detallada del préstamo que se va a realizar.

Descripción	Monto	Unid.
Valor Inicial del Buque :	\$1.252.945	[USD]
Porcentaje del Préstamo :	70%	[Adim.]
Préstamo :	\$877.061	[USD]
Duración del Préstamo :	10	[Años]
Tasa de Interes :	10%	[Adim.]

Para su cancelación, el préstamo será dividido en partes iguales al número de años de duración del mismo, en este caso 10. Cada año se realizará el pago de los intereses así como de una parte del préstamo.

Año	Intereses	Parte del Préstamo	Préstamo Pendiente	Flujo del Préstamo
1	87706	87706	789355	175412
2	78936	87706	701649	166642
3	70165	87706	613943	157871
4	61394	87706	526237	149100
5	52624	87706	438531	140330
6	43853	87706	350824	131559
7	35082	87706	263118	122789
8	26312	87706	175412	114018
9	17541	87706	87706	105247
10	8771	87706	0	96477

Elaborado por: Tesista.

Tabla 32. Flujo del préstamo.

Estos valores serán utilizados posteriormente para realizar el flujo de caja. Las partes canceladas del préstamo se incluirán en el cálculo del flujo de caja antes de pagar impuestos y los intereses junto con la amortización serán incluidos en la rebaja de impuestos.

- Amortización

El cálculo de la amortización se lo realizó mediante el método lineal, también conocido como método de cuotas fijas, [17].

Este método es el más sencillo y generalmente utilizado. Consiste en asignarle a todos los ejercicios la misma cuota de amortización, es decir la n-ésima parte del valor amortizable.

$$A_0 = \frac{V_0 - V_r}{N}$$

Donde:

A₀ :	\$ 66.824	Cuota de Amortización, [USD]
V₀ :	\$ 1.252.945	Valor Inicial del buque, [USD]
V_r :	\$ 250.589	Valor residual del buque, [USD]
N :	10	Vida útil de la embarcación, [Años]

Este valor junto con el pago de intereses proveniente del flujo del préstamo, será considerado en el flujo de caja como rebaja de impuestos.

- Flujo de Caja

A continuación se presenta la información utilizada en el cálculo del flujo de caja.

Descripción	Monto	Unid.
Valor Inicial del Buque :	\$1.252.945	[USD]
Porcentaje del valor residual :	20%	[Adim.]
Valor Residual :	\$250.589	[USD]
Duración del Proyecto :	15	[Años]
Tasa de impuestos :	25%	[Adim.]

Para obtener la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto, se necesita calcular el flujo de caja generado para cada año. La TIR se define entonces como la tasa de interés “i”, para la cual es correcta la siguiente expresión.

$$\sum_{n=1}^n \frac{F}{(1+i)^n} - C = 0 \quad (\text{Ecuación \# 1})$$

Donde “n” es la vida estimada de la inversión y “F” es el flujo de caja en el año “n”. Como se puede observar, esta es la ecuación utilizada para encontrar el valor actual neto (VAN) de un proyecto a una determinada tasa de descuento pero igualada a cero.

Por definición, la tasa interna de retorno (TIR) es la tasa interés para la cual el valor actual neto (VAN) es igual a cero.

Específicamente se puede expresar “F” como.

$$F = [I - E - P] - [I - E - P - R] \cdot t - C$$

Donde:

F : Flujo de Caja generado en el año “n”, [USD].

I : Ingresos (beneficio bruto) generados en el año “n”, [USD].

E : Egresos y costos de operación generados en el año “n”, [USD].

P : Parte del préstamo cancelada en el año “n”, [USD].

R : Rebaja de impuestos generada en el año “n”, [USD].

t : Tasa efectiva del impuesto, [Adim.].

C : Capital desembolsado en el año “n”, [USD].

La rebaja de impuestos se encuentra conformada por la amortización y el pago de los intereses correspondientes al préstamo realizado. El capital desembolsado en el inicio del proyecto (año “0”), es igual al 30% del costo total del buque o inversión inicial que es proporcionado por el armador.

Se debe considerar también un flujo positivo de capital en el año 15, proveniente del valor residual o de salvamento del buque.

A continuación se presenta el cálculo detallado del flujo de caja correspondiente a la operación del buque sardinero evaluado como proyecto.

Año	Capital	Beneficio Bruto	Egresos	Parte del Préstamo	Flujo antes de Impuestos
0	-375883				
1		449000	294495	87706	66799
2		474500	299201	87706	87593
3		472000	298849	87706	85445
4	Parrilla	532500	370001	87706	74793
5		549000	312995	87706	148299
6		552500	312374	87706	152420
7	Parrilla	459500	355908	87706	15886
8		546500	312984	87706	145810
9		569000	316293	87706	165001
10	Parrilla	506500	364828	87706	53966
11		541000	311125	0	229875
12		446000	293928	0	152072
13	Parrilla	639500	389800	0	249700
14		578500	317860	0	260640
15	250589	490500	302615	0	438474

Elaborado por: Tesista.

Tabla 33. Flujo de caja, flujo antes de impuestos.

En el caso de que durante los primeros años del proyecto la base imponible (Flujo antes de impuestos menos los intereses y la amortización) fuese negativa, se produciría un escudo fiscal que eximiría al armador de la obligación de tributar durante ese año.

En algunas ocasiones es posible evitar que la base imponible sea negativa los primeros años del proyecto, utilizando el método de los números dígitos o del doble saldo para calcular la amortización.

Año	Rebaja de Impuestos		Base Imponible	Impuestos	Flujo después de Impuestos
	Intereses	Amortización			
0					-375883
1	87706	66824	-87731	0	66799
2	78936	66824	-58166	0	87593
3	70165	66824	-51544	0	85445
4	61394	66824	-53425	0	74793
5	52624	66824	28851	7213	141086
6	43853	66824	41743	10436	141984
7	35082	66824	-86020	0	15886
8	26312	66824	52675	13169	132641
9	17541	66824	80636	20159	144842
10	8771	66824	-21629	0	53966
11	0	66824	163051	40763	189112
12	0	66824	85249	21312	130760
13	0	66824	182876	45719	203981
14	0	66824	193816	48454	212186
15	0	66824	371650	92912	345561

Elaborado por: Tesista.

Tabla 34. Flujo de caja, flujo después de impuestos.

Substituyendo en la ecuación del cálculo de la tasa interna de retorno (*Ecuación # 1*) los flujos de caja generados, se obtiene.

$$\frac{66799}{(1+i)} + \frac{87593}{(1+i)^2} + \frac{85445}{(1+i)^3} + \frac{74793}{(1+i)^4} + \frac{141086}{(1+i)^5} + \frac{141984}{(1+i)^6} + \frac{15886}{(1+i)^7} + \frac{132641}{(1+i)^8} +$$

$$\frac{144842}{(1+i)^9} + \frac{53966}{(1+i)^{10}} + \frac{189112}{(1+i)^{11}} + \frac{130760}{(1+i)^{12}} + \frac{203981}{(1+i)^{13}} + \frac{212186}{(1+i)^{14}} + \frac{345561}{(1+i)^{15}} - 375883 = 0$$

Empleando la función “Buscar objetivo” de Excel, o despejando la tasa de interés de la ecuación se obtiene $i = 25.01\%$. Esta es la tasa interna de retorno calculada para el buque de 100 toneladas de capacidad y velocidad de crucero de 10 nudos, que se tomó como ejemplo.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS FINAL

En el desarrollo del capítulo final de este estudio, se presentan los resultados obtenidos luego de la optimización tecnoeconómica de un buque sardinero. Esto es, la máxima tasa interna de retorno encontrada luego de iterar la capacidad de la bodega y la velocidad de crucero de la embarcación dentro de los intervalos establecidos.

Se presenta también un resumen con las dimensiones principales y las características generales del buque óptimo. Para asegurarse que posteriormente es factible llegar a construir la embarcación, se procedió a generar las líneas de formas de la misma utilizando los programas GENFORMS y GENNURBS; y finalmente se realizó un análisis de estabilidad de la embarcación optimizada empleando el programa SHCP, siguiendo las recomendaciones del convenio de Torremolinos para buques pesqueros.

4.1 TASA INTERNA DE RETORNO MÁXIMA

La tasa interna de retorno (TIR) constituye para este estudio, el elemento de decisión para determinar el buque sardinero óptimo. La embarcación cuya operación al ser evaluada como proyecto arroje la mayor tasa interna de retorno, será la que se considere óptima.

La optimización tecnoeconómica se llevó a cabo iterando la capacidad de la bodega del buque dentro de un rango de 25 a 200 toneladas, en intervalos de 25 toneladas. Y posteriormente variando la velocidad de crucero de la embarcación de 10 a 12 nudos, para poder maximizar la tasa interna de retorno.

Para cada combinación de velocidad y capacidad de bodega se han calculado las dimensiones principales y características generales del buque, la máxima longitud de la red posible de estibar sin causar problemas de estabilidad; y si esta longitud es mayor que la mínima longitud de red necesaria para realizar exitosamente el cierre del cerco, se ha continuado con los demás cálculos.

La longitud de la red de cerco con la que el buque será equipado, será por razones de seguridad 5% menor que la máxima longitud de la red

posible de estibar. Luego se procede a calcular el tonelaje diario de captura que se espera obtener con dicha red.

Posteriormente se indica la maquinaria que se instalará en el buque y el consumo de la misma. Finalmente se presenta el costo total de la embarcación; y los ingresos y egresos detallados de la misma, información necesaria para poder determinar la tasa interna de retorno del proyecto.

Dentro de los egresos se debe considerar el gasto por mantenimiento y reparaciones mayores; tomando en cuenta que el buque subirá a parrilla cada tres años, es decir cuatro veces en los quince años de duración del proyecto.

Este gasto ha sido estimado en USD \$60,000 por maniobra (se realizarán 4 maniobras) y para motivos de estudio se lo ha dividido para cada año del proyecto, obteniendo un gasto promedio anual por mantenimiento y reparaciones de USD \$16,000.

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos durante el proceso de optimización, en él se detallan las tasas de retorno obtenidas para cada iteración.

Características Generales	Capacidad de la Bodega					
	25 [Toneladas]			50 [Toneladas]		
Eslora, [m.]	9,20			15,60		
Manga, [m.]	3,39			4,80		
Puntal, [m.]	1,54			2,18		
CUNO, [m ³]	103,58			200,89		
Desplazamiento, [tons.]	51,44			104,36		
Máxima longitud de la red, posible de estibar, [brazas]	179,01			291,12		
Velocidad, [nudos]	10	11	12	10	11	12
Longitud de la red mínima, [brazas]	259,5	212,2	184,2	259,5	212,2	184,2
Longitud de la red empleada, [brazas]	No se estiba	No se estiba	No se estiba	282,4	282,4	282,4
Captura diaria, [tons.]	---	---	---	19,21	19,21	19,21
Motor Principal, [hp.]	---	---	---	286	450	584
Consumo del Motor, [gals./hr.]	---	---	---	15,34	23,05	29,14
Generador, [kw.]	---	---	---	121	121	121
Consumo del Generador, [gals./hr.]	---	---	---	9,19	9,19	9,19
Costo Total del Buque, [USD.]	---	---	---	\$830.647	\$873.257	909.481
Ingreso Total Promedio [USD/año.], Precio, [USD\$100/ton.]	---	---	---	\$359.851	\$359.851	\$359.851
Egreso Total Promedio [USD/año.]	---	---	---	\$259.694	\$276.498	\$289.944
Gasto promedio en Sueldos [USD/año.]	---	---	---	\$138.472	\$138.472	\$138.472
Gasto promedio en Combustible [USD/año.]	---	---	---	\$71.936	\$85.045	\$94.946
Gasto promedio en Lubricantes [USD/año.]	---	---	---	\$8.100	\$10.800	\$13.500
Gasto promedio en Víveres [USD/año.]	---	---	---	\$5.618	\$5.618	\$5.618
Tasa Interna de Retorno, TIR [%]	---	---	---	15,53%	7,03%	1,18%

Elaborado por: Tesista.

Tabla 35. Máxima Tasa Interna de Retorno, Resumen 25-50 tons.

Características Generales	Capacidad de la Bodega					
	75 [Toneladas]			100 [Toneladas]		
Eslora, [m.]	19,43			22,38		
Manga, [m.]	5,54			6,07		
Puntal, [m.]	2,52			2,77		
CUNO, [m ³]	295,98			389,64		
Desplazamiento, [tons.]	157,85			211,72		
Máxima longitud de la red, posible de estibar, [brazas]	356,33			405,77		
Velocidad, [nudos]	10	11	12	10	11	12
Longitud de la red mínima, [brazas]	259,5	212,2	184,2	259,5	212,2	184,2
Longitud de la red empleada, [brazas]	345,6	345,6	345,6	389,0	389,0	389,0
Captura diaria, [tons.]	23,01	23,01	23,01	simulada[25.5]	simulada[25.5]	simulada[25.5]
Motor Principal, [hp.]	362	544	696	429	622	787
Consumo del Motor, [gals./hr.]	18,99	27,32	34,08	22,09	30,81	38,08
Generador, [kw.]	181	181	181	242	242	242
Consumo del Generador, [gals./hr.]	13,22	13,22	13,22	17,13	17,13	17,13
Costo Total del Buque, [USD.]	\$1.051.065	\$1.099.177	\$1.140.955	\$1.252.945	\$1.304.944	1.351.073
Ingreso Total Promedio [USD/año.], Precio, [USD\$100/ton.]	\$430.996	\$430.996	\$430.996	\$520.433	\$520.433	\$520.433
Egreso Total Promedio [USD/año.]	\$290.077	\$308.101	\$321.344	\$323.550	\$342.488	\$357.622
Gasto promedio en Sueldos [USD/año.]	\$138.472	\$138.472	\$138.472	\$138.472	\$138.472	\$138.472
Gasto promedio en Combustible [USD/año.]	\$94.476	\$107.777	\$118.245	\$118.337	\$132.375	\$143.656
Gasto promedio en Lubricantes [USD/año.]	\$10.800	\$14.400	\$16.200	\$13.500	\$17.100	\$19.800
Gasto promedio en Víveres [USD/año.]	\$5.618	\$5.618	\$5.618	\$5.618	\$5.618	\$5.618
Tasa Interna de Retorno, TIR [%]	20,13%	12,59%	7,53%	25,01%	19,64%	15,57%

Elaborado por: Tesista.

Tabla 36. Máxima Tasa Interna de Retorno, Resumen 75-100 tons.

