



**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA
CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
MODALIDAD PROYECTO TÉCNICO**

TÍTULO:


DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL PROCESO DE
CARENAMIENTO EN EL PERIODO 2024, DEL (B/T) BUQUE TANQUE
“ANDES IV” PROPIEDAD DE CORPORACIÓN MARZAM.

AUTOR:

MERO SANTANA BRUCE WILLI

TUTOR:

ING. FOLKE ZAMBRANO VERA
MANTA – ECUADOR

 Uleam <small>UNIVERSIDAD LAICA</small> <small>ELOY ALFARO DE MANABÍ</small>	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante BRUCE WILLI MERO SANTANA, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2025-2, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL PROCESO DECARENAMIENTO EN EL PERIODO 2024, DEL (B/T) BUQUE TANQUE “ANDES IV” PROPIEDAD DE CORPORACIÓN MARZAM”**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 30 de enero 2026.

Lo certifico,



Ing. Folke Zambrano Vera

Docente Tutor

Ingeniería, Industria y Arquitectura

AUTORIA DEL PROYECTO TÉCNICO

El trabajo de grado que presentamos es inédito y justifica el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Carrera de Ingeniería Marítima de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí ULEAM. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

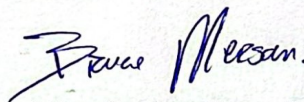
Manta, 2 de Febrero del 2025



Ing. Zambrano Vera Folke

C.I: 131168653-7

Docente



Mero Santana Bruce Willi

C.I: 220049542-8

Estudiante

DEDICATORIA

A mis padres, Francisco Mero e Isabel Santana, quienes son mi pilar fundamental y mi mayor ejemplo de esfuerzo y dedicación, por su amor infinito, su apoyo constante y la paciencia que me han brindado. Este logro también es de ustedes.

A un ser muy especial en mi vida, mi hermano, quien me apoyo en todo momento, y siempre creyó en mí. Aunque hoy no está conmigo físicamente, siempre me acompaña y me cuida,

A mis más grandes amores, mis hijos, mis gemelos, quienes con una sonrisa me impulsan a seguir adelante, y me han convertido en un ser resiliente. Son mi mayor inspiración y la razón por la que hoy puedo decir: lo logré.

Mero Santana Bruce Willi

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme cumplir un logro más en mi vida y haberme dado la oportunidad de superar esta meta.

Quiero expresar un agradecimiento especial a mi tutor, el Ingeniero Folke Zambrano Vera, por su valiosa orientación, paciencia y compromiso en cada etapa del desarrollo de esta tesis.

Así mismo, reitero mi agradecimiento profundo a la “Corporación Marzam” por brindarme la oportunidad de un riguroso aprendizaje que inspiró el desarrollo de este trabajo, permitiéndome adquirir conocimientos esenciales y una valiosa experiencia que han contribuido a mi formación académica y profesional.

Mero Santana Bruce Willi

RESUMEN

El presente informe describe el proceso de carenamiento efectuado al B/T ANDES IV, propiedad de la Corporación MARZAM, realizado en el dique Río Napo de la empresa pública ASTINAVE EP, con una duración aproximada de 17 días. Las labores se ejecutaron conforme a los intervalos establecidos por la Autoridad Marítima y en cumplimiento de la normativa vigente para buques tanques. Se detallan los trabajos realizados, clasificados según su naturaleza, destacando las tareas efectuadas en el casco del buque, que incluyeron limpieza y pintura de la obra viva y obra muerta.

Se ejecutaron trabajos de mantenimiento sobre el casco del buque, consistentes en:
Limpieza de obra viva y obra muerta: Mediante hidro chorro a presión, se eliminó biofouling, óxidos e incrustaciones de la superficie sumergida y emergida del casco. Se realizó la aplicación de pintura: el cual consistió de un sistemas de pintura anticorrosiva y antifouling conforme a las especificaciones y estándares de calidad del fabricante, y a los requerimientos de la Autoridad Marítima, con la finalidad de proteger el casco contra la corrosión y el crecimiento biológico.

Protección catódica: se instalaron ánodos de sacrificio de sacrificio de zinc en los flaps del casco como medida preventiva contra la corrosión galvánica.

Inspección de válvulas y elementos de fondo: se realizó el desmontaje respectivo, confirmando su operatividad y estanqueidad. Además, se examinaron las rejillas, filtros y tuberías asociadas, para asegurar un flujo correcto que conducen a los sistemas internos del buque de estos elementos.

Revisión de ejes y hélices: en este proceso fundamental de las partes del sistema de propulsión donde se realizó una inspección visual y técnica, a los ejes, la limera de la pala, bocinas y hélice, verificando alineación, desgaste y posibles daños mecánicos.

Trabajos de estructura y soldadura: se efectuaron reparaciones estructurales en ciertas áreas donde se detectó corrosión y pérdida de espesor, mediante cortes por el método de oxicorte y así mismo el reemplazo de planchas de acero naval en las áreas más críticas, aplicando procedimientos de soldadura conforme a los estándares de calidad. Aquellos trabajos fueron supervisados y ejecutados de forma técnica, asegurando la integridad estructural del buque y cumplimiento los requerimientos de la sociedad clasificadora.

Trabajos en cambio de planchaje: se hicieron respectivos reemplazos de acero naval, esto se aplicó para ciertas áreas específicas estructurales del buque.

Anclas y cadenas: se ejecutó la limpieza por arenado o también conocido como el método de (sandblasting), para eliminar óxidos y residuos, cumpliendo la normativa ISO 8501-1 asegurando sus condiciones de uso y en óptimas condiciones para el sistema de fondeo.

Una vez culminada todas las labores que se llevaron a cabo dentro del proceso de carenamiento, el buque procede a ser desvarado tras cumplir debidamente las inspecciones las cuales son verificadas y aprobadas por la Autoridad Marítima y las sociedades clasificadoras competentes. Este proceso de carenamiento se completó satisfactoriamente, cumpliendo con los estándares técnicos del sector marítimo, garantizando la seguridad, operatividad y prolongación de la vida útil del buque tanque ANDES IV.

Palabras claves: hidro chorro, biofouling, antifouling, flaps.

ABSTRAC

This report describes the careening process carried out on the vessel Andes IV, owned by the Marzam Corporation, at the Río Napo dock of the public company Astinave EP, which lasted approximately 17 days. The work was carried out according to the intervals established by the Maritime Authority and in compliance with current regulations for tankers. The work performed is detailed, classified by nature, highlighting the work performed on the vessel's hull, which included cleaning and painting the bottom and top hulls.

Maintenance work was carried out on the vessel's hull, consisting of: Cleaning of the hull and the surface: Using pressure hydro blasting, biofouling, oxides, and scale were removed from the submerged and surface surfaces of the hull.

The paint application consisted of an anti-corrosion and anti-fouling paint system in accordance with the manufacturer's specifications and quality standards, and the requirements of the Maritime Authority, with the aim of protecting the hull against corrosion and biological growth.

Cathodic protection: Zinc sacrificial anodes were installed on the hull trim as a preventative measure against galvanic corrosion.

Shaft and propeller inspection: This fundamental process involved a visual and technical inspection of the propulsion system components, including shafts, blade files, stern tubes, and propellers, checking for alignment, wear, and possible mechanical damage.

Structural and Welding Work: Structural repairs were carried out in certain areas where corrosion and thickness loss were detected, using oxyfuel cutting. Naval steel plates were also replaced in the most critical areas, applying welding procedures in accordance with

quality standards. These works were supervised and executed technically, ensuring the vessel's structural integrity, and meeting the requirements of the classification society.

Replating work. Replating of naval steel: This was applied to certain specific structural areas of the vessel.

Anchors and chains: Sandblasting was carried out to remove oxides and residues, ensuring their usable condition and ensuring they are in optimal condition for the anchoring system.

Once all the work carried out during the careening process is complete, the vessel is now freed after duly completing inspections, which are verified and approved by the Maritime Authority and the relevant classification societies. This careening process was completed satisfactorily, meeting the technical standards of the maritime sector, ensuring the safety, operability, and extension of the useful life of the ANDES IV tanker.

