ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

“Estudio de viabilidad de una herramienta digital para la gestión del ciclo de vida de proyectos navales”

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MÁSTER EN INGENIERÍA NAVAL

Presentada por:

Miguel Ángel Engracia Zambrano

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2024

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Firmado electrónicamente por:
LUIS ENRIQUE LAVAYEN CARDOSO

Luis Enrique Lavayen Cardoso., MSc.

TUTOR

Firmado electrónicamente por:
RUBEN JOSE PAREDES ALVARADO

Rubén José Paredes Alvarado., Dr.

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Firmado electrónicamente por:
MIGUEL ANGEL ENGRACIA ZAMBRANO

Miguel Ángel Engracia Zambrano

ÍNDICE GENERAL

Contenido

ÍNDICE GENERAL 4
ÍNDICE DE TABLAS. 6
ÍNDICE DE FIGURAS. 7
DEFINICIONES Y ABREVIATURAS. 9
1. INTRODUCCIÓN 15
1.1. INTRODUCCIÓN 15
1.2. ANTECEDENTES. 17
1.3. DEFINICIÓN DEL PROYECTO NAVAL. 21
1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA. 36
1.5. OBJETIVOS. 38
1.6. JUSTIFICACIÓN. 39
2. METODOLOGÍA 40
2.1. DISEÑO DEL ESTUDIO DE VIABILIDAD. 40
2.2. ANÁLISIS DE MERCADO. 42
IDENTIFICACIÓN DEL PÚBLICO OBJETIVO. 42
IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES EN LAS ETAPAS DEL CICLO DE VIDA DEL PROYECTO NAVAL. 51
HERRAMIENTAS DIGITALES EMPLEADAS EN EL CICLO DE VIDA DEL PROYECTO NAVAL (CVPN). 58
ENCUESTA Y CONSULTA A PROFESIONALES DEL SECTOR. 68
2.3. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD. 75
FACTIBILIDAD TÉCNICA: 75
FACTIBILIDAD ECONÓMICA 82
FACTIBILIDAD LEGAL Y NORMATIVA: 89
FACTIBILIDAD OPERATIVA: 91
FACTIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL: 91
FACTIBILIDAD SOCIOECONÓMICA: 92
2.4. PLAN DE TRABAJO. 93
3. HERRAMIENTA DIGITAL PROPUESTA. 98
3.1. MODELO CONCEPTUAL DE LA HDG PROPUESTA. 98
3.2. CASO DE ESTUDIO: HDG PARA LA OPERACIÓN DE UN DIQUE SECO FLOTANTE. 105
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. 113
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 118
5.1. RESUMEN. 118
5.2. CONCLUSIONES. 119
5.3. RECOMENDACIONES. 119
BIBLIOGRAFÍA. 121
ANEXOS. 125
ANEXO A. 125
TECNOLOGÍAS DISPONIBLES ACTUALMENTE PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES Y HERRAMIENTAS WEB. 125
ANEXO B. 128

GRÁFICAS DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA SOBRE IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DIGITAL EN LA INDUSTRIA MARÍTIMA. 128
ANEXO C. 139
APARIENCIA DE LA APLICACIÓN DESARROLLADA EN EL CASO DE ESTUDIO. 139
ANEXO D. 147
PLANTILLAS DE REPORTES GENERADOS DE FORMA AUTOMÁTICA. 147

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Definiciones y abreviaturas. 14

Tabla 2. Distribución de ejes verticales (etapas del ciclo) y transversales (enfoques) del proyecto naval. 24

Tabla 3. Etapas del ciclo de vida del proyecto naval. 25

Tabla 4. Astilleros, parrillas y factorías navales. 44

Tabla 5. Resumen de factorías y astilleros por ciudad en Ecuador. 45

Tabla 6. Entidades relacionadas con la industria marítima en Ecuador. 46

Tabla 7. Resumen de datos de muestreo de entidades relacionadas con la industria naval en Ecuador. 46

Tabla 8. Resumen de datos de tipos de buques que operan en Ecuador. 47

Tabla 9. Empresas proveedoras de materiales y equipos en la industria naval del Ecuador. 50

Tabla 10. Resumen de datos de muestreo para proveedores de materiales, equipos y servicios en Ecuador. 50