Características Generales	Capacidad de la Bodega					
	125 [Toneladas]			150 [Toneladas]		
Eslora, [m.]	24,84			26,98		
Manga, [m.]	6,50			6,86		
Puntal, [m.]	2,97			3,14		
CUNO, [m ³]	482,26			574,05		
Desplazamiento, [tons.]	265,87			320,24		
Máxima longitud de la red, posible de estibar, [brazas]	446,65			482,01		
Velocidad, [nudos]	10	11	12	10	11	12
Longitud de la red mínima, [brazas]	259,5	212,2	184,2	259,5	212,2	184,2
Longitud de la red empleada, [brazas]	429,4	429,4	429,4	464,2	464,2	464,2
Captura diaria, [tons.]	27,45	27,45	27,45	29,15	29,15	29,15
Motor Principal, [hp.]	489	690	867	544	751	938
Consumo del Motor, [gals./hr.]	24,85	33,83	41,51	27,35	36,52	44,53
Generador, [kw.]	302	302	302	362	362	362
Consumo del Generador, [gals./hr.]	20,93	20,93	20,93	24,65	24,65	24,65
Costo Total del Buque, [USD.]	\$1.450.468	\$1.505.378	\$1.555.122	\$1.642.077	\$1.699.233	1.752.091
Ingreso Total Promedio [USD/año.], Precio, [USD\$100/ton.]	\$508.910	\$508.910	\$508.910	\$540.259	\$540.259	\$540.259
Egreso Total Promedio [USD/año.]	\$352.385	\$370.624	\$387.194	\$379.463	\$398.739	\$415.779
Gasto promedio en Sueldos [USD/año.]	\$138.472	\$138.472	\$138.472	\$138.472	\$138.472	\$138.472
Gasto promedio en Combustible [USD/año.]	\$139.434	\$153.600	\$165.327	\$159.922	\$174.169	\$186.288
Gasto promedio en Lubricantes [USD/año.]	\$16.200	\$18.900	\$22.500	\$18.000	\$21.600	\$25.200
Gasto promedio en Víveres [USD/año.]	\$5.618	\$5.618	\$5.618	\$5.618	\$5.618	\$5.618
Tasa Interna de Retorno, TIR [%]	12,45%	7,45%	3,40%	9,38%	4,97%	1,43%

Elaborado por: Tesista.

Tabla 37. Máxima Tasa Interna de Retorno, Resumen 125-150 tons.

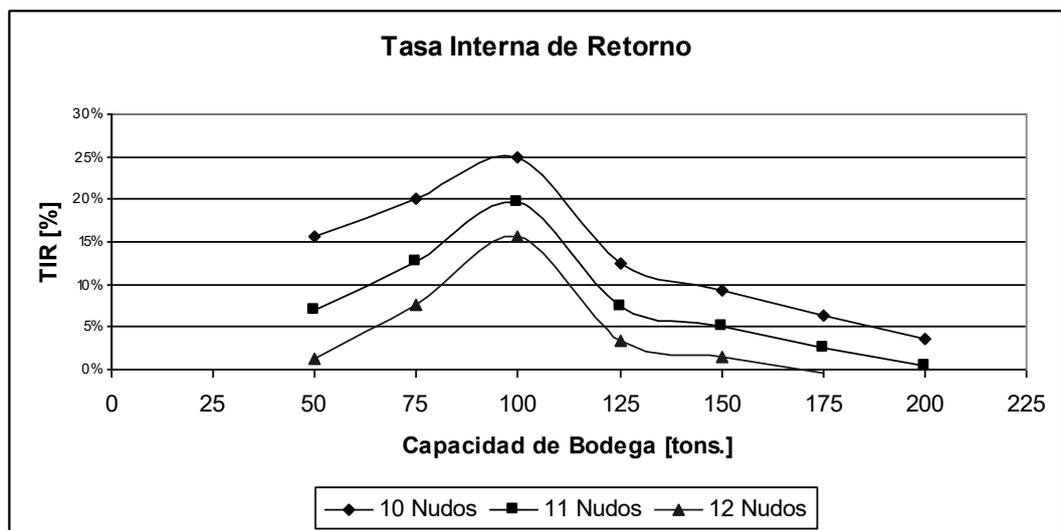
Características Generales	Capacidad de la Bodega					
	175 [Toneladas]			200 [Toneladas]		
Eslora, [m.]	28,90			30,64		
Manga, [m.]	7,18			7,46		
Puntal, [m.]	3,28			3,41		
CUNO, [m ³]	665,17			755,71		
Desplazamiento, [tons.]	374,80			429,52		
Máxima longitud de la red, posible de estibar, [brazas]	513,45			541,92		
Velocidad, [nudos]	10	11	12	10	11	12
Longitud de la red mínima, [brazas]	259,5	212,2	184,2	259,5	212,2	184,2
Longitud de la red empleada, [brazas]	495,1	495,1	495,1	523,0	523,0	523,0
Captura diaria, [tons.]	30,58	30,58	30,58	31,84	31,84	31,84
Motor Principal, [hp.]	596	808	1002	645	860	1061
Consumo del Motor, [gals./hr.]	29,66	38,95	47,26	31,82	41,19	49,76
Generador, [kw.]	423	423	423	483	483	483
Consumo del Generador, [gals./hr.]	28,32	28,32	28,32	31,93	31,93	31,93
Costo Total del Buque, [USD.]	\$1.829.386	\$1.888.304	\$1.943.906	\$2.013.381	\$2.073.689	2.131.751
Ingreso Total Promedio [USD/año.], Precio, [USD\$100/ton.]	\$566.910	\$566.910	\$566.910	\$590.219	\$590.219	\$590.219
Egreso Total Promedio [USD/año.]	\$406.879	\$426.245	\$442.809	\$432.796	\$452.190	\$470.023
Gasto promedio en Sueldos [USD/año.]	\$138.472	\$138.472	\$138.472	\$138.472	\$138.472	\$138.472
Gasto promedio en Combustible [USD/año.]	\$179.954	\$194.248	\$206.722	\$199.472	\$213.759	\$226.540
Gasto promedio en Lubricantes [USD/año.]	\$20.700	\$24.300	\$27.000	\$22.500	\$26.100	\$29.700
Gasto promedio en Víveres [USD/año.]	\$5.618	\$5.618	\$5.618	\$5.618	\$5.618	\$5.618
Tasa Interna de Retorno, TIR [%]	6,30%	2,51%	-0,50%	3,65%	0,35%	-2,47%

Elaborado por: Tesista.

Tabla 38. Máxima Tasa Interna de Retorno, Resumen 175-200 tons.

La máxima tasa interna de retorno calculada es del **25.01 %**, y se obtiene al combinar una capacidad de bodega de 100 toneladas y una velocidad de crucero de 10 nudos.

A continuación se presenta un gráfico que resume las tasas obtenidas durante el proceso de optimización, en él se puede observar fácilmente el punto máximo que alcanza la TIR entre todas las iteraciones realizadas.



Elaborado por: Tesista.

Figura 32. Máxima Tasa Interna de Retorno.

4.2 ÓPTIMAS CARACTERÍSTICAS GENERALES Y GEOMETRÍA DEL BUQUE

El “B/P Óptimo”, es un buque sardinero que operará en la zona de Manabí a la altura del puerto de Salango, utilizando el ciclo de la luna. Su

construcción será realizada empleando acero naval y su distribución será la típica de los buques sardineros del medio.

El buque sardinero será equipado de acuerdo a las normativas y regulaciones de ley, aplicables al tipo de operación del mismo. Para una descripción detallada de los equipos de seguridad, salvamento, pesca, navegación y contra incendios con los que cuenta la embarcación, revisar lo indicado en el capítulo 3.2.

La embarcación emplea para la maniobra una red de 658,1 metros de longitud (393.6 brazas), una panga de 5,50 metros con una potencia de 120 Hp.; y una polea hidráulica "Power Block" (macaco) para el virado de la red.

El buque posee una planta hidráulica con una capacidad de bombeo de 210 galones por minuto, para accionar el Power Block, los winches de ancla y jareta; y el absorbente. La embarcación cuenta además con un sistema de refrigeración para 100 toneladas, tipo "Agua de Lluvia",

Las características generales y la geometría del buque sardinero óptimo, son presentadas a continuación.

- **Dimensiones principales:**

Eslora: 22.38 [m.]

Manga: 6.07 [m.]

Puntal: 2.77 [m.]

Calado: 2.40 [m.]

- **Características generales:**

Velocidad de crucero: 10.0 [nudos]

Desplazamiento: 211.7 [tons.]

Peso Muerto: 125.6 [tons.]

Desplazamiento ligero: 83.2 [tons.]

Capacidad de bodega: 100.0 [tons.]

Número cúbico: 389.6 [m³.]

- **Maquinarias:**

Motor Principal: 429 [Hp.]; Caterpillar DITA 3408C

Reductor: Rango de reducción de 2:1 a 4:1; ZF 500

Generador: 242 [Kw]; Caterpillar DITA C18

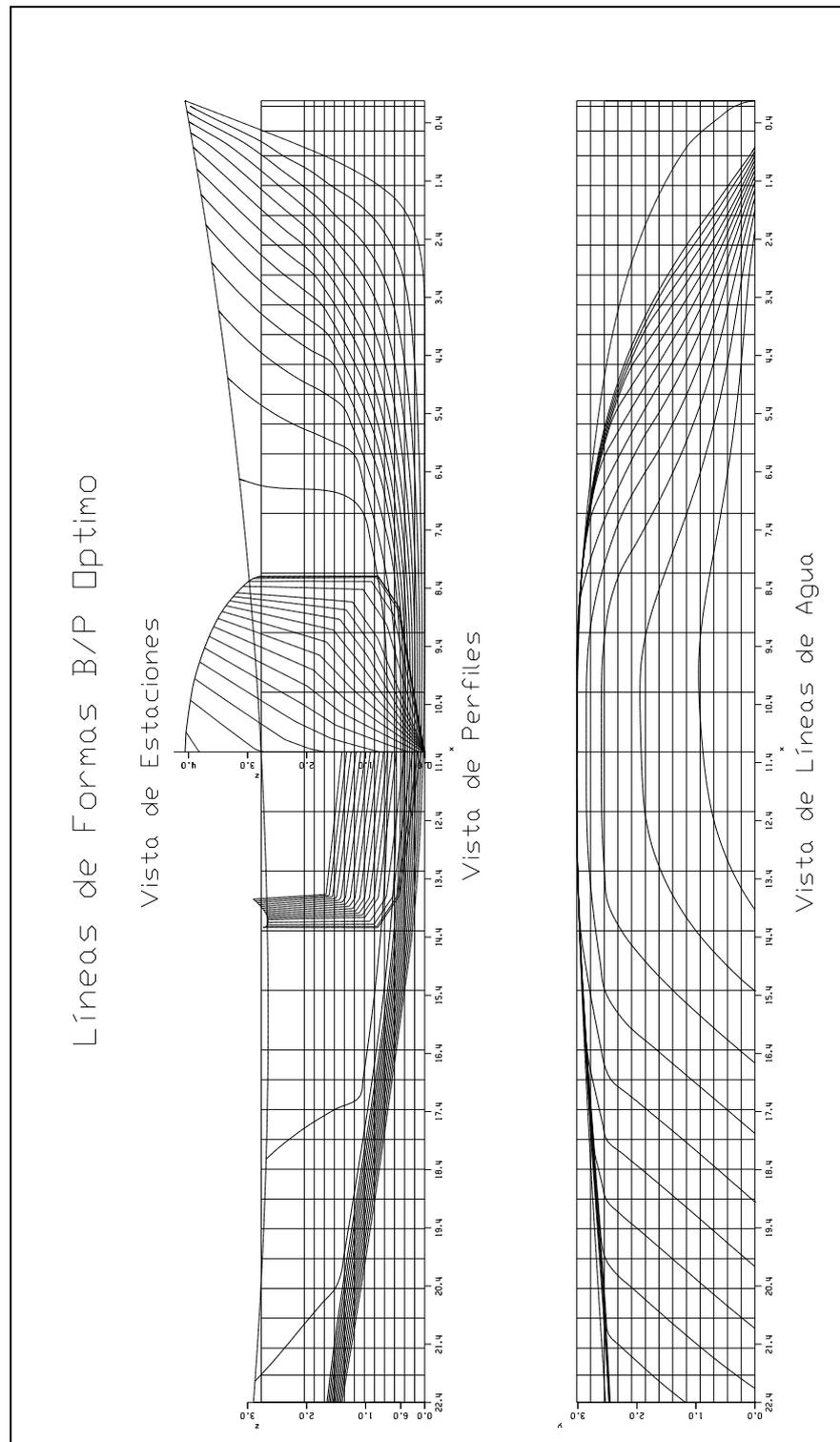
4.3 PLANO DE LÍNEAS DE FORMAS Y CÁLCULOS HIDROSTÁTICOS

Para demostrar que la construcción del buque sardinero optimizado es factible, se procedió a elaborar el plano de líneas de formas. Para esto se

emplearon los programas GENFORMS y GENNURBS, proporcionados por el Ph. D. José Marín.

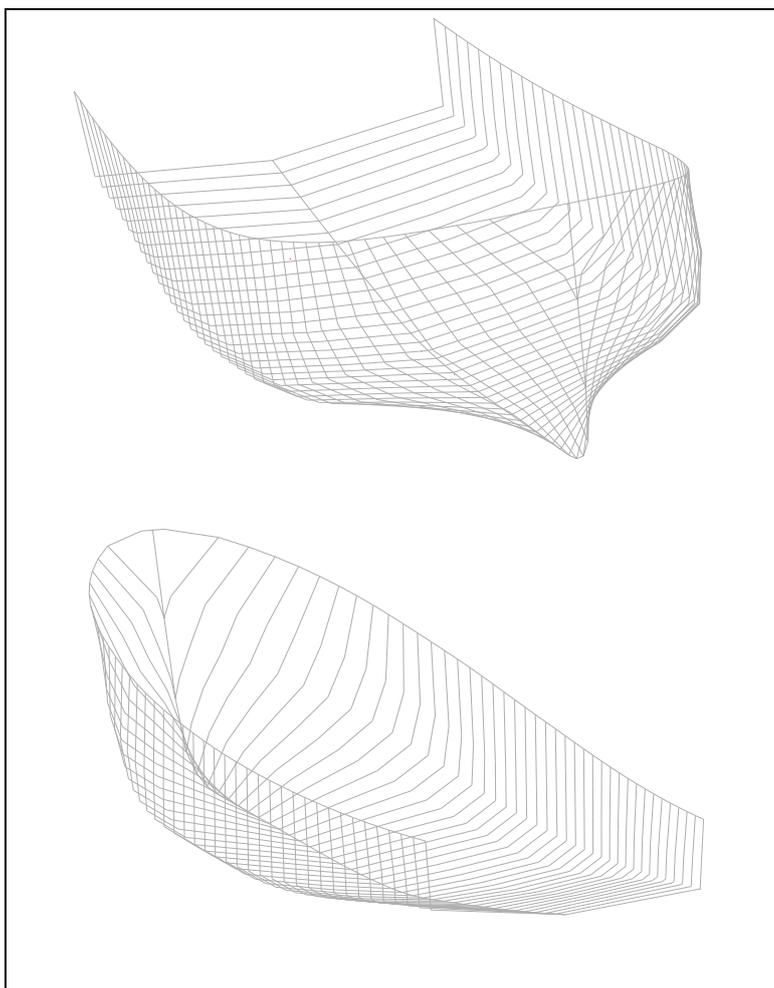
- **Plano de líneas de formas**

El archivo de datos que se ingresó en los programas para la generación de las formas del buque óptimo, se presenta en el ANEXO E. A continuación se presentan las líneas de formas generadas para el buque.