Keywords: hydro jetting, biofouling, antifouling, flaps

INDICE GENERAL DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	XIV
Antecedentes.....	XV
Justificación	XVI
PROPUESTA	XVII
OBJETIVOS.....	XVII
Objetivo general	XVII
Objetivos específicos.....	XVII
CAPITULO I. EL CARENAMIENTO	1
1.1 Los periodos del carenamiento	1
1.1.1 Sociedad clasificadora.	1
1.1.2 Autoridad Marítima del Ecuador.....	2
1.1.3 Determinación de los parámetros	2
1.2 Conceptos generales utilizados en el carenamiento naval.....	3
1.2.1 Carenamiento.....	3
1.2.2 Autoridad o entidad responsable de los periodos de carenamiento naval.	3
1.2.3 Casco y estructuras	4
1.2.4 Crecimiento biológico en el casco del buque	5
1.2.5 Efectos del biofouling:.....	6
1.2.6 Medidas de prevención y control:	6
1.3 Clasificación de los procesos del carenamiento	7
1.3.1 Clasificación por tipo de embarcación:	7
1.3.2 Clasificación por áreas de trabajo:.....	8
1.4 Informe del proceso de carenamiento bajo parámetros y normativas	9
1.4.1 Parámetros del proceso en trabajos de soldadura	9
1.4.2 Norma ASTM A131/A131M.....	10
CAPITULO II: CARACTERISITCAS DEL BUQUE TANQUERO ANDES IV	11

1.5	Características generales.....	11
1.6	Particularidades del Buque	11
CAPITULO III: NORMATIVAS Y CONVENIOS INTERNACIONALES		14
1.7	Cumplimiento de las normativas y convenios internacionales vigentes en el país, garantizando la seguridad marítima de nuestros buques y de terceros.....	14
1.7.1	Normativas internacionales	14
1.7.2	Convenios internacionales.....	14
1.8	Seguridad marítima aplicada al tipo de buque.....	15
1.8.1	Normativa Internacional, en contexto con el SOLAS, MARPOL, CÓDIGO ISM Y ISPS.	16
1.8.2	Diseño del Buque.....	16
1.8.3	Tripulación y Formación	16
1.9	Principales Convenios y Códigos.	17
1.9.1	MARPOL 73/78 (Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques):	17
1.9.2	SOLAS, Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar 18	
1.9.3	STCW, Convenio Internacional sobre Normas de Formación, Titulación y Guardia para la Gente de Mar.....	18
1.9.4	Código ISPS, Código Internacional para la Protección de Buques e Instalaciones Portuarias.	18
1.9.5	Código ISM, Código Internacional de Gestión de la Seguridad.	18
1.9.6	ISGOTT, Guía Internacional de Seguridad para Petroleros y Terminales.	18
1.10	Regulaciones Nacionales y Portuarias:.....	19
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO.....		20
1.11	Descripción del proyecto	20
1.11.1	Varamiento del Buque Tanquero ANDES IV	20
1.11.2	Limpieza del casco, obra muerta y obra viva	20
1.11.3	Cambios estructurales.....	21

1.11.4	Cambio de planchaje	22
1.11.5	Sistema de Gobierno.....	23
1.11.6	Sistema de propulsión.....	23
1.11.7	Pruebas de líquido penetrante en hélice:	24
1.11.8	Cajas de mar (sea chests) rejillas	25
1.11.9	Marcado y designado del casco	26
1.12	Protección catódica.....	29
1.12.1	Corrosión galvánica.....	29
1.12.2	Protección catódica (CP – Cathodic protection).....	30
1.12.3	Para que sirven los ánodos de sacrificio.....	30
1.13	Anclas y cadenas	32
1.13.1	Anclas:	32
1.13.2	Cadenas:.....	32
CONCLUSIONES.....		38
RECOMENDACIONES		40
Bibliografía.....		41
ANEXOS		44

INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1: Buque Tanque ANDES IV Fuente: Marzam 2023</i>	XVI
<i>Ilustración 2: Varamiento del buque Fuente: Propia</i>	20
<i>Ilustración 3: Limpieza por el método de arenado Fuente: Propia.....</i>	21
<i>Ilustración 4: Remodelación de sección en cuadernas de proa Fuente: Propia</i>	21
<i>Ilustración 5: Acople de acero naval rolado para ductos de los escobenes Fuente: Propia</i>	22

<i>Ilustración 6: Prueba parcial de líquidos penetrantes a las aspas de la hélice Fuente: Propia</i>	24
<i>Ilustración 7: Prueba total de tinta penetrante Fuente: Propia</i>	25
<i>Ilustración 8: colocación de ánodos de sacrificio en las caja de mar del buque Fuente: Propia</i>	26
<i>Ilustración 9: Disco Plimsoll Fuente: https://cortomaltes2012.blogspot.com/2022/05/las-marcas-en-el-costado-de-un-barco.html</i>	27
<i>Ilustración 10: Aplicación de la capa de pintura antifouling en Proa Fuente: Propia</i>	28
<i>Ilustración 11: Aplicación de pintura anitfouling en Popa Fuente: Propia</i>	28
<i>Ilustración 12: Aplicación de segunda capa de pintura en obra viva Fuente: Propia</i>	29
<i>Ilustración 13: Colocacion de los anodos de zinc en los Flaps del casco. Fuente: Propia</i>	31
<i>Ilustración 14: Ajuste de la pala de timon. Fuente: Propia</i>	31
<i>Ilustración 15: Cadena del anclaje en proceso de mantenimiento preventivo. Fuente: Propia</i>	32
<i>Ilustración 16: Cambio de acero naval en una seccion especifica. Fuente: Propia</i>	33
<i>Ilustración 17: Tanques de lastre Fuente: Propia</i>	34
<i>Ilustración 18: Sistema de bombas en parcelas. Fuente: Propia</i>	34
<i>Ilustración 19: Corte de sección Fuente: Propia</i>	35
<i>Ilustración 20: Ductos de los escobenes. Fuente: Propia</i>	35

INDICE DE TABLA

<i>Tabla 1: Características generales</i>	11
<i>Tabla 2: Particularidades del B/T</i>	11

INTRODUCCION

El mantenimiento periódico de los buques constituye un aspecto fundamental para garantizar la seguridad de la navegación, la eficiencia operativa y la prolongación de la vida útil de las estructuras navales. En el caso de los buques tanque, estas actividades adquieren especial relevancia debido a las exigencias normativas y a los riesgos asociados al transporte de hidrocarburos, lo que obliga a cumplir estrictamente con los estándares técnicos establecidos por la Autoridad Marítima y las sociedades clasificadoras.

Dentro de las principales labores de mantenimiento naval se encuentra el proceso de carenamiento, el cual permite la inspección, reparación y protección del casco y de los sistemas ubicados bajo la línea de flotación. Este proceso incluye actividades como la limpieza de la obra viva y obra muerta, la aplicación de sistemas de pintura anticorrosiva y antifouling, protección catódica, revisión de elementos de fondo y del sistema de propulsión, así como trabajos estructurales y de soldadura en zonas afectadas por corrosión o desgaste.

El presente proyecto técnico tiene como objetivo describir y analizar el proceso de carenamiento realizado al buque tanque ANDES IV, propiedad de la Corporación MARZAM, ejecutado en el dique Río Napo de la empresa pública ASTINAVE EP. A lo largo del estudio se detallan las actividades efectuadas durante el período de carenamiento, destacando los procedimientos técnicos aplicados, el cumplimiento de la normativa vigente y la importancia de estas labores para asegurar la integridad estructural, la seguridad operativa y el adecuado desempeño del buque en sus operaciones marítimas.

Antecedentes

Corporación Marzam, nace en el año 1981 de la mano de su fundador Mariano Zambrano Segovia, quien paulatinamente fue integrando servicios afines al sector naviero, formando nuevas compañías especializadas que brindan servicios integrales de agenciamiento, representación y abastecimiento a los armadores, operadores y otras empresas vinculadas al sector industrial, automotor, petrolero, marítimo, naviero y pesquero en Ecuador y el mundo, contribuye al desarrollo económico del país mediante el transporte y la comercialización de combustibles y líquidos vía marítima a través de sus cinco buques tanqueros: Andes IV, Andes V, Andes VI, Río Amazonas y Farallón, además del transporte de contenedores vía terrestre por medio de vehículos apropiados y distribución de combustibles en tanqueros, y/o plataformas. Cada departamento está conformado por personal altamente capacitado para garantizar la calidad que el cliente exige (Marzam 2023).

Se comercializa, con responsabilidad social y ambiental, productos derivados de energías renovables y no renovables, brindando soluciones logísticas integrales de manera ágil, oportuna, eficiente y con valor agregado para sus clientes, capitalizando su talento humano y generando rentabilidad a sus accionistas.

Justificación

Dada la naturaleza de todo artefacto flotante, tiene al menos una parte de su estructura sumergida bajo el agua, y este es el casco de un buque tanquero, el cuál su estructura se divide en obra viva (bajo el agua) y obra muerta (fuera del agua), y siendo puntual aquí en la estructura de la obra viva es la parte que está expuesta de manera permanente bajo la superficie del agua de mar. Corporación MARZAM cuenta con 5 buques tanqueros operativos para el transporte de combustible en los diferentes puntos de operación. La flota marítima cumple con las normativas y convenios internacionales vigentes en el país, garantizando la seguridad marítima de nuestros buques y de terceros, cumpliendo con el transporte eficaz de la carga. (Marzam 2023)

El cual se determina que, el mantenimiento de toda embarcación no debe estar limitado a solo una parte de la estructura, ya que en general toda la estructura del buque esta susceptible al desgaste, especialmente cuando el medio en donde navegan es por agua salada, en este caso el mar, y por ende el desgaste de sus partes suele ser mucho mayor, como lo viene siendo la obra viva y sus componentes sumergidos, que están en contacto permanente con el medio marino y además dado por varios efectos y procesos.