Tabla 11. Necesidades de cada etapa del ciclo de vida del proyecto naval según el enfoque del eje transversal. 57

Tabla 12. Lista de herramientas digitales empleadas actualmente las etapas del ciclo de vida del proyecto naval. 66

Tabla 13. Tecnología para el desarrollo de aplicaciones digitales disponibles actualmente. 76

Tabla 14. Estimación de costos por desarrollo de HDG. 85

Tabla 15. Cronograma de actividades por semanas. 97

Tabla 16. Tecnologías existentes para el desarrollo de aplicaciones y herramientas web actualmente. 127

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Espiral de diseño del proyecto naval. 27
Figura 2. Esquema del ciclo de vida del proyecto del proyecto naval. 37
Figura 3. Distribución de buques en Guayaquil según su tipo. 47
Figura 4. Distribución de buques en Manta según su tipo. 48
Figura 5. Distribución de buques en Puerto Bolívar según su tipo. 48
Figura 6. Distribución de buques en Francisco de Orellana según su tipo. 49
Figura 7. Costo promedio anual por sector de herramientas digitales. 66
Figura 8. Distribución de roles desempeñados por los encuestados. 71
Figura 9. Distribución de número de herramientas utilizadas actualmente en las etapas del CVPN. 72
Figura 10. Distribución de inversión anual de herramientas digitales. 72
Figura 11. Distribución de disposición a pagar por nuevas herramientas digitales. 73
Figura 12. Distribución de tipo de embarcaciones relacionadas con los encuestados. 73
Figura 13. Actividad de herramientas digitales en las etapas del ciclo de vida del proyecto naval según los datos de encuesta. 74
Figura 14. Esquema de estructura de la HDG de CVPN. 98
Figura 15. Plataforma de desarrollo de aplicaciones de bajo código, AppSheet. 106
Figura 16. Tablas de la base de datos cargada en la plataforma AppSheet. 107
Figura 17.Esquema descriptivo del área física en dique denominada GRÚA BB. 108
Figura 18. Vista de bitácora, formulario de ingreso de datos. 109
Figura 19. Gráfica de profesiones e interacción en etapas del CVPN de los encuestados. 128
Figura 20. Gráficas de la encuesta realizada, muestran experiencia de las empresas encuestadas y el alcance de actividad de las mismas. 130
Figura 21. Tipo de embarcaciones que atienden las empresas encuestadas. 132
Figura 22. Herramientas digitales utilizadas actualmente en la industria, según encuesta realizada. 134
Figura 23. Consulta sobre aceptación de la HD en el medio naval. 135

Figura 24. Valores de herramientas digitales que operan en el medio y posibles valores por la HD propuesta. 136
Figura 25. Acceso a la aplicación y ventana de bien venida. 139
Figura 26. Sección de bitácora. 140
Figura 27. Sección de áreas de dique. 140
Figura 28. Sección de equipos. 141
Figura 29. Sección de Sistemas. 142
Figura 30. Sección de buques en dique. 143
Figura 31. Sección de menús ocultos; Bodega, Departamentos, Divisiones, Documentos, Estadística, Informes, Material de equipos, Mi perfil, Pedidos, etc. 144
Figura 32. Sección de menús ocultos; Procedimientos, Consumibles, Horómetro, Usuarios, Listas dique, Inicio de sesión. 145
Figura 33. Ejemplo de resultados dentro de la App. Estadística. 146
Figura 34. Página 1 de la plantilla de órdenes de trabajo para los mantenimientos en buques. 147
Figura 35. Página 2 de la plantilla de órdenes de trabajo en el mantenimiento de buques. 148
Figura 36. Página 3 de la plantilla de mantenimientos de buques en dique. 149
Figura 37. Mensaje automático enviado en reportes y correos electrónicos de la App. 150

DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.