Elaborado por: Tesista.

Figura 33. Plano de líneas de formas, “B/P Óptimo”.



Elaborado por: Tesista.

Figura 34. Líneas de formas 3D, “B/P Óptimo”.

▪ Cálculos hidrostáticos

A continuación se presentan los cálculos hidrostáticos que se obtuvieron para el “B/P Óptimo”, al emplear el programa SHCP. El archivo de datos que se ingresó en el programa, así como el detalle de las unidades, definiciones y las curvas hidrostáticas del buque óptimo se presentan en el ANEXO E y en el ANEXO F, respectivamente.

CÁLCULOS HIDROSTÁTICOS

DESPLAZAMIENTO DE DISEÑO	204.960 TONS SWW
LCG DE DISEÑO	-1.669 UNID. DESDE S.M. (+PROA)
CALADO DE DISEÑO	2.469 UNID.
ASIENTO DE DISEÑO	0.000 UNID. (+POR POPA)
ESLORA TOTAL	22.380 UNID.
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	20.700 UNID.
ESTACION DE MAXIMA AREA (LAD)	10.630 UNID. DESDE PER. PR
MANGA EN ESTACION MAXIMA AREA	6.070 UNID.
COEFICIENTE DE AREA SECCIONAL	0.879
COEFICIENTE PRISMÁTICO	0.722
COEFICIENTE BLOQUE	0.635

HIDROSTÁTICAS - PARTE I ASIENTO 0.000 UNID.

	H	VOL	DESP	LCB	KB	SM	CP	CW	CIW
	0.83	31.5	32.3	-0.25	0.56	80.13	0.468	0.590	0.461
	1.11	54.2	55.5	-0.62	0.73	100.83	0.530	0.706	0.578
	1.38	79.6	81.6	-0.96	0.90	120.47	0.585	0.799	0.656
	1.94	139.4	142.8	-1.49	1.23	150.41	0.677	0.877	0.737
	2.22	170.3	174.5	-1.61	1.38	162.64	0.707	0.888	0.749
	2.40	190.3	195.0	-1.65	1.48	170.49	0.722	0.894	0.755
LD	2.47	200.0	204.9	-1.67	1.52	173.01	0.728	0.896	0.757
	2.54	206.0	211.1	-1.68	1.55	176.58	0.733	0.898	0.760

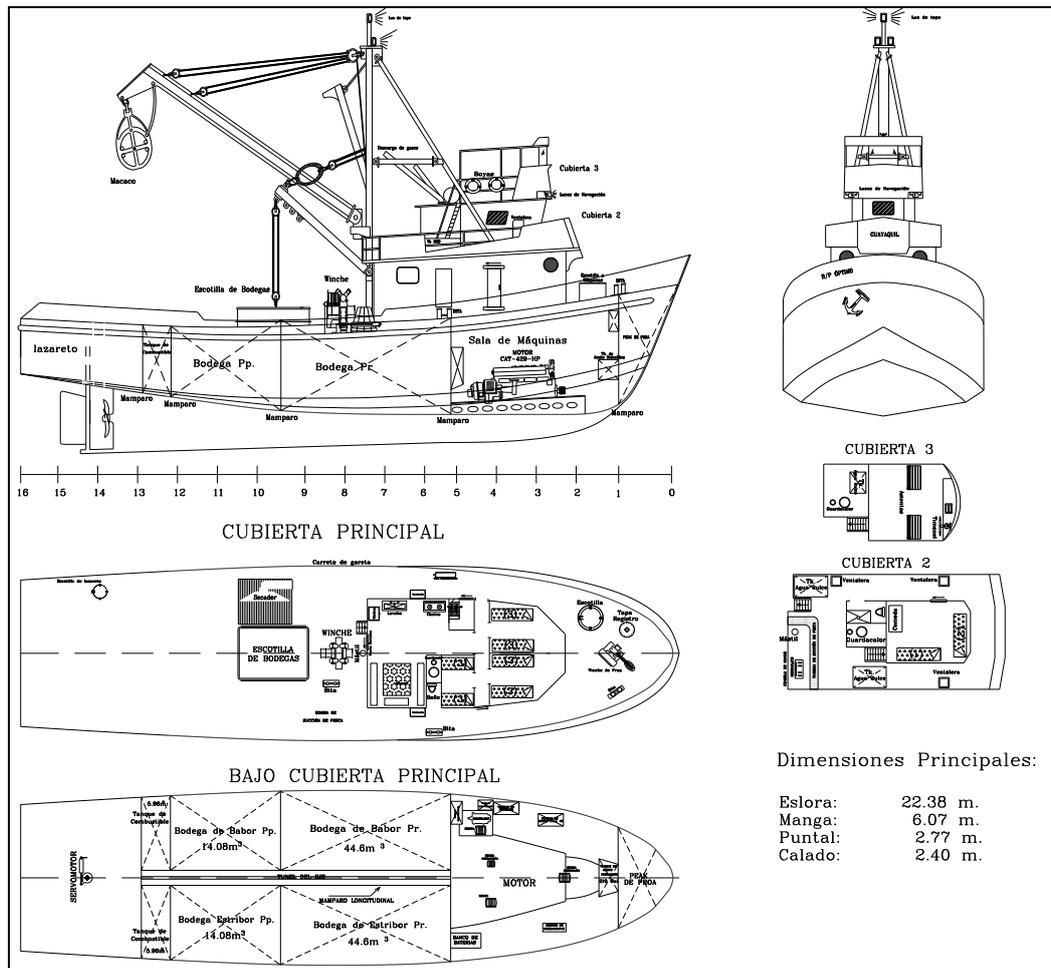
HIDROSTÁTICAS - PARTE II ASIENTO 0.000 UNID.

	H	AW	LCF	TP1	CD/P	BML	BMT	KML	KMT	MT1
	0.83	73.82	-0.85	75.64	3.10	35.0	5.57	35.5	6.13	54.6
	1.11	88.25	-1.39	90.42	6.08	32.8	4.06	33.6	4.79	88.1
	1.38	99.98	-1.97	102.44	9.74	32.3	3.14	33.2	4.04	127.1
	1.94	109.61	-2.17	112.30	11.78	24.1	2.01	25.3	3.23	166.0
	2.22	110.90	-2.10	113.62	11.50	20.4	1.67	21.7	3.05	171.6
	2.40	111.60	-2.06	114.34	11.36	18.5	1.50	20.0	2.98	174.7
LD	2.47	112.02	-2.04	114.60	11.32	17.9	1.45	19.4	2.97	175.8
	2.54	112.10	-2.03	114.85	11.27	17.4	1.40	18.9	2.95	176.9

4.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Finalmente, se comprobó mediante un análisis de estabilidad, que la embarcación optimizada satisface los criterios de estabilidad para buques pesqueros del convenio de Torremolinos. El archivo de datos que se introdujo en el programa, las definiciones y las tablas de estabilidad estática intacta se detallan en el ANEXO G.

A continuación se presenta el plano de distribución del buque sardinero óptimo:



Fuente: Pesquera Polar, 2006.

Figura 35. Plano de distribución, "B/P Óptimo".

Para poder realizar el análisis de estabilidad de la embarcación, se necesita implementar en Excel una hoja de cálculo, que permita encontrar los desplazamientos para las distintas condiciones en las que navegará el buque. De igual manera, utilizando el plano de distribución presentado en la Figura # 33, se determinarán los centros de gravedad (KG) y centros de flotación longitudinal (LCG) virtuales, correspondientes

a cada uno de los desplazamientos encontrados. Se procedió a realizar el análisis de estabilidad del buque para las siguientes condiciones:

1. **Condición ligera:** 10% Consumibles.
2. **Salida del puerto:** 100% Consumibles.
3. **Salida del caladero:** 65% Consumibles y 35% Carga.
4. **Llegada a puerto:** 35% Consumibles y 100% Carga.

Si bien la embarcación optimizada satisface los criterios de estabilidad del convenio de Torremolinos, para todas las condiciones señaladas; el asiento que se genera en la condición ligera y en la condición de salida del puerto, es considerable.

Para reducir el asiento generado por la disposición de los pesos (líquidos consumibles y carga), se recomienda mantener el buque lastrado para estas dos condiciones de carga. A continuación se presenta el cálculo de los desplazamientos, KG y LCG virtuales, para cada condición de carga señalada.

Se debe tener en cuenta que el hecho de que el KG calculado es virtual y no real, influye en el rango de estabilidad determinado para el “B/P Óptimo”, presentado en la Figura 36.

CONDICION # 1 - LIGERA					
ITEM	PESO [TONS.]	Z [M.]	MZ [TONS.-M.]	X [M.]	MX [TONS.-M.]
Peak Proa	0.436	0.505	0.220	9.800	4.273
Bodega 1 (BB-PP)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bodega 2 (BB-PR)	38.000	1.200	45.600	0.700	26.600
Bodega 3 (EB-PP)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bodega 4 (EB-PR)	38.000	1.200	45.600	0.200	7.600
Tq de Combustible 1 (BB)	0.522	0.800	0.418	-6.500	-3.393
Tq de Combustible 2 (EB)	0.522	0.800	0.418	-6.500	-3.393
Panga + Red	10.860	3.200	34.752	-9.000	-97.740
Motor	2.850	0.650	1.853	6.000	17.100
SUMATORIA	91.190		128.860		-48.953

Desplazamiento Ligero	86.07	[TONS.]	KG virtual	1.413	[M.] respecto a S.M.
Desplazamiento	177.260	[TONS.]	LCG virtual	-0.537	[M.] respecto a S.M.

CONDICION # 2 - SALIDA DEL PUERTO [100% CONSUMIBLES]					
ITEM	PESO [TONS.]	Z [M.]	MZ [TONS.-M.]	X [M.]	MX [TONS.-M.]
Peak Proa	4.360	2.170	9.461	9.800	42.728
Bodega 1 (BB-PP)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bodega 2 (BB-PR)	38.000	1.600	60.800	0.700	26.600
Bodega 3 (EB-PP)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bodega 4 (EB-PR)	38.000	1.600	60.800	0.200	7.600
Tq de Combustible 1 (BB)	5.220	2.240	11.693	-6.500	-33.930
Tq de Combustible 2 (EB)	5.220	2.240	11.693	-6.500	-33.930
Panga + Red	10.860	3.200	34.752	-9.000	-97.740
Motor	2.850	0.650	1.853	6.000	17.100
SUMATORIA	104.510		191.051		-71.572

Desplazamiento Ligero	86.07	[TONS.]	KG virtual	1.828	[M.] respecto a S.M.
Desplazamiento	190.580	[TONS.]	LCG virtual	-0.685	[M.] respecto a S.M.

CONDICION # 3 - SALIDA DEL CALADERO [65% CONSUMIBLES, 35% CARGA]					
ITEM	PESO [TONS.]	Z [M.]	MZ [TONS.-M.]	X [M.]	MX [TONS.-M.]
Peak Proa	2.834	1.523	4.315	9.800	27.773
Bodega 1 (BB-PP)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bodega 2 (BB-PR)	19.000	0.800	15.200	0.700	13.300
Bodega 3 (EB-PP)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bodega 4 (EB-PR)	19.000	0.800	15.200	0.200	3.800
Tq de Combustible 1 (BB)	3.393	1.680	5.700	-6.500	-22.055
Tq de Combustible 2 (EB)	3.393	1.680	5.700	-6.500	-22.055
Panga + Red	10.860	3.200	34.752	-9.000	-97.740
Motor	2.850	0.650	1.853	6.000	17.100
SUMATORIA	61.330		82.720		-79.876

Desplazamiento Ligero	86.07	[TONS.]	KG virtual	1.349	[M.] respecto a S.M.
Desplazamiento	147.400	[TONS.]	LCG virtual	-1.302	[M.] respecto a S.M.

CONDICION # 4 - LLEGADA A PUERTO [35% CONSUMIBLES, 100% CARGA]					
ITEM	PESO [TONS.]	Z [M.]	MZ [TONS.-M.]	X [M.]	MX [TONS.-M.]
Peak Proa	1.526	0.868	1.325	9.800	14.955
Bodega 1 (BB-PP)	12.000	1.630	19.560	-4.300	-51.600
Bodega 2 (BB-PR)	38.000	1.600	60.800	0.700	26.600
Bodega 3 (EB-PP)	12.000	1.630	19.560	-3.900	-46.800
Bodega 4 (EB-PR)	38.000	1.600	60.800	0.200	7.600
Tq de Combustible 1 (BB)	1.827	1.100	2.010	-6.500	-11.876
Tq de Combustible 2 (EB)	1.827	1.100	2.010	-6.500	-11.876
Panga + Red	10.860	3.200	34.752	-9.000	-97.740
Motor	2.850	0.650	1.853	6.000	17.100
SUMATORIA	118.890		202.668		-153.636

Desplazamiento Ligero	86.07	[TONS.]	KG virtual	1.705	[M.] respecto a S.M.
Desplazamiento	204.960	[TONS.]	LCG virtual	-1.292	[M.] respecto a S.M.

Elaborado por: Tesista.

Tabla 39. Análisis de estabilidad, Condiciones.

A continuación se presentan los resultados que se obtuvieron al realizar el análisis de estabilidad empleando el programa SHCP.

