

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Mecánica



TESIS

OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE ARRASTRE DE UNA EMBARCACIÓN PESQUERA PARA MAXIMIZAR LA CAPACIDAD DE CAPTURA MEDIANTE ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS

Para obtener el título profesional de:

Ingeniero Naval.

Elaborado por

Max Solano Carbajal

 [0009-0005-1677-6131](https://doi.org/10.1009-0005-1677-6131)

Asesor

MSc. Victor Nilo Acosta Pastor

 [0009-0000-1036-2185](https://doi.org/10.1009-0000-1036-2185)

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. A los compañeros que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Max Solano

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco muy profundamente a mi asesor Ing. Víctor Nilo Acosta Pastor por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional

*“El éxito debe medirse no por la posición a que una
persona ha llegado sino por su esfuerzo para triunfar”*

Booker T. Washington

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la configuración óptima de la estructura de arrastre. Para esto, se realizará un análisis por elementos finitos del cual se obtendrá la distribución de esfuerzos y deformaciones.

La tesis comienza por una revisión de estructuras típicas de sistemas de arrastre, a continuación, se elige una estructura base sobre la cual se aplicarán parámetros a los elementos principales que conforma los distintos elementos estructurales. Se desarrollo el modelo geométrico en RHINOCEROS y posteriormente se obtuvieron los resultados de esfuerzo y deformación para cada estructura de los cuales se determinará la configuración óptima basándose en el peso y la capacidad de arrastre de cada sistema. Adicionalmente se discuten los efectos de cada parámetro seleccionado y se presentan las conclusiones

ABSTRACT

The objective of this work is to determine the optimum configuration of the trawler structure. For this purpose, a finite element analysis will be performed to obtain the stress and deformation distribution.

The thesis begins with a review of typical structures of trawler systems, then, a base structure is chosen on which parameters will be applied to the main elements that make up the different structural elements. The geometric model was developed in RHINOCEROS and then the stress and deformation results were obtained for each structure from which the optimum configuration will be determined based on the weight and drag capacity of each system. Additionally, the effects of each selected parameter are discussed, and conclusions are presented.

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
CAPITULO I_INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 GENERALIDADES.....	3
1.2 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	3
1.2.1 Problema	4
1.2.2 Problemas específicos	4
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	5
CAPITULO II_MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	19
2.1 MARCO TEÓRICO GENERAL.....	19
2.1.1 Teoría de fallas	19
2.1.2 Desplazamiento	21
2.1.3 Potencia del winche	21
2.2 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	22
2.2.1 Fuerza de arrastre	22
2.2.2 Winche.....	23
2.2.3 Métodos de Elementos Finitos.....	23
2.2.4 Embarcación Pesquera	24
2.2.5 Resistencia Estructural	27
2.2.6 Artes de Pesca	28
CAPITULO _HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	30
3.1 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	30
3.1.1 Hipótesis General	30
3.1.2 Hipótesis Específicas.....	30
3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	30
CAPITULO IV METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	32
4.1 TIPO Y DISEÑO, DE LA INVESTIGACIÓN	32
4.1.1 Tipo de Investigación.....	32
4.1.2 Justificación de la Investigación	32
4.1.3 Alcance de la Investigación	33
4.1.4 Diseño de la Investigación.....	33
4.2 UNIDAD DE ANÁLISIS.....	33
4.3 MATRIZ DE CONSISTENCIA	34

CAPITULO V	36
DESARROLLO DE LA TESIS	36
5.1 SELECCIÓN DEL MODELO BASE	36
5.1.1 Barco arrastrero	36
CAPITULO VI _MODELAMIENTO Y ESTUDIO PARAMETRICO	38
6.1 DESARROLLO DEL MODELO NUMERICO	38
6.1.1 Propiedades del material	38
6.1.2 Geometría del modelo	38
6.1.3 Enmallado del modelo.....	39
6.1.4 Análisis de sensibilidad de malla	40
6.1.5 Condiciones de Contorno	41
6.1.6 Dimensiones para parametrizar	43
6.2 RESULTADOS	45
6.2.1 Pesos de la estructura	45
6.2.2 Esfuerzos Von Mises	46
6.2.3 Configuración óptima de la estructura de arrastre.....	56
6.2.4 Efecto del winche sobre la estructura y sobre la capacidad de captura	63
6.2.5 Consideraciones respecto a la normativa vigente	63
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFÍA.....	67

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PLANO DE ESFUERZOS POR TENSIÓN EN LA CAJA DE TRANSMISIÓN.	5
FIGURA 2. WINCHE EN CAD E IMAGEN REAL.....	6
FIGURA 3. GRÁFICO CONCEPTUAR DEL MECANISMO DE ELEVACIÓN PARA EL REMOLCADOR.....	7
FIGURA 4. GRÁFICO CONCEPTUAR DEL MECANISMO DE ELEVACIÓN PARA EL CAISSON.	7
FIGURA 5. (A) WINCHE DE ANCLAJE CON TOPES DE CADENA. (B) MODELO 3D DE APOYO DEL WINCHE DE ANCLAJE.....	9
FIGURA 6. DEFORMACIÓN RESULTANTE DEL APOYO INICIAL.	10
FIGURA 7. DEFORMACIÓN RESULTANTE DEL APOYO OPTIMIZADO.	10
FIGURA 8. ESFUERZOS RESULTANTES DE LA ESTRUCTURA TOTAL.....	12
FIGURA 9. DEFORMACIÓN TOTAL DE LA ESTRUCTURA TOTAL.	12
FIGURA 10. SISTEMA DE AMARRE POR VACÍO DESPLEGADO A LO LARGO DEL MUELLE.	14
FIGURA 11. SISTEMA DE AMARRE USANDO UN BRAZO MECÁNICO.	14
FIGURA 12. MODELO EN MAESTRO	16
FIGURA 13. DONG BANG GIANT 3	17
FIGURA 14. ANÁLISIS DE ESTADO LÍMITE, PANELES INFERIORES CARGADOS CRÍTICAMENTE.	17
FIGURA 15. REPRESENTACIÓN DE LA TEORÍA DE FALLO DE TRESCA.....	19
FIGURA 16. REPRESENTACIÓN DE LA TEORÍA DE FALLO DE RANKINE.....	20
FIGURA 17. REPRESENTACIÓN DE LA TEORÍA DE FALLO DE VON MISES.	20
FIGURA 18. DIFERENTES TIPOS DE ARRASTREROS. (FAO,1986)	25
FIGURA 19. BUQUE ARRASTRERO (FUENTE: BUITRAGO, 2020).....	36
FIGURA 20. ESTRUCTURA DE ARRASTRE.....	39
FIGURA 21. ENMALLADO DE LA GEOMETRÍA.....	40

FIGURA 22. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE MALLA	41
FIGURA 23. CONEXIONES DE LOS SOPORTES	42
FIGURA 24. CONDICIONES DE CONTORNO	42
FIGURA 25. DISTRIBUCIÓN DE PESOS.....	46
FIGURA 26. ESFUERZOS DE VON MISES ESPÉCIMEN 1	47
FIGURA 27. ESFUERZOS DE VON MISES ESPÉCIMEN 2	47
FIGURA 28. ESFUERZOS DE VON MISES ESPÉCIMEN 3	48
FIGURA 29. ESFUERZOS DE VON MISES ESPÉCIMEN 4	48
FIGURA 30. ESFUERZOS DE VON MISES ESPÉCIMEN 5	49
FIGURA 31. ESFUERZOS DE VON MISES ESPÉCIMEN 6	49
FIGURA 32. ESFUERZOS DE VON MISES ESPÉCIMEN 7	50
FIGURA 33. ESFUERZOS DE VON MISES ESPÉCIMEN 8	50
FIGURA 34. ESFUERZOS DE VON MISES ESPÉCIMEN 11	51
FIGURA 35. ESFUERZOS DE VON MISES ESPÉCIMEN 12	51
FIGURA 36. ESFUERZOS DE VON MISES ESPÉCIMEN 13	52
FIGURA 37. ESFUERZOS DE VON MISES ESPÉCIMEN 14	52
FIGURA 38. ESFUERZOS DE VON MISES ESPÉCIMEN 15	53
FIGURA 39. ESFUERZOS DE VON MISES ESPÉCIMEN 16	53
FIGURA 40. ESFUERZOS VON MISES ESPÉCIMEN 11	62

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	31
TABLA 2. MATRIZ DE CONSISTENCIA	35
TABLA 3. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL BUQUE ARRASTRERO	36
TABLA 4. DETALLE DE LA ESTRUCTURA DE ARRASTRE	37
TABLA 5. PRINCIPALES PESOS.....	37
TABLA 6. PROPIEDADES DEL MATERIAL ASTM 1-131	38
TABLA 7. COMPONENTES DE LAS CARGAS	43
TABLA 8. CONFIGURACIONES PARA LA PARAMETRIZACIÓN	44
TABLA 9. PESOS EN CADA CONFIGURACIÓN.	45
TABLA 10. ESFUERZOS EN CADA CONFIGURACIÓN	54
TABLA 11. VIABILIDAD DE CADA CONFIGURACIÓN	55
TABLA 12. CONFIGURACIONES VIABLES	56
TABLA 13. CONFIGURACIÓN 5	57
TABLA 14. CONFIGURACIÓN 6	58
TABLA 15. CONFIGURACIÓN 7	58
TABLA 16. CONFIGURACIÓN 11	59
TABLA 17. CONFIGURACIÓN 14	60
TABLA 18. CONFIGURACIÓN 15	61
TABLA 19. RESUMEN DE LA COMPARATIVA DE CONTROL.....	62

PRÓLOGO

La industria pesquera es uno de los grandes motores de la economía peruana, debido a esto es común la construcción de embarcaciones dedicadas a la pesca a nivel artesanal e industrial. Entre estas embarcaciones encontramos las de tipo arrastrero, de forma artesanal se replican de embarcaciones similares los diseños y la selección de elementos estructurales para su sistema de arrastre, si bien las estructuras que emplean cumplen con su función, se deben realizar estudios que determinen la idoneidad de estos para así evitar sobredimensionamiento los cuales se traducen en costos añadidos a la construcción de la embarcación. En la presente tesis se determinará la configuración óptima de elementos estructurales del sistema de arrastre, para ello se plantean los siguientes capítulos:

Capítulo I: La introducción, aquí se detalla el problema de investigación. Además, se resaltan los principales antecedentes referenciales para el desarrollo de este trabajo.

Capítulo II: Marco teórico y Marco conceptual, aquí se presentan tanto los conceptos principales como la teoría relevante para la investigación, tales como fuerza de arrastre, resistencia estructural, tipos de embarcaciones pesqueras, teorías de esfuerzos entre otros con la finalidad de assimilar el problema de investigación.

Capítulo III: Planteamiento de hipótesis y operacionalización de variables, en este capítulo se analiza el problema de investigación y se detallan las hipótesis formuladas para alcanzar los objetivos establecidos.

Capítulo IV: Metodología de investigación, aquí se entregan las características y diseño de la investigación, además se define la unidad de análisis y la matriz de consistencia donde se expone la conexión entre las variables a estudiar, además de los indicadores que serán la base para definir el logro de los objetivos.

Capítulo V: Desarrollo de la tesis, aquí se presentan los detalles de la embarcación estudiada, así como la estructura base para el modelamiento y la parametrización empleando una revisión de estructuras típicas para sistemas de arrastre, así como sus componentes principales: Equipo hidráulico, plumas, cable y Red.

Capítulo VI: En este capítulo se entregan los detalles del levantamiento del modelo geométrico y la parametrización de la estructura de arrastre, además se establece el modelo numérico a emplear tales como el enmallado, tipo de elemento y las condiciones de contorno, así como el material empleado en cada elemento estructural. Se presentan los resultados de esfuerzos y deformaciones para cada espécimen estudiado.

En la última fase de este trabajo se presentan las conclusiones, donde se concreta el cumplimiento de los objetivos planteados

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

GENERALIDADES

El litoral peruano es rico en especies marinas, por lo cual la industria pesquera se ha desarrollado a través de los años, aunque aún permanecen tradiciones o costumbres de antaño con relación al diseño y construcción de embarcaciones de pesca.

Es por esto que en el presente trabajo se evaluará una estructura del sistema de arrastre mediante un análisis por elementos finitos en el cual se buscará su configuración óptima con la finalidad de maximizar la capacidad de captura de la embarcación.

REALIDAD PROBLEMÁTICA

El sistema de arrastre está compuesto por elementos tales como la red, las plumas, el winche y la estructura de la base.

Actualmente, para el diseño de la estructura del equipo hidráulico se emplean valores de factor de seguridad para el dimensionamiento de los elementos estructurales en base a normativas y procedimientos para el diseño y selección de elementos mecánicos como los ejes, soportes, y pernos.

Sin embargo, es necesaria una comprobación del diseño como conjunto y si es factible optimizar la estructura para maximizar la capacidad de captura en una embarcación arrastrera.

Problema

¿Qué relación existe entre el sistema de arrastre y la fuerza de arrastre en una embarcación arrastrera?

Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto del peso total del sistema de arrastre sobre los esfuerzos en la estructura del sistema de arrastre?
- ¿Cómo afecta el tamaño del winche en los esfuerzos en la estructura del sistema de arrastre?
- ¿Qué relación existe entre el peso total del sistema de arrastre y la capacidad de captura en un arrastrero?
- ¿De qué forma influye el tamaño del winche en la capacidad de captura?

OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar la influencia del diseño del sistema de arrastre sobre la fuerza de arrastre en una embarcación arrastrera.

Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto del peso total del sistema de arrastre en los esfuerzos en la estructura del sistema de arrastre.
- Determinar la influencia del tamaño del winche en los esfuerzos sobre la estructura del sistema de arrastre.
- Analizar la influencia del peso total del sistema de arrastre sobre la capacidad de captura en un arrastrero.
- Determinar la relación entre el tamaño del winche y la capacidad de captura en una embarcación arrastrera.

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En la elaboración del presente plan de tesis se ha hecho uso de los siguientes trabajos de investigación:

Sandoval Peralta (2016) realizó cálculos, diseños y pautas para la fabricación de un winche hidráulico de capacidad nominal de 8 tm. Para lo cual, utilizó softwares con herramientas tipo CAD/CAE, los cuales le permitieron obtener gráficos de análisis de esfuerzos, deformaciones, factores de seguridad, modelos 3D, planos y simulaciones.

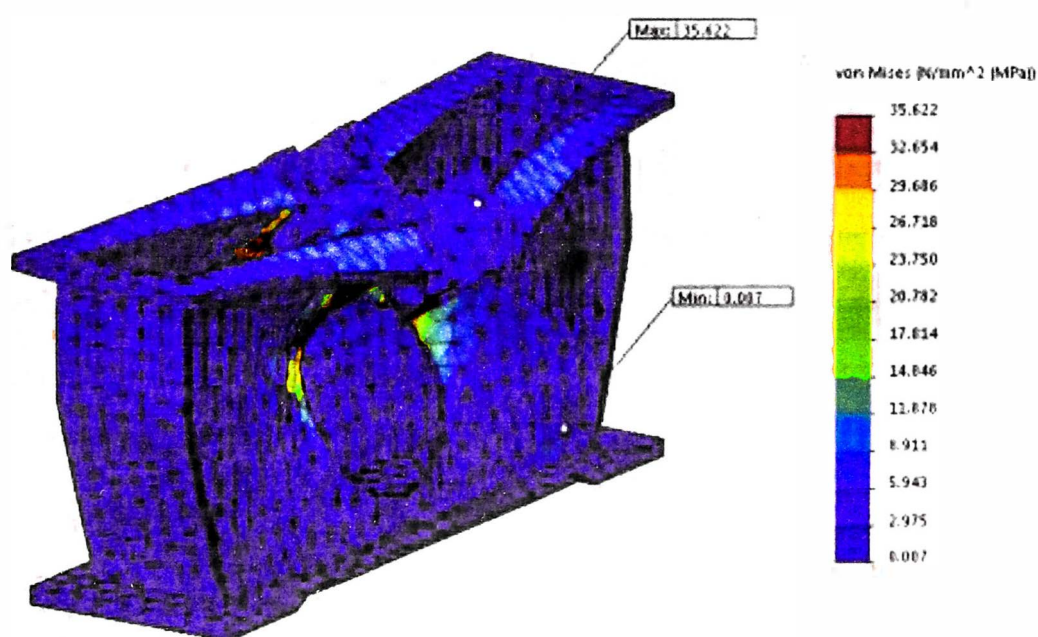


Figura 1. Plano de esfuerzos por tensión en la caja de transmisión.

Debido a la ayuda que brindan las herramientas CAD/CAE se obtuvo diseños óptimos para la fabricación de las piezas. Por ejemplo, para una pieza modelada pudo obtener diferentes configuraciones (fundición, calderería y mecanizado). Como resultado estos winches diseñados tienen un mejor sistema de transmisión frente a winches tradicionales, además, el autor reemplazó el motor de combustión por un motor hidráulico de pistones radiales, que trabaja con igual potencia, que es de menor

tamaño, más eficiente y tiene menos coste de mantenimiento. El autor también consideró 2 trenes de engranajes en lugar de uno, esto redujo las dimensiones de las ruedas dando como resultado un equipo más compacto, ver figura 2.

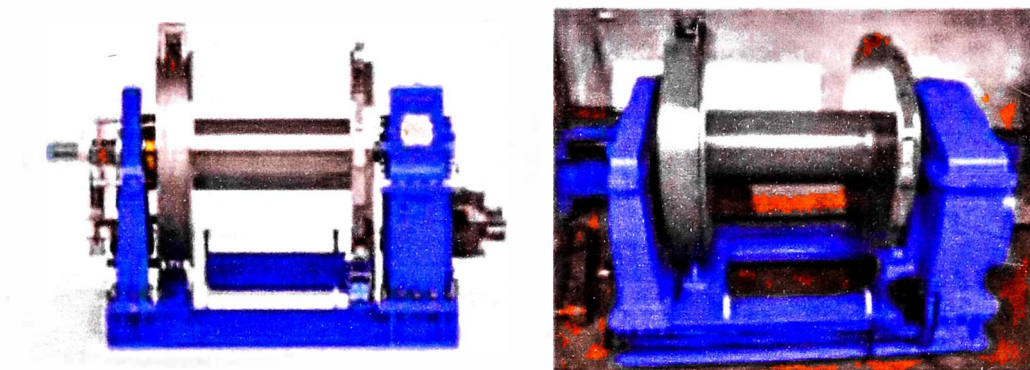


Figura 2. Winche en CAD e imagen real.