Texto	Descripción
CVPN	Ciclo de Vida del Proyecto Naval. El proceso desde la concepción, diseño, construcción, mantenimiento, operación y desmantelamiento de un proyecto naval.
HDG	Herramienta Digital para la Gestión de Proyectos
EFC	Estudio de Factibilidad del Caso
SWBS	Ship Work Breakdown Structure
MRWBS	Maintenance and Repair Work Breakdown Structure
CAD	Computer-Aided Design
CAM	Computer-Aided Manufacturing
CAE	Computer-Aided Engineering
MES	Manufacturing execution system Sistema que proporciona visibilidad en tiempo real de las operaciones de producción, permitiendo la gestión eficiente de los procesos de manufactura y la mejora continua.
CMMS	Computerized maintenance managment system Software que ayuda a planificar, realizar y documentar actividades de mantenimiento para mejorar la disponibilidad y eficiencia de los equipos.
PLM	(Product Lifecycle Management) enfoque integral para gestionar el ciclo de vida de un producto desde su concepción hasta su retiro del mercado.
LoT	Internet of things Conexión de dispositivos y sistemas a internet para recopilar y compartir datos, permitiendo la automatización y la toma de decisiones basada en datos en tiempo real.
EDC	Espacio Digital para Componentes: Entorno digital donde se crean, almacenan, gestionan y manipulan los componentes del proyecto naval
MRO	Mantenimiento, reparación y operaciones en la industria marítima.

Proyecto Naval	Cualquier estructura, ya sea flotante o fija, destinada a interactuar con el entorno marino.
Flota de Buques	Conjunto de buques operados por una misma empresa o entidad
Astilleros Pequeños	Instalaciones menores dedicadas a la construcción, reparación y mantenimiento de embarcaciones, generalmente de tamaño reducido, eslora no mayor a 50 m
Diseñadores Independientes	Profesionales del diseño naval que trabajan de manera autónoma o como consultores sin estar afiliados a grandes empresas o astilleros
Base de datos de buques	Repositorio de información sobre diferentes tipos de buques, incluyendo especificaciones técnicas, reglas de clasificación, rendimiento y datos históricos
Reglas de clasificación	Normas establecidas por sociedades clasificadoras para garantizar la seguridad y rendimiento de las embarcaciones durante su construcción, mantenimiento y operación
Coeficientes de forma	Parámetros generalmente adimensionales que describen la geometría y características hidrodinámicas del casco de una embarcación
Modelado del casco	Proceso de creación de un modelo 3D (ya sea en un computador o a escala) detallado del casco del buque para su análisis y diseño
Análisis de estabilidad	Evaluación de la capacidad de un buque para mantenerse estable bajo diferentes condiciones de carga y entorno marino
Diseño de acomodación	Planificación y distribución de los espacios interiores de una embarcación para satisfacer requisitos funcionales y de habitabilidad
Herramienta digital de gestión	Software y aplicaciones web utilizados en el diseño, modelado, simulación y gestión de proyectos navales
Selección de equipos	Proceso de elección de maquinaria y sistemas adecuados para una embarcación, como motores, sistemas de propulsión y equipos de navegación
Planos de construcción	Dibujos técnicos detallados que especifican las dimensiones, formas y disposición de todos los componentes y sistemas de una embarcación

Componente (Dentro de la HDG del CVPN)	Todos los elementos que conforman y hacen posible tanto la operación de una empresa naval, como la ejecución de un proyecto naval específico. Estos componentes incluyen, pero no se limitan a: • Departamentos dentro de la Empresa. • Recursos Humanos. • Divisiones de Trabajo sobre el Buque. • Documentación. • Bitácora y Registro de Actividades. • Informes y Plantillas Personalizadas. • Espacios Físicos en la Infraestructura de la Empresa. • Espacios Físicos en el Buque o Proyecto Naval. • Sistemas dentro de la Infraestructura de la Empresa. • Sistemas dentro del Buque o Proyecto Naval. • Equipos dentro de la Empresa. • Equipos dentro del Buque o Proyecto Naval. • Bodega y Materiales. • Recursos de Logística y Maniobras. • Servicios. • Proveedores.
Departamentos dentro de la Empresa	Unidades funcionales y administrativas dentro de la organización que gestionan diversas operaciones y servicios; Gerencia, dirección, supervisión, seguridad, operación, mecánica, eléctrica, logística, maniobras, talento humano, etc. Registrados en la HDG del CVPN
Recursos Humanos	Personal técnico, administrativo y operativo involucrado en el proyecto. Registrados en la HDG del CVPN
Divisiones de Trabajo sobre el Buque	Secciones específicas del buque donde se realizan actividades de mantenimiento, reparación o construcción; Administrativa, técnica, limpieza, buceo, carenado, soldadura, propulsión y gobierno, válvulas de fondo, fondeo, seguridad, eléctrico, mecánico, etc. Registrados en la HDG del CVPN
Documentación	Archivos, planos, manuales y otros documentos técnicos y administrativos necesarios para la gestión del proyecto. Registrados en la HDG del CVPN