*Ilustración 1: Buque Tanque ANDES IV
Fuente: Marzam 2023*

PROPUESTA

Es cumplir con los objetivos relacionado a los parámetros de carenamiento, del casco del buque tanque como en la cubierta de este, con la finalidad de garantizar los trabajos que se ejecutaron y a su vez, permitir quedar en óptimas condiciones para su operabilidad.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar los parámetros del proceso de carenamiento en el casco (obra viva) de un buque tanquero (B/T), y los requerimientos que este a su vez necesite o sean indispensables para su respectivo mantenimiento.

Objetivos específicos

- Determinar los procesos más comunes del carenamiento en base a los parámetros referentes al casco.
- Establecer y describir la modalidad del pintado del casco y el material para el método abrasivo que se realizó en la actividad del arenado. (Sandblasting)
- Examinar la prueba de líquido penetrante, en las aspas de la hélice.
- Emplear la protección catódica para prevenir el efecto de la corrosión galvánica
- Analizar los resultados del proceso de carenamiento del buque tanque (B/T), en base a los parámetros establecidos.

CAPITULO I. EL CARENAMIENTO

1.1 Los periodos del carenamiento

Los periodos de carenamiento son primordiales para asegurar la seguridad y eficiencia de la embarcación, incluyendo la limpieza y pintura del casco, la inspección y reparación de sistemas de propulsión y gobierno, y otras tareas donde requieren de mantenimiento preventivo y correctivo, para garantizar la durabilidad de operación del buque.

Estos periodos los establecen o constituyen las Sociedades de Clasificación, tal como lo puede ser la Autoridad Marítima o por empresas de seguros, previo a esto el armador del buque debe coordinar con el dique la disponibilidad de entrada, procurando que los periodos del carenamiento sean, a fin de poder cumplir con los compromisos operativos de la embarcación y a su vez optimizar los costos de mantenimiento.

A continuación, un breve rasgo de lo que viene siendo una sociedad clasificadora, y las entidades que otorgan una certificación a estos procesos, donde se puede determinar en el contexto náutico de la siguiente manera.

1.1.1 Sociedad clasificadora.

Es una entidad clasificadora, también conocida como sociedad de clasificación, organización encargada de establecer la creación de los estándares de calidad, tanto técnicos como estructurales, para la clasificación de buques, plataformas petrolíferas, submarinos, y demás, con el propósito de salvaguardar la seguridad en la navegación (Allianz. s/f).

1.1.2 Autoridad Marítima del Ecuador

En nuestro país, Ecuador, la Autoridad Marítima y Portuaria, es la Dirección General de la Marina Mercante de Litoral (DIGMER) es la realiza control a buques de tráfico, tanto nacional como internacional.

Siendo este el órgano operativo y técnico-marítimo, dependiente de la Comandancia General de la Fuerza Naval, responsable del control de las actividades marítimas, fluviales y lacustres.

1.1.3 Determinación de los parámetros

Hace referencia al proceso de contemplar las condiciones y variables específicas que se deben considerar para realizar el carenamiento de un buque. Lo cual implica examinar y puntualizar aspectos como el tiempo necesario, los recursos que se vayan a requerir, los estándares o normas de calidad a efectuarse y los métodos de trabajo más adecuados que se realizaran para cada tarea dentro del proceso de carenamiento.

Los parámetros que se efectúan durante el proceso de carenamiento del buque tanquero son únicamente realizados en el área de forma específica. Tomando en cuenta que cada una de estas actividades se evalúan de diferentes formas.

Entre ellos destacamos algunos:

- Limpieza del casco del buque, por el método antifouling.
- Aplicación de ánodos de sacrificio, para prevenir la corrosión galvánica.
- Corrosión causada por el contacto directo del agua de mar con el casco del buque.
- Crecimiento biológico en el caso del buque.

- Aplicación de pintura biofouling.
- Mantenimientos, preventivos y correctivos en general.
- Trabajos en sistemas de gobierno y propulsión.

1.2 Conceptos generales utilizados en el carenamiento naval

1.2.1 *Carenamiento*

El carenamiento de un buque es el proceso de encallar una embarcación para realizar mantenimiento y reparaciones bajo la línea de flotación (obra viva). Para lo cual implica exponer el casco y otros componentes sumergidos, como la hélice y el eje, para limpieza, reparación y protección correspondientes.

1.2.2 *Autoridad o entidad responsable de los periodos de carenamiento naval.*

LA SUBSECRETARÍA DE PUERTOS Y TRANSPORTE MARÍTIMO Y FLUVIAL

CONSIDERANDO:

El Artículo 227 de la Constitución de la República dispone que la administración pública se rige por los principios de eficacia, eficiencia, calidad, jerarquía, desconcentración, descentralización, coordinación, participación, planificación, transparencia y evaluación (Subsecretaria de puertos y transporte maritimo fluvial, 2013).

Que, el Estado Ecuatoriano forma parte del Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS 74), al haberse adherido al mismo mediante el Decreto Ejecutivo No. 858 del 10 de mayo de 1982 y publicado en el R. O. No. 242 del 13 de mayo del mismo año, en el cual, en su Capítulo I, Regla 10, párrafo a) v), indica que los buques de carga serán objetos a “dos inspecciones, como mínimo, de la obra viva del buque durante cada periodo de cinco años...”, “En todo caso, el intervalo entre cualquiera de estas dos inspecciones no excederá de 36 meses”

- Art. 4.- Todo buque mayor de 50 TRB, pero menor de 500 TRB estará sujeto a reconocimientos de la Obra Viva en periodos que no excedan los 30 meses.
- Art. 6.- Durante el periodo de carenamiento, a todos los buques contemplados en esta resolución se les debe realizar como mínimo y de manera obligatoria los siguientes trabajos:

1. Casco y obra viva: verificar las condiciones y espesores del acero, mantenimiento de pintura y protección anódica/catódica si es aplicable.

2. Mantenimiento de rejillas y válvulas de fondo, según el tipo de buque.

3. Sistema propulsor: Inspección de la hélice y toma de caída del eje de cola; el desmontaje de todos los elementos de este sistema para su inspección debe realizarse obligatoriamente si durante el mantenimiento anterior en dique no se lo hubiera realizado.

4. Sistema de gobierno: Inspección de la pala del timón, toma de claros del tintero y del barón; el desmontaje de todos los elementos de este sistema para su inspección debe realizarse obligatoriamente si durante el mantenimiento anterior en dique no se lo hubiera realizado.

5. Sistema de fondeo: Inspección y mantenimiento de anclas y cadenas.

1.2.3 Casco y estructuras

El casco y la estructura de un buque tanquero o petrolero son vitales para su funcionamiento, seguridad y su capacidad de carga.

El casco es su estructura principal, la cual esta dividida en obra viva que es la parte sumergida, y la obra muerta siendo esta la parte visible. Y en su parte estructural principal incluye elementos como la quilla, cuadernas, forro exterior mamparos, y cubiertas, diseñados para resistir las cargas y fuerzas generadas por las corrientes marinas en tiempos adversos.

Cada tipo de buque ya sean estos, petrolero, granelero, metanero, butanero, frutero, portacontenedores, frigorífico, de carga rodante, de pasajeros, entre otros. Tiene su estructura particular, que se adapta a las exigencias propias, tanto en su estructura general como en los detalles constructivos. Además, hay que tener en cuenta la velocidad a la que navegan, ya que exigirá unas determinadas formas del casco, facilidad de evolución, autonomía, etc.

La estructura del casco del buque también puede describirse por una serie de planos fundamentales, que están definidos según sus características constructivas de la siguiente manera: cuaderna maestra, desarrollo del forro, perfil longitudinal, cubiertas y mamparos.

1.2.4 *Crecimiento biológico en el casco del buque*

El crecimiento biológico, es la proliferación de organismos marinos que se adhieren al casco, los cuales provocan un daño severo a la estructura física del acero naval, provocando a su vez el aumento a la resistencia. Cuando se desprenden estas incrustaciones pueden desprenderse con la pintura y dejar expuesto el metal o acero. Por eso es recomendable utilizar un tipo de pintura especial o antiincrustantes, y realizar sus respectivas limpiezas de manera periódica (Suisca Group, s.f.).

Su presencia tiene varias implicaciones técnicas, económicas y medioambientales.

Principales tipos de organismos que se adhieren:

1. Microorganismos: bacterias, algas microscópicas.
2. Organismos incrustantes: balanos (bellotas de mar), mejillones, percebes.
3. Algas y plantas marinas: como las algas verdes o rojas.
4. Organismos móviles: como gusanos tubícolas y pequeños crustáceos.

Deterioro mecánico y daños

Corrosión por fricción: se da entre el agua y la superficie del casco.

Erosión: es cuando el agua ataca puntos débiles del casco.

Corrosión por cavitación: provocada por vibraciones, ocurren cerca de turbinas y hélices (Suisca Group, s.f.).

1.2.5 Efectos del biofouling:

- Se incrementa el peso y la resistencia al avance del buque mientras navega, lo que reflejaría un consumo excesivo de combustible y en las emisiones generadas.
- Reducción de la velocidad y eficiencia operativa.
- Daños al recubrimiento del casco, lo que puede precipitar la corrosión.
- Riesgos ecológicos por la transferencia de especies invasoras entre ecosistemas.