Lee et al. (2016), con el fin de determinar las fuerzas de elevación requeridas para el rescate de una embarcación totalmente inundada y las respuestas del fondo marino, tensión superficial, etc, llevaron a cabo 2 pruebas de elevación de cargas, un remolcador y un caisson utilizando una grúa con capacidad de elevación de hasta 2200 ton.

Para la primera prueba de elevación de cargas utilizaron un remolcador de 60 ton, la cual se llevó a cabo en el río Narayangaj, Blangadesh. Para la segunda prueba utilizaron un caisson de 950 ton, la cual tuvo lugar cerca de la planta nuclear Hanul, Corea del Sur. Indicaron que ambos lugares de prueba tenían condiciones ambientales marítimas similares durante las pruebas.

De los resultados de las 2 pruebas se obtuvieron 2 historiales de fuerza muy distintos como se muestra en la figura 3 y 4.

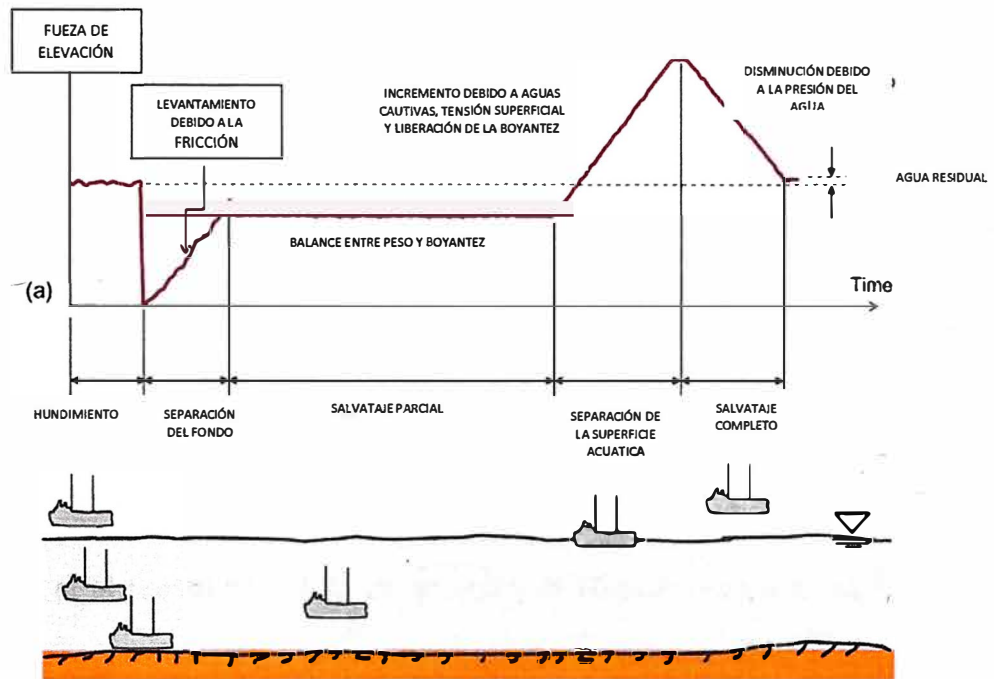


Figura 3. Gráfico conceptual del mecanismo de elevación para el remolcador.

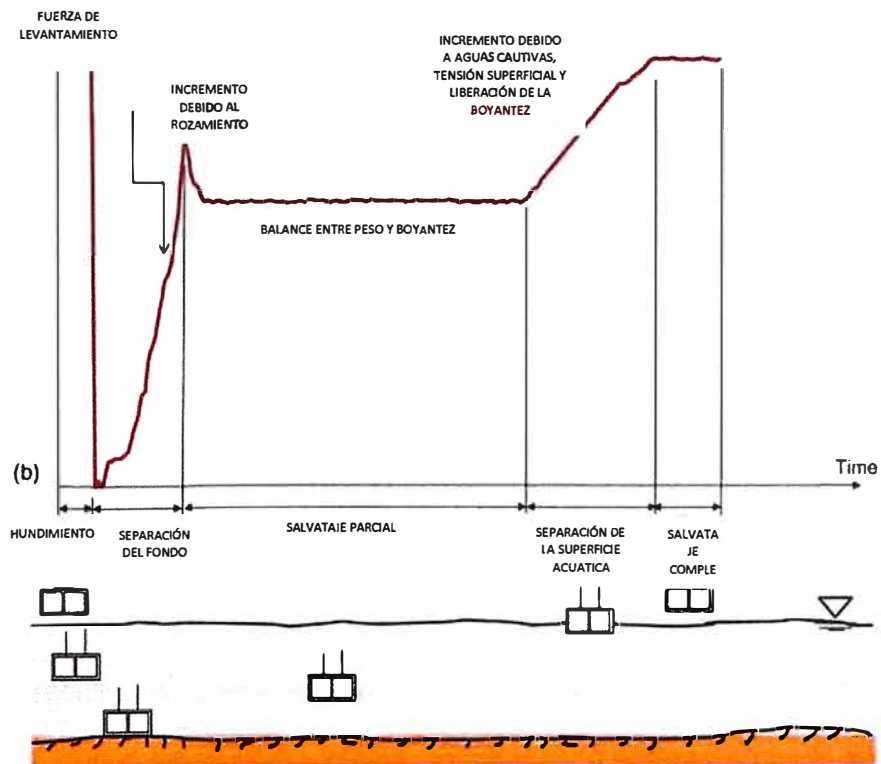


Figura 4. Gráfico conceptual del mecanismo de elevación para el caisson.

De las gráficas y análisis determinaron que para salvar completamente una embarcación es necesaria una fuerza de elevación 2 veces la fuerza inicial. También encontraron que la elevación de un buque es más complicada que la del caisson ya que la estructura de este último no permite la captación de agua. Finalmente, para poder llevar a cabo un salvamento marítimo, es necesario determinar las fuerzas de elevación y adrizantes requeridas, para lo cual este estudio les proporcionó el historial de fuerzas con respecto a BF (fricción del fondo), BR (cambio de flotabilidad), ST (tensión superficial) y WC (captura de agua).

Chen et al (2016) con el fin de entender la situación sobre el contacto del cable y el rodillo. Los autores analizaron la fuerza en el rodillo bajo la acción de dos tipos de cable empleando el análisis dinámico por elementos finitos, apoyándose en el uso de diferentes softwares.

En base a cálculos con formulaciones empíricas los autores analizaron la acción de las fuerzas en el rodillo por dos tipos de cable, uno de una sola capa y otro, multicapas. Luego calcularon los parámetros que emplearían para el análisis por elementos finitos, entonces ensamblaron el modelo 3D utilizando el software "tridimensional CAD software Pro-E", con la ayuda del software elaboraron una distribución de esfuerzos en el rodillo.

Después crearon un modelo de acoplamiento rígido flexible del rodillo empleando el software ADAMS, este también les permitió realizar una simulación para obtener la distribución de tensiones sobre la superficie del rodillo.

De los resultados obtenidos, con la ayuda de los softwares, encontraron que estos concuerdan con los del cálculo estático. Utilizando softwares puede ser más intuitivo determinar la sección de riesgo del rodillo durante el trabajo en función del nefrograma de tensión dinámica. Según los autores, comparado con los métodos de

tradicionales de cálculo, los resultados del análisis dinámico por elementos finitos permiten reflejar la situación real sobre el contacto del cable y el rodillo.

Los autores Nurul & Ocid (2022) buscaron optimizar el peso general de los apoyos del winche de anclaje mediante el adelgazamiento de regiones específicas de los apoyos, empleando la mínima energía de deformación calculada.

Utilizaron el software SolidWorks 3D CAD, a continuación, modelaron el winche de anclaje, los apoyos del rodillo empleando el método por elementos finitos, análisis estático lineal y con el apoyo del software SolidWorks Simulation obtuvieron el análisis de optimización topológica. Ver Figura 5.

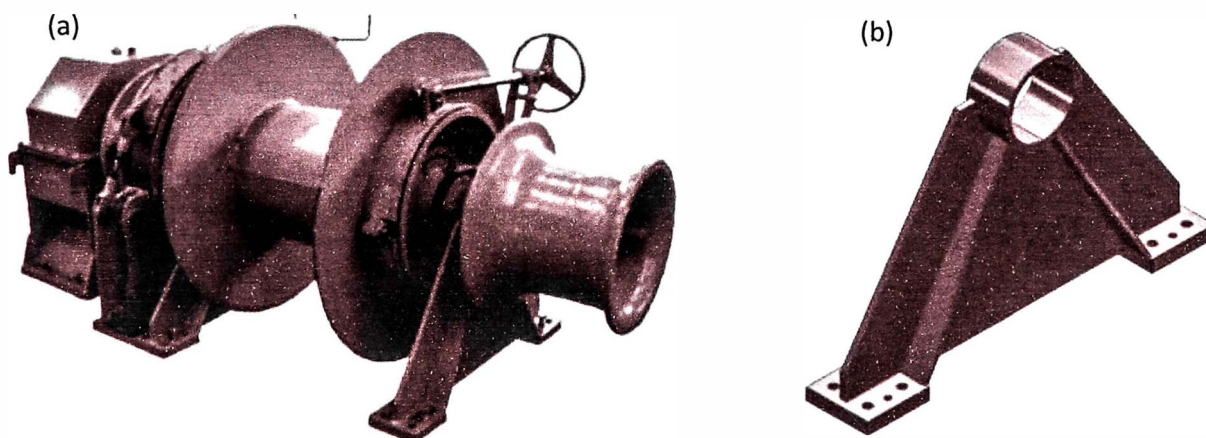


Figura 5. (a) Winche de anclaje con topes de cadena. (b) Modelo 3D de apoyo del winche de anclaje.

Para el análisis por elementos finitos los autores utilizaron al material SM490, debido a que el componente del apoyo sería fabricado por soldadura. Como resultado obtuvieron la siguiente comparativa entre el análisis estático lineal del apoyo existente y el apoyo optimizado, ver Figura 6 y 7.

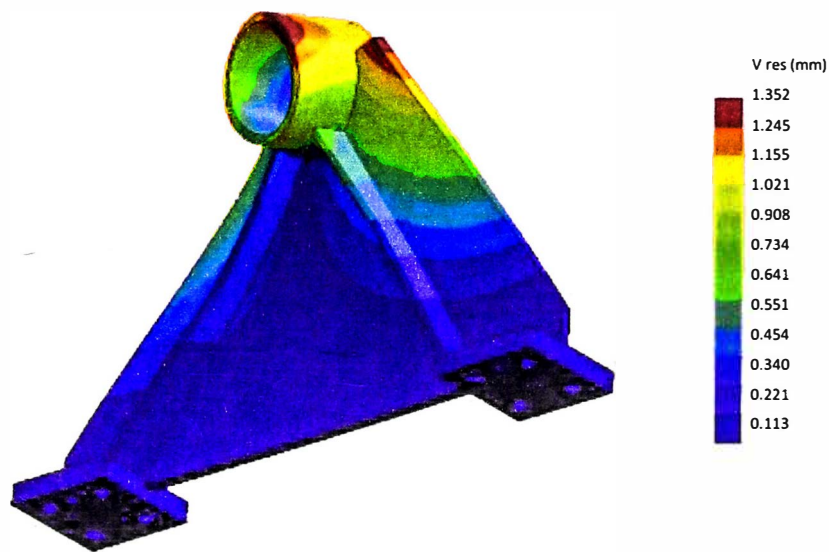


Figura 6. Deformación resultante del apoyo inicial.

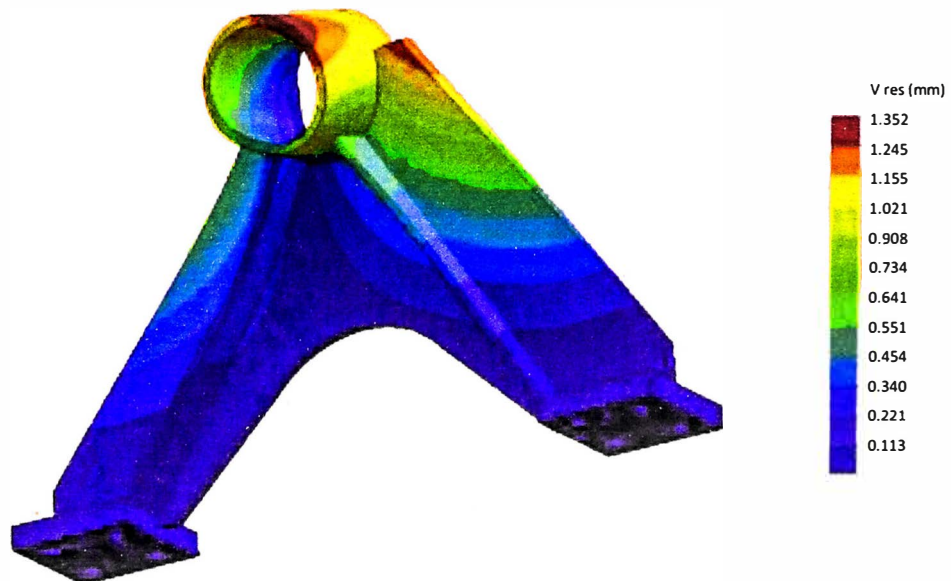


Figura 7. Deformación resultante del apoyo optimizado.

De los resultados de los estudios realizados, concluyeron que después de las simulaciones estáticas lineales, el valor máximo de tensión de Von Mises es de 109,90 MPa. De los resultados de la optimización topológica obtuvieron una

disminución de masa de 15,38 kg respecto al inicial. De lo cual determinaron que el modelo optimizado tendría un factor de seguridad de 3,11.

Woo et al. (2018) con la tendencia de desarrollo de equipos de exploración de recursos naturales sean más avanzados tecnológicamente. Los autores realizaron un estudio de la estabilidad estructural de un umbilical winch considerando cargas variables y entornos diferentes.

Para el estudio del umbilical winch, los autores dividieron en dos partes el análisis por elementos finitos, el tambor y el modelo del winche. Para lo cual utilizaron el software CATIA para diseñar los modelos 3D para el análisis por elementos finitos, para el análisis estructural utilizaron el software ANSYS.

El tambor del winche es el que recibe la mayor carga del umbilical winch. Por lo tanto, lo diseñaron tridimensionalmente y lo analizaron para comprender la seguridad del tambor.

Para el análisis estructural del umbilical winch, al igual que en lo anterior, se verificó el diseño del tambor para la evaluación de la estabilidad estructural. Ver figura 8 y 9.

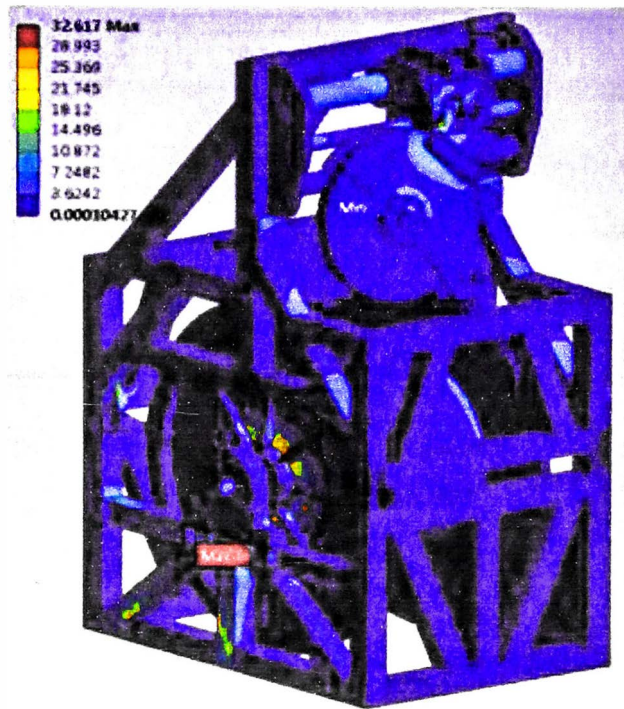


Figura 8. Esfuerzos resultantes de la estructura total.

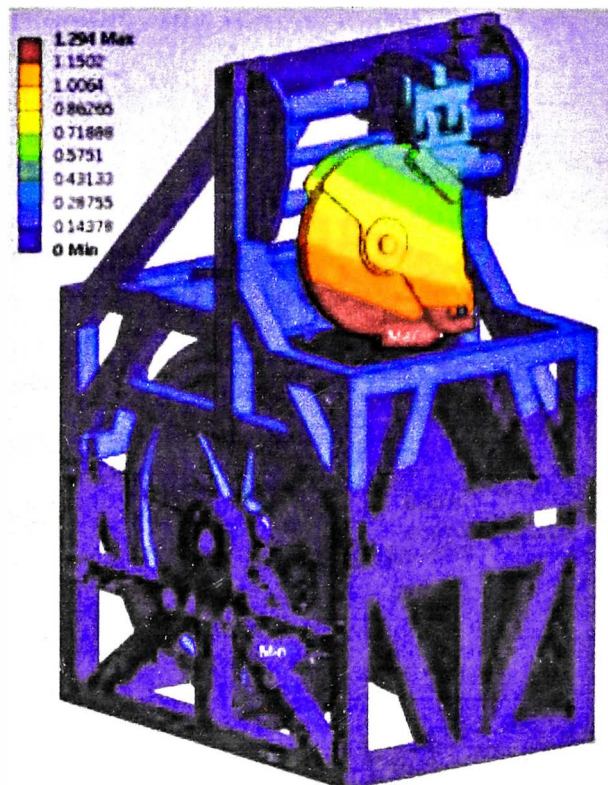


Figura 9. Deformación total de la estructura total.

De acuerdo con el análisis estructural del tambor, determinaron que el esfuerzo máximo ocurrió en su esquina inferior. El resultado de la deformación total también lo midieron en la esquina inferior del borde del tambor, sin embargo, la deformación es pequeña comparado al tamaño de la estructura total y el esfuerzo menor que el permisible.