ANALISIS DE ESTABILIDAD INTACTA

EMBARCACION : B/P Optimo

LOADING CONDITION # 1

DISPLACEMENT : 177.26 TONS
 LONGITUDINAL POSITION of C.of GRAVITY: -0.54 UNITS
 VERTICAL POSITION of C. of GRAVITY : 1.41 UNITS

		PERC. of REQUIRED	SATISFYIES STAB. CRITERIA
AREA UNDER THE CURVE, UPTO 30° :	10.95 UNID-DEG.	3.48	YS
AREA UNDER THE CURVE, UPTO 40° :	17.24 UNIT-DEG.	3.34	YS
AREA UNDER THE CURVE 30-40°:	6.29 UNIT-DEG.	3.66	YS
HEEL ANGLE for MAX. RIGHTING ARM:	43.91 degrees	1.76	YS
MAXIMUM RIGHTING ARM :	0.65 m	3.24	YS
INITIAL METACENTRIC HEIGHT, GM ₀ :	1.63 m	10.86	YS
AREA UNDER CURVE of RIGHTING ARM:	50.51 m-deg.		
MAX. ANGLE of POSITIVE STABILITY:	123.44 degrees		

LOADING CONDITION # 2

DISPLACEMENT : 190.58 TONS
 LONGITUDINAL POSITION of C.of GRAVITY: -0.69 UNITS
 VERTICAL POSITION of C. of GRAVITY : 1.83 UNITS

		PERC. of	SATISFYIES
		REQUIRED	STAB. CRITERIA
AREA UNDER THE CURVE, UPTO 30° :	6.45 UNID-DEG.	2.05	YS
AREA UNDER THE CURVE, UPTO 40° :	9.43 UNIT-DEG.	1.83	YS
AREA UNDER THE CURVE 30-40°:	2.99 UNIT-DEG.	1.74	YS
HEEL ANGLE for MAX. RIGHTING ARM:	30.09 degrees	1.20	YS
MAXIMUM RIGHTING ARM :	0.30 m	1.52	YS
INITIAL METACENTRIC HEIGHT, G _{M0} :	1.22 m	8.15	YS
AREA UNDER CURVE of RIGHTING ARM:	16.07 m-deg.		
MAX. ANGLE of POSITIVE STABILITY:	80.93 degrees		

LOADING CONDITION # 3

DISPLACEMENT : 147.40 TONS
LONGITUDINAL POSITION of C.of GRAVITY: -1.30 UNITS
VERTICAL POSITION of C. of GRAVITY : 1.35 UNITS

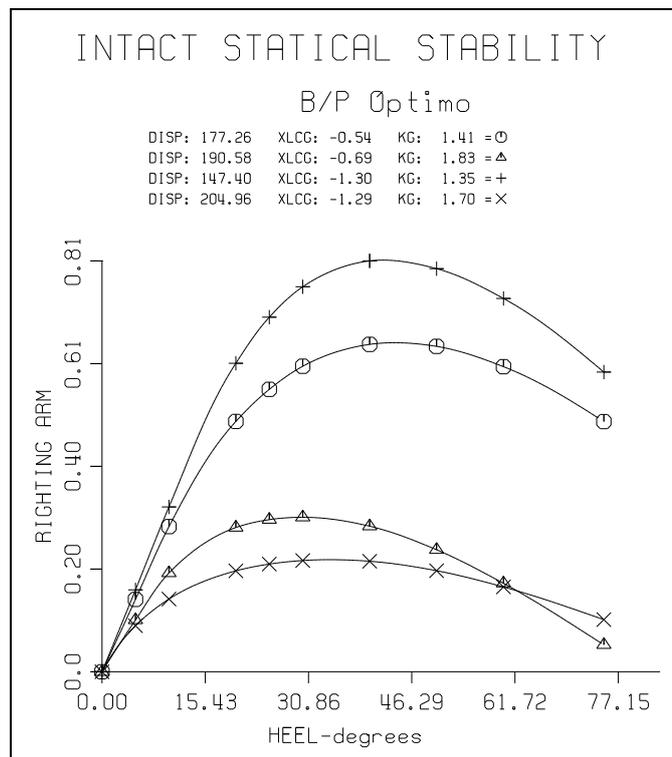
		PERC. of	SATISFYIES
		REQUIRED	STAB. CRITERIA
AREA UNDER THE CURVE, UPTO 30° :	6.45 UNID-DEG.	2.05	YS
AREA UNDER THE CURVE, UPTO 30° :	13.33 UNID-DEG.	4.23	YS
AREA UNDER THE CURVE, UPTO 40° :	21.25 UNIT-DEG.	4.12	YS
AREA UNDER THE CURVE 30-40°:	7.92 UNIT-DEG.	4.61	YS
HEEL ANGLE for MAX. RIGHTING ARM:	41.46 degrees	1.66	YS
MAXIMUM RIGHTING ARM :	0.81 m	4.05	YS
INITIAL METACENTRIC HEIGHT, G _{M0} :	1.84 m	12.25	YS
AREA UNDER CURVE of RIGHTING ARM:	60.78 m-deg.		
MAX. ANGLE of POSITIVE STABILITY:	120.45 degrees		

LOADING CONDITION # 4

DISPLACEMENT : 204.96 TONS
LONGITUDINAL POSITION of C.of GRAVITY: -1.29 UNITS
VERTICAL POSITION of C. of GRAVITY : 1.70 UNITS

		PERC. of REQUIRED	SATISFYIES STAB. CRITERIA
AREA UNDER THE CURVE, UPTO 30ø :	6.45 UNID-DEG.	2.05	YS
AREA UNDER THE CURVE, UPTO 30ø :	4.70 UNID-DEG.	1.49	YS
AREA UNDER THE CURVE, UPTO 40ø :	6.90 UNIT-DEG.	1.34	YS
AREA UNDER THE CURVE 30-40ø:	2.20 UNIT-DEG.	1.28	YS
HEEL ANGLE for MAX. RIGHTING ARM:	34.31 degrees	1.37	YS
MAXIMUM RIGHTING ARM	: 0.22 m	1.11	YS
INITIAL METACENTRIC HEIGHT, G _M o :	1.26 m	8.38	YS
AREA UNDER CURVE of RIGHTING ARM:	13.97 m-deg.		
MAX. ANGLE of POSITIVE STABILITY:	96.03 degrees		

A continuación se presentan las curvas de estabilidad estática intacta, para el “B/P Óptimo”.



Elaborado por: Tesista.

Figura 36. Curvas de estabilidad estática intacta.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

▪ Conclusiones:

Se ha llevado a cabo exitosamente el proceso de optimización tecnoeconómica de un buque sardinero, se han determinado las dimensiones principales óptimas del mismo, para maximizar las ganancias (TIR), en función de la capacidad de bodega y de la velocidad de crucero de la embarcación.

Se fijó una tasa mínima aceptable del 15%, y se obtuvo una TIR máxima del **25.01%**, correspondiente a la combinación de **100 toneladas** de capacidad de bodega y **10 nudos de velocidad** de crucero para la embarcación. Esto evidencia que la renovación de la flota sardinera Ecuatoriana es rentable.

El buque sardinero “B/P Óptimo” satisface los criterios de estabilidad del convenio de Torremolinos para buques pesqueros, para todas las condiciones de carga señaladas. De esta forma, se ha demostrado que es factible construir el buque sardinero obtenido al final de nuestro proceso de optimización.

▪ **Recomendaciones:**

Se recomienda a los ingenieros navales del medio, que procedan a utilizar el diseño optimizado y lo adapten a sus necesidades de acuerdo a su experiencia profesional; y a la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar el continuar con este trabajo de investigación.

Este estudio representa el equivalente a la primera vuelta dentro de la espiral de diseño. Está destinado a ser un apoyo y un punto de partida para el proyectista/constructor. Se recomienda que el presente trabajo sirva como incentivo para que el armador consiga fondos, del gobierno o de la banca privada para la renovación de la flota sardinera local.

El cumplimiento de los criterios de estabilidad por parte de la embarcación, no asegura la inmunidad del buque a la zozobra en cualquier circunstancia, ni exime al capitán de sus responsabilidades. Se recomienda a los capitanes tener prudencia y buen sentido marineró, prestando atención al estado de la mar, estación del año, previsiones del tiempo y zonas en las que navega el buque.

-ANEXOS-

ANEXO -A-

DESCRIPCIÓN DE LA PESCA CON ARTE DE CERCO DE JARETA

A continuación se presenta una descripción detallada de cada uno de los elementos empleados en la pesca con arte de cerco de jareta.

1. Relinga de corchos

Constituida por un cabo de nylon, en el que se colocan los flotadores de la red, que son de poliuretano.

2. Cadeneta o refuerzo

Paño de malla más clara e hilo más grueso que el del cuerpo de la red.

3. Cuerpo de la red

Formado por varios paños colocados en sentido horizontal; en algunos tipos en vertical.

4. Copo o matador

Fabricado en paño de hilo más grueso y malla más ciega que la del resto de la red, es el lugar donde se concentrará el pescado al costado del barco.

5. Refuerzos laterales

Son de paño y malla similar a la de la cadeneta.

6. Alas

Extremos del arte que pueden adoptar distintas formas y a los que se unen las tiras que servirán para completar el cerco.

7. Refuerzo o cadeneta baja

Similar a la cadeneta superior, pero más alto.

8. Relinga de plomo

Cabo sobre el que se colocan las piezas de plomo que lastran el arte. A esta relinga se unen las gazas de las anillas.

9. Jareta

Formada por un cabo de polietileno lastrado con hilo de plomo embutido, aún cuando para este sistema existen variantes, pudiendo montar parte de cabo normal y el resto emplomado, o bien con malleta.

10. Cabos de maniobra

Tiras de proa y popa que sirven para cobrar del arte a bordo y al mismo tiempo cerrar la jareta.

11. Anillas

Aros sobre los que laboreará la jareta, llamadas también llaves, sujetas al plomo por una rabiza o un pie de gallo, provisto de un gancho o mosquetón, son de latón o acero inoxidable.

ANEXO -B-

TONELAJE DIARIO DE CAPTURA, FLOTA LOCAL

A continuación se presenta un ejemplo de la información procesada, proveniente de la flota sardinera. Aquí se observa el tonelaje diario de captura realizado en la oscura del 18 de abril al 7 de mayo del 2006.

Oscura: 18 Abril - 7 Mayo 2006

Fecha		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Buque 1	Día trabajado (si=1, no=0)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Captura diaria, tons.	15,77	104,22	73,36	0,00	263,71	52,01	0,00	52,77	0,00	73,04
Buque 2	Día trabajado (si=1, no=0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Captura diaria, tons.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,60	18,26
Buque 3	Día trabajado (si=1, no=0)	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Captura diaria, tons.	0,00	10,62	13,61	40,95	20,74	8,85	0,00	3,43	26,56	27,39
Buque 4	Día trabajado (si=1, no=0)	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Captura diaria, tons.	0,00	95,18	1,66	30,87	94,28	23,01	0,00	4,43	149,40	104,58
Buque 5	Día trabajado (si=1, no=0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Captura diaria, tons.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Buque 6	Día trabajado (si=1, no=0)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Captura diaria, tons.	20,75	24,90	0,00	22,13	0,00	31,36	14,11	0,00	76,36	27,39
Buque 7	Día trabajado (si=1, no=0)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Captura diaria, tons.	0,00	8,52	0,00	70,80	51,46	26,22	0,00	12,73	11,62	29,88
Buque 8	Día trabajado (si=1, no=0)	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Captura diaria, tons.	0,00	45,37	19,09	0,00	24,90	14,96	0,00	3,32	50,13	6,64
Buque 9	Día trabajado (si=1, no=0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Captura diaria, tons.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fecha		28	29	30	1	2	3	4	5	6	7
Buque 1	Día trabajado (si=1, no=0)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Captura diaria, tons.	0,00	87,98	31,54	26,12	6,64	11,62	0,00	27,00	0,00	46,70
Buque 2	Día trabajado (si=1, no=0)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Captura diaria, tons.	17,43	29,88	37,35	43,16	28,22	42,26	0,00	34,03	0,00	0,00
Buque 3	Día trabajado (si=1, no=0)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Captura diaria, tons.	0,00	39,84	0,00	0,00	0,00	5,81	0,00	0,00	31,54	0,00
Buque 4	Día trabajado (si=1, no=0)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Captura diaria, tons.	14,50	21,69	101,26	6,97	0,00	45,33	0,00	0,00	36,52	0,00
Buque 5	Día trabajado (si=1, no=0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Captura diaria, tons.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Buque 6	Día trabajado (si=1, no=0)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Captura diaria, tons.	0,00	28,22	36,52	8,85	0,00	4,63	0,00	0,00	30,71	0,00
Buque 7	Día trabajado (si=1, no=0)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Captura diaria, tons.	1,77	66,12	2,49	26,78	26,56	11,62	0,00	14,94	0,00	0,00
Buque 8	Día trabajado (si=1, no=0)	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
	Captura diaria, tons.	0,00	36,52	3,32	17,60	8,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Buque 9	Día trabajado (si=1, no=0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Captura diaria, tons.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Ing. Patrick Townsend, 2006.

Tabla B.1. Ejemplo del tonelaje diario de captura por oscura, Flota local.

De igual manera, se procesó la información proveniente otras 35 oscuras; misma que no se adjunta al presente trabajo por motivos prácticos. Sin

embargo esta información se adjunta en el respaldo digital presentado con esta investigación, y puede ser consultada en la biblioteca de la FIMCM.

Oscura: 18 Abril - 7 Mayo 2006

Resumen		
Buque 1	Días trabajados	10
	Captura mensual	634,88
Buque 2	Días trabajados	2
	Captura mensual	34,86
Buque 3	Días trabajados	9
	Captura mensual	152,15
Buque 4	Días trabajados	9
	Captura mensual	503,41
Buque 5	Días trabajados	0
	Captura mensual	0,00
Buque 6	Días trabajados	10
	Captura mensual	217,00
Buque 7	Días trabajados	10
	Captura mensual	211,23
Buque 8	Días trabajados	9
	Captura mensual	164,41
Buque 9	Días trabajados	0
	Captura mensual	0,00

Fuente: Ing. Patrick Townsend, 2006.

Tabla B.2. Resumen del tonelaje diario de captura por oscura, Flota local.

ANEXO -C-

DETALLE DEL TRABAJO DE LA TRIPULACIÓN DURANTE EL LANCE

A continuación se presentan dos cuadros, en los que se detallan los trabajos realizados por la tripulación durante el lance de la red; el cual se divide en lance claro y oscuro.

El lance oscuro se realiza con todas las luces apagadas para que los peces no logren escapar, hasta que el cerco esté cerrado. En el lance claro, se prenden las luces para subir la red y la panga.

En el primer cuadro, se encuentran detalladas las etapas del lance de la red y las actividades que lleva a cabo cada tripulante. En el segundo cuadro se presentan los tiempos tomados por el Ing. Patrick Townsend durante una prueba realizada a bordo de uno de los buques de la flota sardinera local estudiada; desde las 03h12 a las 04h29.