1.2.6 Medidas de prevención y control:

- Aplicación de pinturas antifouling (antiincrustantes), que contienen biocidas para evitar la adhesión de organismos.
- Limpieza submarina periódica del casco.
- Uso de tecnologías emergentes, como recubrimientos no tóxicos de silicona o sistemas ultrasónicos.
- Diseño de cascos que minimicen la adherencia biológica.

El manejo de forma correcta en el crecimiento biológico del casco es muy fundamental para la eficiencia operativa del buque, la seguridad marítima y la protección medioambiental.

Se ha determinado que la introducción de organismos acuáticos perjudiciales en nuevos entornos por parte de los buques constituye una importante amenaza para los océanos mundiales y para la conservación de la biodiversidad. Las incrustaciones biológicas, descritas como la acumulación indeseable de microorganismos, plantas, algas y animales en estructuras sumergidas (especialmente en los cascos de los buques), se consideran uno de los principales vectores de las invasiones biológicas. (OMI, 2024).

Las presentes Directrices de 2023 para el control y la gestión de las incrustaciones biológicas de los buques a los efectos de reducir al mínimo la transferencia de especies acuáticas invasivas tienen por objeto proporcionar un enfoque coherente a escala mundial para la gestión de las incrustaciones biológicas (OMI, 2024).

1.3 Clasificación de los procesos del carenamiento

Se pueden clasificar según la importancia de la reparación en: carena mayor (o entera o de firme), dos tercios de carena y media carena. También se pueden clasificar según el tipo de embarcación, abarcando desde pequeñas embarcaciones hasta grandes buques. Además, los procesos se agrupan en áreas de trabajo, como inspección, cambio de planchaje, mantenimiento de sistemas auxiliares, etc.

1.3.1 Clasificación por tipo de embarcación:

Embarcaciones: Son objetos flotantes de hasta 24 metros de eslora.

Buques: Son objetos flotantes de más de 24 metros de eslora.

Yates: Objetos flotantes de entre 10 y 24 metros de eslora.

Otros tipos: Incluyen embarcaciones de recreo, buques de carga, petroleros, etc. (MAQ - MAR , 2022).

1.3.2 Clasificación por áreas de trabajo:

Inspección: Evaluación visual y estructural del casco, planchaje, sistemas, etc.

Cambio de planchas de acero naval: Sustitución de partes y secciones en mal estado del casco.

Mantenimiento de sistemas auxiliares: se abarca lo que son las reparaciones y mantenimiento de válvulas, tuberías, generadores, sistemas hidráulicos, entre otros.

Limpieza: Eliminación de suciedad, corrosión y organismos marinos del casco.

Es importante considerar que cada tipo de embarcación y cada área de trabajo puede requerir técnicas y materiales específicos para el carenamiento

Estas actividades son parte del proceso del carenamiento que se evaluarán en el presente trabajo, donde se llevó a cabo la ejecución de estas en el buque tanque ANDES VI, descritas a continuación:

- Varamiento del Buque Tanque “Andes IV”
- Cambio de Planchaje
- Cambios estructurales
- Limpieza del casco. – Obra viva
- Limpieza del casco – Obra muerta
- Pintado del casco del B/T. – Obra viva, Obra muerta.
- Toma de espesores
- Sistema de propulsión -Talleres
- Sistema de gobierno
- Anclas y cadenas

- Protección catódica.
- Trabajos varios de soldadura
- Trabajos en bocín del túnel del sistema de gobierno
- Trabajos en circuitos auxiliares
- Desvarada del buque

1.4 Informe del proceso de carenamiento bajo parámetros y normativas

1.4.1 *Parámetros del proceso en trabajos de soldadura*

Tipo de acero naval utilizado en el ámbito marino.

En general los buques tanqueros suelen utilizar aceros de alta resistencia, como el acero AH36, DH36, EH36, que ofrecen una gran resistencia a la tracción e impactos.

El AH36 es un material de acero de muy alta resistencia utilizado en la construcción naval y en todo el mundo. Cumpliendo con la norma ASTM A131/A131M, donde la descripción de sus siglas se representa así:

La "A" es el grado de construcción naval.

La "H" indica alta resistencia.

Y el "36" representa el límite elástico mínimo de 36.000 psi.

El AH36 al ser un material de acero con alta resistencia, también tiene una excelente tenacidad, buena soldabilidad. Y es utilizado comúnmente en la construcción naval, estructuras fuera de costa e ingeniería marina.

1.4.2 Norma ASTM A131/A131M

Es una especificación estándar de ASTM International que abarca las placas, perfiles, barras y remaches de acero estructural destinados principalmente a la construcción naval, y pueden clasificarse como de resistencia ordinaria y de alta resistencia. Las placas en todos los espesores deben normalizarse o tener un proceso termo mecánico, mientras que los perfiles y las barras, ya sea de cualquier espesor, deben tener un tratamiento térmico y de laminado. (ASTM, 2019).

Trabajos de cambio del acero naval y su aplicación en diferentes procesos de soldadura:

- SMAW: Soldadura por arco con electrodo revestido.
- GMAW: Soldadura por arco metálico con gas.
- GTAW: Soldadura por arco tungsteno con gas.
- FCAW: Soldadura por arco con núcleo fundente (López García, 1972).

CAPITULO II: CARACTERISITCAS DEL BUQUE TANQUERO ANDES IV

EL buque tanquero ANDES IV, propiedad de Corporación Marzam, es una embarcación especializada en el transporte de combustibles líquidos, tales como Diesel Premium, Gasolina Super y Extra, Nafta, entre otros derivados del petróleo. Esta embarcación está diseñada con tanques internos o también denominado parcelas, donde es un lugar específico para almacenar las diversas cargas que se transporta a diario.

1.5 Características generales

Tabla 1: Características generales

Eslora total (L.O.A)	88.10 m
Eslora en línea de agua de diseño	83.70 m
Eslora entre perpendiculares	81.40 m
Manga	13.50 m
Puntal	6.50 m
Calado	5.70 m
Desplazamiento	5,045.77 tn

1.6 Particularidades del Buque

Tabla 2: Particularidades del B/T

Nombre del buque	B/T ANDES IV
Armador	MARZAM CIA. LTDA.

Puerto de registro	MANTA
Bandera	ECUATORIANA
Matricula	TN-04-00783
Indicativo de llamada	HC-4727
No. OMI:	9374399
MMSI	735057664
Eslora	88.10m
Eslora entre perpendiculares	81.33m
Manga	13.50 METROS
Puntal	6.50 METROS
Calado máximo	5.70 METROS
Francobordo	0.82 METROS
TRB	2.260,52 tn
TRN	1.175,55 tn
Peso Ligero	1.283,10 tn
Peso Muerto	3.832,00 tn

Capacidad de carga del buque	4.256,12 M3
Tipo de buque	PETROLERO
Dotación mínima	12 TRIPULANTES
Sociedad clasificadora	International REGISTER OF SHIPPING
Lugar de construcción	CHINA
Astillero	QILIGANG SHIPBUILDER
Casco	ACERO NAVAL
Maquina principal y modelo	NINGBO – G63002C18B
Potencia y RPM	1323 KW – 1775HP, 500 RPM
Capacidad de descarga bomba Babor	400 M3 (105.668 GLNS/NATURALES)
Capacidad de descarga bomba Estribor	350 M3 (92.460 GLNS/NATURALES)

CAPITULO III: NORMATIVAS Y CONVENIOS INTERNACIONALES

1.7 Cumplimiento de las normativas y convenios internacionales vigentes en el país, garantizando la seguridad marítima de nuestros buques y de terceros.

1.7.1 Normativas internacionales

Las normativas internacionales de seguridad marítima son acuerdos y convenios que decretan estándares mínimos para salvaguardar la vida humana en el mar, y a su vez hacer énfasis en la prevención de accidentes y la protección del medio ambiente. La Organización Marítima Internacional (OMI), quien es la mayor autoridad marítima en la creación de estas normativas pues, desempeña un papel decisivo en la creación y actualización constante de todas las normativas.

MARPOL – Anexo I

- Prevención de la contaminación por hidrocarburos.
- Requiere doble casco, sistemas de control de derrames y planes de emergencia (SOPEP).

1.7.2 Convenios internacionales

Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (por sus siglas en inglés, SOLAS).

- Organismo responsable:

Organización Marítima Internacional (OMI).
- Versión vigente:

SOLAS 1974, con múltiples enmiendas.

- Objetivo:

Garantizar la seguridad de los buques y proteger la vida humana en el mar mediante normas técnicas obligatorias.

Ámbitos que regula:

- Diseño y construcción de los buques.
- Equipos de seguridad obligatorios (botes salvavidas, sistemas contra incendios, etc.).
- Navegación segura y prevención de accidentes.
- Radiocomunicaciones en emergencias.
- Cargas y mercancías peligrosas.
- Gestión de seguridad operacional (Código ISM).
- Seguridad ante amenazas externas (Código ISPS).

Aplicación:

- Dirigido principalmente a buques de comercio internacional.
- Es obligatorio para los países que lo han ratificado.
- Requiere inspecciones y certificaciones periódicas para verificar el cumplimiento.