Bitácora y Registro de Actividades	Registros detallados de todas las actividades realizadas durante el proyecto, incluyendo tareas diarias, avances y cambios. Registrados en la HDG del CVPN
Informes y Plantillas Personalizadas	Documentos y formatos específicos utilizados para reportar avances, incidencias y resultados. Registrados en la HDG del CVPN
Espacios Físicos en la Infraestructura de la Empresa	Áreas dentro de las instalaciones del astillero o empresa que son utilizadas para la construcción, reparación y mantenimiento de los buques. Registrados en la HDG del CVPN
Espacios Físicos en el Buque o Proyecto Naval	Partes específicas del buque como cubiertas, compartimentos, salas de máquinas, etc. Registrados en la HDG del CVPN
Sistemas dentro de la Infraestructura de la Empresa	Conjuntos de maquinaria y tecnología utilizados en el proceso de construcción y mantenimiento, como grúas, sistemas de propulsión, equipos de soldadura, etc. Registrados en la HDG del CVPN
Sistemas dentro del Buque o Proyecto Naval	Equipos y sistemas instalados en el buque, como sistemas de navegación, propulsión, seguridad, comunicaciones, etc. Registrados en la HDG del CVPN
Equipos dentro de la Empresa	Herramientas y maquinaria utilizada para la construcción, reparación y mantenimiento de buques. Registrados en la HDG del CVPN
Equipos dentro del Buque o Proyecto Naval	Equipos operacionales del buque necesarios para su funcionamiento. Registrados en la HDG del CVPN
Bodega y Materiales	Almacenes y materiales necesarios para la construcción y mantenimiento del buque. Registrados en la HDG del CVPN
Recursos de Logística y Maniobras	Recursos necesarios para la gestión logística y las maniobras de los buques dentro de las instalaciones. Registrados en la HDG del CVPN
Servicios	Todos los servicios adicionales necesarios para la operación del astillero o el buque, como electricidad, agua, servicios técnicos, etc. Registrados en la HDG del CVPN

Proveedores	Empresas y entidades que suministran materiales, equipos y servicios necesarios para el proyecto. Registrados en la HDG del CVPN
Herramienta Multiplataforma	Puede ser utilizada en diferentes sistemas operativos y dispositivos, como computadoras, tabletas y teléfonos inteligentes. Esto permite que el usuario acceda y utilice la herramienta desde diversos entornos tecnológicos sin importar el tipo de plataforma que esté utilizando.
Relación bidireccional de EDC	Los datos dentro de la HDG del CVPN pueden ser enviados y recibidos entre diferentes componentes del sistema, permitiendo que cada uno pueda actualizar, modificar o responder a la información del otro. Esto facilita una integración fluida y una gestión coherente de los datos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
Gestión de proyectos	Planificación, organización y supervisión de recursos y actividades para cumplir objetivos del proyecto dentro del plazo y presupuesto estipulados.
Finanzas	Eje transversal dentro de la HDG del CVPN de manejo y análisis de recursos económicos, incluyendo planificación financiera, presupuestos, control de gastos y análisis de rentabilidad.
Optimización	Eje transversal dentro de la HDG del CVPN de proceso de mejorar eficiencia y efectividad de un sistema o proceso para maximizar el rendimiento y minimizar costos y recursos.
Innovación	Eje transversal dentro de la HDG del CVPN de desarrollo e implementación de nuevas ideas, productos, procesos o tecnologías que aporten mejoras significativas y valor añadido.
Inventario	Sección dentro de la HDG del CVPN para la gestión y control de bienes y recursos disponibles, incluyendo documentación, seguimiento y mantenimiento de materiales y productos.
Documentación	Sección dentro de la HDG del CVPN para la creación, almacenamiento y gestión de información relevante y registros asociados con un proyecto o proceso, asegurando organización y accesibilidad.
Asistencia interactiva	Sección dentro de la HDG del CVPN para el soporte en tiempo real mediante interacción con el usuario, que puede incluir