Según el análisis estructural, la tensión máxima también la midieron en la esquina inferior de la parte del soporte del tambor. Midieron la deformación total desde la parte inferior del borde lateral inferior del dispositivo de bobinado nivelado. Por lo tanto, los autores concluyeron que la estructura no requiere modificación, así que, esta está diseñada con seguridad.

Villa-caro et al. (2018) realizaron una revisión de los sistemas de amarre de los barcos. Mencionando los buenos principios de amarre, equipos de amarre, la evolución de los sistemas de amarre.

Como parte de los equipos de amarre, nos detallan información sobre las líneas de amarre, la fuerza que se distribuye a lo largo de las líneas de amarre; las propiedades dependiendo del material, diámetro y longitud y el efecto que estas tendrán en el tambor del winche, espacio de maniobra, etc.

Los autores también recalcan la importancia de los cabrestantes de amarre durante la maniobrabilidad del amarre, tipos de cabrestantes de amarre (convencional y automático), los sistemas de energía para los cabrestantes, dimensiones, etc.

Resaltan los Shipboard Fittings como: bollards and 13its, fairleads, stand rollers, etc. Además de mencionar los Fenders utilizados para prevenir daño en los barcos y/o estructuras de atraque.

Los autores mencionan novedosos sistemas de amarre como:

- Uso de amarre al vacío, ver Figura 10.

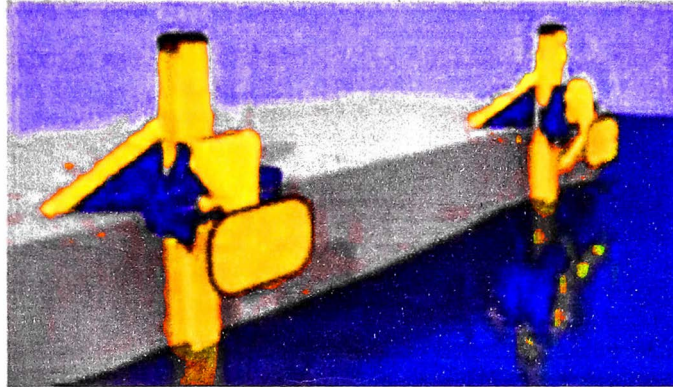


Figura 10. Sistema de amarre por vacío desplegado a lo largo del muelle.

- Uso de un brazo mecánico, ver Figura 11.



Figura 11. Sistema de amarre usando un brazo mecánico.

Los autores concluyeron que el término amarre evolucionó a lo largo de los años, por lo que ahora también se puede aplicar al amarre de un solo punto o de múltiples boyas (MBM), almacenamiento flotante de producción (FPSO). También

resaltaron su importancia en las operaciones portuarias, condiciones a tener en cuenta para mejorar la seguridad de las embarcaciones amarradas, etc.

El objetivo del estudio de los Carral et al. (2015) fue determinar que winche de pesca es el más apropiado para operar en los caladeros más frecuentados de la flota española.

El autor indica que primero se determina el método de pesca que coincida con el caladero en donde la embarcación va a operar. Luego, recomienda encontrar la embarcación más adecuada para optimizar la operación. Hay varios factores que el autor tiene en cuenta para decidir el buque más apropiado, estos incluyen, el tamaño en términos de autonomía. De la misma forma a la hora de tomar decisiones sobre la especie, toma en cuenta su hábitat.

En la pesca de arrastre, el autor destaca al cabrestante de pesa como una pieza clave al momento de asegurar que el buque alcance su capacidad de pesca óptima. Nos menciona parámetros importantes como: capacidad del tambor, longitud y diámetro de las líneas de amarre, longitud y diámetro de las bridas, tracción media, nominal y máxima, etc.

Identificó los cálculos necesarios para determinar la potencia requerida para operación de arrastre, también indica que se deben comparar los valores operativos de las normas ISO con las demandas de la flota, de estas directrices mencionó las normas elaboradas para la pesca demersal, pelagic y bottom trawling.

Carral resalta los trabajos a los cuales la flota española está implicada. Recalca los tres parámetros que utilizan en diferentes profundidades, tales como, maniobrabilidad de las líneas de metal en el tambor, longitudes de las bridas, tracción del equipo. El autor examinó las demandas de trabajo de buques construidos entre

1999 y 2003, para luego compararlas con las demandas encontradas en las directrices ISO 6115, 1998 Shipbuilding-Trawl winches y concluyó:

- Los parámetros de tracción, velocidad y capacidad de línea son más altos que en los winches de pesqueros españoles con iguales diámetros de línea.
- De manera similar a la tracción y capacidad, la velocidad es menor cuando los cabrestantes de arrastre operan en aguas profundas.

Dardel et al. (2018) describen el caso de estudio de la descarga de un módulo de carga de 1200 t, cargado en el buque de transporte Dong Bang Giant 3. Mostrando cada paso del proceso de carga apoyándose en el uso de los softwares, GHS y MAESTRO Marine.

Para la determinar las propiedades hidrostáticas, de estabilidad y de resistencia longitudinal el autor empleó el software GHS. Para el análisis estructural de elementos finitos utilizó el software MAESTRO Marine, ver figura 13, que le proporcionó un entorno de ingeniería integrado y complementario. Desarrolló un modelo hidrostático con el propósito de planificar la secuencia de lastre en función de la carga a lo largo de la cubierta, teniendo en cuenta los cambios de marea, viento, fuerzas de amarre, etc.

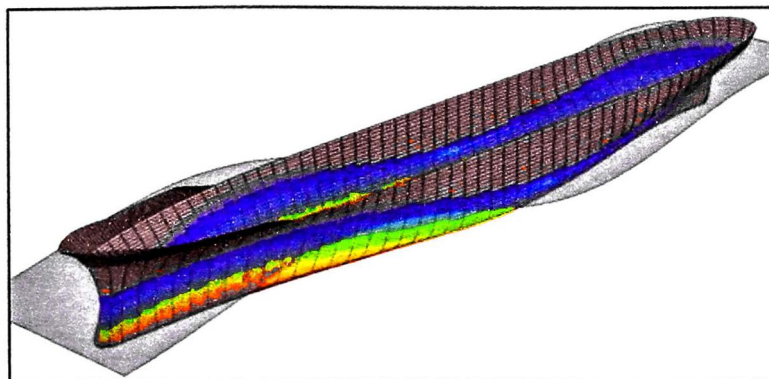


Figura 12. Modelo en MAESTRO

El buque de transporte Dong Bang Giant 3 tiene un arqueo bruto de 12,18, ver figura 14.



Figura 13. Dong Bang Giant 3

Para el análisis de fuerzas, partieron a partir del modelo FE balanceado calculando los desplazamientos nodales de forma habitual. Para lo cual utilizaron el software MAESTRO, el cual también realiza una evaluación de fallas de los principales miembros estructurales, llamado análisis de estado límite, ver Figura 15.

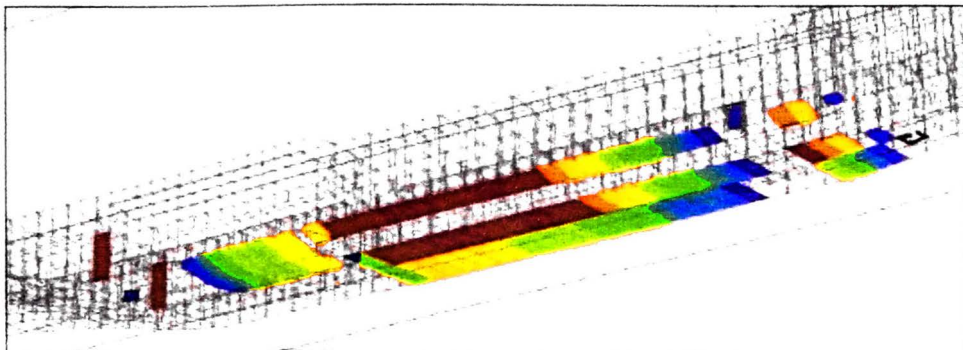


Figura 14. Análisis de estado límite, paneles inferiores cargados críticamente.

Los autores concluyen en que el uso de un synchronized hydros y modelo digital estructural durante las etapas de factibilidad, predicción y operación mejora la seguridad y el control de calidad en toda la operación. Con esto recomiendan el uso de softwares especializados ya que estos completan la configuración digital-twin set-up de monitoreo predictivo y operativo, resultando en un alto retorno de inversión.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

MARCO TEÓRICO GENERAL

Teoría de fallas

Abasolo et al (2017) mencionan teorías de fallo a las cuales se adaptan mejor los materiales dúctiles, por ejemplo:

➤ **Teoría del esfuerzo cortante máximo (TRESCA):**

Según Abasolo et al (2017), en un estado tensional multiaxial, el fallo se produce cuando la máxima tensión cortante supera la tensión cortante de fluencia, ver figura 15.

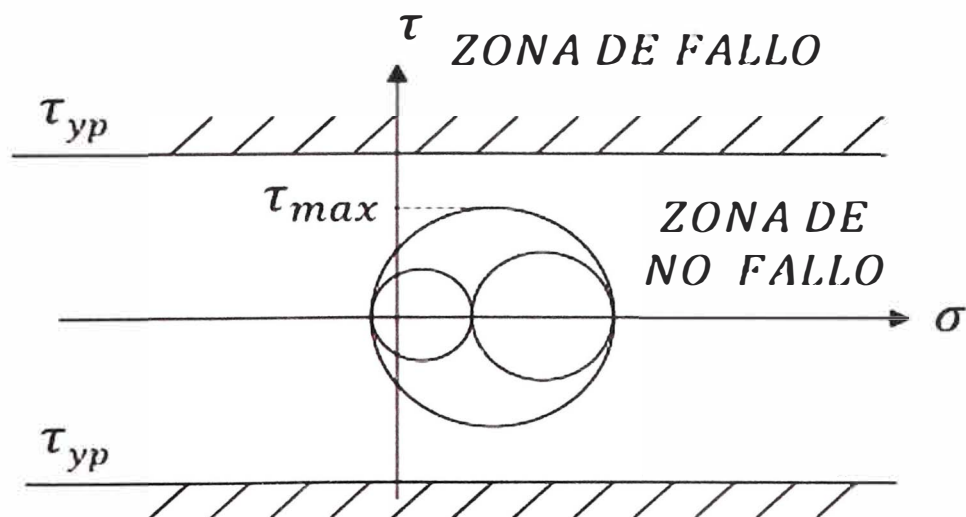


Figura 15. Representación de la teoría de fallo de TRESCA.

➤ **Teoría del esfuerzo normal máximo (RANKINE):**

Según Abasolo et al (2017) en un estado tensional multiaxial el fallo ocurre cuando la tensión principal más positiva supera la tensión normal de rotura a tracción

σ_{ut} , o cuando la tensión principal más negativa supera la tensión normal de rotura a compresión σ_{uc} , ver figura 16

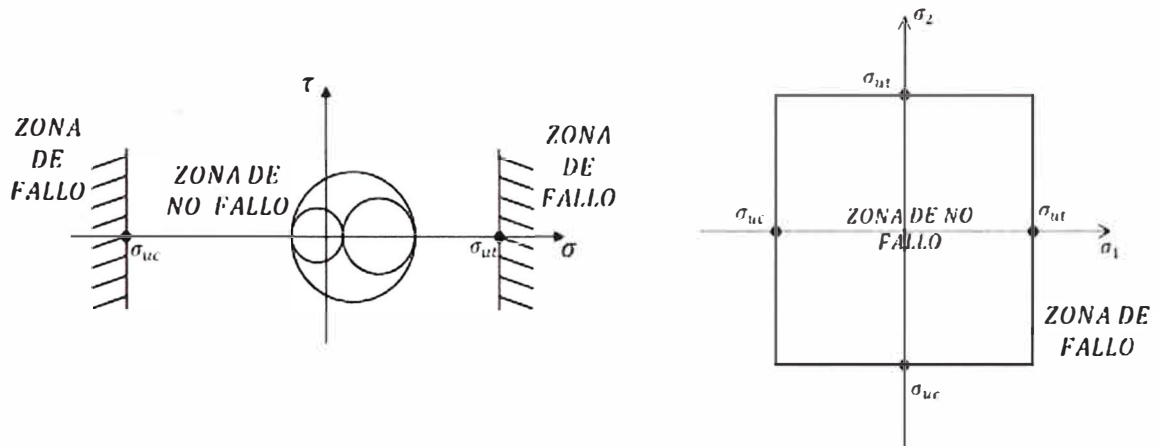


Figura 16. Representación de la teoría de fallo de Rankine.

➤ **Teoría de la energía de distorsión máxima (VON MISES):**

Según Abasolo et al (2017), este fallo ocurre cuando la energía de distorsión total en un volumen unitario es mayor que el valor de energía de distorsión correspondiente a la resistencia a fluencia en ese mismo volumen, ver figura 17.

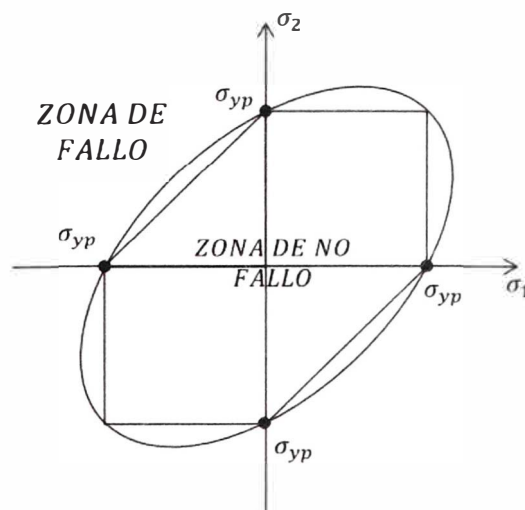


Figura 17. Representación de la teoría de fallo de Von Mises.

Desplazamiento

Según Cesáreo Díaz Fernández, el desplazamiento es el peso del buque en un momento considerado, el cual está representado por D o también por Δ , expresado en toneladas.

Para Cesáreo (1972), el desplazamiento es llamado así porque el peso del buque es igual al peso del agua desplazada. El desplazamiento se puede dividir en: en rosca, en lastre, en máxima carga.

- Desplazamiento en rosca: De acuerdo con Cesáreo (1972) el desplazamiento en rosca es el peso del buque vacío, es decir, es el peso del casco, maquinaria y equipo, sin considerar combustible, agua, aceite, etc.
- Desplazamiento en lastre: Cesáreo (1972) describe el desplazamiento en lastre como el desplazamiento en rosca más el peso de fluidos en circulación como: agua en calderas, aceite de lubricación, tanques de lastre, etc.
- Desplazamiento en máxima carga: El autor sostiene que el desplazamiento en máxima carga o también llamado desplazamiento máximo es el peso del buque totalmente cargado con todos los pertrechos a bordo.

Potencia del winche

Según el estudio de Carral et al. (2015), el cálculo de la potencia necesaria para el sistema de arrastre viene dado por la siguiente fórmula:

$$P = \frac{0.23 * T * V}{n_m}$$

Dónde:

P : Potencia nominal (CV)

T : Tracción (ton)

V : Velocidad Promedio (m/min)

n_m : Eficiencia del winche

El autor resalta que estos cálculos están referidos a equipo que trabajan en un caladero continuo, además de que estos varían de acuerdo con el tipo de especie marina a capturar.

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

Fuerza de arrastre

Mott R. L. (2006), define el término arrastre como “La fuerza ejercida sobre un cuerpo causada por el fluido que se resiste al movimiento en la dirección de desplazamiento del cuerpo. Esta fuerza de arrastre deberá ser contrarrestada por una fuerza de propulsión aplicada en dirección opuesta.”

Como señala Amos, D. (1980), en la pesca de arrastre pelágica es necesario poder remolcar el equipo bastante rápido, para esto la resistencia hidrodinámica de la red de arrastre debe ser mínima. También indica las fuerzas las fuerzas que actúan sobre un arrastre.

Drag, el autor lo define como “any obstacle to progress”, para el autor este es generado principalmente por los hilos utilizados para formar la red. Los cambios en el arrastre son influenciados por la forma de la red, principalmente, por la forma de la boca de la red. El autor también menciona otros apéndices que afectan al arrastre como flotadores, peso y sastrería.

Winche

Según Gómez Figueroa, E. (2018), los winches o cabrestantes son dispositivos utilizados para jalar o subir cargas. También indica que constan básicamente de una parte cilíndrica llamada tambor o carrete, el cual puede ser girado manualmente o accionado por un motor. El autor menciona dos tipos de cabrestantes clasificándolos por el tipo de motor que los acciona:

- **Winche eléctrico:**

Tipo de cabrestante que es accionado por un motor eléctrico, además el autor afirma que este tipo es el óptimo debido a su facilidad de instalación y precio.

- **Winche hidráulico**

Tipo de cabrestante que funciona con un motor hidráulico que es accionado por aceite a presión generado por una bomba, el autor considera este tipo como el más resistente al agua.

El autor destaca que el uso de estos dispositivos se extiende a varios sectores de la industria, por ejemplo, minería, para la extracción de minerales y sacar personal en elevadores o trenes de vagones procedentes del interior de las minas; pesqueros, para subir o bajar el ancla, recoger la red de arrastre, etc.

Métodos de Elementos Finitos

Empleando las palabras de Celigüeta, Juan (2011), al efectuar una clasificación de estructuras, se pueden dividir en discretas y continuas. Como plantea el autor, los sistemas discretos están formados por un ensamblaje de elementos unidos en una serie de puntos concretos formando una malla, el autor resalta que la característica fundamental de una estructura discreta es que su deformación puede definirse de manera exacta mediante un número finito de parámetros.

Embarcación Pesquera

La FAO define el término "embarcación pesquera" como cualquier buque, barco, bote u otra nave, que esté equipado para utilizarse en la explotación de recursos acuáticos vivos ya sea en aguas dulces, salobres o marinas. Estas están equipadas con una maquinaria de propulsión y dirección; equipo de pesca; equipo de cubierta, comunicación y navegación con la finalidad de realizar operaciones como: captura, transporte, desembarque, conservación o elaboración de recursos acuáticos.