TRIPULANTE	TRABAJO
INICIO DE LANCE	
Moñero	Da señal al arrear la panga. Informa al pescador el corte para el cierre del cerco. Da señal al ayudante de moña para recoger tira de proa. Corta ligadura entre el cabo de jareta y la cuba de proa.
Marinero arreador	Escucha la señal del moñero, suelta el cabo para arrear la panga.
Ayudante de moña	Recoge tira de proa
Panguero	Está listo a la arreada y encendida de la máquina. Gobierna la panga excepto en la recogida del cabo de jareta.
Ayudante de panga	Se encuentra listo en la proa con la tira de proa para lanzarla al cierre del cerco.
Winchero de proa 1	Agarra tira de proa y la recoge con el winche.
Marinero de proa 1	Estiba el cabo de jareta en proa.
Winchero de popa 1	Realiza guardia en el freno del cabo de jareta.
Winchero de popa 2	Realiza guardia en el freno del cable de la tira de popa.
Marineros	Ayudan a los wincheros a desenvolver el cable de la tira de popa y la jareta.
DURANTE EL LANCE	
Marinero 1	Vira el cabo y hala la cuba de popa.
Marinero 2	Saca anillas del cabo de jareta.
Marinero 3	Estiba el plomo.
Marinero 4	Estiba las anillas.
Marinero 5	Estiba los flotadores.
Marineros 6-12	Estiban la red.
FINAL DEL LANCE	
Marineros 3-12	Estiban el cabecero de proa.
Moñero	Realiza trabajo de ligaduras entre el cabo de jareta con el cabecero de proa.
Panguero	Estiba el cabo de la tira de proa en la panga.
Winchero de proa	Sube la panga.
Ayudante de moña	Organiza los cabos para maniobras del próximo lance.
Marinero arreador	Trinca el cabo que sujeta la panga al winche.

Nota: Los marineros estiban el cabo de jareta en el carrito de proa durante la absorción del pescado o al final del lance caso no hubiese pesca.

Fuente: Ing. Patrick Townsend, 2006.

Tabla C.1. Trabajo realizado por la tripulación durante las etapas del lance.

Ítem	Procedimiento	Hora	Hora
LANCE OSCURO			
1	Se observa la mancha y se cuadra la embarcación.		03H10
2	Se da la alarma.		
3	Los pangueros se alistan a llevar la punta de la jareta de proa.		
4	A la segunda alarma se arrea la panga.	23h34	03H12
5	Se realiza el cerco en el cual la panga con la luz de batería indica su posición.		
6	Fin del cerco al salir todas las anillas de la borda	23h36	03H13
7	Los pangueros reciben la señal para lanzar tira de proa a cubierta.		
8	Se recogen los cabos de jareta -proa y popa- y el cable de la tira de popa.	11h41	03H14
9	Se asegura el cabecero de proa.		
10	Se recoge y estiba el cable y la jareta de popa, mientras se alumbrá con el faro para la evitar la huida de la pesca encerrada.		
1	Al quedar en el pescante todas las anillas, queda cerrado el cerco y se encienden las luces.	00h05	03H39
LANCE CLARO			
1	Se sube el cabecero de popa con ayuda del petrel y el winche de proa.		03H40
2	Se estiba la red contando las anillas que aparecen.		03H41
3	Se engancha la cuba de proa al pescante de proa.		03H45
4	Cae el pescante con las 12 anillas y sea lista el absorbente.	00h15	03H55
5	Se comienza a absorber el pescado.		04H00
6	Se termina de estibar la red		04H20
7	Se sube la panga para un nuevo lance	00h38	04H29

Fuente: Ing. Patrick Townsend, 2006.

Tabla C.2. Tiempos tomados durante los lances claro y oscuro.

ANEXO -D-

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS BOMBAS EMPLEADAS

Se diseñaron dos sistemas hidráulicos para ser instalados en el buque, dependiendo de la potencia del motor principal. El primer diseño (simple), posee una sola bomba (VICKERS 4535V 60A38), capaz de hacer circular 150 galones por minuto mientras que el segundo diseño (modificado), posee dos bombas; la misma del primer diseño y otra (VICKERS 45VQ 60) con una capacidad de bombeo de 60 galones por minuto.

A continuación se presentan las especificaciones técnicas de los dos tipos de bombas empleadas en los dos sistemas; diseñados para poner en funcionamiento la planta hidráulica de bombeo instalada en el buque sardinero.

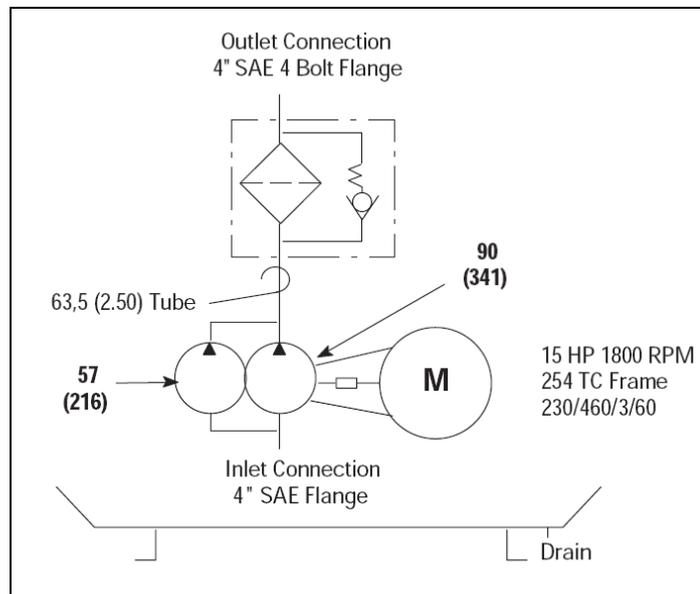
▪ **Bomba : VICKERS 4535V 60A38**

HV6R Series
Filter
4535V Series
Pump
150 GPM
(568 L/min) Flow

OLF 4535V60A38 HV6RT1MT4 LN B 8 C 05

<p>1 Model Series Off Line Filtration Unit</p> <p>2 Vane Pump 4535V0A381AD22-R</p> <p>3 Filter Series HV6RT1MT4</p> <p>4 Indicator options First Designator - Indicator Type J - No Indicator (plug) L - Visual 30 PSI R - Electrical 30 PSI</p>	<p>Second Designator - Electrical Receptical B - Brad Harrison H - Hirshman J - Hirshman with 24 volt light K - Hirshman with 115 volt light L - Hirshman with 230 volt light N - No Connector - use with visual indicators and "J"</p> <p>5 Seal material B - Buna-N V - Viton-A <i>Viton is a registered trademark of E.I. DuPont</i></p>	<p>6 Element Assembly length length mm (inch) mm (inch) 5 - 407 (16) 472 (18.6) 8 - 981 (39) 1056 (41.6)</p> <p>7 Element construction C - Standard Construction L - Deep pleat construction</p>	<p>8 Fluid cleanliness rating Target fluid cleanliness</p> <table border="0"> <tr> <td>Code</td> <td>level</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>16/14/12 or better</td> </tr> <tr> <td>05</td> <td>18/16/14 or better</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>20/18/15 or better</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>22/19/16 or better</td> </tr> </table> <p>The table assumes limited ingress/single pass of pump flow through element. For detailed assistance, see "The Systemic Approach to Contamination Control" or contact your local Eaton representative.</p>	Code	level	03	16/14/12 or better	05	18/16/14 or better	10	20/18/15 or better	20	22/19/16 or better
Code	level												
03	16/14/12 or better												
05	18/16/14 or better												
10	20/18/15 or better												
20	22/19/16 or better												

mm (inch)



Fuente: Bibliografía [25]

Figura D.1. Especificaciones Técnicas, Bomba VICKERS 4535V 60A38.

▪ **Bomba : VICKERS 45VQ 60**

Single Pump Operating Specifications							
Model Series	Delivery USgpm @ 1200 r/min 7 bar (100 psi)	Displ. cm ³ /r (in ³ /r)	Max. r/min	Max. bar (psi)	Typical del. L/min (USgpm) @ max. speed & pressure	Typical input kW (hp) @ max. speed & pressure	Weight kg (lb)
20VQ	5	18,0 (1.10)	2700	210 (3000)	42,3 (11)	17,9 (24)	11,8 (26)
	8	27,4 (1.67)	2700	210 (3000)	65,4 (17)	26,1 (35)	
	11	36,4 (2.22)	2700	210 (3000)	88,5 (23)	35,4 (47.5)	
	12	39,5 (2.41)	2700	160 (2300)	98,1 (25.5)	28,4 (38)	
	14	45,9 (2.80)	2700	140 (2000)	115,4 (30)	29,1 (39)	
25VQ	12	40,2 (2.45)	2700	210 (3000)	88,5 (23)	41,0 (55)	14,5 (32)
	14	45,4 (2.77)	2700	210 (3000)	103,8 (27)	46,6 (62.5)	
	17	55,2 (3.37)	2500	210 (3000)	119,2 (31)	51,8 (69.5)	
	21	67,5 (4.12)	2500	210 (3000)	146,2 (38)	61,9 (83)	
35VQ	25	81,6 (4.98)	2500	210 (3000)	173,1 (45)	75,3 (101)	22,7 (50)
	30	97,7 (5.96)	2500	210 (3000)	211,5 (55)	87,7 (117.5)	
	35	112,8 (6.88)	2400	210 (3000)	230,8 (60)	98,5 (132)	
	38	121,6 (7.42)	2400	210 (3000)	250,0 (65)	104,4 (140)	
45VQ	42	138,7 (8.46)	2200	175 (2500)	255,8 (66.5)	91,4 (122.5)	34,1 (75)
	50	162,3 (9.90)	2200	175 (2500)	303,8 (79)	105,2 (141)	
	➔ 60	193,4 (11.80)	2200	175 (2500)	369,2 (96)	126,8 (170)	

Performance constants: SAE 10W fluid @ 82°C (180°F), and pump inlet @ 0 PSIG (14.7 PSIA)

Note: Outlet pressure must always be higher than inlet pressure.

Fuente: Bibliografía [25]

Figura D.2. Especificaciones Técnicas, Bomba VICKERS 45VQ 60.

ANEXO -E-

ARCHIVO DE DATOS PARA LA GENERACIÓN DE FORMAS

A continuación se presenta el archivo de datos que se ingresó en el programa GENFORMS, para la generación de las formas del buque sardinero optimizado. Una vez ingresado el siguiente archivo de datos, el programa arroja un archivo final que deberá ser ingresado al programa GENNURBS; para realizar el alisamiento de las formas del buque.

- **Archivo de datos: GENFORMS**

```

B/P Óptimo
22.380   3.035   2.770
      11      120
SIGA
  8      3
0.0000E+00  0.4059E+01
0.8500E+00  0.1800E+01
0.1750E+01  0.0000E+00
0.5000E+01  0.0000E+00
0.1278E+02  0.0000E+00
0.1650E+02  0.5000E+00
0.2000E+02  0.1000E+01
0.2238E+02  0.1400E+01
0.4059E+01  0.2900E+01
  8      3
0.0000E+00  0.0000E+00
-.8000E-01  0.6000E+00
0.1600E+01  0.1700E+01
0.3700E+01  0.2400E+01
0.6400E+01  0.2800E+01
0.9397E+01  0.3035E+01
0.1524E+02  0.2998E+01
0.2238E+02  0.2530E+01

```

4

1.240000		0.2250000		1.262597		22.38000
2.480000		0.4300000		0.9587092		22.38000
3.021000		0.7900000		0.6861274		22.38000
3.021000		1.500000		0.4067978		22.38000
10.00000		12.00000				
0.000	1.000	14.000	-8.000	0.000	0.000	
0.000	1.650	25.000	-7.000	0.000	0.000	
0.000	2.300	35.000	-8.000	0.000	0.000	
0.000	3.000	40.000	-7.000	0.000	0.000	
1.260	1.540	-4.000	7.000			
2.450	1.670	-2.000	6.000			
2.450	1.670	-2.000	6.000			
2.480	2.140	-2.000	6.000			

ANEXO -F-

ARCHIVO DE DATOS PARA CÁLCULOS HIDROSTÁTICOS Y CURVAS HIDROSTÁTICAS DEL BUQUE

A continuación se presenta el archivo de datos que se ingresó en el programa SHCP, para realizar los cálculos hidrostáticos del buque sardinero optimizado. Este archivo es creado automáticamente por el programa GENFORMS, una vez que se han generado las formas del buque.