	chatbots, tutoriales en línea o asistentes virtuales para resolver problemas y responder preguntas.
Armador	Persona o empresa que encarga la construcción de un buque y es responsable de su operación y mantenimiento una vez finalizado.
Arquitecto Naval	Ingeniero naval, profesional responsable del diseño estructural y funcional de los buques, garantizando su estabilidad, seguridad y rendimiento. **Etapa de diseño.**
Ingeniero de Proyecto	Ingeniero naval, profesional que supervisa y coordina las actividades de construcción del buque, asegurando el cumplimiento de los plazos y especificaciones técnicas. **Etapa de construcción.**
Capitán	Oficial encargado de la operación y navegación del buque, responsable de la seguridad de la tripulación y la carga.
Ingeniero de Mantenimiento	Ingeniero naval, profesional encargado del mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas y equipos del buque.
Jefe de Flota	Ingeniero naval, responsable de la gestión y coordinación de una flota de buques, asegurando su operatividad y eficiencia. **Etapa de operación.**
Ingeniero de Desmantelamiento	Ingeniero naval, profesional encargado de planificar y supervisar el desmantelamiento seguro y eficiente del buque al final de su vida útil. **Etapa de desguace.**
Sociedades de Clasificación	Son organizaciones no gubernamentales que establecen y aplican normas técnicas para la construcción y operación segura de buques y otras estructuras marinas. Ejemplos: Lloyd's Register (LR), Det Norske Veritas - Germanischer Lloyd (DNV GL), Bureau Veritas (BV), American Bureau of Shipping (ABS), Registro Italiano Navale (RINA), Nippon Kaiji Kyokai (ClassNK), China Classification Society (CCS), Korean Register (KR), Russian Maritime Register of Shipping (RS), Indian Register of Shipping (IRS).

Tabla 1. Definiciones y abreviaturas.

Fuente: Maritime Professional., 2019, October 30, y otros.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

En el dinámico y complejo entorno de la industria marítima, la gestión eficiente del ciclo de vida del proyecto naval (CVPN) es crucial para el éxito (Koulamas, C., & Georgiadis, P. 2018 Desde la concepción de la idea inicial hasta el desmantelamiento del producto, este ciclo abarca etapas donde participan diversas empresas, profesionales y recursos, generando una gran cantidad de información que debe gestionarse eficazmente.

Sin embargo, actualmente, las herramientas digitales (HD) disponibles presentan limitaciones significativas que obstaculizan su adopción generalizada. Estas herramientas suelen ofrecer un alcance limitado a una o dos etapas del ciclo, son complejas de utilizar y requieren una inversión considerable. Estos factores dificultan especialmente su implementación en nuestra región, afectando a astilleros pequeños, diseñadores independientes y flotas de buques. Esta fragmentación genera ineficiencias y dificulta la colaboración entre los distintos actores del proceso.

En este contexto, existe la necesidad de desarrollar una herramienta digital de gestión (HDG), que permita acompañar y facilitar todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto naval (CVPN). Esta herramienta no solo debe integrar todas las partes del proyecto en una sola plataforma, sino que también debe proporcionar asistencia y apoyo a los profesionales en cada etapa del proceso, con características específicas como; i) fácil acceso, multiplataforma, ii) creación de espacio digital para componentes (EDC), iii) relación bidireccional entre componentes, iv) extracción de datos desde archivos de softwares CAD, CAM CAE, v) acceso a diferentes módulos cómo; gestión de proyectos, finanzas, optimización, innovación, inventario, documentación, etc., vi) asistencia interactiva.

En este trabajo se propone abordar esta necesidad mediante el desarrollo e implementación de una herramienta digital innovadora que transforme la manera en que se gestionan los proyectos en la industria marítima. Con el objetivo de mejorar la eficiencia, la comunicación y la toma de decisiones, esta herramienta aspira a

convertirse en un recurso indispensable para diseñadores independientes, astilleros pequeños y empresas del sector, contribuyendo así al avance y la competitividad de la industria marítima de la región.