1.8 Seguridad marítima aplicada al tipo de buque.

La seguridad marítima aplicada a los buques petroleros es esencial ya que ayudará a la prevención de accidentes, a proteger la vida humana y eludir la contaminación en el mar. Esta seguridad se orienta en normas internacionales, con un diseño especializado del buque, procedimientos operativos y formación de la tripulación a bordo.

1.8.1 *Normativa Internacional, en contexto con el SOLAS, MARPOL, CÓDIGO ISM Y ISPS.*

- SOLAS: Seguridad estructural y contra incendios.
- MARPOL: Prevención de la contaminación por hidrocarburos.
- Código ISM: Gestión de la seguridad a bordo.
- Código ISPS: Protección contra amenazas externas como piratería y terrorismo.

1.8.2 *Diseño del Buque*

- Casco doble, sistemas de inertización, detección/extinción de incendios.
- Tanques de lastre segregados para evitar contaminación.
- Operaciones Seguras.
- Carga y descargas controladas, manejo de gases, control de derrames y residuos.

1.8.3 *Tripulación y Formación*

- Capacitación según el convenio STCW.
- Simulacros y cultura de seguridad.
- Respuesta ante Emergencias
- Plan SOPEP para derrames.
- Equipos de contención y comunicación de emergencia.
- Protección contra Piratería
- Aplicación del Código ISPS, uso de vigilancia y rutas seguras.

1.9 Principales Convenios y Códigos.

1.9.1 *MARPOL 73/78 (Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques):*

Este convenio establece unas reglamentaciones estrictas para mitigar o reducir la contaminación producida por hidrocarburos, productos químicos, aguas residuales o desechos generados por los buques. Incluye disposiciones sobre la construcción de buques, como el requisito de doble casco para ciertos buques petroleros.

Principales Anexos del MARPOL

El convenio se compone de seis anexos que abordan diferentes tipos de contaminación:

- Anexo I: Prevención de la contaminación por hidrocarburos, incluyendo medidas contra los derrames de petróleo.
- Anexo II: Control de la contaminación por sustancias líquidas nocivas que son transportadas a granel.
- Anexo III: Regulación sobre el transporte de sustancias peligrosas en envases o contenedores.
- Anexo IV: Prevención de la contaminación por aguas residuales de los buques.
- Anexo V: Reducción de la contaminación por basura generada a bordo de las embarcaciones.
- Anexo VI: Control de la contaminación atmosférica por emisiones de los buques, incluyendo restricciones a los gases contaminantes (IMBS (International Maritime Business School, s.f.)).

1.9.2 *SOLAS, Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar*

Este convenio aborda la seguridad general de los buques, incluyendo la seguridad de los petroleros en áreas como la navegación, comunicaciones, lucha contra incendios, dispositivos de salvamento y protección.

1.9.3 *STCW, Convenio Internacional sobre Normas de Formación, Titulación y Guardia para la Gente de Mar.*

Este convenio implementa estándares para la educación y titulación del personal marítimo, incluyendo la tripulación a bordo de los buques petroleros, y así asegurándose de que tengan las habilidades necesarias y adecuadas para realizar maniobras de manera segura.

1.9.4 *Código ISPS, Código Internacional para la Protección de Buques e Instalaciones Portuarias.*

Este código se centra en la defensa de los buques y los centros de operaciones portuarias contra actos de terrorismo y otros actos ilícitos.

1.9.5 *Código ISM, Código Internacional de Gestión de la Seguridad.*

Este código establece un sistema para el manejo de la seguridad en los buques y las empresas navieras, asegurando que se ejecuten protocolos seguros y efectivos.

1.9.6 *ISGOTT, Guía Internacional de Seguridad para Petroleros y Terminales.*

Es una guía internacional, la cual adecua las recomendaciones para una operación segura de buques y terminales petroleros, incluyendo procedimientos de carga y descarga, manejo de gases, y medidas de seguridad.

1.10 Regulaciones Nacionales y Portuarias:

Asimismo, de los convenios internacionales, existen legislaciones nacionales y portuarias que se les aplica a los buques petroleros. En Ecuador la competencia y jurisdicción es administrada por la Superintendencia de Terminal Petrolero de La Libertad, quien es la encargada de emitir los reglamentos y procedimientos para las operaciones que realizan los buques dentro de la terminal portuaria.

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO

1.11 Descripción del proyecto

1.11.1 *Varamiento del Buque Tanquero ANDES IV*

El proceso de varamiento del buque ANDES IV, se realizó con éxito en las instalaciones del dique flotante Rio Napo, propiedad de ASTINAVE EP



*Ilustración 2: Varamiento del buque
Fuente: Propia*

1.11.2 *Limpieza del casco, obra muerta y obra viva*

En este proceso de limpieza del casco del buque se lo realizó a través del método de Limpieza de arenado o chorro de arena, que comúnmente se lo conoce con el nombre de Sandblasting, el cual consiste en la remoción de materiales de una superficie por la acción de un material abrasivo granulado que es expulsado por una máquina de aire comprimido a través de una boquilla, dentro de la máquina se mezcla el aire y la arena desplazándola a través de una boquilla de mano para poder dirigir las partículas hacia la superficie que estemos trabajando.



Ilustración 3: Limpieza por el método de arenado

Fuente: Propia

1.11.3 Cambios estructurales

Reparación y modificación de los escobenes, que se encuentran ubicadas en la parte superior de la proa, en la obra muerta, y permite el paso de las cadenas de anclajes del buque.



Ilustración 4: Remodelación de sección en cuadernas de proa

Fuente: Propia

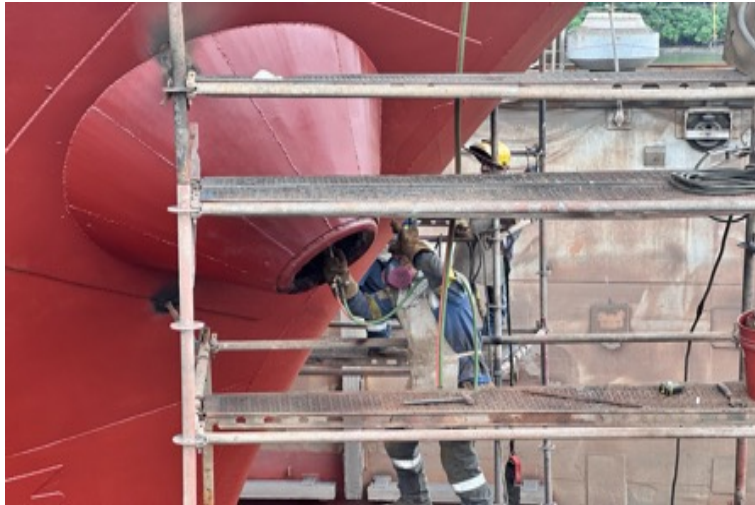


Ilustración 5: Acople de acero naval rolado para ductos de los escobene.

Fuente: Propia

1.11.4 Cambio de planchaje

Es un procedimiento de mantenimiento reparación estructural en un buque, que consiste en reemplazar secciones del casco (o estructuras internas) que están deterioradas, corroídas o dañadas.

En qué consiste el cambio de planchas

- *Inspección:*

Se identifica la plancha deteriorada mediante ultrasonido, pruebas de espesor o inspección visual.

- *Corte:*

Se corta y retira la sección dañada, usando herramientas como oxicorte o plasma.

- *Preparación:*

Se limpia el área y se ajusta la plancha nueva para que encaje perfectamente.

- *Soldadura:*

Se suelda la nueva plancha a la estructura existente, siguiendo normas de soldadura naval.

- *Pruebas:*

Se realizan pruebas de hermeticidad y resistencia (a veces con líquidos penetrantes o rayos X).

- *Protección:*

Se aplica pintura anticorrosiva o recubrimientos especiales.

1.11.5 Sistema de Gobierno

Es el conjunto de elementos que permite controlar la dirección del barco durante la navegación, actuando principalmente sobre el timón.

Se compone de complejos sistemas interconectados que garantizan que la embarcación mantenga el rumbo preferente. Estos pueden incluir compás magnético, girocompás, repetidores, piloto automático, control del timón, mecanismo de gobierno hidráulico, grupos electrógenos, sistemas informáticos integrados y accesorios (AMI VIETNAM, s.f.).

1.11.6 Sistema de propulsión

Hélices, son tan importante como la condición del casco es el estado de la textura de la superficie de la hélice en relación con el rendimiento de combustible de un barco. Las incrustaciones en la hélice pueden hacer aumentar el consumo de combustible. Debido a este ensuciamiento, pueden ocurrir vibraciones imperceptibles que se reflejan en el cojinete del eje dañándolo en el largo plazo lo cual conduce a costos de mantenimiento no programados (CRESCENT MEXICANA, s.f.).