▪ Archivo de datos: SHCP

```

001
B/P Óptimo
FECHA
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0.1119E+01 .005 .005 0.2238E+02 1.0 0 2
0.000000E+00 0.000000E+00 0.405872E+01 0
0.000000E+00 0.100000E-02 0.405873E+01 7777
0.000000E+00 0.200000E-02 0.406072E+01 7777
0.000000E+00 0.300000E-02 0.406172E+01 7777
0.000000E+00 0.400000E-02 0.406272E+01 7777
0.000000E+00 0.207227E+00 0.406300E+01 8888
0.500000E+00 0.000000E+00 0.261021E+01 0
0.500000E+00 0.100000E-02 0.261121E+01 7777
0.500000E+00 0.200000E-02 0.261221E+01 7777
0.500000E+00 0.300000E-02 0.261321E+01 7777
0.500000E+00 0.125613E+00 0.298041E+01 7777
0.500000E+00 0.100798E+01 0.396085E+01 8888
0.100000E+01 0.000000E+00 0.128119E+01 0
0.100000E+01 0.100000E-02 0.128219E+01 7777
0.100000E+01 0.743856E-01 0.162968E+01 7777
0.100000E+01 0.295715E+00 0.223521E+01 7777
0.100000E+01 0.564498E+00 0.290188E+01 7777
0.100000E+01 0.137047E+01 0.386625E+01 8888
0.150000E+01 0.000000E+00 0.438865E+00 0
0.150000E+01 0.102260E+00 0.941850E+00 7777
0.150000E+01 0.330493E+00 0.155344E+01 7777
0.150000E+01 0.657856E+00 0.214168E+01 7777
0.150000E+01 0.963477E+00 0.281171E+01 7777
0.150000E+01 0.166232E+01 0.377519E+01 8888

```

0.200000E+01	0.000000E+00	0.151901E+00	0
0.200000E+01	0.235227E+00	0.864799E+00	7777
0.200000E+01	0.578790E+00	0.146817E+01	7777
0.200000E+01	0.994264E+00	0.203762E+01	7777
0.200000E+01	0.132084E+01	0.271108E+01	7777
0.200000E+01	0.190185E+01	0.368768E+01	8888
0.250000E+01	0.000000E+00	0.327837E-01	0
0.250000E+01	0.362408E+00	0.789573E+00	7777
0.250000E+01	0.818240E+00	0.137600E+01	7777
0.250000E+01	0.130508E+01	0.192530E+01	7777
0.250000E+01	0.163844E+01	0.260228E+01	7777
0.250000E+01	0.209794E+01	0.360372E+01	8888
0.300000E+01	0.000000E+00	0.277642E-04	0
0.300000E+01	0.483106E+00	0.716764E+00	7777
0.300000E+01	0.104705E+01	0.127848E+01	7777
0.300000E+01	0.158978E+01	0.180678E+01	7777
0.300000E+01	0.191737E+01	0.248739E+01	7777
0.300000E+01	0.225975E+01	0.352330E+01	8888
0.350000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0
0.350000E+01	0.596861E+00	0.646880E+00	7777
0.350000E+01	0.126350E+01	0.117750E+01	7777
0.350000E+01	0.184625E+01	0.168413E+01	7777
0.350000E+01	0.215808E+01	0.236857E+01	7777
0.350000E+01	0.239418E+01	0.344644E+01	8888
0.400000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0
0.400000E+01	0.702990E+00	0.580533E+00	7777
0.400000E+01	0.146648E+01	0.107516E+01	7777
0.400000E+01	0.207578E+01	0.156005E+01	7777
0.400000E+01	0.236176E+01	0.224830E+01	7777
0.400000E+01	0.250575E+01	0.337312E+01	8888
0.450000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0
0.450000E+01	0.801088E+00	0.518203E+00	7777
0.450000E+01	0.165376E+01	0.973596E+00	7777
0.450000E+01	0.227786E+01	0.143712E+01	7777
0.450000E+01	0.253194E+01	0.212914E+01	7777
0.450000E+01	0.259785E+01	0.330335E+01	8888
0.500000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0
0.500000E+01	0.890445E+00	0.460533E+00	7777
0.500000E+01	0.182495E+01	0.874847E+00	7777
0.500000E+01	0.245256E+01	0.131811E+01	7777
0.500000E+01	0.267031E+01	0.201370E+01	7777
0.500000E+01	0.267657E+01	0.323712E+01	8888
0.550000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0
0.550000E+01	0.970779E+00	0.407932E+00	7777
0.550000E+01	0.197753E+01	0.781394E+00	7777
0.550000E+01	0.260170E+01	0.120545E+01	7777
0.550000E+01	0.277951E+01	0.190468E+01	7777
0.550000E+01	0.274687E+01	0.317445E+01	8888
0.600000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0
0.600000E+01	0.104133E+01	0.361086E+00	7777
0.600000E+01	0.211177E+01	0.694911E+00	7777
0.600000E+01	0.272456E+01	0.110230E+01	7777
0.600000E+01	0.286369E+01	0.180428E+01	7777
0.600000E+01	0.280932E+01	0.311532E+01	8888
0.650000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0
0.650000E+01	0.110197E+01	0.320294E+00	7777
0.650000E+01	0.222548E+01	0.617959E+00	7777
0.650000E+01	0.282415E+01	0.101042E+01	7777
0.650000E+01	0.292555E+01	0.171502E+01	7777
0.650000E+01	0.286431E+01	0.305974E+01	8888

0.700000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0
0.700000E+01	0.115189E+01	0.286285E+00	7777
0.700000E+01	0.231905E+01	0.551888E+00	7777
0.700000E+01	0.290122E+01	0.932319E+00	7777
0.700000E+01	0.296838E+01	0.163922E+01	7777
0.700000E+01	0.291231E+01	0.300770E+01	8888
0.750000E+01	0.000000E+00	0.000000E+00	0
0.750000E+01	0.119113E+01	0.259240E+00	7777
0.750000E+01	0.239128E+01	0.498788E+00	7777
0.750000E+01	0.295735E+01	0.870045E+00	7777
0.750000E+01	0.299621E+01	0.157830E+01	7777
0.750000E+01	0.295039E+01	0.295922E+01	8888
0.800000E+01	0.000000E+00	0.159824E-04	0
0.800000E+01	0.121890E+01	0.239888E+00	7777
0.800000E+01	0.244205E+01	0.460076E+00	7777
0.800000E+01	0.299495E+01	0.824654E+00	7777
0.800000E+01	0.301224E+01	0.153384E+01	7777
0.800000E+01	0.297680E+01	0.291428E+01	8888
0.850000E+01	0.000000E+00	0.166480E-02	0
0.850000E+01	0.123530E+01	0.228335E+00	7777
0.850000E+01	0.247182E+01	0.436623E+00	7777
0.850000E+01	0.301555E+01	0.797672E+00	7777
0.850000E+01	0.301942E+01	0.150763E+01	7777
0.850000E+01	0.299507E+01	0.287289E+01	8888
0.900000E+01	0.000000E+00	0.627155E-02	0
0.900000E+01	0.124000E+01	0.225000E+00	7777
0.900000E+01	0.248000E+01	0.430000E+00	7777
0.900000E+01	0.302100E+01	0.790000E+00	7777
0.900000E+01	0.302100E+01	0.150000E+01	7777
0.900000E+01	0.300729E+01	0.283505E+01	8888
0.950000E+01	0.000000E+00	0.142309E-01	0
0.950000E+01	0.124000E+01	0.225000E+00	7777
0.950000E+01	0.248000E+01	0.430000E+00	7777
0.950000E+01	0.302100E+01	0.790000E+00	7777
0.950000E+01	0.302100E+01	0.150000E+01	7777
0.950000E+01	0.301477E+01	0.280075E+01	8888
0.100000E+02	0.000000E+00	0.260524E-01	0
0.100000E+02	0.124000E+01	0.225000E+00	7777
0.100000E+02	0.248000E+01	0.430000E+00	7777
0.100000E+02	0.302100E+01	0.790000E+00	7777
0.100000E+02	0.302100E+01	0.150000E+01	7777
0.100000E+02	0.301840E+01	0.277000E+01	8888
0.105000E+02	0.000000E+00	0.423957E-01	0
0.105000E+02	0.124000E+01	0.225000E+00	7777
0.105000E+02	0.248000E+01	0.430000E+00	7777
0.105000E+02	0.302100E+01	0.790000E+00	7777
0.105000E+02	0.302100E+01	0.150000E+01	7777
0.105000E+02	0.301884E+01	0.274280E+01	8888
0.110000E+02	0.000000E+00	0.641124E-01	0
0.110000E+02	0.124073E+01	0.227503E+00	7777
0.110000E+02	0.248025E+01	0.432469E+00	7777
0.110000E+02	0.301973E+01	0.791465E+00	7777
0.110000E+02	0.301981E+01	0.150079E+01	7777
0.110000E+02	0.301656E+01	0.271915E+01	8888
0.115000E+02	0.000000E+00	0.923330E-01	0
0.115000E+02	0.124510E+01	0.242905E+00	7777
0.115000E+02	0.248175E+01	0.447633E+00	7777
0.115000E+02	0.301194E+01	0.800507E+00	7777
0.115000E+02	0.301251E+01	0.150574E+01	7777
0.115000E+02	0.300971E+01	0.269904E+01	8888

0.120000E+02	0.000000E+00	0.128778E+00	0
0.120000E+02	0.125292E+01	0.271708E+00	7777
0.120000E+02	0.248440E+01	0.475926E+00	7777
0.120000E+02	0.299749E+01	0.817505E+00	7777
0.120000E+02	0.299898E+01	0.151519E+01	7777
0.120000E+02	0.299736E+01	0.268248E+01	8888
0.125000E+02	0.000000E+00	0.175899E+00	0
0.125000E+02	0.126350E+01	0.312733E+00	7777
0.125000E+02	0.248791E+01	0.516125E+00	7777
0.125000E+02	0.297708E+01	0.841867E+00	7777
0.125000E+02	0.297986E+01	0.152899E+01	7777
0.125000E+02	0.298097E+01	0.266947E+01	8888
0.130000E+02	0.000000E+00	0.237793E+00	0
0.130000E+02	0.127611E+01	0.364775E+00	7777
0.130000E+02	0.249201E+01	0.566986E+00	7777
0.130000E+02	0.295141E+01	0.872995E+00	7777
0.130000E+02	0.295582E+01	0.154696E+01	7777
0.130000E+02	0.296141E+01	0.266001E+01	8888
0.135000E+02	0.000000E+00	0.312958E+00	0
0.135000E+02	0.129006E+01	0.426607E+00	7777
0.135000E+02	0.249641E+01	0.627245E+00	7777
0.135000E+02	0.292121E+01	0.910281E+00	7777
0.135000E+02	0.292752E+01	0.156894E+01	7777
0.135000E+02	0.293925E+01	0.265409E+01	8888
0.140000E+02	0.000000E+00	0.389069E+00	0
0.140000E+02	0.130461E+01	0.496984E+00	7777
0.140000E+02	0.250083E+01	0.695620E+00	7777
0.140000E+02	0.288719E+01	0.953110E+00	7777
0.140000E+02	0.289564E+01	0.159476E+01	7777
0.140000E+02	0.291498E+01	0.265172E+01	8888
0.145000E+02	0.000000E+00	0.465851E+00	0
0.145000E+02	0.131903E+01	0.574643E+00	7777
0.145000E+02	0.250497E+01	0.770814E+00	7777
0.145000E+02	0.285010E+01	0.100086E+01	7777
0.145000E+02	0.286084E+01	0.162424E+01	7777
0.145000E+02	0.288896E+01	0.265290E+01	8888
0.150000E+02	0.000000E+00	0.543396E+00	0
0.150000E+02	0.133260E+01	0.658308E+00	7777
0.150000E+02	0.250856E+01	0.851521E+00	7777
0.150000E+02	0.281065E+01	0.105291E+01	7777
0.150000E+02	0.282379E+01	0.165722E+01	7777
0.150000E+02	0.286135E+01	0.265762E+01	8888
0.155000E+02	0.000000E+00	0.621674E+00	0
0.155000E+02	0.134453E+01	0.746758E+00	7777
0.155000E+02	0.251127E+01	0.936478E+00	7777
0.155000E+02	0.276957E+01	0.110868E+01	7777
0.155000E+02	0.278517E+01	0.169356E+01	7777
0.155000E+02	0.283239E+01	0.266590E+01	8888
0.160000E+02	0.000000E+00	0.700714E+00	0
0.160000E+02	0.135410E+01	0.838604E+00	7777
0.160000E+02	0.251283E+01	0.102427E+01	7777
0.160000E+02	0.272765E+01	0.116748E+01	7777
0.160000E+02	0.274568E+01	0.173306E+01	7777
0.160000E+02	0.280226E+01	0.267772E+01	8888
0.165000E+02	0.000000E+00	0.780728E+00	0
0.165000E+02	0.136059E+01	0.932521E+00	7777
0.165000E+02	0.251295E+01	0.111356E+01	7777
0.165000E+02	0.268561E+01	0.122865E+01	7777
0.165000E+02	0.270601E+01	0.177550E+01	7777
0.165000E+02	0.277107E+01	0.269309E+01	8888

0.170000E+02	0.000000E+00	0.863140E+00	0			
0.170000E+02	0.136328E+01	0.102721E+01	7777			
0.170000E+02	0.251135E+01	0.120301E+01	7777			
0.170000E+02	0.264422E+01	0.129156E+01	7777			
0.170000E+02	0.266685E+01	0.182072E+01	7777			
0.170000E+02	0.273889E+01	0.271201E+01	8888			
0.175000E+02	0.000000E+00	0.948059E+00	0			
0.175000E+02	0.136144E+01	0.112139E+01	7777			
0.175000E+02	0.250774E+01	0.129131E+01	7777			
0.175000E+02	0.260419E+01	0.135556E+01	7777			
0.175000E+02	0.262885E+01	0.186853E+01	7777			
0.175000E+02	0.270584E+01	0.273447E+01	8888			
0.180000E+02	0.000000E+00	0.103508E+01	0			
0.180000E+02	0.135437E+01	0.121377E+01	7777			
0.180000E+02	0.250185E+01	0.137714E+01	7777			
0.180000E+02	0.256626E+01	0.142003E+01	7777			
0.180000E+02	0.259271E+01	0.191874E+01	7777			
0.180000E+02	0.267199E+01	0.276048E+01	8888			
0.185000E+02	0.000000E+00	0.112399E+01	0			
0.185000E+02	0.134137E+01	0.130307E+01	7777			
0.185000E+02	0.249340E+01	0.145921E+01	7777			
0.185000E+02	0.253116E+01	0.148434E+01	7777			
0.185000E+02	0.255909E+01	0.197117E+01	7777			
0.185000E+02	0.263741E+01	0.279004E+01	8888			
0.190000E+02	0.000000E+00	0.121456E+01	0			
0.190000E+02	0.132176E+01	0.138803E+01	7777			
0.190000E+02	0.248212E+01	0.153622E+01	7777			
0.190000E+02	0.249960E+01	0.154785E+01	7777			
0.190000E+02	0.252865E+01	0.202565E+01	7777			
0.190000E+02	0.260223E+01	0.282315E+01	8888			
0.195000E+02	0.000000E+00	0.130658E+01	0			
0.195000E+02	0.129485E+01	0.146742E+01	7777			
0.195000E+02	0.246774E+01	0.160690E+01	7777			
0.195000E+02	0.247232E+01	0.160994E+01	7777			
0.195000E+02	0.250207E+01	0.208199E+01	7777			
0.195000E+02	0.256637E+01	0.285980E+01	8888			
0.200000E+02	0.000000E+00	0.140000E+01	0			
0.200000E+02	0.126000E+01	0.154000E+01	7777			
0.200000E+02	0.245000E+01	0.167000E+01	7777			
0.200000E+02	0.245000E+01	0.167100E+01	7777			
0.200000E+02	0.248000E+01	0.214000E+01	7777			
0.200000E+02	0.253000E+01	0.290000E+01	9999			
9999999999	9999999999	2.4690000	0.00	0.9760000		
7	0	0	0	0.0		
0.831E+00	0.111E+01	0.138E+01	0.194E+01	0.222E+01	0.240E+01	0.254E+01

A continuación se detallan las unidades y definiciones de los términos que se presentan en el archivo de resultados; proveniente del programa SHCP; utilizado para desarrollar los cálculos hidrostáticos del buque optimizado.