Según la FAO, las embarcaciones pesqueras se pueden clasificar en dos tipos:

- i) Basadas en las características estructurales
- ii) Basadas en el equipo de pesca empleado

La clasificación que se muestra a continuación está basada en el equipo de pesca empleado, por lo cual la FAO (1986), los clasifica de la siguiente manera:

➤ **Arrastreros**

De acuerdo con la FAO (1986), los arrastreros son embarcaciones que utilizan como equipo de pesca redes de arrastre y están dotadas de motores con potencia suficiente para remolcar la red a la velocidad de arrastre adecuada, también menciona diferentes tamaños red dependiendo de la zona de operación, tipo de red utilizada, etc.

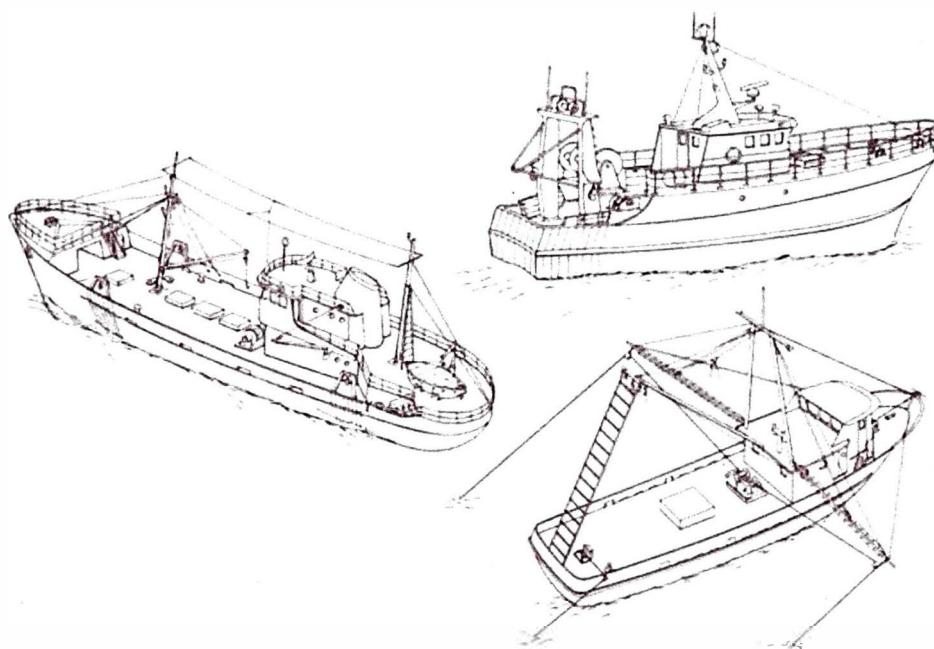


Figura 18. Diferentes tipos de arrastreros. (FAO,1986)

- **Arrastreros de costado**

La FAO (1986) describe este tipo de arrastrero como uno que cala la red por el costado, además menciona que la superestructura y caseta de gobierno normalmente se encuentran en popa, y la bodega de pesca en crujía se ubica delante de la superestructura.

- **Arrastreros de popa**

Como describe la FAO (1986), en estos tipos de arrastreros la caseta de gobierno normalmente está ubicada en la parte anterior del barco. También menciona que en arrastreros medianos y grandes suelen disponer de una rampa en popa, por la cual la red se iza en cubierta.

- **Arrastreros congeladores**

Arrastreros Congeladores: Para la FAO (1986), estas embarcaciones conservan el pescado mediante congelación los cuales están dotados de equipo de

congelación e instalaciones frigoríficas, también destaca que comúnmente estas embarcaciones son arrastreros de altura.

➤ **Cerqueros**

Según la FAO (2022) describe los cerqueros como embarcaciones que dependiendo del lugar en donde faenen asumirán diferentes características. Por ejemplo, nos menciona que en el norte de Europa los tipos básicos de redes de cerco son el cerquero de ancla y el cerquero escocés, en el caso de Asia, la FAO menciona que la red de cerco adopta una configuración con la timonera hacia delante y cubierta de trabajo hacia atrás. También da a conocer que en regiones donde se enfoque más en mano de obra que en tecnología, las embarcaciones empleadas para operar como cerqueros no tienen cubierta y propulsadas por motores fuera de borda.

• **Cerqueros con Jareta**

De acuerdo con la FAO (1986), las embarcaciones que emplean redes de cerco con jareta están equipadas con pescantes y maquinillas para hallar los chicotes de la jareta. Desde el punto de vista de la disposición de cubierta, la FAO los divide en dos tipos, norteamericano y europeo. En el caso del tipo norteamericano, la FAO describe que el puente y el alojamiento se encuentran a proa y la red se transporta por popa; en el caso del tipo europeo, el puente y alojamiento están situados en popa y la bodega a crujía, además la FAO menciona que en el tipo europeo la maquinilla habitualmente se sitúa en proa y las poleas transportadoras para estibar la red se encuentran a popa.

• **Cerqueros sin Jareta**

Para este caso, la FAO (1986) señala que este método consiste en emplear una red para rodear la zona de pesca, la cual está unida a cabos muy largos. Luego la red se arrastra por el fondo. También la FAO recalca que no se debe confundir con

el cerco de jareta, el cual utiliza una red que cierra en círculo para la captura. Según la FAO las redes utilizadas en este tipo de pesca son similares a las de arrastre de fondo.

➤ **Rastreros**

La FAO (1986) describe estas embarcaciones como las que emplean generalmente una rastra para recolectar moluscos del fondo marino. La FAO también menciona que la potencia necesaria para arrastrar la red es similar a la de un arrastrero pequeño. En el caso de una rastra mecánica la, FAO menciona la necesidad de emplear una bomba potente para accionar los chorros de agua.

Resistencia Estructural

Tekgoz et al (2021), afirma que las estructuras de los barcos están sujetas a condiciones complejas de carga del mar, por lo cual, concluye que es necesario llevar a cabo un diseño estructural sofisticado para resistir y evitar fallas. Además, señala que la evaluación de la capacidad estructural es crucial para la seguridad del barco, tripulación, cargas, entorno marino, etc.

Rawson et al (2001) sostiene que existen cuatro tipos básicos de estructuras:

- *Plating-stiffener combinations*: El autor lo describe como una viga simple unida a una placa, siendo esta la forma más simple.
- *Panels of plating*: Según el autor estas son normalmente rectangulares y apoyada en sus 4 bordes, además indica que pueden ser nominalmente planas o cóncavas.
- *Frameworks*: El autor indica que estos pueden ser portales de uno o más pisos. Además, señala que los Frameworks pueden estar constituidos por los anillos transversales de las cuadernas y las vigas de cubierta o por los anillos longitudinales.

- *Fittings*: El autor menciona que existen una gran variedad de fittings en barcos, cuya adecuación de su fuerza debe ser comprobada. El autor también resalta que algunos incluyen superficies de control como timones e hidroaviones, soportes de ejes y placas de anteojos, mástiles, cabrias, asientos de maquinaria, etc.

Como afirma Gordo J. M. (2011), evaluar la última capacidad de los buques bajo un momento flector es un tema muy importante en el diseño estructural de estructuras de los barcos, ya que esto está asociado con una falla global del casco, lo que según el autor, resulta en una pérdida del buque, carga y vidas humanas.

Artes de Pesca

Según la Federación Nacional de Asociaciones Provinciales de Empresarios Detallistas de Pescados y Productos Congelados (FEDEPESCA, 2018), se denomina artes de pesca a los métodos empleados en la captura y extracción de especies acuáticas de su medio natural como peces, crustáceos, moluscos, etc.

Se pueden clasificar las artes de pesca de diversas formas, por ejemplo, la FAO (2005) las clasifica en dos categorías principales: pasivas y activas. Esta clasificación está basada en el comportamiento relativo de la especie objeto de pesca y el arte de pesca.

- Artes de pesca pasivos: La FAO las define como la captura de peces basada en el movimiento de la especie objetivo hacia el arte.
- Artes de pesca activos: La FAO las define como la captura de peces que involucra una persecución dirigida de la especie objetivo.

Con base a lo mencionado anteriormente, la FAO (2005) menciona las siguientes artes de pesca pasivos:

➤ **Redes agalleras o redes de enmalle**

Según la FAO (2005), este tipo de arte consiste en la captura de peces usualmente atrapados por las agallas en la luz de malla. Para lo cual, la FAO destaca que la captura con redes agalleras depende de que el pez realice sus movimientos de alimentación o migración, también recomienda que la captura se realice en áreas de bajo nivel de luz, ya que los peces podrían notar la red agallera. Las especies objetivo de este arte de pesca son diversas, van desde la captura de especies demersales como lenguado, pargo, bacalao, empleando redes agalleras de fondo, hasta la captura de especies pelágicas como salmón, caballa, atún empleando redes agalleras pelágicas.

➤ **Líneas de mano y curricanes**

Según la FAO (2005), en este tipo de arte los peces son atraídos al anzuelo por estímulos visuales, como señuelos, anzuelos de cuchara, lombrices de hule, etc. Las especies objetivo de este arte son comúnmente especies demersales como bacalao y pargo, en el caso del curricán está dirigido principalmente a especies pelágicas.

En el caso de artes de pesca activos, la FAO menciona los siguientes tipos:

➤ **Redes de arrastre**

Según la FAO (2005), en este tipo de arte los peces son atraídos al anzuelo por estímulos visuales, como señuelos, anzuelos de cuchara, lombrices de hule, etc. Las especies objetivo de este arte son comúnmente especies demersales como bacalao y pargo, en el caso del curricán está dirigido principalmente a especies pelágicas.

CAPITULO III

HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis General

Es posible analizar la influencia del diseño del sistema de arrastre sobre la fuerza de arrastre en una embarcación arrastrera.

Hipótesis Específicas

- Es posible evaluar el efecto del peso total del sistema de arrastre en los esfuerzos del sistema de arrastre.
- El tamaño del winche incrementa los esfuerzos sobre la estructura del sistema de arrastre.
- El peso del sistema de arrastre limita la capacidad de captura en una arrastrera.
- En una embarcación arrastrera la capacidad de captura depende del tamaño del winche.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En esta sección se presentan las variables, mediante la tabla 1, su definición, dimensión e indicadores, así como el instrumento de análisis.

Tabla 1. Operacionalización de variables.

VARIABLES	Definición de la Variable	Dimensión	Indicadores	Instrumento de análisis
SISTEMA DE ARRASTRE	El sistema de arrastre típico está compuesto por un juego de plumas, equipos hidráulicos y la red de arrastre. (FAO, sf)	Peso total Tamaño del winche	Desplazamiento (TON) POTENCIA	
FUERZA DE ARRASTRE	Es la fuerza que se debe vencer para igualar fuerza de tracción, pendiente de la pista de arrastre y posición respecto al suelo. (Hidalgo, 2022).	Esfuerzos en la estructura Capacidad de captura	Teoría de esfuerzo (Von-Mises) Volumen de captura	Simulación numérica

CAPITULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

TIPO Y DISEÑO, DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de Investigación

Según lo sostiene George (2022) la investigación exploratoria es “un enfoque metodológico que investiga cuestiones de investigación que no se han estudiado previamente en profundidad.”

Además, el mismo autor argumenta que “La investigación exploratoria suele ser de naturaleza cualitativa. Sin embargo, un estudio con una muestra amplia realizado de forma exploratoria también puede ser cuantitativo. También suele denominarse investigación interpretativa o enfoque de teoría fundamentada debido a su naturaleza flexible y abierta.”

El presente trabajo contiene un tipo de investigación exploratoria, ya que busca optimizar la estructura de arrastre el cual es un campo en el cual no ha sido estudiado en profundidad por la literatura existente.

Justificación de la Investigación

Actualmente, el uso de software de simulación numérica se ha extendido por los diversos campos de ingeniería debido a que esta es una potente herramienta. Asimismo, el coste computacional al emplear este software se ha reducido debido a la masificación del uso de los computadores y su creciente capacidad de procesamiento, por lo que emplear análisis por elementos finitos hoy en día es muy accesible, tanto en costo como en tiempo.

Dada esta situación, optimizar la estructura de arrastre empleando método de elementos finitos no supondría un coste significativo si se compara con los posibles beneficios: tales como menor coste de construcción, menor peso y mayor capacidad de captura.

Alcance de la Investigación

La información respecto a los distintos tipos de estructuras empleadas en sistemas de arrastre será recopilada en una base de datos de la cual se filtrarán aquellos especímenes que se alejen del caso específico a estudiar o contengan información errónea y/o viciada. De esta etapa se extraerán los parámetros principales a considerar para el análisis numérico en la siguiente fase.

Se empleará el método de elementos finitos para obtener los resultados de esfuerzos máximos según cada teoría de falla, además se determinarán las configuraciones óptimas para la estructura del sistema de arrastre.

Diseño de la Investigación

Esta investigación aplica un nivel de estudio explicativo. Es explicativo porque busca explicar cómo influye la configuración del sistema de arrastre sobre la capacidad de arrastre de una embarcación, además es de tipo transaccional ya que el análisis se da en un determinado instante de tiempo. Finalmente es no experimental dado que se emplea simulación numérica para el análisis.

UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis en esta investigación es la estructura de arrastre de una embarcación pesquera.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

De acuerdo con Álvarez. (2020), la matriz de consistencia “permite registrar de modo integrado la información correspondiente al problema, objetivo e hipótesis general, junto con las variables de estudio con su correspondiente indicador; asimismo, se procede a integrar la información correspondiente a los problemas, objetivos e hipótesis específicas desdoblado las correspondientes variables e indicadores”.

Para el presente trabajo de investigación se elaboró la siguiente matriz de consistencia plasmada en la tabla 2.

Tabla 2. Matriz de Consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE	DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGIA	
¿Qué relación existe entre el sistema de arrastre y la fuerza de arrastre en una embarcación arrastrera?	Analizar la influencia del diseño del sistema de arrastre sobre la fuerza de arrastre en una embarcación arrastrera.	Es posible analizar la influencia del diseño del sistema de arrastre sobre la fuerza de arrastre en una embarcación arrastrera.	SISTEMA DE ARRASTRE (V. ind)	El sistema de arrastre típico está compuesto por un juego de plumas, equipos hidráulicos y la red de arrastre. (FAO, sf)	PESO TOTAL	DESPLAZAMIENTO (ton)	DE RAZÓN		
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS			TAMAÑO DEL WINCHE	POTENCIA			
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el efecto del peso total del sistema de arrastre sobre los esfuerzos en la estructura del sistema de arrastre? • ¿Cómo afecta el tamaño del winche en los esfuerzos en la estructura del sistema de arrastre? • ¿Qué relación existe entre el peso total del sistema de arrastre y la capacidad de captura en un arrastrero? • ¿De qué forma influye el tamaño del winche en la capacidad de captura? 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el efecto del peso total del sistema de arrastre en los esfuerzos en la estructura del sistema de arrastre • Determinar la influencia del tamaño del winche en los esfuerzos sobre la estructura del sistema de arrastre • Analizar la influencia del peso total del sistema de arrastre sobre la capacidad de captura en un arrastrero • Determinar la relación entre el tamaño del winche y la capacidad de captura en una embarcación arrastrera. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es posible evaluar el efecto del peso total del sistema de arrastre en los esfuerzos del sistema de arrastre. • El tamaño del winche incrementa los esfuerzos sobre la estructura del sistema de arrastre. • El peso del sistema de arrastre limita la capacidad de captura en una arrastrera • En una embarcación arrastrera la capacidad de captura depende del tamaño del winche 	FUERZA DE ARRASTRE (V. dep)	Es la fuerza que se debe vencer para igualar fuerza de tracción, pendiente de la pista de arrastre y posición respecto al suelo. (Hidalgo, 2022)	ESFUERZOS EN LA ESTRUCTURA	TEORIA DE FALLA (Von Mises, tresca, Rankine)	VOLUMEN DE CARGA EN m3	DE RAZÓN	METODOLOGIA MIXTA, DE TIPO EXPLICATIVA, TRANSACCIONAL, NO EXPERIMENTAL, EMPLEANDO SIMULACIÓN NUMERICA

CAPITULO V

DESARROLLO DE LA TESIS

SELECCIÓN DEL MODELO BASE

Barco arrastrero

Se considerará la estructura que se muestra en la siguiente figura, propuesta por Buitrago (2020), como modelo base para el sistema de arrastre, dicha estructura pertenece a un barco arrastrero cuyas características principales serán expuestas en la tabla 3.



Figura 19. Buque arrastrero (Fuente: Buitrago, 2020)

Tabla 3. Características principales del buque arrastrero

<i>BUQUE ARRASTRERO</i>	
<i>Eslora(m)</i>	<i>22,25</i>
<i>Manga(m)</i>	<i>5,75</i>
<i>Puntal(m)</i>	<i>2,7</i>
<i>Potencia propulsiva (kW)</i>	<i>137,54</i>

A continuación, se presenta los detalles principales de la estructura de arrastre del modelo base.

Tabla 4. Detalle de la estructura de arrastre

Estructura de arrastre

<i>Mástil acero</i>	6" sch 80
<i>Pluma principal 14m</i>	2 1/2 " sch 80
<i>Soporte oblicuo Mástil</i>	2 1/2" sch 80
<i>Soporte horizontal Mástil</i>	1 1/2" sch 80

En la tabla 5 se establecen los pesos que deberá soportar la estructura tomando como base lo considerado por Buitrago

Tabla 5. Principales pesos

Pesos

<i>Red húmeda (kg)</i>	50
<i>Resistencia de la red (kg)</i>	175
<i>Captura (kg)</i>	150
<i>Cable(kg)</i>	160

CAPITULO VI

MODELAMIENTO Y ESTUDIO PARAMETRICO

En este capítulo, se describe el procedimiento realizado para el estudio paramétrico de la estructura de arrastre de la embarcación pesquera. El análisis se llevó a cabo tomando en consideración las dimensiones obtenidas de modelo base a partir del cual se determinarán los parámetros a estudiar.

DESARROLLO DEL MODELO NUMERICO

➤ Propiedades del material

A continuación, se presenta la tabla que contiene las propiedades del material ASTM A-131 empleado para la simulación numérica.