1.2. ANTECEDENTES.

En 2022, la producción mundial de buques aumentó un 4.5% con respecto al año anterior, alcanzando 122 millones de toneladas de peso muerto (TPM), con un tamaño promedio de 22,000 TPM. Los mayores constructores de buques son China, Corea del Sur y Japón, con una participación del 45%, 20% y 8%, respectivamente, en la producción mundial de ese año (United Nations Conference on Trade and Development. 2022). Esta industria emplea a alrededor de 2.8 millones de personas en todo el mundo, distribuidas principalmente en Asia, Europa y América, con un 55%, 25% y 15% del empleo total, respectivamente, siendo China el principal empleador con 1.2 millones de personas (Solomon, R. 2023).

Los países de nuestra región han fortalecido su industria marítima mediante proyectos de transferencia tecnológica con los mayores constructores. Por ejemplo, Argentina ha recurrido a la asistencia técnica de Finlandia para el desarrollo de un buque polar, demostrando la importancia de la colaboración internacional en proyectos de alta complejidad (Infodefensa. 2022). Asimismo, Perú y Hyundai firmaron recientemente un acuerdo para la construcción de diversos tipos de buques en el astillero SIMA (Servicios Industriales de la Marina), de Callao (Ministerio de Relaciones Exteriores del Perú. 2023). Estas colaboraciones no solo aportan conocimientos técnicos, sino que también facilitan la adopción de herramientas digitales avanzadas, como sistemas CAD/CAM y soluciones de gestión del ciclo de vida del producto (PLM), que son esenciales para la modernización y eficiencia de los procesos navales.

Sin embargo, a pesar de la transformación digital que ha impulsado el desarrollo de herramientas digitales en la industria marítima global, la adopción de estas tecnologías aún no es generalizada en la región sudamericana. La implementación de tecnologías digitales requiere una infraestructura sólida y adecuada en términos de conectividad, redes de comunicación y sistemas de almacenamiento de datos, lo cual sigue siendo un desafío en buques en navegación debido a problemas de red (Marine Digital. 2021). Además, la resistencia al cambio y la necesidad de capacitación y desarrollo de habilidades en la fuerza laboral siguen siendo factores clave para adoptar nuevas tecnologías y procesos.

A continuación, se muestran algunos ejemplos del desarrollo de herramientas digitales en la industria marítima, aunque es importante tener en cuenta que la adopción de estas tecnologías aún no es generalizada:

Internet de las cosas (IoT)

- Monitoreo en tiempo real: Sensores IoT se utilizan para monitorear el estado de los equipos y sistemas en tiempo real, incluyendo motores, sistemas de propulsión, y condiciones ambientales.
- Mantenimiento predictivo: Datos de sensores IoT ayudan a predecir cuándo un componente podría fallar, permitiendo un mantenimiento proactivo.
- Operación y mantenimiento: IoT es fundamental para el monitoreo continuo y el mantenimiento predictivo durante la operación del buque.

Según un informe de (Inmarsat. 2018). el 72% de las empresas marítimas planeaban implementar IoT en sus operaciones para 2023. Un estudio de (Lloyd's Register. 2019). indicó que el uso de IoT en la monitorización y mantenimiento predictivo puede reducir los costos operativos hasta en un 10%. Se espera que la inversión en ciberseguridad en la industria marítima alcance los USD $6.2 mil millones para 2024, (Maritime Transport Efficiency. 2021). Sistemas de ciberseguridad

(Allianz Global Corporate & Specialty. 2020). señaló que el 70% de las empresas marítimas han sido víctimas de ciberataques en los últimos tres años.

- Protección de datos: Aseguran la integridad y confidencialidad de los datos críticos relacionados con el diseño, construcción y operación de los buques.
- Seguridad de los sistemas operativos: Protegen los sistemas de control del buque contra ciberataques.
- Diseño y desarrollo: Implementación de medidas de ciberseguridad desde la fase de diseño.
- Operación: Continuo monitoreo y actualización de sistemas de seguridad durante la operación del buque.

Computación en la nube

Un informe (IDC. 2020). destacó que el 45% de las empresas marítimas utilizan servicios en la nube para la gestión de datos y análisis. (DNV GL. 2018). indicó que el uso de la computación en la nube puede mejorar la eficiencia operativa en un 15% mediante la optimización de rutas y el monitoreo remoto.