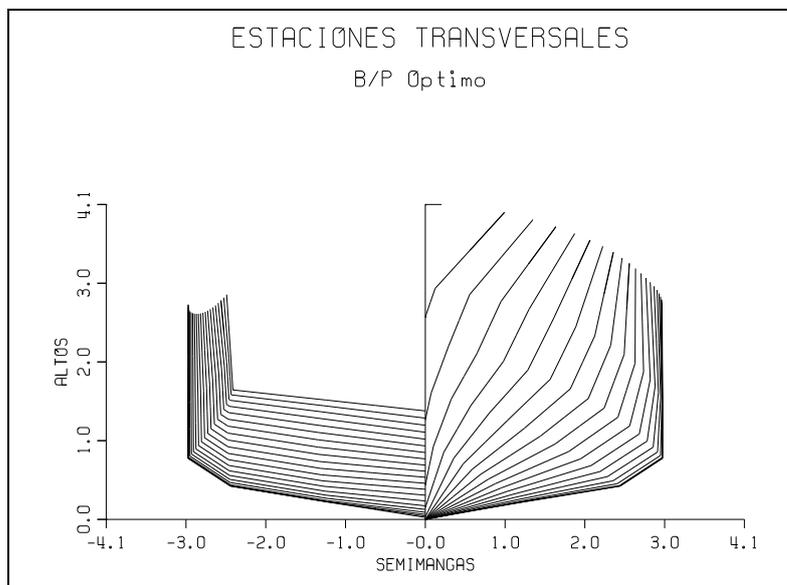
- **Archivo de resultados: SHCP**

HIDROSTATICAS

UNIDADES Y DEFINICIONES

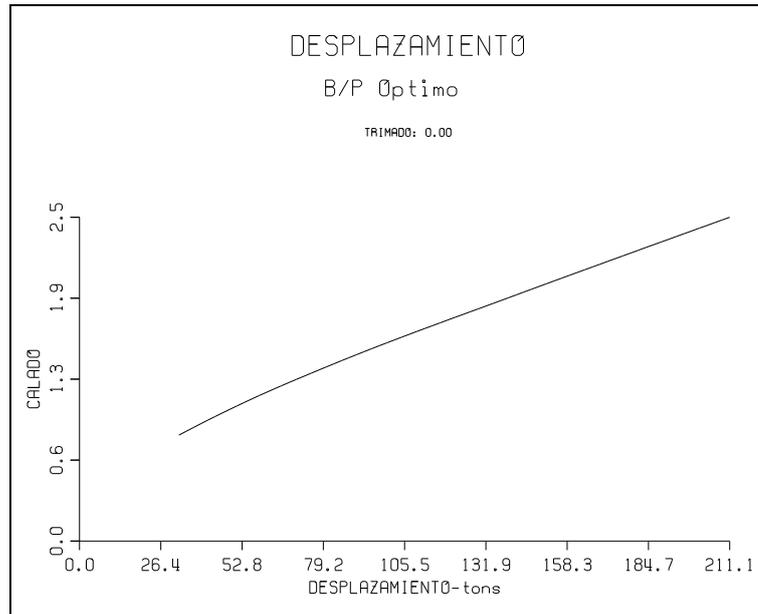
CD/P	CAMBIO DE DESPLAZAMIENTO POR PIE DE ASIENTO POR POPA (tons)
DESP	DESPLAZAMIENTO
H	CALADO
KB	ALTO DEL CENTRO DE BOYANTEZ SOBRE LB
LCB	POSICION LONGITUD. DEL BOYANTEZ DESDE SECCION MEDIA
LCF	POSICION LONG. DEL C. FLOTACION DESDE SECCION MEDIA (+PROA)
BML	RADIO METACENTRICO LONGITUDINAL
KML	METACENTRO LONGITUDINAL
MT1	MOMENTO PARA CAMBIAR EL ASIENTO UNA UNID.
CPL	COEFICIENTE PRISMATICO LONGITUDINAL
TP1	TONELADAS POR UNIDAD DE INMERSION
BMT	RADIO METACENTRICO TRANSVERSAL
KMT	METACENTRO TRANSVERSAL
VOL	VOLUMEN DE DESPLAZAMIENTO (UNID. CUBICAS)
SM	SUPERFICIE MOJADA (UNID. CUADRADAS)
AW	AREA PLANO DE AGUA (UNID. CUADRADAS)
CW	COEFICIENTE PLANO DE AGUA-AW/(LBPXB*)
CIW	COEF. INERCIA PLANO AGUA - INERCIA TRANSV.P.AGUA/(LBPXB*3/12)

- **Curvas Hidrostáticas del buque:**



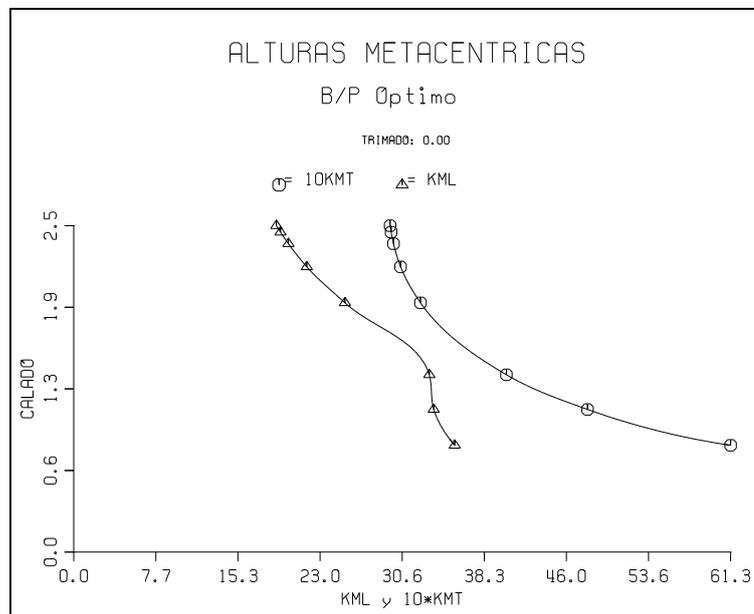
Elaborado por: Tesista.

Figura F.1. Curvas Hidrostáticas del “B/P Óptimo”, Estaciones.



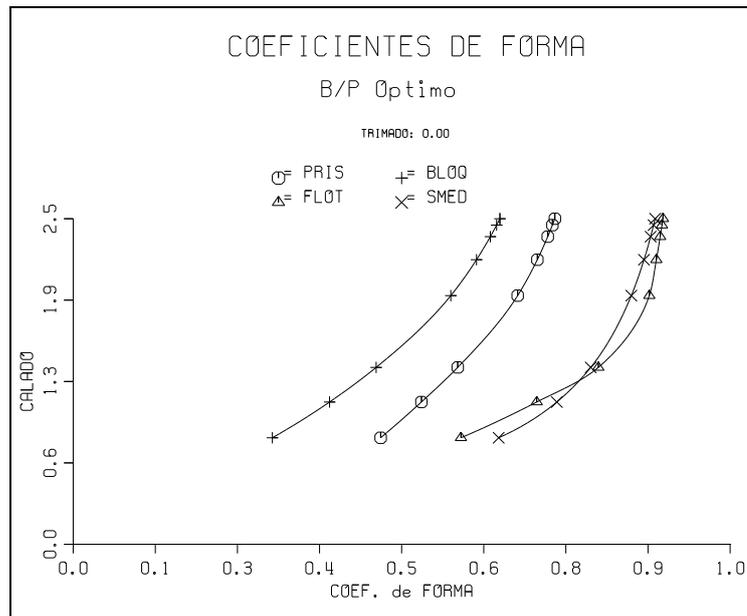
Elaborado por: Tesista.

Figura F.2. Curvas Hidrostáticas del “B/P Óptimo”, Desplazamiento.



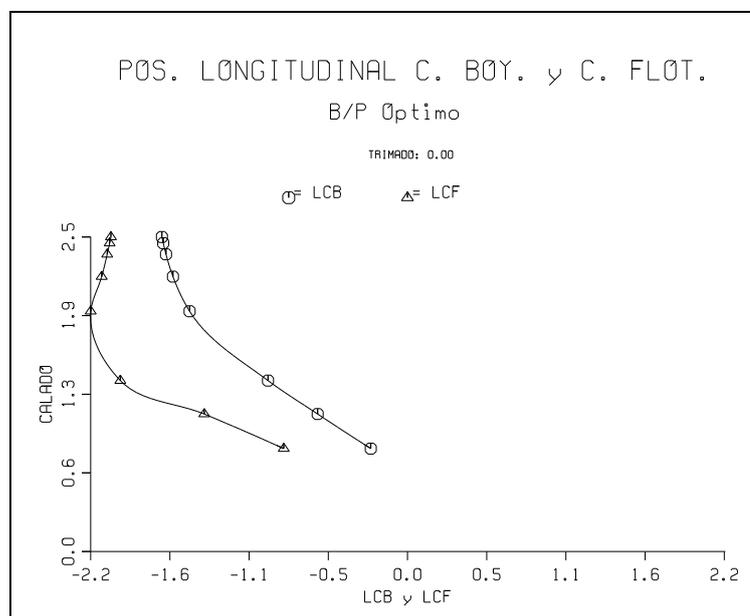
Elaborado por: Tesista.

Figura F.3. Curvas Hidrostáticas del “B/P Óptimo”, KML y KMT.



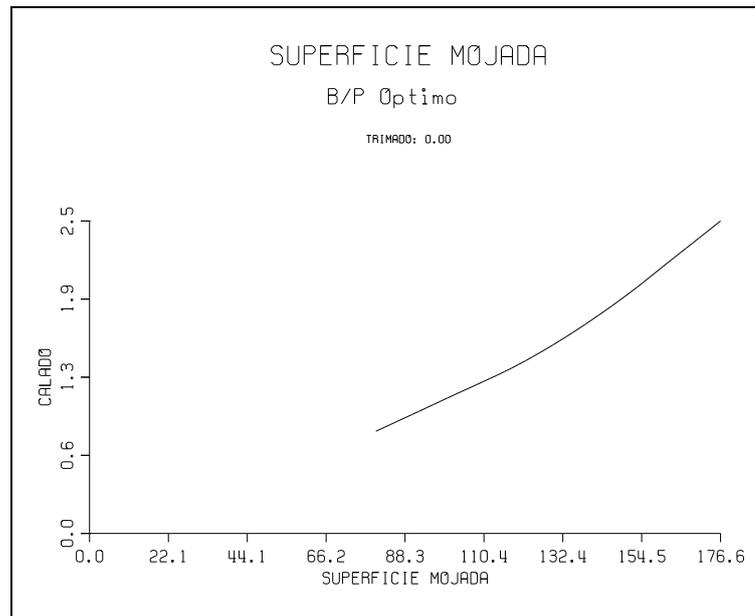
Elaborado por: Tesista.

Figura F.4. Curvas Hidrostáticas del "B/P Óptimo", Coeficientes de forma



Elaborado por: Tesista.

Figura F.5. Curvas Hidrostáticas del "B/P Óptimo", LCB y LCF



Elaborado por: Tesista.

Figura F.6. Curvas Hidrostáticas del "B/P Óptimo", Superficie Mojada.

ANEXO -G-

ARCHIVO DE DATOS PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

A continuación se presenta el archivo de datos que se ingresó en el programa SHCP, para realizar el análisis de estabilidad del buque sardinero optimizado. El archivo de datos es similar al que se ingresó para realizar los cálculos hidrostáticos del buque; se debe reemplazar el 1 por el 6 en la 4 línea y se deben reemplazar las dos últimas líneas con la información de los desplazamientos, LCGs, KGs y ángulos de escora, como se muestra a continuación.

▪ Archivo de datos: SHCP

```
001
B/P Óptimo
FECHA
6 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```