Tabla 6. Propiedades del material ASTM 1-131

PROPIEDAD	VALOR
DENSIDAD	7850 kg/m ³
MODULO DE ELASTICIDAD	210 GPa
TENSIÓN DE FLUENCIA	235 MPa
MODULO DE TANGENCIA	2100 MPa

➤ Geometría del modelo

Según lo definido en la sección anterior, se procedió a modelar la estructura de arrastre que se mencionó el capítulo V sobre el modelo 3D del casco de la embarcación, esto fue realizado en el software de modelamiento RHINOCEROS. En la siguiente figura se pueden observar distintas vistas del modelo:

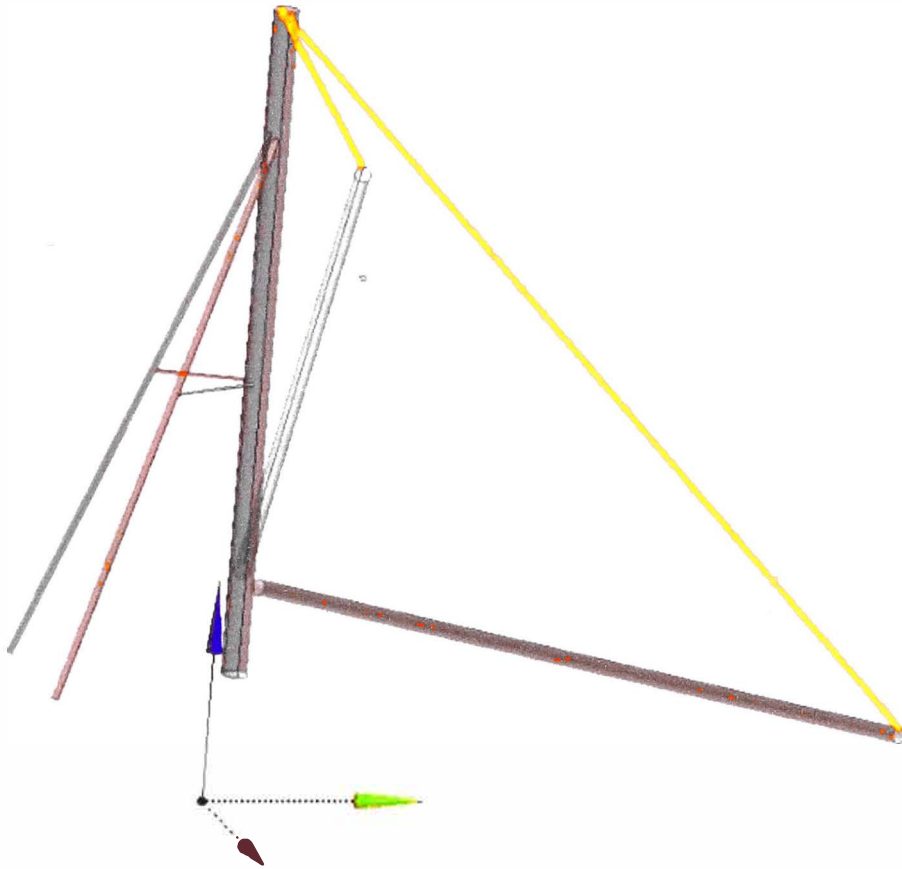


Figura 20. Estructura de arrastre (Elaboración Propia)

➤ **Enmallado del modelo**

Para el enmallado de la estructura principal (mástil y plumas) se emplearon elementos tipo casca, para el resto de los cuerpos se emplearon elementos tipo línea, A cada pieza de la estructura se le asignó una sección transversal correspondiente a los estipulado en el capítulo V de la tesis. El tamaño promedio de los elementos se obtendrá del análisis de sensibilidad.

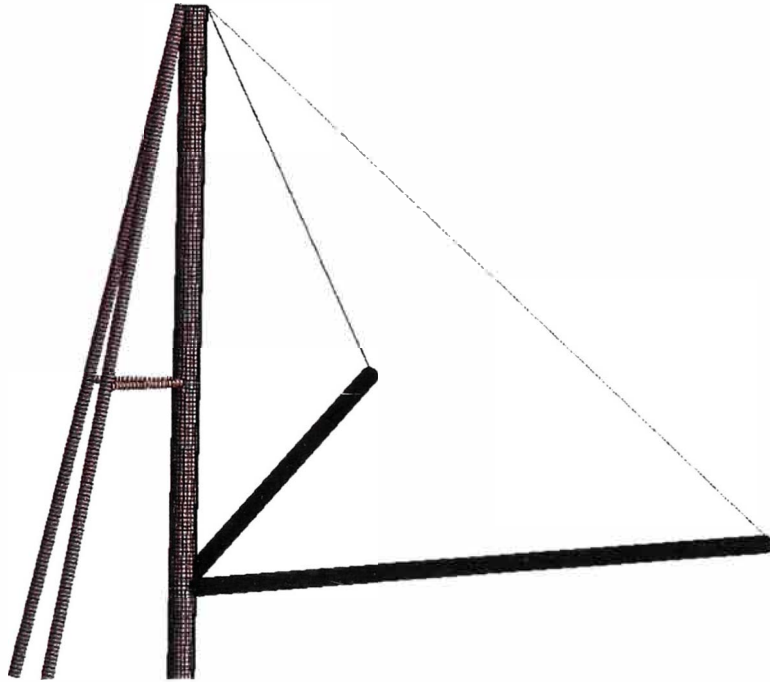


Figura 21. Enmallado de la geometría (elaboración propia)

➤ **Análisis de sensibilidad de malla**

Adicionalmente, se realizará un estudio de sensibilidad de malla con la finalidad de determinar un valor adecuado para el tamaño de malla del modelo. Dicho análisis se presenta en la siguiente figura:

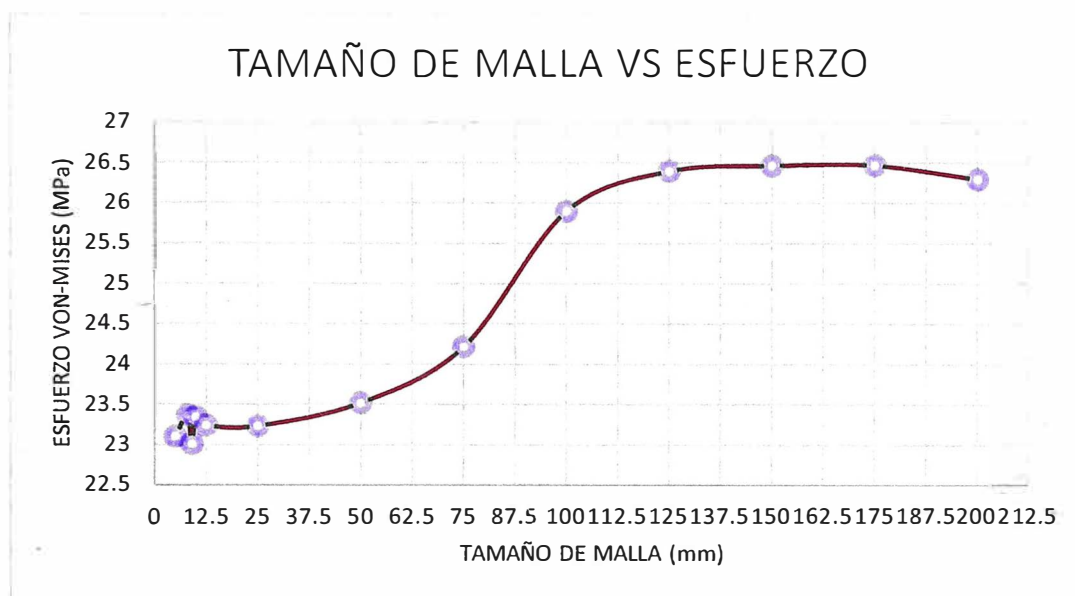


Figura 22. Análisis de sensibilidad de malla (elaboración propia)

De este análisis se determinó que el modelo el tamaño de malla aceptable es de 50 mm.

➤ **Condiciones de Contorno**

Las condiciones de contorno aplicadas sobre la malla de las plumas son apoyos fijos que simulan la restricción del cuerpo a rotar debido a las tensiones de los cables. Además, se aplican las fuerzas en resultantes en los extremos de las plumas en forma de resultante para aplicar las cargas de red, pescado, cable y arrastre del agua. En la tabla 7 se detallan las componentes de cada fuerza. Además, se considera la acción de la fuerza de gravedad sobre cada elemento de la estructura.

La base del mástil y de sus apoyos se restringe con un apoyo fijo para simular el amarre en la cubierta de estos.

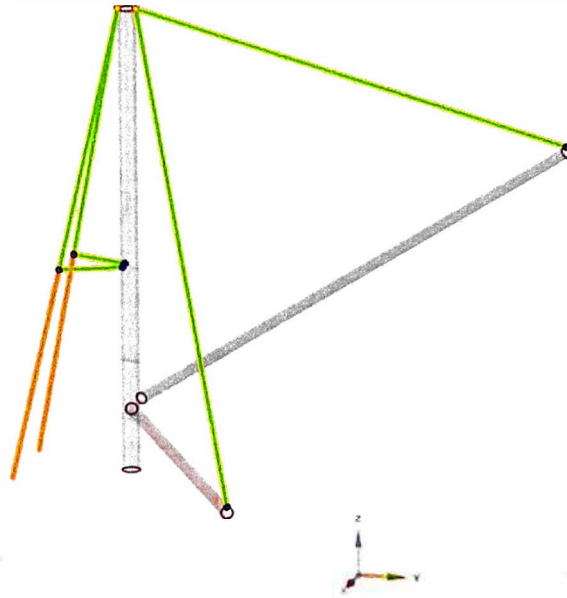


Figura 23. Conexiones de los soportes (elaboración propia)

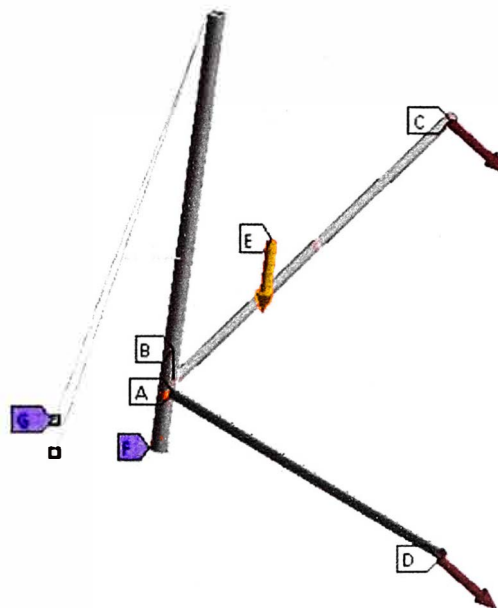


Figura 24. Condiciones de contorno (elaboración propia)

Tabla 7. Componentes de las cargas

Pesos		X	Y	Z
<i>Red húmeda (kg)</i>	50	0	0	-500 N
<i>Resistencia de la red (kg)</i>	175	0	1750 N	0
<i>Captura (kg)</i>	150	0	0	-1500 N
<i>Cable(kg)</i>	160	0	1503 N	-547 N
<i>TOTAL (2 PLUMAS)</i>	----	0	3253N	-2547N
<i>CARGA POR PLUMA</i>	---	0	1676,5	-1273,5

Dado que la pluma principal se encuentra izada en un ángulo de 20 grados se separa el peso respectivamente en el eje longitudinal "Y" y en el vertical "Z".

➤ **Dimensiones para parametrizar**

Para el análisis paramétrico se emplearán como parámetros a analizar el calibre de los tubos de las plumas empleando espesores comerciales para dichos tubos. Para ello se seleccionaron un rango de perfiles los cuales se muestra en la tabla 8 un resumen para cada uno de los elementos estructurales, adicionalmente se resalta el modelo base como la configuración número 15.

Tabla 8. Configuraciones para la parametrización

DIAMETRO SCH 80					
CONFIGURACIÓN	PLUMA	PLUMA	MASTIL	HORIZONTAL (2)	OBLICUO (2)
	1	2		SOPORTES	SOPORTES
1	1"	1"	4"	1 1/2"	2 1/2"
2	1"	1"	5"	1 1/2"	2 1/2"
3	1"	1"	6"	1 1/2"	2 1/2"
4	1"	1"	8"	1 1/2"	2 1/2"
5	1 1/4"	1 1/4"	4"	1 1/2"	2 1/2"
6	1 1/4"	1 1/4"	5"	1 1/2"	2 1/2"
7	1 1/4"	1 1/4"	6"	1 1/2"	2 1/2"
8	1 1/4"	1 1/4"	8"	1 1/2"	2 1/2"
9	1 1/2"	1 1/2"	4"	1 1/2"	2 1/2"
10	1 1/2"	1 1/2"	5"	1 1/2"	2 1/2"
11	1 1/2"	1 1/2"	6"	1 1/2"	2 1/2"
12	1 1/2"	1 1/2"	8"	1 1/2"	2 1/2"
13	2 1/2"	2 1/2"	4"	1 1/2"	2 1/2"
14	2 1/2"	2 1/2"	5"	1 1/2"	2 1/2"
15	2 1/2"	2 1/2"	6"	1 1/2"	2 1/2"
16	2 1/2"	2 1/2"	8"	1 1/2"	2 1/2"

.3. RESULTADOS

➤ Pesos de la estructura

Cada configuración propuesta tiene un peso distinto, para ello se proporciona la tabla 9, la cual resalta los pesos de cada uno de ellos, además en la figura se observa una distribución de barras que corresponde a las configuraciones planteadas respectivamente.

Tabla 9. Pesos en cada configuración.

CONFIGURACIÓN	PESOS					TOTAL (Kg)
	PLUMA 1	PLUMA 2	MASTIL	HORIZONTAL (2) SOPORTES KG	OBLICUO (2) SOPORTES	
1	30	30	90,32	8,1	141,368	299,788
2	30	30	128,56	8,1	141,368	338,028
3	30	30	226,08	8,1	141,368	435,548
4	30	30	340,24	8,1	141,368	549,708
5	40,56	40,56	90,32	8,1	141,368	320,908
6	40,56	40,56	128,56	8,1	141,368	359,148
7	40,56	40,56	226,08	8,1	141,368	456,668
8	40,56	40,56	340,24	8,1	141,368	570,828
9	48,6	48,6	90,32	8,1	141,368	336,988
10	48,6	48,6	128,56	8,1	141,368	375,228
11	48,6	48,6	226,08	8,1	141,368	472,748
12	48,6	48,6	340,24	8,1	141,368	586,908
13	103,44	103,44	90,32	8,1	141,368	446,668
14	103,44	103,44	128,56	8,1	141,368	484,908
15	103,44	103,44	226,08	8,1	141,368	582,428
16	103,44	103,44	340,24	8,1	141,368	696,588

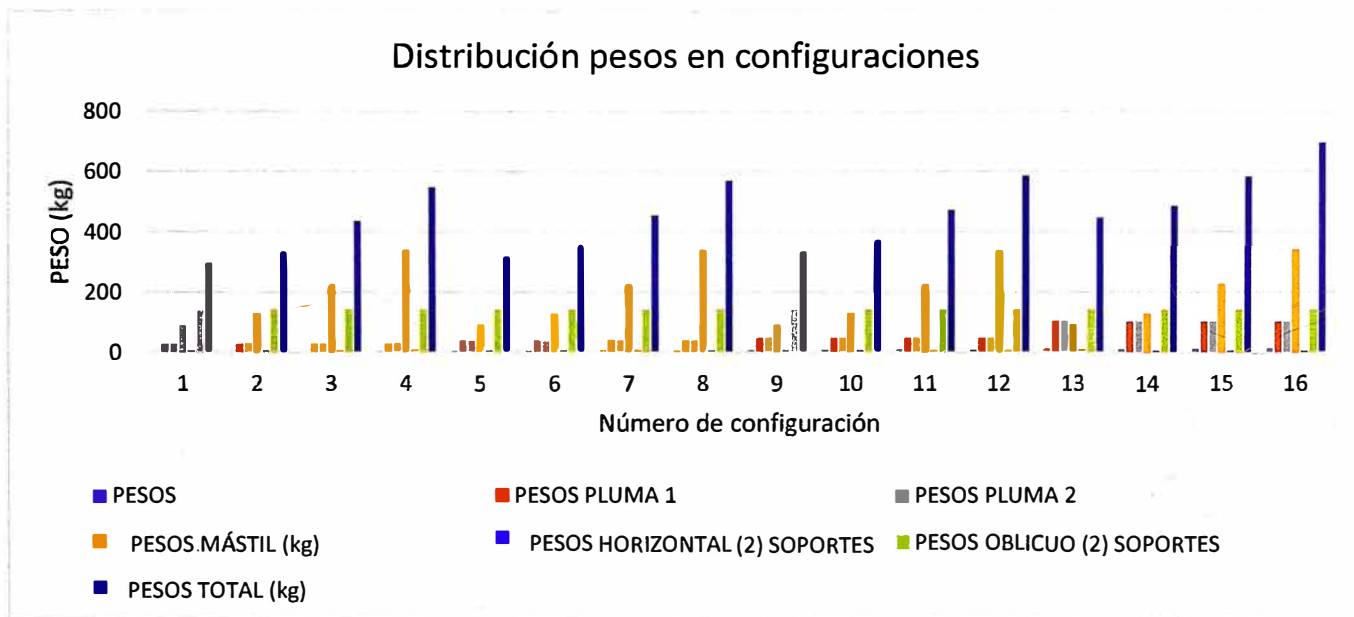


Figura 25. Distribución de pesos (Elaboración Propia)

➤ **Esfuerzos Von Mises**

Para el análisis de los esfuerzos se presentarán figuras con los resultados de esfuerzos de Von Mises para cada configuración además de una tabla de resumen con los valores máximos obtenidos en la estructura para todos los casos. La última columna contiene la relación entre esfuerzo (MPa) sobre peso (kg).