- Almacenamiento de datos: Grandes volúmenes de datos de diseño, simulación y operación se almacenan y gestionan en la nube.
- Colaboración remota: Facilita la colaboración entre equipos de diferentes ubicaciones geográficas.
- Diseño y desarrollo: Almacenamiento y acceso a modelos y datos de diseño.
- Operación: Análisis de datos operacionales y mantenimiento.

Fabricación aditiva (Impresión 3D)

Según (MarketsandMarkets. 2020). se espera que el mercado de la impresión 3D en la industria marítima crezca a una tasa compuesta anual del 20% hasta 2025. Un estudio de (Wärtsilä. 2019). mostró que la fabricación aditiva puede reducir los tiempos de producción de componentes críticos en un 85%.

- Prototipos rápidos: Creación de modelos y piezas de prueba durante la fase de diseño.
- Producción de piezas: Fabricación de componentes complejos y personalizados que serían difíciles o costosos de producir con métodos tradicionales.
- Diseño y desarrollo: Creación de prototipos y piezas de prueba.
- Construcción: Producción de piezas y componentes específicos.
- Mantenimiento: Fabricación de piezas de repuesto bajo demanda.

Realidad aumentada (AR)

(KPMG. 2019). reportó que el uso de AR en el entrenamiento puede mejorar la retención de conocimientos en un 30% en comparación con los métodos tradicionales. (Samsung Heavy Industries. 2018). informó que el uso de AR en la construcción de buques puede reducir los errores de ensamblaje en un 96%.

En COTECMAR, el uso de la realidad aumentada (AR) se ha implementado para ofrecer a los clientes una visualización detallada de las embarcaciones antes de su construcción física. Esta tecnología permite a los clientes interactuar con modelos virtuales de los buques, facilitando la identificación y corrección de posibles errores o modificaciones necesarias de manera anticipada. El uso de AR no solo mejora la comunicación y la satisfacción del cliente, sino que también optimiza el proceso de diseño y construcción

al reducir el riesgo de costosos retrabajos y ajustes durante la fase de producción (COTECMAR. 2021).

- Asistencia en la construcción: Visualización de planos y guías en el sitio de construcción.
- Entrenamiento: Simulaciones de entrenamiento para la tripulación y el personal de mantenimiento.
- Construcción: Asistencia en la construcción y ensamblaje de componentes.
- Operación: Entrenamiento y asistencia en mantenimiento.

Big Data

Según (McKinsey & Company. 2020). el uso de Big Data en la industria marítima puede aumentar la eficiencia operativa en un 20% y reducir el consumo de combustible en un 15%. Se proyecta que la inversión en soluciones de Big Data en la industria marítima alcance los USD $3.5 mil millones para 2023

- Análisis de rendimiento: Análisis de datos operacionales para optimizar el rendimiento del buque.
- Toma de decisiones: Uso de datos históricos y en tiempo real para mejorar la toma de decisiones en diseño y operación.
- Diseño y desarrollo: Análisis de datos para informar decisiones de diseño.
- Operación: Monitoreo y optimización del rendimiento del buque durante su vida útil.

Estas herramientas tienen el potencial de mejorar la eficiencia, seguridad y sostenibilidad de las operaciones marítimas, pero la adopción generalizada de estas tecnologías aún no se ha logrado en la industria marítima.

En resumen, el desarrollo de herramientas digitales en la industria marítima en la región sudamericana sigue siendo un proceso lento y desafiante. Aunque las colaboraciones internacionales y la transferencia tecnológica están brindando un impulso, la falta de una adopción más amplia de herramientas digitales limita la eficiencia y competitividad de la región. Por lo tanto, es crucial buscar soluciones digitales integrales que permitan a los astilleros pequeños, diseñadores independientes y empresas con flotas de embarcaciones mejorar la gestión de información y optimizar todas las etapas del ciclo de vida de los proyectos navales (Santos, M., & Martínez, L. 2021).

1.3. DEFINICIÓN DEL PROYECTO NAVAL.

En el ámbito de la ingeniería naval, y para los propósitos de este documento, el ciclo de vida de un proyecto naval se define como el proceso completo de concepción, diseño, construcción, operación y eventual desmantelamiento de cualquier estructura, ya sea flotante o fija, destinada a interactuar con el entorno marino (Hughes, H. 2017). Por lo que, el proyecto naval abarca desde embarcaciones menores como botes, lanchas, motos acuáticas y embarcaciones de recreo, hasta barcos de pesca comercial, embarcaciones de servicio, yates de lujo, buques de carga, buques de guerra y submarinos. Además, incluye también, colosales estructuras como plataformas offshore, buques cisterna, dragas, plataformas de perforación y plataformas petroleras, así como infraestructuras marítimas como muelles, diques y puertos.