1.11.7 Pruebas de líquido penetrante en hélice:

Las pruebas de líquido penetrante son un método no destructivo utilizado para detectar grietas, fisuras u otros defectos superficiales en materiales metálicos, como las aspas de las hélices de barcos o aviones. Consiste en aplicar un líquido colorante o fluorescente sobre la superficie limpia de la hélice. Luego se elimina el exceso de líquido y se aplica un revelador que ayuda a resaltar los defectos, ya que el líquido penetrado en grietas reaparece en la superficie. Esto permite identificar daños que podrían comprometer la seguridad o el rendimiento de la hélice. A continuación, adjunto las pruebas que se hicieron en campo real.



Ilustración 6: Prueba parcial de líquidos penetrantes a las aspas de la hélice

Fuente: Propia



Ilustración 7: Prueba total de tinta penetrante

Fuente: Propia

1.11.8 Cajas de mar (sea chests) rejillas

En buques tanqueros, las "cajas de mar" (sea chests) son esencialmente las aberturas o entradas a través de las cuales se aspira agua de mar para sistemas como refrigeración, limpieza de motores y otros procesos de apoyo a bordo. Estas cajas suelen estar equipadas con rejillas, que son una forma de filtro para evitar la entrada de grandes objetos o desechos que podrían dañar el sistema.

Importancia en tanqueros:

En buques petroleros o tanqueros, el sistema de la refrigeración y otros sistemas de apoyo son cruciales para el correcto funcionamiento de las bombas, la refrigeración de los tanques de carga en algunos casos y la seguridad general del buque. Las cajas de mar y sus rejillas ejercen un papel importante en la intervención de estos sistemas.



Ilustración 8: colocación de ánodos de sacrificio en las caja de mar del buque

Fuente: Propia

1.11.9 Marcado y designado del casco

El disco Plimsoll, también conocido como la marca de francobordo, es una marca en el casco de los buques que indica la profundidad máxima a la que un barco puede ser cargado de forma segura para diferentes zonas y estaciones.

Se refiere a la identificación del barco y su capacidad de carga, principalmente a través de marcas preescritas a la altura del francobordo en las líneas de Plimsoll y números de identificación. Estos elementos son importantes para garantizar la seguridad y el cumplimiento de las regulaciones marítimas internacionales.

Marca de francobordo. Indica hasta dónde puede ir hundido el barco sin correr peligro. Lógicamente depende de si el agua es dulce o salada, donde en el agua salada flota más y depende de la época del año y del tipo de mar.

Consiste en una escala con 6 rayas horizontales, las 2 de la izquierda corresponden al agua dulce y las 4 de la derecha salada.

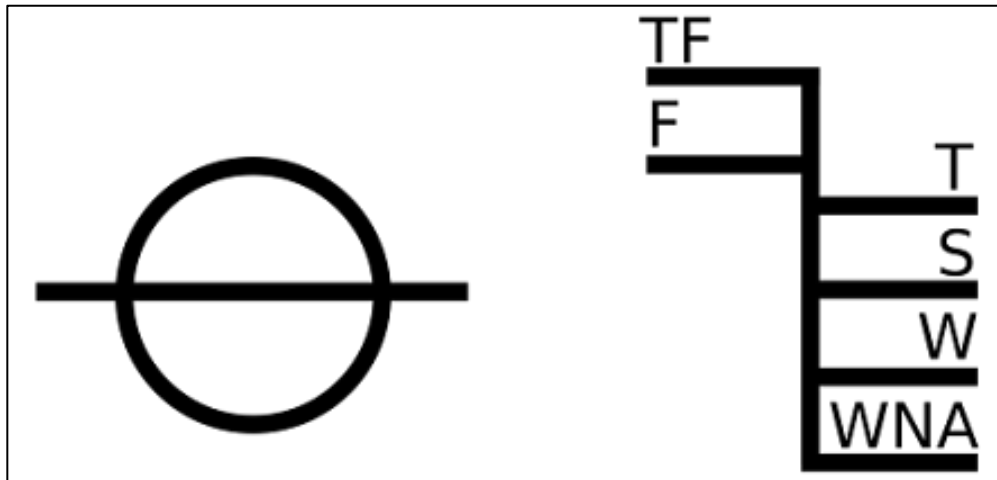


Ilustración 9: Disco de Plimsoll

Fuente: <https://cortomaltres2012.blogspot.com/2022/05/las-marcas-en-el-costado-de-un-barco.html>

La interpretación es:

- TF Tropical Fresh, agua dulce zona tropical.
- F Fresh, agua dulce otras zonas.
- T Tropical salt, agua de mar zona tropical.
- S Summer, agua de mar en verano
- W Winter, agua de mar en invierno.
- WNA Winter North Atlantic, invierno en el Atlántico Norte.

Pintado del casco, en la parte de la obra viva y la obra muerta.

Concluidas las labores de preparación de superficie mediante arenado abrasivo en la obra muerta del casco por el lado de babor, conforme a la norma SSPC-SP 10, se procede a la aplicación de la primera capa del sistema de recubrimiento anticorrosivo en la misma área, utilizando un contenido de sólidos al 50%.



Ilustración 10: Aplicación de la capa de pintura antifouling en Proa

Fuente: Propia

Se realiza la aplicación de la primer capa de pintura en la parte de la popa del buque

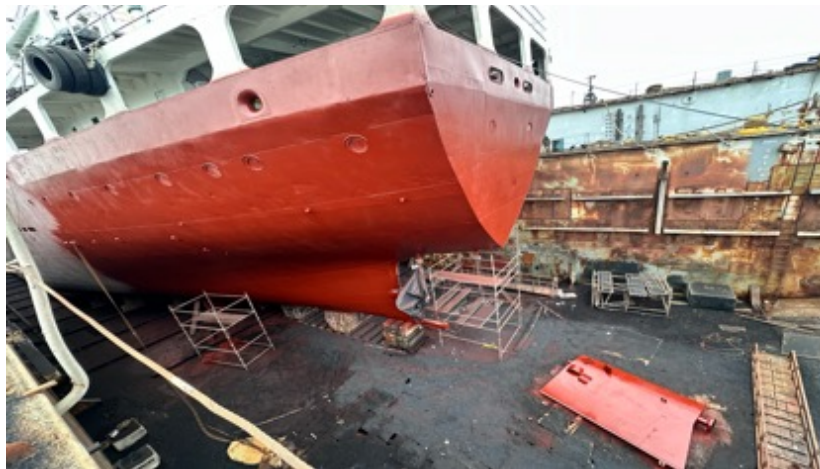


Ilustración 11: Aplicación de pintura antifouling en Popa

Fuente: Propia

Aplicación de la 2da capa de pintura con un espesor del 50% para el casco del buque, en la parte de la obra viva del casco



Ilustración 12: Aplicación de segunda capa de pintura en obra viva

Fuente: Propia

1.12 Protección catódica

1.12.1 Corrosión galvánica.

La corrosión galvánica consiste en un fenómeno electroquímico que ocurre cuando dos metales en contacto directo se sumergen en un medio húmedo; si esos dos metales tienen diferente capacidad de corrosión, el metal con más facilidad para la corrosión protege al otro metal más noble, pero se corroe con mucha más rapidez que si no se encontrara en contacto con el otro. Esa pieza de metal con más facilidad de corrosión se conoce como ánodo de sacrificio y el metal más noble constituye el cátodo de la celda electroquímica.

1.12.2 *Protección catódica (CP – Cathodic protection)*

Definición de protección catódica:

La protección catódica consiste en el conjunto de tecnologías empleadas para controlar la corrosión galvánica en una superficie metálica mediante la conversión de dicha superficie en el cátodo de una celda electroquímica. El metal noble que queremos proteger, como por ejemplo un casco de acero de un barco, la hélice o el timón, constituirá el cátodo de la celda electroquímica. También conocida como protección galvánica, es un sistema empleado para proteger de la corrosión los cascos y hélices de buques de cualquier tamaño y estructuras metálicas en permanente contacto con el agua como son las plantas petrolíferas (Llallo Fluid Technology , 2020).

1.12.3 *Para que sirven los ánodos de sacrificio.*

Las partes sumergidas de las embarcaciones como la hélice, eje, pala del timón, quilla, se protegen contra la corrosión electrolítica mediante los ánodos.

La corrosión electrolítica, o conocida como electrólisis, es aquella que deteriora metales sumergidos de diferentes potencial, descomponiendo el ánodo que es el metal de menor potencial, en lugar del cátodo. La naturaleza del agua marina afecta la acción del ánodo.

Los materiales del ánodo de sacrificio, está compuesto por zinc y aluminio, que se usan generalmente en agua salada, donde la resistividad es generalmente menor (C., 2021).

Los puntos que deben ser protegidos son, el eje de hélice, la hélice, el timón, y los flaps, si está dotado ya que estos son los que se exponen más a la corrosión electrolítica ya que se someten a una oxigenación importante al planear la embarcación. El ánodo se fija en la cara superior de los flaps.



Ilustración 13: Colocación de los ánodos de zinc en los Flaps del casco.