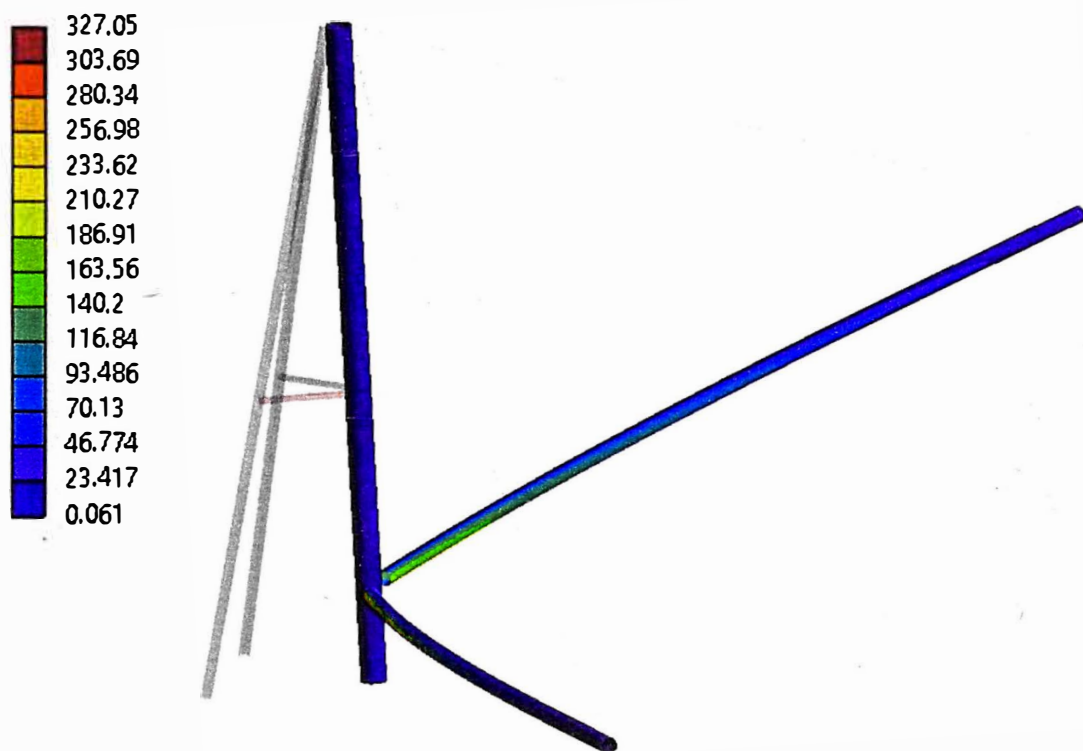


Figura 26. Esfuerzos de Von Mises espécimen 1 (elaboración propia)

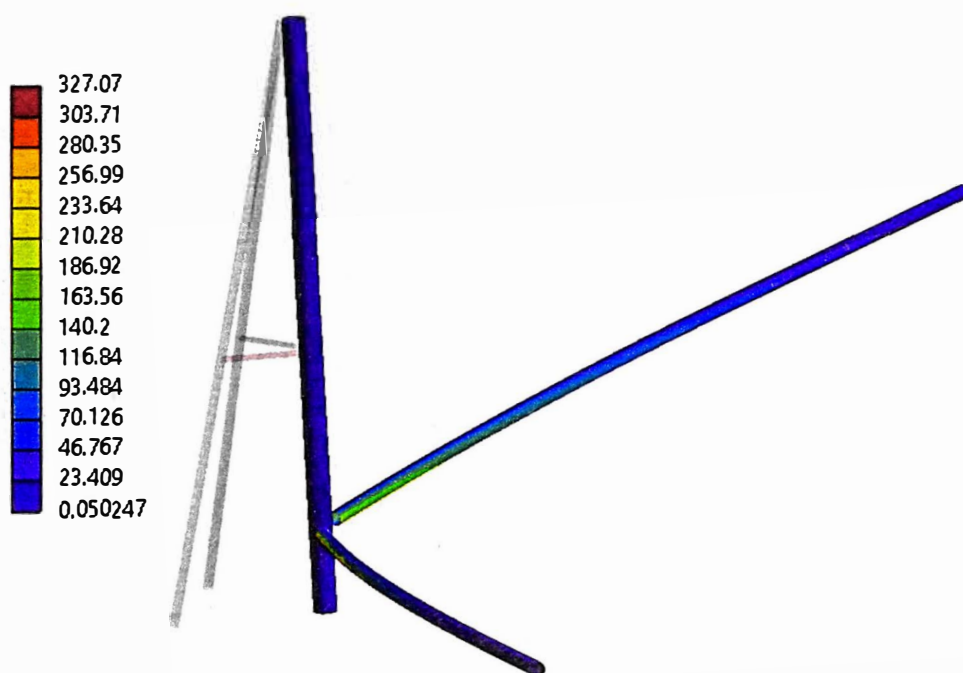


Figura 27. Esfuerzos de Von Mises espécimen 2 (elaboración propia)

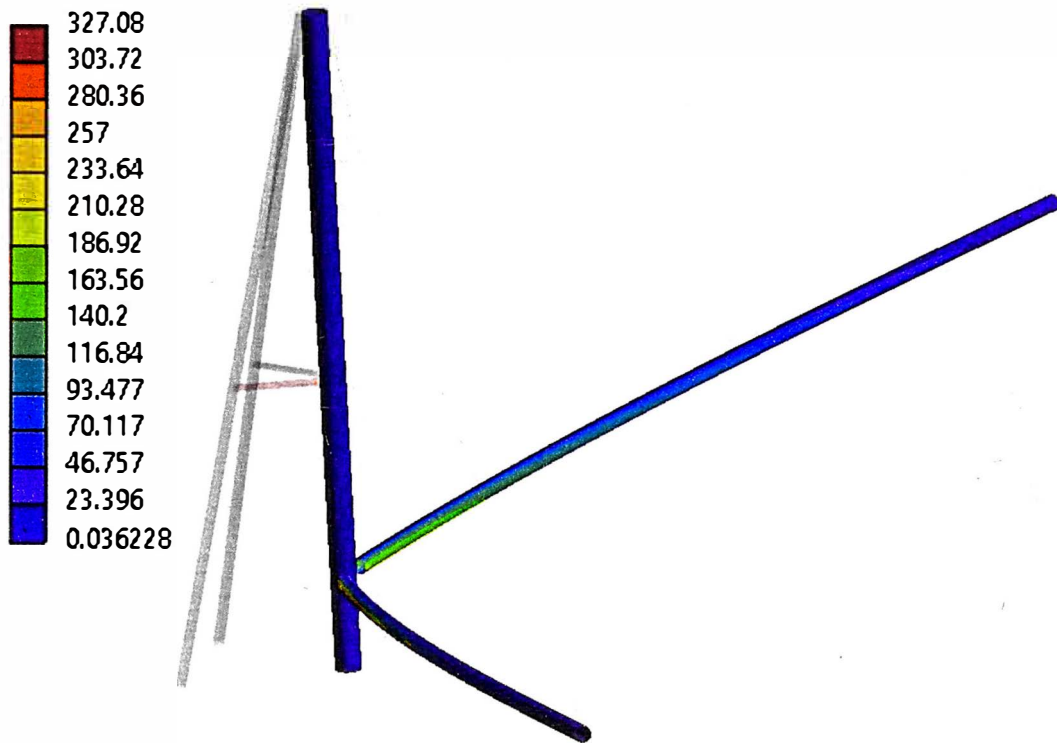


Figura 28. Esfuerzos de Von Mises espécimen 3 (elaboración propia)

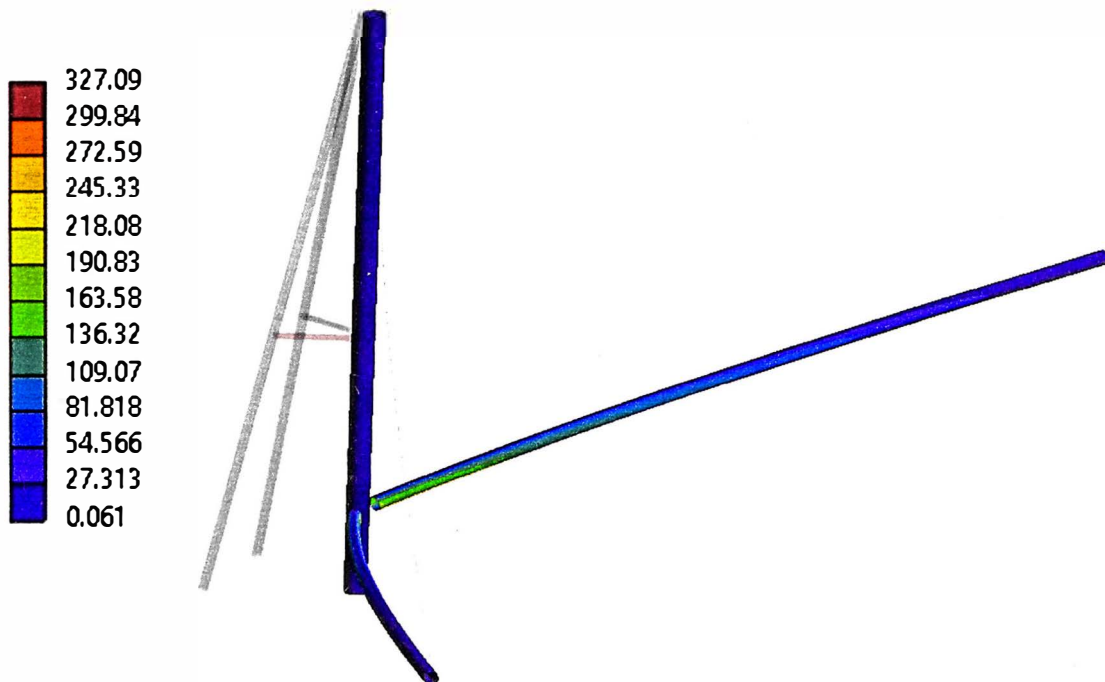


Figura 29. Esfuerzos de Von Mises espécimen 4 (elaboración propia)

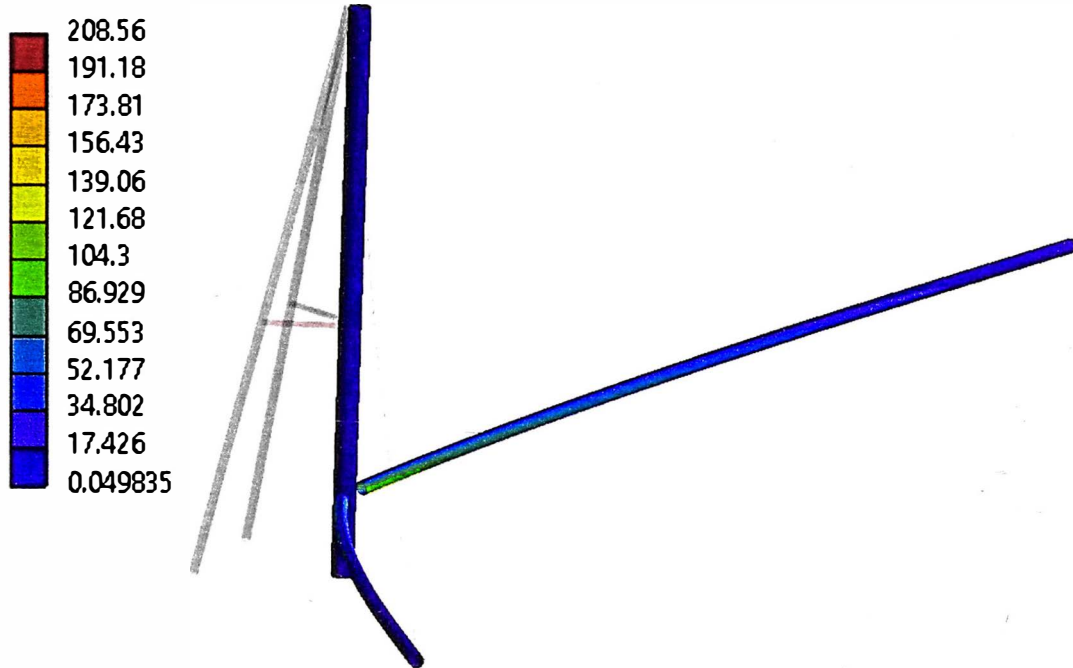


Figura 30. Esfuerzos de Von Mises espécimen 5 (elaboración propia)

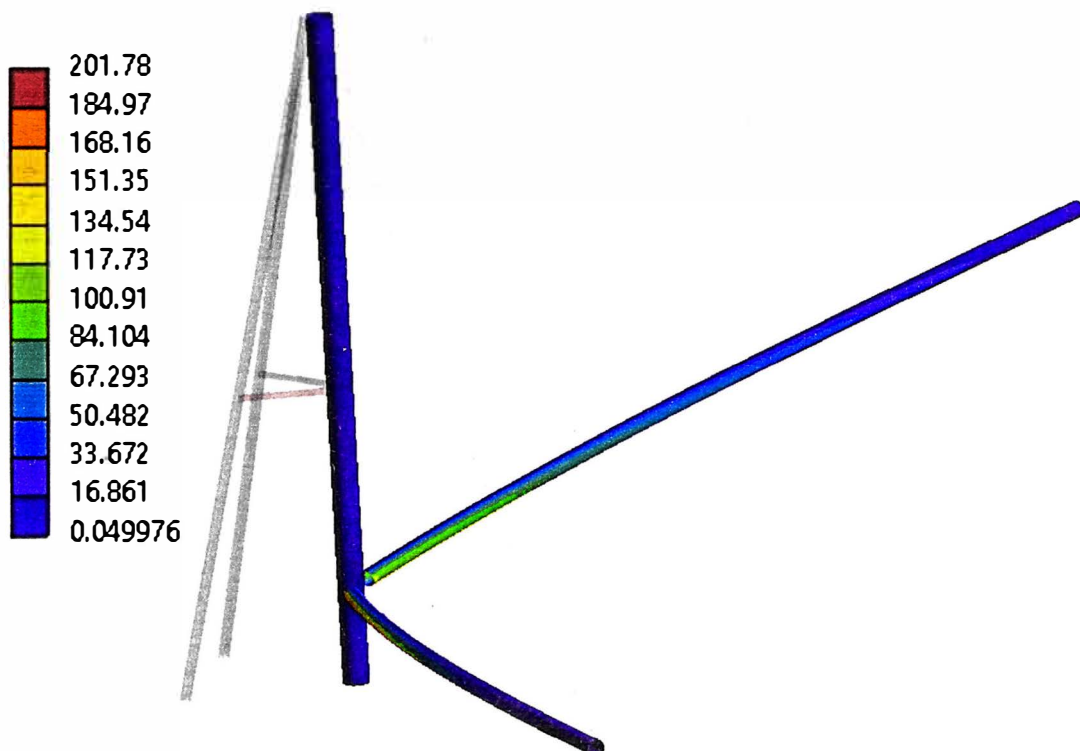


Figura 31. Esfuerzos de Von Mises espécimen 6 (elaboración propia)

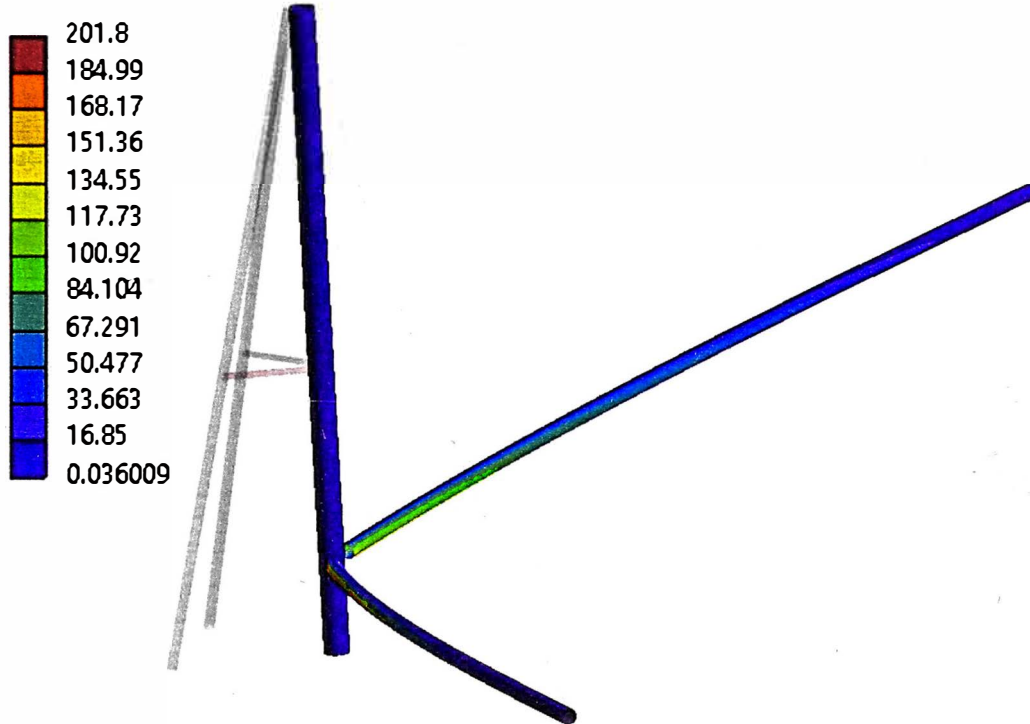


Figura 32. Esfuerzos de Von Mises espécimen 7 (elaboración propia)

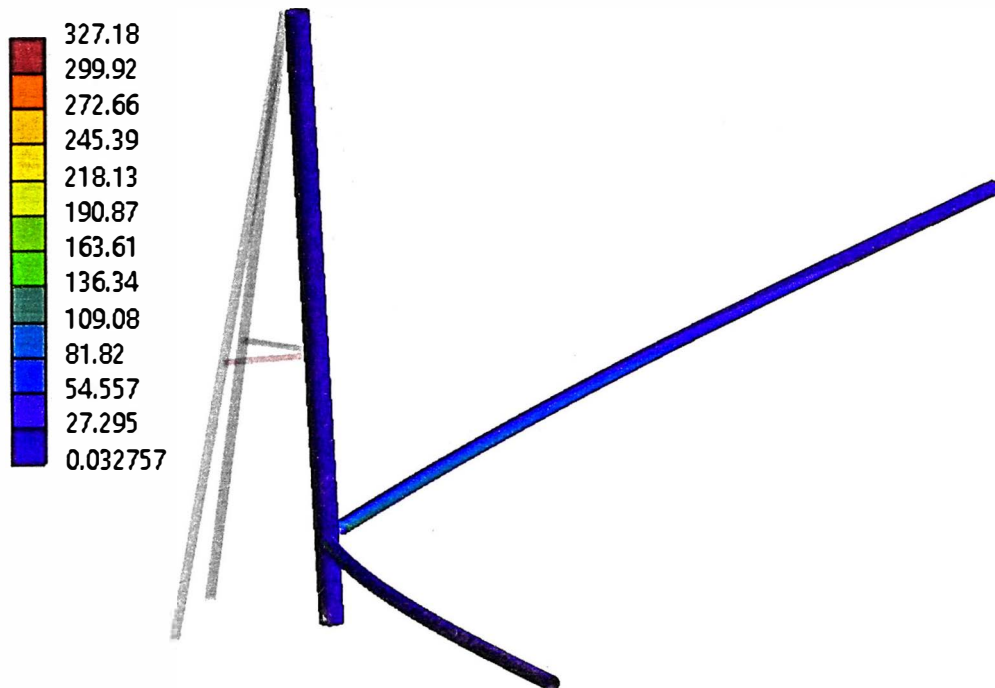


Figura 33. Esfuerzos de Von Mises espécimen 8 (elaboración propia)