```
0.200000E+02  0.000000E+00  0.140000E+01  0
0.200000E+02  0.126000E+01  0.154000E+01  7777
0.200000E+02  0.245000E+01  0.167000E+01  7777
0.200000E+02  0.245000E+01  0.167100E+01  7777
0.200000E+02  0.248000E+01  0.214000E+01  7777
0.200000E+02  0.253000E+01  0.290000E+01  9999
9999999999 9999999999 2.4690000 0.00 0.9760000
4 0 177.26 190.58 147.40 204.96 0 0 0 LEIDO POR INTAC (CURVAS ESTAB.)
4 0 -0.54 -0.69 -1.30 -1.29 0 0 0 1
1.41 1.83 1.35 1.70 0 0 0
10 5 10 20 25 30 40 50 60 75 85
```

▪ **Archivo de resultados: SHCP**

4 DESPLs. ENTRADA	177.260	190.580	147.400	204.960	
4 LCGs ENTRADA	-0.540	-0.690	-1.300	-1.290	
4 KGs DE ENTRADA	1.410	1.830	1.350	1.700	
10 ESCORAS ENTRADA	5.000	10.000	20.000	25.000	30.000
	40.000	50.000	60.000	75.000	85.000

DEFINICIONES

DESPL	DESPLAZAMIENTO EN TONELADAS
LCG	POS. LONG EN UNIDADES DESDE SEC. MEDIA (+ PROA)
ESCORAS	ANGULO DE ESCORA EN GRADOS
TCB	POS. TRANSVERSAL C. BOYANTEZ DESDE CRUJIA EN UNID.
VCB	POS. VERTICAL C. BOYANTEZ EN UNIDADES
RA	BRAZO ADRIZANTE EN UNIDADES
CALADO	CALADO EN SECCION MEDIA EN UNIDADES
TRIM	TRIMADO TOTAL EN UNIDADES (+ POR POPA)

CURVAS DE ESTABILIDAD ESTÁTICA INTACTA

DESPL	LCG	KG	ESCORAS	RA	TCB	VCB	CALADO	TRIM
177.260	-0.540	1.41	5.000	0.143	0.144	1.403	2.258	-0.258
			10.000	0.286	0.289	1.422	2.257	-0.256
			20.000	0.493	0.501	1.477	2.308	-0.168
			25.000	0.557	0.570	1.505	2.368	-0.071
			30.000	0.602	0.624	1.533	2.449	0.052
			40.000	0.645	0.697	1.584	2.667	0.376
			50.000	0.641	0.740	1.626	2.985	0.837
			60.000	0.601	0.765	1.662	3.484	1.562
			75.000	0.493	0.785	1.710	5.373	4.203
			85.000	0.398	0.791	1.741	12.716	14.252

190.580	-0.690	1.83	5.000	0.102	0.134	1.465	2.368	-0.136
			10.000	0.195	0.259	1.481	2.374	-0.122
			20.000	0.284	0.415	1.521	2.461	0.062
			25.000	0.300	0.465	1.542	2.542	0.214
			30.000	0.304	0.506	1.563	2.647	0.397
			40.000	0.287	0.565	1.604	2.931	0.869
			50.000	0.240	0.601	1.640	3.344	1.534
			60.000	0.174	0.623	1.671	3.994	2.575
			75.000	0.053	0.641	1.713	6.443	6.383
			85.000	-0.033	0.646	1.740	15.941	20.930
147.400	-1.300	1.35	5.000	0.161	0.169	1.265	1.943	0.609
			10.000	0.325	0.341	1.288	1.940	0.615
			20.000	0.608	0.641	1.367	1.952	0.739
			25.000	0.699	0.744	1.409	1.978	0.890
			30.000	0.759	0.820	1.448	2.013	1.082
			40.000	0.810	0.918	1.516	2.111	1.590
			50.000	0.794	0.973	1.571	2.250	2.318
			60.000	0.736	1.007	1.618	2.470	3.478
			75.000	0.591	1.034	1.684	3.339	7.629
			85.000	0.469	1.042	1.729	6.714	23.821
204.960	-1.290	1.70	5.000	0.091	0.105	1.536	2.469	0.644
			10.000	0.143	0.173	1.545	2.517	0.850
			20.000	0.199	0.260	1.568	2.690	1.431
			25.000	0.212	0.290	1.580	2.810	1.786
			30.000	0.219	0.315	1.593	2.956	2.191
			40.000	0.218	0.352	1.619	3.341	3.214
			50.000	0.199	0.377	1.644	3.913	4.727
			60.000	0.167	0.393	1.666	4.838	7.189
			75.000	0.103	0.406	1.698	8.382	16.571
			85.000	0.055	0.410	1.719	22.199	52.862

ANEXO -H-

EQUIPO DE SALVAMENTO

A Continuación se presenta una descripción de los principales equipos de salvamento, con los que se encuentra equipado el buque sardinero.

Switlik 10 Man Coastal Liferaft
38.5" X 24" X 17"
10 Person USCG Canister Model
Manufacturer: SWITLIK
Model #: CLR-10H-USCG-MKII
Shipping Weight: 145.00 Lbs.
Price: \$6982.95



Boating Vest Type III PFD
Adult universal orange
SOLAS Approved, 30" - 52" chest
Manufacturer: STEARNS
Model #: 2001SOLAS
Shipping Weight: 1.14 Lbs.
Price: \$29.99



Rough Neck Life Ring
30" Diameter
Orange
Manufacturer: CAL JUNE/ JIM BUOY
Model #: JBSO-30
Shipping Weight: 7.80 Lbs.
Price: \$74.99



ANEXO -I-

COSTOS DE LA HABITABILIDAD DEL BUQUE

A continuación se presenta el desglose de los costos de la habitabilidad del buque. Estos fueron calculados en base a la experiencia y operación de la flota sardinera local estudiada, y mediante la realización de una investigación actual del mercado.

Ítem No.	DESCRIPCIÓN	MATERIALES		COSTO UNITARIO [USD\$]	COSTO TOTAL [USD\$]
		CANTIDAD	UNIDADES		
1	Revestimiento de pisos	40	[m ²]	19,60	784
2	Revestimiento de tumbados	40	[m ²]	7,50	300
3	Puertas interiores, con chapa	12	[adim.]	95	1.140
4	Litera de madera (3 personas), con cajones	4	[adim.]	240	960
5	Litera de madera (2 personas), con cajones	2	[adim.]	160	320
6	Cama de 1,5 plazas, con cajones	2	[adim.]	110	220
7	Casilleros dobles, metálicos	8	[adim.]	85	680
8	Armarios de madera, con chapa	2	[adim.]	125	250
9	Escritorio de madera, con silla	2	[adim.]	160	320
10	Mesa para 12 personas, con asientos	1	[adim.]	450	450
11	Mesón de acero inoxidable, para lavaplatos	1	[adim.]	175	175
12	Lavaplatos de doble pozo, con grifería	1	[adim.]	185	185
13	Repisa	2	[adim.]	45	90
14	Cocina a gas, con horno	1	[adim.]	500	500
15	Congelador/Refrigerador	1	[adim.]	900	900
16	Claraboyas de bronce, de 0,45 mm	12	[adim.]	485	5.820
17	Ventanas de aluminio, con vidrio	7	[adim.]	160	1.120
18	Inodoro	2	[adim.]	65	130
19	Lavamanos, con grifería	3	[adim.]	55	165
20	Ducha, con grifería	2	[adim.]	45	90
21	Botiquín, con espejo	3	[adim.]	60	180

COSTO TOTAL \$ 14.779

Elaborado por: Tesista.

Tabla I.1. Desglose de costos de la Habitabilidad.

Para poder encontrar una ecuación para determinar de manera aproximada el costo de la habitabilidad del buque sardinero, se hicieron las siguientes consideraciones:

1. Existe un costo fijo que no depende del número de tripulantes que posea la embarcación. Se han considerado los siguientes ítems dentro de este costo:

Ítem No.	DESCRIPCIÓN	MATERIALES		COSTO UNITARIO [USD\$]	COSTO TOTAL [USD\$]
		CANTIDAD	UNIDADES		
1	Mesón de acero inoxidable, para lavaplatos	1	[adim.]	175	175
2	Lavaplatos de doble pozo, con grifería	1	[adim.]	185	185
3	Repisa	2	[adim.]	45	90
4	Cocina a gas, con horno	1	[adim.]	500	500
5	Congelador/Refrigerador	1	[adim.]	900	900

COSTO FIJO \$ 1.850

Elaborado por: Tesista.

Tabla I.2. Costos fijos de la Habitabilidad.

2. Existe un costo variable, que está relacionado directamente con el número de tripulantes que posea la embarcación. En este caso, ese costo sería igual a la diferencia entre el Costo Total y el Costo Fijo, como se muestra a continuación:

$$C_{Vsriable} = C_{Total} - C_{Fijo}$$

$$C_{Vsriable} = 14,779 - 1,850 = USD \$12,929$$

Finalmente, se divide el Costo Variable para el número de tripulantes que se ha considerado van a operar el buque. De esta forma, se obtiene una ecuación para determinar de manera aproximada el costo de la habitabilidad de un buque sardinero.

$$K_1 = \frac{C_{Variable}}{TRIP} = \frac{USD \ \$14,779}{18 \ personas} = 718.28 \frac{\$}{persona}$$

Ecuación para determinar el costo de la Habitabilidad:

$$C_{Habitabilidad} = k + [TRIP \cdot k_1]$$

Cte.	Valor	Unidad
k	1.850,00	[USD]
k ₁	728,28	[USD/persona]

Donde:

C_{Habitabilidad} : Costo de la Habitabilidad del buque, [USD].

Se recomienda realizar investigaciones de mercado constantemente, para mantener esta ecuación actualizada.

ANEXO -J-

SARDINA DEL PACÍFICO

- **Clasificación Científica:**

Nombre: Sardinops sagax.

Clase: Clupeiformes.

Familia: Clupeidae.

- **Características físicas:**

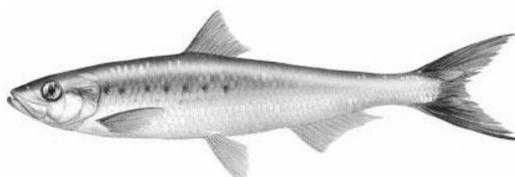
Algunas sardinias pueden alcanzar los 40 centímetros en su etapa de madurez, sin embargo el promedio mide menos de 30 centímetros. Hay una gran influencia de la variación regional en la tasa de crecimiento, con un aumento en el promedio de crecimiento de sur a norte.

En el Pacífico Noroeste, la sardina alcanzará los 21,5 centímetros luego de 4 años y los 23,5 centímetros luego de 5 años. Las hembras crecen más rápido que los machos. Algunos individuos maduran en su primer año de vida, pero la mayoría lo hace en el segundo.

Tienen un periodo de vida de entre 13 y 25 años, pero la mayoría tiene menos de 8 años. Su tamaño puede declinar una vez alcanzada la madurez, con decrecimiento de su biomasa.

- **Habitat:**

La sardina del Pacífico es un pez pelágico, que se encuentra en el Este del Océano Pacífico, desde el Suroeste de Alaska, hasta la Baja California y el Golfo de California; también se la encuentra a lo largo de Perú, Chile y Ecuador. Forman grandes escuelas de más de 10 millones de individuos, y son frecuentemente asociados con la anchoa, merluza, caballa, etc.



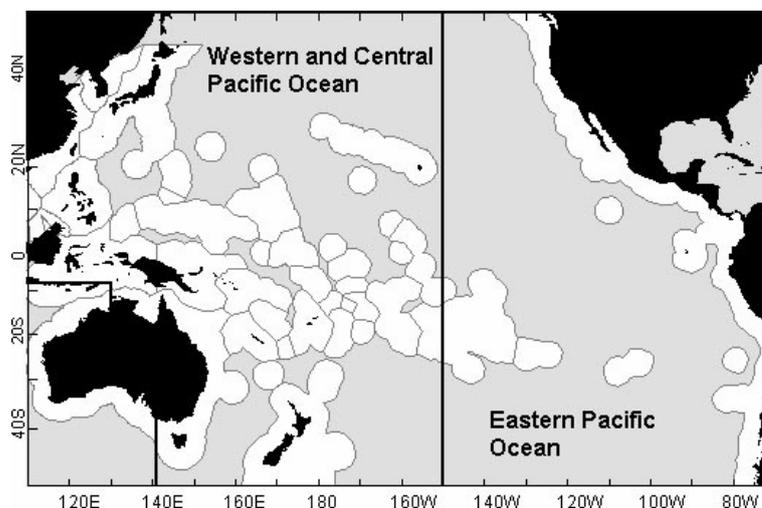
- **Dieta:**

Se alimenta de plancton, al que filtra por medio de las branquiespinas, que presenta especialmente el primer arco branquial. Algunas veces se colocan frente a la corriente y hacen pasar el agua hasta las branquias; otra forma de alimentarse es nadando activamente. Las sardinas de todos los tamaños son consideradas potencial alimento para una gran variedad de pájaros marinos, peces y mamíferos.

- **Comportamiento:**

La sardina del Pacífico es un pez gregario por excelencia, y realiza importantes desplazamientos. Migra hacia el norte y sur del océano Pacífico. La población del Norte ha realizado largas migraciones, desplazándose

hacia el norte, hasta la Columbia Británica durante el comienzo del verano; y de vuelta al sur de California durante el otoño e invierno, Cada año de vida, la migración se realiza más hacia el norte. La extensión y duración de la migración es afectada por las condiciones oceanográficas; esta migración no es tan considerable con poblaciones de menor tamaño. Esta información puede ser encontrada y ampliada en la siguiente dirección electrónica: <http://bridgesdesign.net/sardineking/sardinespecs.html>



El paper “Discussion of Parameters for Standardization of U.S. Purse Seine Catch-Per-Unit Effort”, [1]; brevemente revisa las especificaciones de buques pertenecientes a la flota cerquera Norteamericana, que operan en la zona Centro-Oeste del Océano Pacífico, y la utilización de esta información en la estandarización de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), de dicha flota; aplicable a la zona Este del Océano Pacífico.

BIBLIOGRAFÍA

1. ATILIO L. JR. Y NORMAN B., Discussion of Parameters for Standardization of U.S. Purse Seine Catch-Per-Unit Effort, National Marine Fisheries Service-Southwest Fisheries Science Center, California, Junio de 1999.
2. BOAT WORLD, Commercial Sheet, www.boat-world.com, 2007
3. CALISAL S. Y MCGREER D., A resistance study on a systematic series of low L/B vessels, SNAME, Jersey City, Octubre de 1993.
4. CINAVE, Programas Utilitarios, www.cinave.org, 2007
5. DEPARTMENT OF THE INTERIOR FISH AND WILDLIFE SERVICE, An Optimun Fishing Vessel for Georges Bank Groundfish Fishery, Bureau of Commercial Fisheries, Boston, 1966.
6. FAO, Fishing boat designs: 3 – Small Trawlers, Fisheries Technical Paper # 188, Roma, 1984.

7. FAULÍN J. Y JUAN A., Simulación de Monte Carlo como técnica cuantitativa, Secretaría de Estado de Educación y Universidades MECD, Buenos Aires, Septiembre del 2005.
8. FONDEAR, Normativa Náutica, www.fondear.org, 2007.
9. GALEANO, A., La fundamentación técnico económica de la determinación de las dimensiones y características principales de los buques pesqueros de pequeño porte, IPIN-CEPRONA, Cuba, 2005.
10. JOHNSON, R., Probabilidad y Estadística para ingenieros de Miller y Freund, Prentice Hall, México, 1997.
11. LEWIS, E., Principles of Naval Architecture Vol. II, SNAME, Jersey City, 1988.
12. MARÍN, J., Formas e Hidrostática del Buque, ESPOL-FIMCM, Guayaquil, Noviembre del 2005.
13. MARÍN, J., Maquinaria Naval II, ESPOL-FIMCM, Guayaquil, 2001.

14. MARÍN, J., GENFORMS, Programa para la Generación de las Líneas de Formas del buque, FIMCM-ESPOL, 2007.
15. MARÍN, J., SHCP, Programa para realizar Cálculos Hidrostáticos y de Estabilidad del buque, FIMCM-ESPOL, 2007.
16. MARISCAL, C., Curso Básico de Pesca, ESPOL-FIMCM, Guayaquil, Enero del 2006.
17. MARISCAL, C., Introducción a la formulación y evaluación de proyectos Marítimos, ESPOL-FIMCM, Guayaquil, Enero de 1999.
18. MARISCAL, C., Notas de clase de Proyecto del Buque I, ESPOL-FIMCM, Guayaquil, Noviembre del 2005.
19. MÉNDEZ, C., Metodología, Diseño y desarrollo del proceso de investigación, Mc. Graw Hill, Bogotá, Agosto del 2003.
20. OMI, Código de Seguridad para pescadores y buques pesqueros, Organización Internacional del Trabajo, Londres, 2006.

21. OMI, Seguridad de las Operaciones de Pesca (Nivel de Apoyo), Compendio del programa docente del curso modelo sobre la seguridad de las operaciones de pesca, Agosto del 2004.

22. SANTOS, J., Tecnología de la Pesca, ASESMAR-Inspección General de Pesca Marítima, Valencia, Septiembre de 1995.

23. SCHMIDT, P., Evolution of the Chilean Fishing Fleet, XI COPINAVAL, Viña del Mar, Octubre de 1989.

24. TOWNSEND, P., Notas de clase de Introducción a los Sistemas de Pesca, ESPOL-FIMCM, Guayaquil, Enero del 2004.

25. VICKERS, Elementos Hidráulicos, www.hydraulic-supply.com, 2007.