Fuente: Propia

Aquí en este proceso se realizó el montaje de la pala de timón, la cual al girar permite la dirección del buque durante su navegación

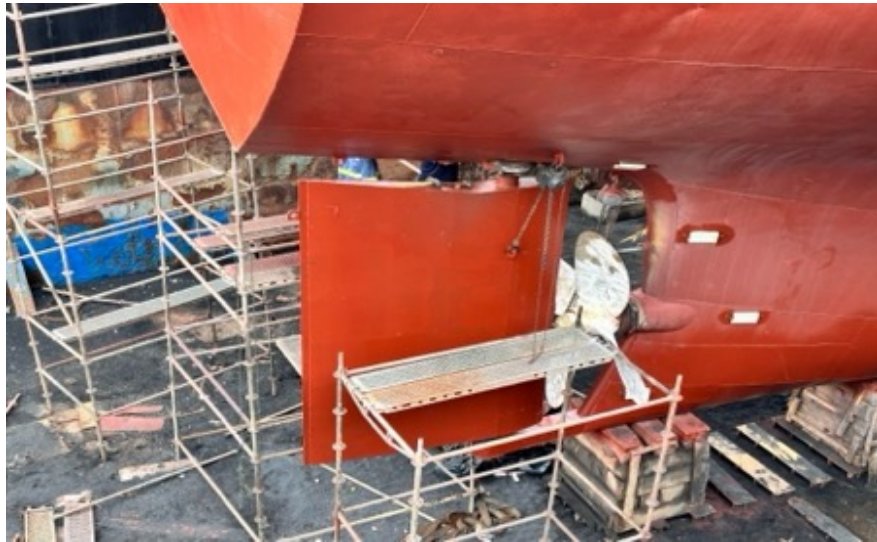


Ilustración 14: Ajuste de la pala de timón.

Fuente: Propia

1.13 Anclas y cadenas

Son componentes esenciales para asegurar una embarcación en un lugar determinado, evitando que sea arrastrada por el viento, las corrientes o las olas (Diario Nautico, 2024).

1.13.1 *Anclas:*

Las anclas son elementos esenciales en una embarcación para el sistema de fondeo sean estas pesadas y robustas, y están diseñadas para asegurar la estabilidad del buque en un fondeadero o durante maniobras. Suelen tener tres anclas, una en la popa y dos en la proa, enganchadas mediante cadenas. El peso de las anclas puede ser significativo, el cual tiene un promedio aproximado de más de 20 toneladas en los buques más grandes.

1.13.2 *Cadenas:*

La cadena de fondeo se utiliza para el anclaje del barco y es la que permite mantener la embarcación en un lugar fijo, debe ser resistente al desgaste y a la corrosión. Por ese motivo es que el material principal de la cadena suele ser acero inoxidable.



Ilustración 15: Cadena del anclaje en proceso de mantenimiento preventivo.

Fuente: Propia

Trabajos varios de soldadura

El tiempo que dure la estadía del buque en las instalaciones del dique y conforme a la planificación a los trabajos de carenamiento, también se ejecutan trabajos extras de soldadura en la cubierta principal, mantenimiento y limpieza, ya que es el tiempo que no estará operativo la embarcación.

A continuación, ciertos trabajos de soldadura en puntos específicos.

Restauración de una sección de plancha de acero naval en su estructura a la altura del cuarto de lavanderías del buque el cual presentaba fisuras y deterioros en la estructura física de su material



Ilustración 16: Cambio de acero naval en una sección específica.

Fuente: Propia

Se realizó una inspección de los tanques de lastres del buque para determinar el estado físico de su estructura y corroborar si es necesario hacer cambios a favor



Ilustración 17: Tanques de lastre

Fuente: Propia

Mantenimiento al sistema de bridas y válvulas en los ductos de los tanques de almacenamiento también conocido como parcelas.



Ilustración 18: Sistema de bombas en parcelas.

Fuente: Propia

Corte de sección en las cuadernos de proa, para reubicar un nuevo planchaje de acero naval



Ilustración 19: Corte de sección

Fuente: Propia

En esta sección de los ductos se hicieron trabajos de acople aplicando una plancha de acero naval de 12mm de espesor, la cual fue rodada para la extensión de los ductos o también conocidos como escobenes.



Ilustración 20: Ductos de los escobenes.

Fuente: Propia

Presupuesto

Adjunto la evidencia de los gastos, la cual fue asumido en su totalidad por Corporación Marzam.



**ASTILLEROS NAVALES ECUATORIANOS
ASTINAVE EP**

ASTINAVE EP

Matriz: VACAS GALINDO S/N Y VIVERO - 5 DE JUNIO

Sucursal: GUAYAS / GUAYAQUIL / VACAS GALINDO S/N Y VIVERO - 5 DE JUNIO

Contribuyente Especial Nro. 972

Obligado a llevar contabilidad: SI

Factura N° 001 - 100 - 000001455

RUC: 0968594300001

Número de Autorización

2308202401096859430000120011000000014555245095617

Fecha y hora de Autorización

23/08/2024T11:41:48.000-05:00

Ambiente

Producción

Tipo de Emisión

Normal

Clave de Acceso

2308202401096859430000120011000000014555245095617



Razón Social/Nombres y Apellidos:
MARZAM CIA. LTDA.

RUC: 1390140106001

Fecha de Emisión 23/08/2024

Guía de Remisión

Moneda DOLAR

Códigos	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Descuento	Total
21MZ039P111000	ANDES IV CAMBIO DE PLANCHAJE	1.00	12259.36	0.00	12259.36
21MZ039P116000	CAMBIO ESTRUCTURALES	1.00	9386.69	0.00	9386.69
21MZ039P21E000	SISTEMA DE PROPULSION	1.00	1906.22	0.00	1906.22
21MZ039P500630	SISTEMA DE PROPULSION -TALLERES	1.00	1543.40	0.00	1543.40
21MZ039P522000	CAJAS DE MAR REJILLAS	1.00	1200.00	0.00	1200.00
21MZ039P52E000	SISTEMA DE AGUA DE MAR - VALVUL	1.00	5649.94	0.00	5649.94
21MZ039P56E000	SISTEMA DE GOBIERNO	1.00	8561.98	0.00	8561.98
21MZ039P500610	SISTEMA DE GOBIERNO - TRABAJOS	1.00	1534.38	0.00	1534.38
21MZ039P58E000	ANCLAS Y CADENAS	1.00	8401.58	0.00	8401.58
21MZ039P602000	MARCADO Y DESIGNACION DEL CASCO	1.00	2898.84	0.00	2898.84
21MZ039P63E000	LIMPIEZA DEL CASCO - OBRA VIVA	1.00	44545.00	0.00	44545.00
21MZ039P631000	LIMPIEZA DEL CASCO - OBRA MUERTA	1.00	17013.00	0.00	17013.00
21MZ039P632000	PINTADO DEL CASCO - OBRA VIVA	1.00	7191.96	0.00	7191.96
21MZ039P633000	PINTADO DEL CASCO - OBRA MUERTA	1.00	2465.28	0.00	2465.28
21MZ039P634000	PROTECCION CATODICA	1.00	5600.00	0.00	5600.00
21MZ038P901000	VARADA BT VICTORIA DAENAPO	1.00	6042.50	0.00	6042.50



**ASTILLEROS NAVALES ECUATORIANOS
ASTINAVE EP**

Factura N° 001 - 100 - 000001455

RUC: 0968594300001

ASTINAVE EP

21MZ038P91E000	DESVARADA DAE NAPO	1.00	1732.50	0.00	1732.50
21MZ040P902000	PERMANENCIA 17 DIAS	1.00	13600.00	0.00	13600.00
21MZ040P903000	SERVICIOS TEMPORALES	1.00	2843.48	0.00	2843.48
21MZ039P907000	SEGURIDAD INDUSTRIAL	1.00	3827.05	0.00	3827.05
21MZ040P117000	TRABAJOS VARIOS SOLDADURA	1.00	5010.00	0.00	5010.00
21MZ040P500610	TRABAJOS EN BOCIN DEL TUNEL SIST. GBNO.	1.00	3909.00	0.00	3909.00
21MZ040P595000	TRABAJOS EN CIRCUITO AUXILIARES	1.00	6484.00	0.00	6484.00
21MZ040P58E000	ANCLAS Y CADENAS ADICIONAL	1.00	1824.52	0.00	1824.52
21MZ040P903000	SERVICIOS TEMPORALES	1.00	802.66	0.00	802.66

Información Adicional

Direccion : MALECON Y CALLE 19 - EDIF. EL NAVIO - 3ER PISO
 CondicionPago :
 DireccionEnvio :
 TelefonoCliente :
 Nota : ASTINAVE-EP esta exento de Retencion de Impuesto de acuerdo al Art. 9, numeral 2 de la LORTI
 Nota2 : IVA tarifa cero, de conformidad con el literal c) del Articulo 6 de la LEFORTAAC, SEGUN ESOLUCION Nro. MTOP-DTMF--2024-0098-R

SUBTOTAL	0.00
SUBTOTAL 0%	176,233.34
SUBTOTAL Exento de IVA	0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	176,233.34
DESCUENTO	0.00
IVA 0%	0.00
PROPINA	0.00
VALOR TOTAL	176,233.34

Forma de Pago	Valor	Plazo	Tiempo
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	176,233.34	90	dias

CONCLUSIONES

El presente estudio se logró determinar los procesos más comunes del carenamiento con base a los parámetros establecidos, identificando como actividades principales el arenado, pintado, inspecciones no destructivas y la aplicación de sistemas de protección contra la corrosión, de un buque tanque (B/T), cumpliendo con los objetivos establecidos y permitiendo una visión técnica y detallada de las actividades involucradas. Estas acciones resultan fundamentales para garantizar el buen estado estructural y operativo del buque.