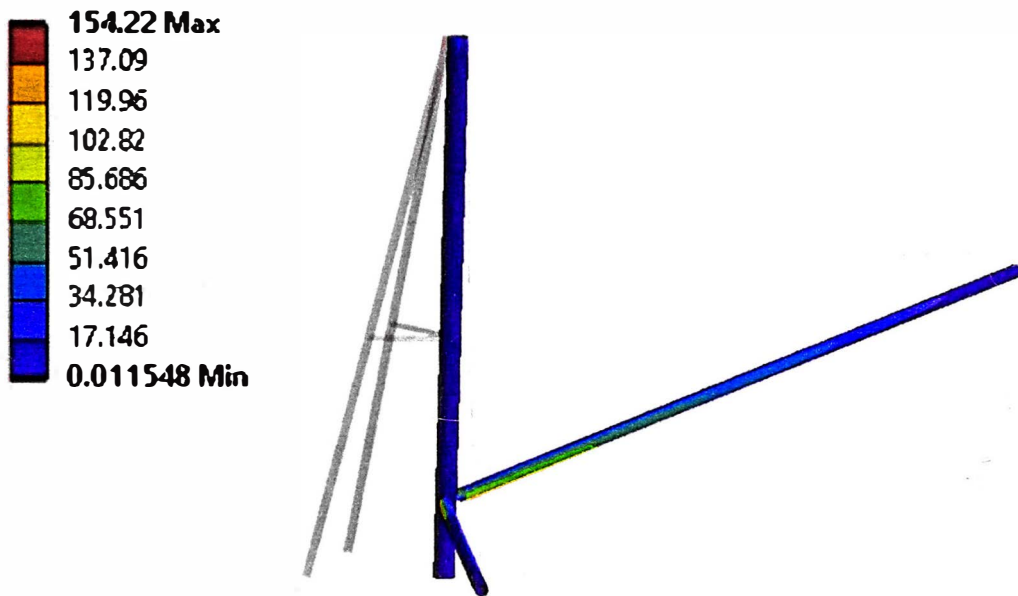


Figura 34. Esfuerzos de Von Mises espécimen 11 (elaboración propia)

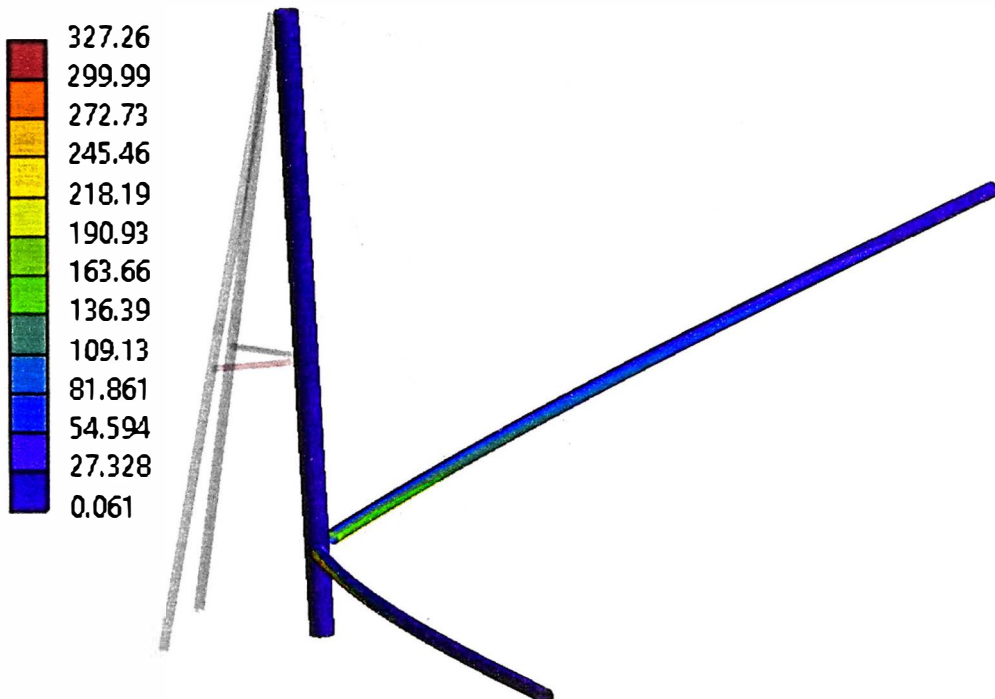


Figura 35. Esfuerzos de Von Mises espécimen 12 (elaboración propia)

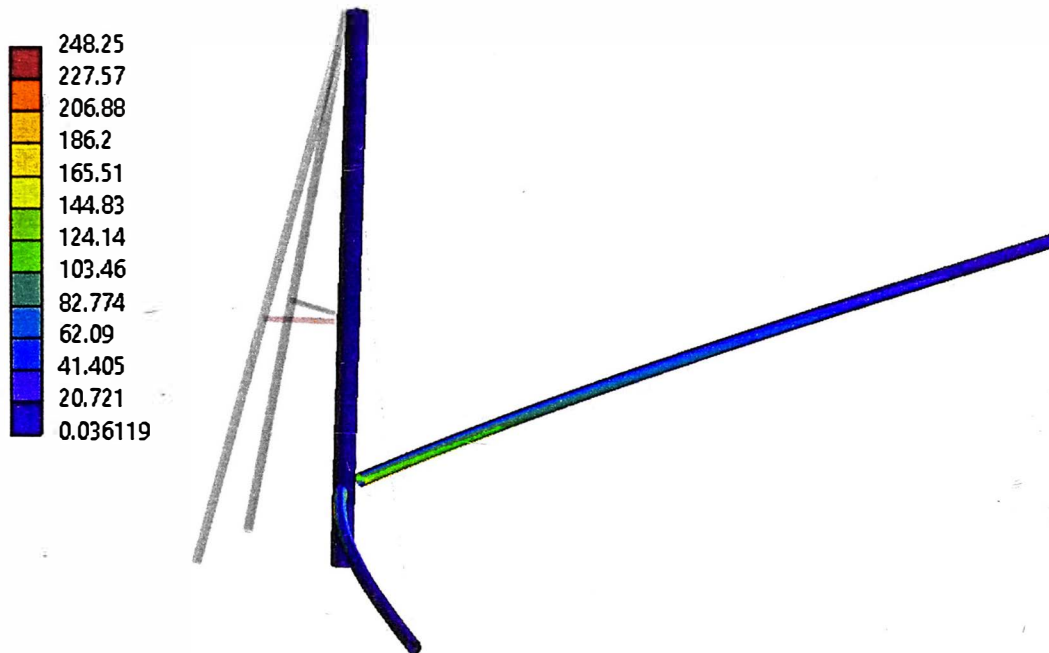


Figura 36. Esfuerzos de Von Mises espécimen 13 (elaboración propia)

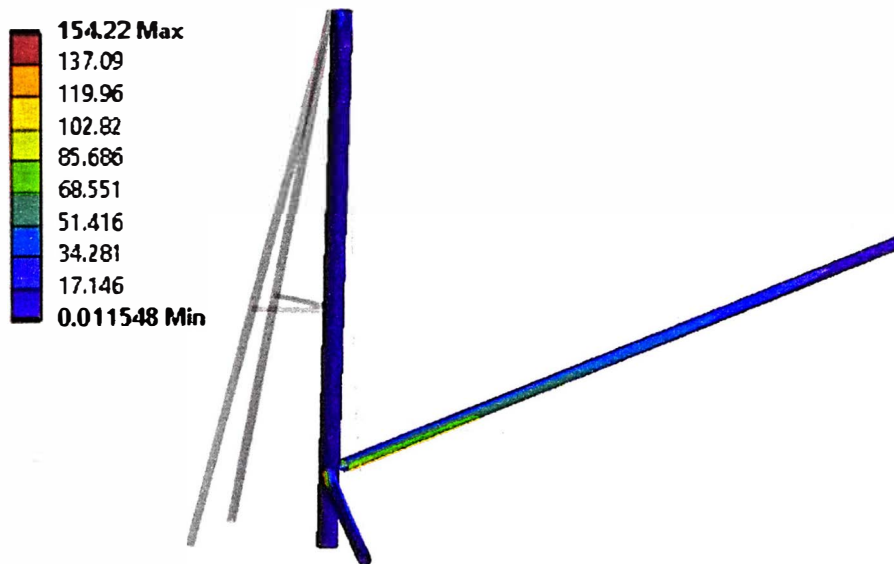


Figura 37. Esfuerzos de Von Mises espécimen 14 (elaboración propia)

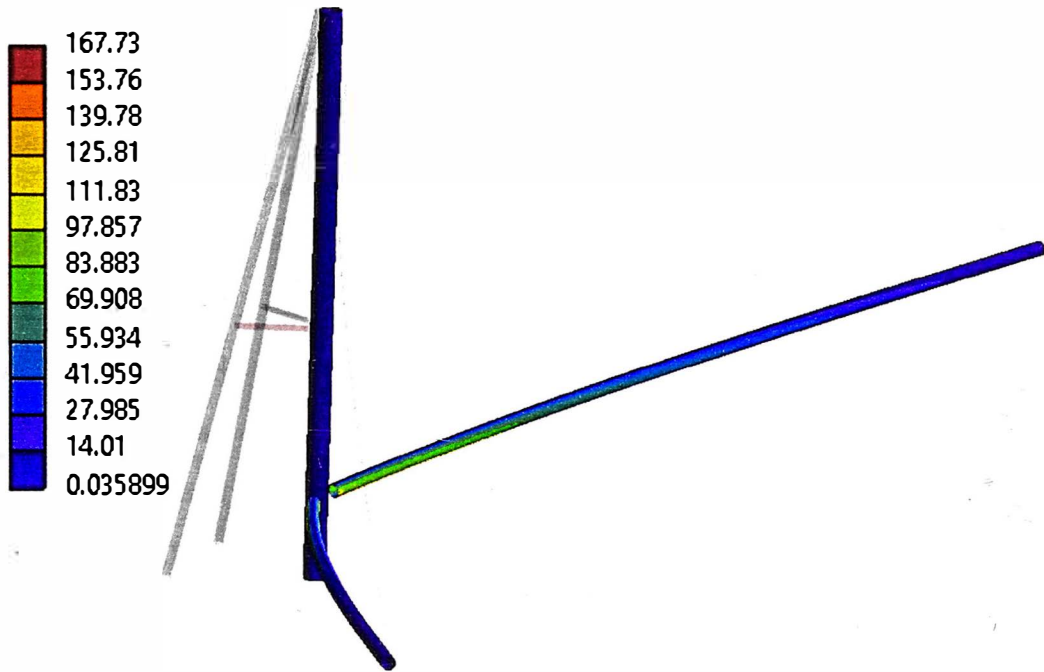


Figura 38. Esfuerzos de Von Mises espécimen 15 (elaboración propia)

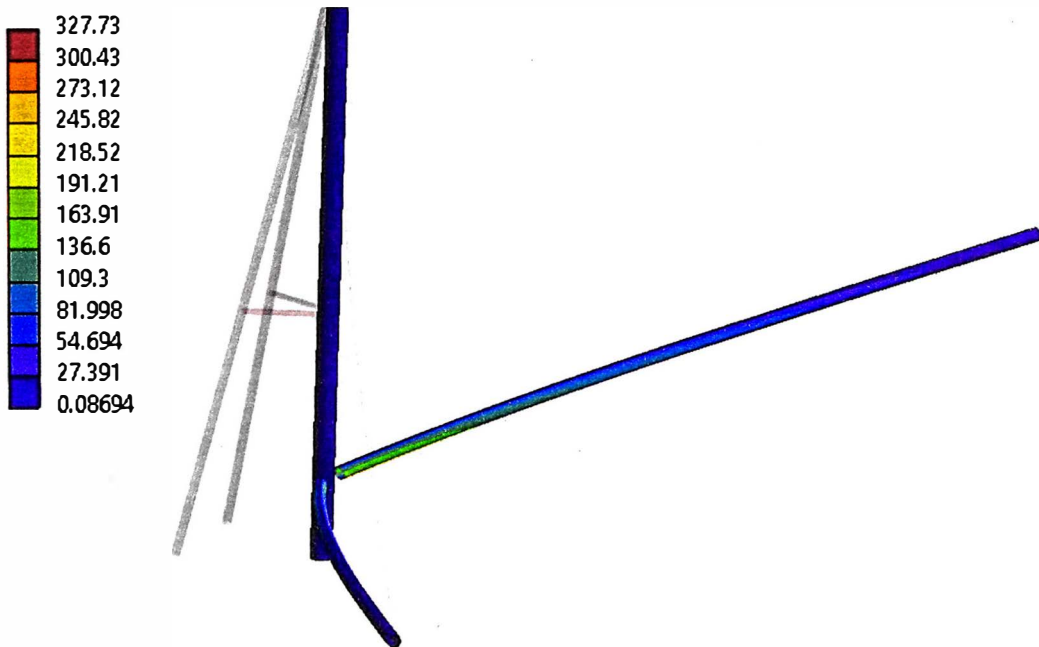


Figura 39. Esfuerzos de Von Mises espécimen 16 (elaboración propia)

Tabla 10. Esfuerzos en cada configuración

CONFIGURACIÓN	PESOS (kg)						ESFUERZOS	RELACIÓN AL MODELO BASE	
	PLUMA 1	PLUMA 2	MASTIL	HORIZONTAL (2) SOPORTES	OBLICUO (2) SOPORTES	TOTAL (kg)		Esfuerzo Von Mises (Mpa)	Peso (kg/kg)
1	30	30	90,32	8,1	141,368	299,788	327,05		
2	30	30	128,56	8,1	141,368	338,028	327,07	0,51472	1,9497
3	30	30	226,08	8,1	141,368	435,548	327,08	0,5803	1,9498
4	30	30	340,24	8,1	141,368	549,708	327,09	0,7478	1,9499
5	40,56	40,56	90,32	8,1	141,368	320,908	208,56	0,9438	1,9500
6	40,56	40,56	128,56	8,1	141,368	359,148	201,78	0,5509	1,2434
7	40,56	40,56	226,08	8,1	141,368	456,668	201,80	0,6166	1,2029
8	40,56	40,56	340,24	8,1	141,368	570,828	201,80	0,7840	1,2030
9	48,6	48,6	90,32	8,1	141,368	336,988	sin data	0,9800	1,9505
10	48,6	48,6	128,56	8,1	141,368	375,228	sin data	0,5785	sin data
11	48,6	48,6	226,08	8,1	141,368	472,748	154,22	0,6442	sin data
12	48,6	48,6	340,24	8,1	141,368	586,908	327,26	0,8116	0,9194
13	103,44	103,44	90,32	8,1	141,368	446,668	248,25	1,0076	1,9510
14	103,44	103,44	128,56	8,1	141,368	484,908	201,85	0,7669	1,4799
15	103,44	103,44	226,08	8,1	141,368	582,428	167,73	0,8325	1,2033
16	103,44	103,44	340,24	8,1	141,368	696,588	327,35	1	1
								1,1960	1,9515

Cabe resaltar que en el caso del esfuerzo de Von mises lo que se obtiene es el esfuerzo máximo ante la misma carga entre todos los elementos estructurales, en la figura se observa la configuración 1, por ejemplo, en la cual se evidencia que este esfuerzo máximo se presenta en la pluma tal y como se ve en la figura, como era de esperarse debido a que es la estructura más larga y delgada.

El rendimiento de la estructura puede ser interpretado de la siguiente manera:

- Bajo esfuerzo en la estructura: La estructura tiene mejor resistencia análogo a un alto factor de seguridad.
- Alto esfuerzo en la estructura: La estructura es menos resistente análogo a un bajo factor de seguridad.

Entonces de las configuraciones planteadas se seleccionará aquella con el menor valor de lo esfuerzos y menor peso.

El nivel de los esfuerzos obtenidos para cada configuración se empleará como fuente de validación de la estructura, es decir, sirve para identificar si determinada configuración es viable para las cargas aplicadas. En este caso el material empleado tiene una tensión de fluencia de 235 MPa. Por lo cual, se descartará cualquier candidato que supere este nivel de esfuerzos. A continuación, en la tabla 10, se muestra el resultado de este análisis y en la tabla 11 se muestran los candidatos viables y sus respectivas ratios de peso de los cuales se determinará la configuración óptima.

Tabla 11. Viabilidad de cada configuración

CONFIGURACIÓN	ESFUERZOS		
	Esfuerzo Von Mises (MPa)	TENSIÓN DE FLUENCIA	
1	327,057	235	NO VIABLE
2	327,073	235	NO VIABLE
3	327,084	235	NO VIABLE
4	327,092	235	NO VIABLE
5	208,569	235	VIABLE
6	201,781	235	VIABLE
7	201,802	235	VIABLE

8	327,181	235	NO VIABLE
9	sin data	235	NO VIABLE
10	sin data	235	NO VIABLE
11	154,224	235	VIABLE
12	327,268	235	NO VIABLE
13	248,252	235	NO VIABLE
14	201,851	235	VIABLE
15	167,739	235	VIABLE
16	327,353	235	NO VIABLE

Tabla 12. Configuraciones viables

CONFIGURACIÓ N	ESFUERZO VON MISES (MPa)	VIABILIDAD	PESO (kg)	FACTOR DE SEGURIDAD RESPECTO A LA FLUENCIA
5	208,569	VIABLE	320,908	1,126
6	201,781	VIABLE	359,148	1,164
7	201,802	VIABLE	456,668	1,164
11	154,224	VIABLE	472,748	1,523
14	201,851	VIABLE	484,908	1,164
15	167,739	VIABLE	582,428	1,400

➤ **Configuración óptima de la estructura de arrastre**

A continuación, se comentarán los resultados de los casos viables para la optimización de la estructura.