En cuanto a la modalidad del pintado que se realizó para el casco, se estableció un sistema de recubrimiento anticorrosivo en varias capas las cuales fueron, imprimante, capa intermedia y acabado. Siendo compatible con el método abrasivo empleado en el proceso del granallado. Este proceso fue eficaz para remover completamente la suciedad, corrosión y recubrimientos anteriores, proporcionando una superficie en buenas condiciones para una correcta adherencia del nuevo recubrimiento.

Se examinó el procedimiento de ensayo no destructivo por líquido o tinta penetrante aplicado a las aspas de la hélice del buque, lo cual permitió localizar ciertas fisuras superficiales que podrían comprometer la integridad física del material del sistema propulsor. Este tipo de prueba resultó ser de gran importancia para garantizar la seguridad operacional del buque.

Con respecto a la protección contra la corrosión, se utilizó el sistema de protección catódica, donde se aplicaron ánodos de sacrificio, lo cual ha demostrado ser una medida eficiente para prevenir el efecto progresivo de la corrosión galvánica en zonas críticas del casco, especialmente en la obra viva.

Finalizados los trabajos, los resultados del proceso de carenamiento fueron de manera muy satisfactoria basados en los parámetros técnicos establecidos, optimizando la eficiencia operativa y alargando la vida útil del buque, el cual nos permite garantizar el cumplimiento de normativas marítimas internacionales.

RECOMENDACIONES

Se recomienda establecer un protocolo de carenamiento naval estandarizado, y a su vez que contemple una valoración precedente del estado del casco, con la finalidad de optimizar la selección de los procesos y garantizar la eficacia del mantenimiento.

Es aconsejable emplear materiales abrasivos en lo que respecta a la limpieza del casco y tener un personal altamente capacitado en lo que respecta a las operaciones de granallado, para asegurar una limpieza efectiva de la superficie y a su vez una correcta preparación para la aplicación de recubrimientos.

Es sugerible introducir programas periódicos de inspección técnicas no destructivas, como el ensayo de tintas o líquidos penetrantes, en las partes donde se pueden volver críticos como hélice y ejes, con el fin de detectar fisuras o anomalías superficiales y prevenir fallas estructurales.

Se recomienda monitorear el sistema de protección catódica instalado, evaluando la condición de los ánodos de sacrificio, para asegurar una correcta funcionalidad y prolongar la protección contra la corrosión galvánica.

Se propone integrar los resultados del proceso de carenamiento a un sistema de gestión del mantenimiento predictivo, lo cual permitirá tomar decisiones a futuro, estas técnicas basadas en mejorar la planificación de futuras intervenciones.

Finalmente, se recomienda revisar y actualizar los parámetros técnicos establecidos en los protocolos de carenamiento, considerando los avances en tecnologías de recubrimiento, técnicas de inspección y normativas internacionales aplicables.

Bibliografía

Albaro. (15 de Mayo de 2022). *Marca de francobordo*. Obtenido de corto maltes: <https://cortomaltes2012.blogspot.com/2022/05/las-marcas-en-el-costado-de-un-barco.html>

Allianz. (s.f.). *Sociedad Clasificadora*. Obtenido de www.allianz.es: <https://www.allianz.es/descubre-allianz/mediadores/diccionario-de-seguros/e/que-es-entidad-clasificadora.html#:~:text=En%20el%20contexto%20n%C3%A1utico%20una,dem%C3%A1s%20con%20el%20prop%C3%B3sito%20de>

AMI VIETNAM. (s.f.). *Sistema de gobierno* . Obtenido de www-amisales-com-vn: https://www-amisales-com-vn.translate.goog/internal-communication/ship-steering-systems.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=rq

ASTM. (27 de Mayo de 2019). *Normativa ASTM A131/A131M*. Obtenido de store-astm-org: https://store-astm-org.translate.goog/a0131_a0131m-19.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

Bagazo. (19 de Marzo de 2025). *Tipos de soldadura Naval*. Obtenido de SENLiS WELD : <https://www.senlisweld.com/es/soldadura-de-barcos/#:~:text=Existen%20diferentes%20procesos%20de%20soldadura,la%20soldadura%20por%20arco%20met%C3%A1lico>

Corporacion Marzam. (2023). *Interes del tema*. Obtenido de www.corporacionmarzam.com: <https://www.corporacionmarzam.com/operaciones-maritimas/>

Corporación Marzam. (2024). *Nuestra Historia* . Obtenido de www.corporacionmarzam.com: <https://www.corporacionmarzam.com/nuestra-historia/>

Corporación Marzam. (2023). *Antecedentes*. Obtenido de www.corporacionmarzam.com/nuestra-historia/

C., J. (22 de Diciembre de 2021). *Para que sirven los ánodos de sacrificio*. Obtenido de Club Nautico la Rápita: <https://clubnauticlarapita.com/index.php/2021/12/22/para-que-sirven-los-anodos-de-sacrificio/>

CRESCENT MEXICANA. (s.f.). *Propelas o hélices*. Obtenido de <https://www.crescentmexicana.com>: [https://www.crescentmexicana.com/blank-z15ku#:~:text=Las%20cajas%20de%20mar%20\(Box%20Coolers\)%20y,el%20sistema%20de%20refrigeración%20de%20un%20barco.&text=El%20Biofilm%20en%20tanques%20de%20agua%20o,de%20las%20tasas%20de%20producción%20más%20bajos](https://www.crescentmexicana.com/blank-z15ku#:~:text=Las%20cajas%20de%20mar%20(Box%20Coolers)%20y,el%20sistema%20de%20refrigeración%20de%20un%20barco.&text=El%20Biofilm%20en%20tanques%20de%20agua%20o,de%20las%20tasas%20de%20producción%20más%20bajos).

Diario Nautico. (11 de Octubre de 2024). *Anclas y cadenas de una embarcación*. Obtenido de El diario Nautico: <https://eldiarionautico.com/para-que-sirve-el-ancla-de-un-barco-y-que-tipos-hay/>

IMBS (International Maritime Business School. (s.f.). *Principales anexos del MARPOL*. Obtenido de www.imbs.edu.es: <https://www.imbs.edu.es/que-es-el-convenio-marpol-y-sus-claves-importantes/#:~:text=MARPOL%20establece%20regulaciones%20estrictas%20para,en%20aguas%20internacionales%20y%20nacionales>.

Llalco Fluid Technology . (2020). *Protección Catódica, Corrosión Galvánica*. Obtenido de www.llalco.com: <https://www.llalco.com/proteccion-catodica/#:~:text=La%20proteccion%20catodica%2C%20también%20conocida,como%20son%20las%20plantas%20petrolíferas>.

López García, G. F. (1972). Casco y estructura del buque. En G. F. López García, *Estructura del buque: Tecnología y Cálculo* (pág. 786). Tip. Jiménez Mena.

MAQ - MAR . (18 de Octubre de 2022). *Clasificación de los buques*. Obtenido de <https://maqmar.com>: <https://maqmar.com/tipos-de-barcos/#:~:text=Los%20tipos%20de%20barco%20pueden,10%2D24%20metros%20de%20eslora>.

OMI. (2024). Las incrustaciones biológicas de los buques . En *Control y la gestión de las incrustaciones biológicas de los buques* (pág. 87). Edición 2024.

Suisca Group. (s.f.). *Crecimiento biológico en el caso* . Obtenido de <https://suiscagroup.com>:
<https://suiscagroup.com/es/noticias/mantenimiento-del-casco-de-buque>

ASTM. (27 de Mayo de 2019). *Normativa ASTM A131/A131M*. Obtenido de store.astm-org:
https://store.astm-org.translate.googleusercontent.com/translate/a0131_a0131m-19.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

Subsecretaria de puertos y transporte marítimo fluvial. (12 de Enero de 2013). *Art. 227*. Obtenido de www.obraspublicas.gob.ec:
https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/02/LOTAIP_1_SPTMF-360-12-Normas-funcionamiento-Comites-AM.pdf

ANEXOS

Personal de la entidad de la sociedad clasificadora de los buques, realizó la verificación de los planos, previo a la inspección general de toda la estructura del buque.



Ingreso a los tanques doble fondo de agua de lastre para la respectiva inspección.



Junto con el personal del buque se revisaron las condiciones de operabilidad de las parcelas o también conocido como tanques de almacenamiento de su carga que transportan.



Verificación de los encargados de la sociedad clasificadora de buques, con relación a los planos para determinar las planchas de acero naval con bajo espesor.



Finalmente, el Buque Tanque “ANDES IV”, quedó listo para sus operaciones marítimas, cumpliendo con los estándares de calidad y su proceso de carenamiento