➤ Configuración 5

Como se muestra en la tabla 13, se puede determinar que la configuración 5 presenta un peso de 320,908kg y un factor de seguridad de 1,126. Además, se observa que comparado a la estructura base, presenta menos resistencia estructural, aunque también se reduce el peso en un 45%, sin embargo, el factor de seguridad es bajo.

Tabla 13. Configuración 5

Estructura de arrastre:	Nro 5	Nro 15 (Base)	% optimización
<i>Mástil acero</i>	4" sch 80	6" sch 80	-----
<i>Pluma principal 14m</i>	1 1/4 " sch	2 1/2 " sch	-----
	80	80	
<i>Soporte oblicuo Mástil</i>	2 1/2" sch 80	2 1/2" sch 80	-----
<i>Soporte horizontal Mástil</i>	1 1/2" sch 80	1 1/2" sch 80	-----
<i>Esfuerzo máximo Von Mises</i>	208.56 MPa	167.73 MPa	-19%
<i>Peso total estructura</i>	320.908 kg	582 kg	45%

Configuración 6

Como se muestra en la tabla 14, se puede determinar que la configuración 6 presenta un peso de 359,146 kg y un factor de seguridad de 1,164. En esta

configuración se obtiene un peor rendimiento tanto en resistencia estructural, perdiendo un 8%, así como una reducción de peso de 38%.

Tabla 14. Configuración 6

Estructura de arrastre:	Nro 11	Nro 15 (Base)	% optimización
<i>Mástil acero</i>	5" sch 80	6" sch 80	-----
<i>Pluma principal 14m</i>	1 1/4 " sch 80	2 1/2 " sch 80	-----
<i>Soporte oblicuo Mástil</i>	2 1/2" sch 80	2 1/2" sch 80	-----
<i>Soporte horizontal Mástil</i>	1 1/2" sch 80	1 1/2" sch 80	-----
<i>Esfuerzo máximo Von Mises</i>	201.78 MPa	167.73 MPa	-8,04%
<i>Peso total estructura</i>	359.146 kg	582 kg	38,3%

Configuración 7

Como se muestra en la tabla 15, se puede determinar que la configuración 7 presenta un peso de 456,668Kg y un factor de seguridad de 1,64. Esta configuración consigue una reducción de peso de 21%, sin embargo, también pierde resistencia estructural, en un 8%, frente a la estructura de control.

Tabla 15. Configuración 7

Estructura de arrastre:	Nro 11	Nro 15 (Base)	% optimización
<i>Mástil acero</i>	6" sch 80	6" sch 80	-----
<i>Pluma principal 14m</i>	1 1/4 " sch 80	2 1/2 " sch 80	-----

<i>Soporte oblicuo Mástil</i>	2 ½" sch 80	2 ½" sch 80	-----
<i>Soporte horizontal Mástil</i>	1 ½" sch 80	1 ½" sch 80	-----
<i>Esfuerzo máximo Von Mises</i>	201,8 MPa	167,73 MPa	-8.01%
<i>Peso total estructura</i>	456 kg	582 kg	21%

Configuración 11

Como se muestra en la tabla 16, se puede determinar que la configuración 11 presenta un peso de 582 kg y un factor de seguridad de 1,523. Esta configuración logra reducir un 18,9% el peso de la estructura y a la vez gana 8% de resistencia estructural.

Tabla 16. Configuración 11

Estructura de arrastre:	Nro 11	Nro 15 (Base)	% optimización
<i>Mástil acero</i>	6" sch 80	6" sch 80	-----
<i>Pluma principal 14m</i>	1 1/2 " sch 80	2 1/2 " sch 80	-----
<i>Soporte oblicuo Mástil</i>	2 ½" sch 80	2 ½" sch 80	-----
<i>Soporte horizontal Mástil</i>	1 ½" sch 80	1 ½" sch 80	-----
<i>Esfuerzo máximo Von Mises</i>	154,22 MPa	167,73 MPa	8%
<i>Peso total estructura</i>	472 kg	582 kg	18,9%

➤ **Configuración 14**

Como se muestra en la tabla 17, se puede determinar que la configuración base presenta un peso de 484 kg y un factor de seguridad de 1,16. En este arreglo se pierde 8% de resistencia estructural, pero se consigue reducir el peso en un 18,75%.

Tabla 17. Configuración 14

Estructura de arrastre:	Nro 11	Nro 15 (Base)	% optimización
<i>Mástil acero</i>	6" sch 80	6" sch 80	-----
<i>Pluma principal 14m</i>	1 1/2 " sch 80	2 1/2 " sch 80	-----
<i>Soporte oblicuo Mástil</i>	2 1/2" sch 80	2 1/2" sch 80	-----
<i>Soporte horizontal Mástil</i>	1 1/2" sch 80	1 1/2" sch 80	-----
<i>Esfuerzo máximo Von Mises</i>	201,85 MPa	167,73 MPa	-8%
<i>Peso total estructura</i>	484 kg	582 kg	18,75%

Configuración 15 (Base)

En la tabla 18 se muestra la configuración 15, la cual, si bien se determinó que es viable, no se tomará en consideración debido a que es la estructura de control, en este caso, consecuentemente, el porcentaje en peso y de resistencia se mantiene constante.

Tabla 18. Configuración 15

Estructura de arrastre:	Nro 15	Nro 15 (Base)	% optimización
<i>Mástil acero</i>	6" sch 80	6" sch 80	-----
<i>Pluma principal 14m</i>	2 1/2 " sch 80	2 1/2 " sch 80	-----
<i>Soporte oblicuo Mástil</i>	2 1/2" sch 80	2 1/2" sch 80	-----
<i>Soporte horizontal Mástil</i>	1 1/2" sch 80	1 1/2" sch 80	-----
<i>Esfuerzo máximo Von Mises</i>	167,73 MPa	167,73 MPa	0%
<i>Peso total estructura</i>	582 kg	582 kg	0%

Configuración optimizada

Como se muestra en la tabla 12, se puede determinar que la configuración base presenta un peso de 582 kg y un factor de seguridad de 1,4.

La configuración 11 presenta un peso de 472 kg de peso total y un factor de seguridad de 1.52. En la figura se muestra el resultado de los esfuerzos para esta configuración, así como una comparación con el modelo base. Además, en la tabla 13 se presenta un resumen de las características de este espécimen.

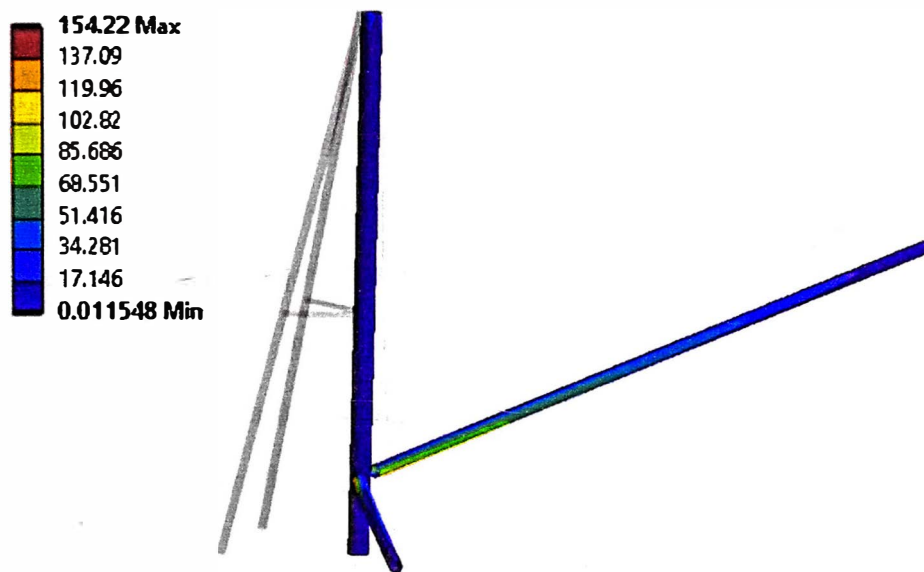


Figura 40. Esfuerzos Von Mises espécimen 11 (elaboración propia)

Tabla 19. Resumen de la comparativa de control

Estructura de arrastre:	Nro 11	Nro 15 (Base)	% optimización
<i>Mástil acero</i>	6" sch 80	6" sch 80	-----
<i>Pluma principal 14m</i>	1 1/2 " sch 80	2 1/2 " sch 80	-----
<i>Soporte oblicuo Mástil</i>	2 1/2" sch 80	2 1/2" sch 80	-----
<i>Soporte horizontal Mástil</i>	1 1/2" sch 80	1 1/2" sch 80	-----
<i>Esfuerzo máximo Von Mises</i>	154,24 MPa	167,73 MPa	8%
<i>Peso total estructura</i>	472 kg	582 kg	18,9%

De la tabla 13 se observa que la estructura optima tiene un 8% más de reserva de resistencia estructural y es un 18,9% más ligera que la estructura base, aproximadamente 110 kg menos de peso.

➤ **Efecto del winche sobre la estructura y sobre la capacidad de captura**

Debido a que en la configuración óptima el peso reducido viene de un perfil menor en las plumas y es alrededor de 110 kg, se estima la fuerza de tiro del equipo hidráulico con las componentes de las cargas que se aplican, esto es una resultante de 4130 N, si le descontamos los 1080 N provenientes del peso de la pluma, se obtiene una reducción importante en la capacidad de tiro del equipo hidráulico, alrededor de un 27%.

Es decir, si se optimiza la estructura y se mantiene la potencia del winche se puede obtener un 27% más de capacidad de captura y mientras tanto el nivel de los esfuerzos sobre la estructura disminuye en un 8%.

➤ **Consideraciones respecto a la normativa vigente**

En el presente trabajo se realizó un análisis paramétrico empleando el método de elementos finitos. Dicho análisis cumple con las recomendaciones de la clasificadora DNV-GL establecidas en su documento DNVGL-CG-0127 para análisis local de elementos respecto a cargas, finura de la malla, condiciones de contorno y esfuerzos permisibles.

Respecto a la normativa SOLAS en el capítulo II-1 establece que las embarcaciones deben cumplir con las regulaciones de seguridad concernientes a construcción y equipamientos, es por esto que este estudio respecto a la carga permisible de las plumas debe ser tomado de referente para un futuro establecimiento de criterios de clase para mejorar el diseño de la embarcación y por ende la seguridad de la tripulación en el mar.

CONCLUSIONES

- La estructura de arrastre estudiada pertenece a una embarcación pesquera con las siguientes dimensiones principales: Eslora de 22,5 m, manga de 5,75 m y puntal de 2,7 m.
- La estructura estudiada está compuesta por dos plumas de 12 m de longitud, un mástil de 8 m de altura y sus respectivos soportes.
- Se consideraron las principales cargas que serían aplicadas sobre la estructura tales como el peso de la red, de los peces, la resistencia de la red, el peso del cable y la acción de la fuerza de gravedad de la propia estructura, separándolas en componentes cartesianas.
- La geometría empleada para el análisis numérico es una versión simplificada de la estructura total, ya que las conexiones de las plumas se simularon con las condiciones de contorno, además, se despreciaron detalles pequeños en la estructura ya que no intervienen de forma relevante para el estudio.
- Se realizó un estudio de sensibilidad de malla en el cual se determinó que el tamaño de elemento aceptable es de 50 mm.
- Se estudiaron 16 configuraciones que consisten en distintos perfiles de tubo de acero para el análisis paramétrico, del cual se obtuvieron el peso total de la estructura y el esfuerzo máximo debido a las cargas aplicadas.

- De los 16 especímenes se descartaron diez de ellos ya que luego de obtener los resultados de esfuerzos estos superaban el valor de la tensión de fluencia. Entre los seis especímenes restantes se evaluó el factor de seguridad respecto al límite de fluencia y la proporción de peso respecto al modelo base.
- Finalmente se determinó qué espécimen óptimo es el correspondiente a la configuración once, el cual presenta un valor de esfuerzos igual a 154,24 MPa, 8% menor que el modelo base, así como un peso total de 472 Kg, el cual es un 18,9% menor al del modelo base. Esta configuración cuenta con un mástil de espesor de 6" y plumas de 1 1/2".
- El estudio determinó que con una estructura optimizada y manteniendo la capacidad del winche se puede obtener un 27% más de capacidad de captura.
- Si bien el efecto sobre la capacidad de captura depende bastante del tipo de especie marina a pescar y del tipo de faena que aplique una determinada embarcación, el método presentado puede ser aplicado en otros escenarios u locaciones de la embarcación, lo cual demuestra que el uso de herramientas como la simulación numérica deben ser más difundido en la industria.

RECOMENDACIONES

- El estudio se realizó para una embarcación de tipo artesanal ya que es uno de los casos donde se ve una mayor carencia de estudios respecto al dimensionamiento general de las estructuras, además se recomienda a futuro evaluar diseños de embarcaciones de mayor escala con la finalidad de validar los cálculos analíticos o empíricos que se emplean en dichas construcciones.
- Del estudio realizado se obtuvieron los resultados de esfuerzos y pesos totales de la estructura para distintos tipos de configuraciones de perfiles tubulares. Para un análisis más completo se recomienda incluir como parámetro el material a emplear ya que es un factor principal al momento de evaluar el nivel de esfuerzos en la estructura, así como su viabilidad económica.
- Se recomienda a futuro realizar estudios independientes para las cargas soportadas por el sistema de arrastre, debido a que en este caso se emplearon cargas específicas para esta embarcación, sin embargo, en otros casos no se dispondría de esa información principalmente respecto a la resistencia hidrodinámica de la red.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez-Risco, A. (2020). Matriz de consistencia y Matriz de operacionalización de variables
- Amos, D. (1980). Single vessel midwater trawling.
- Babazadeh, A., & Khedmati, M. R. (2018). Ultimate strength of cracked ship structural elements and systems: A review. *Engineering Failure Analysis*, 89, 242-257.
- Bower, T. C. (1985). Fishing vessel optimization: a design tool (Doctoral dissertation, University of British Columbia).
- Carral, J., Carral, L., Lamas, M., & Rodríguez, M. J. (2015). Fishing grounds' influence on trawler winch design. *Ocean Engineering*, 102, 136-145.
- Carral Couce, L., Couce, J. C., Tarrío-Saavedra, J., & Formoso, J. A. F. (2019). Net winch design in trawlers, influence of vessel size and fishing ground. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 233(1), 108-123.
- Cesáreo Díaz Fernández (1972), *Teoría del Buque*, 2da Edición.
- Chen, P. W., Wang, Z. M., Ding, X. L., Shi, Y. Y., Zhou, S. J., Lu, C., & Zheng, J. (2016, July). Analysis on the structure strength of the marine winch's roller. In 2016 2nd International Conference on Control Science and Systems Engineering (ICCSSE) (pp. 260-263). IEEE.
- Dardel, S., Danese, N., Morbelli, J. L., & Flouret, S. (2018). Heavy-Lifting: Coupled Stability & Structural Analysis in a Load-Out Operation. In *Technology and Science for the Ships of the Future* (pp. 705-712). IOS Press.

Diseño de máquinas, 2017, Abasolo Bilbao Mikel, Corral Saiz Javier, Iriondo Plaza Edurne.

FAO 1986, Servicio de Información, Datos y Estadísticas de Pesca, y el Servicio de Tecnología de Pesca (comps), Definición y clasificación de las embarcaciones pesqueras. FAO Doc.Tec.Pesca, (267):63 p.

FAO 2022. Tipos de buque de pesca. Trawlers. Technology Fact Sheets. División de Pesca y Acuicultura [en línea]. Roma. Actualizado 2008-09-23 [Citado Monday, October 17th 2022].

George, T. (2022) Exploratory Research | Definition, Guide, & Examples. Scribbr. Recuperado el 21 de noviembre de 2022 de <https://www.scribbr.com/methodology/exploratory-research/>

Gómez Figueroa, E. E. (2018). Diseño y factibilidad de un cabrestante hidráulico para un barco pesquero.

Gordo, J. M., Teixeira, A. P., & Guedes Soares, C. (2011). Ultimate strength of ship structures. Marine technology and engineering, 889-900.

Guía del administrador pesquero, División de Recursos Pesqueros, Departamento de Pesca, FAO 2005.

Huda, N., & Mursid, O. (2022). Finite Element Analysis and Topology Optimization Design of Anchor Mooring Winch Support Bracket. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 972, No. 1, p. 012078). IOP Publishing.

Lee, C. S., Yoon, H. S., Kim, D., & Na, W. B. (2016). Lifting forces required to salvage a sunken vessel and caisson and their response to bottom friction, buoyancy

release, surface tension, water capture and water release. *Ocean Engineering*, 125, 82-89.

Mott, R. L. (2006). *Mecanica de Fluidos 6/e*. Pearson educación.

Rawson, K. J., & Tupper, E. C. (2001). *Basic Ship Theory: Hydrostatics and Strength (Vol. 1)*. Butterworth-Heinemann.

Sandoval Peralta, G. (2016). *Diseño de winche hidráulico de 8 tm para aplicaciones navales con tecnología CAD/CAE*.

Tekgoz, M., & Garbatov, Y. (2021). Collapse Strength of Intact Ship Structures. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(10), 1079.

Velu, M. (1972). Design considerations for trawl winches.

Villa-Caro, R., Carral, J. C., Fraguera, J. Á., López, M., & Carral, L. (2018). A review of ship mooring systems. *Brodogradnja: Teorija i praksa brodogradnje i pomorske tehnike*, 69(1), 123-149.

Woo, N., Han, S., Kim, Y., Huh, S., & Kim, H. (2018). Study on the structural stability evaluation of umbilical winch for ROV LARS. *Engineering Computations*, 35(1), 202-210.