El desarrollo del proyecto naval implica la integración de múltiples disciplinas técnicas y de gestión para cumplir con normativas internacionales, asegurar la seguridad operacional, optimizar el rendimiento hidrodinámico y estructural, y cumplir con los estándares de sostenibilidad ambiental. Desde la fase inicial de conceptualización hasta el desmantelamiento.

Según diversos autores, un proyecto naval se define como el proceso integral de diseño, construcción y operación de estructuras marítimas. El conjunto de actividades orientadas a la creación y mantenimiento de embarcaciones y estructuras marinas. (Rodríguez, A. 2018). lo describe como "el desarrollo de cualquier estructura flotante o fija destinada a la navegación o uso en aguas marítimas, incluyendo desde pequeñas embarcaciones recreativas hasta grandes buques de carga y plataformas offshore" (p. 112). En el ámbito académico, el proyecto naval abarca desde la concepción de la idea inicial hasta la fase de desmantelamiento, integrando disciplinas técnicas y de gestión para garantizar la eficiencia operativa y la seguridad marítima (Martínez, J. 2019). Para facilitar la gestión de estos complejos proyectos, se han establecido etapas diferenciadas que, aunque pueden ejecutarse de forma independiente en tiempo y espacio, mantienen una secuencia lógica: diseño, construcción, operación y desguace. Sin embargo, esta visión lineal no refleja completamente la complejidad inherente a los proyectos navales.

Para abordar esta complejidad, proponemos un enfoque transversal inspirado en principios de gestión de proyectos. Este enfoque integra diversas áreas o aspectos que

influyen en cada etapa del proyecto, asegurando una visión holística y coordinada. Estas áreas, que no son independientes entre sí, incluyen:

- **Aspectos técnicos**: Comprenden la ingeniería naval, la arquitectura naval, la ingeniería de sistemas, la selección de materiales, la fabricación de componentes, el ensamblaje y las pruebas de funcionamiento.
- **Aspectos económicos**: Incluyen el análisis de costos, la financiación, el análisis de viabilidad, la gestión de riesgos, la gestión de costos operativos, la optimización de rutas y la maximización de ingresos.
- **Aspectos legales**: Abarcan el cumplimiento normativo, los contratos, los seguros, la propiedad intelectual, el cumplimiento de regulaciones laborales y de seguridad, la gestión de permisos y el cumplimiento de regulaciones marítimas.
- **Aspectos de innovación**: Enfocados en la investigación y desarrollo, el diseño innovador, el prototipado y las pruebas, la implementación y comercialización de nuevas tecnologías, y la optimización de procesos en todas las etapas del proyecto.
- **Aspectos de optimización**: Orientados a la mejora del rendimiento, la reducción de costos, el análisis de datos, la implementación de cambios, la gestión eficiente de recursos y la minimización de residuos.
- **Aspectos de marketing**: Comprenden la investigación de mercado, el desarrollo de estrategias de marketing, la comunicación, las ventas y la fidelización de clientes, así como la gestión de la imagen durante todo el ciclo de vida del proyecto.
- **Aspectos de viabilidad**: Incluyen el análisis de mercado, el análisis técnico y financiero, el monitoreo del progreso del proyecto, la gestión de riesgos y la evaluación de la rentabilidad y el impacto ambiental.

A continuación, en la *Tabla 2*, se presenta la organización de los ejes verticales y transversales que se utilizarán para el desarrollo de este documento:

		EJES VERTICALES			
		Diseño	**Construcción**	**Operación**	**Desguace**
EJES TRANSVERSALES	**Técnica**	Definición del concepto, ingeniería de detalle, pruebas y simulaciones	Selección de materiales, fabricación de componentes, ensamblaje, pruebas de funcionamiento	Operación de la embarcación, mantenimiento preventivo y correctivo, gestión de sistemas	Desmantelamiento, clasificación y reciclaje de materiales, eliminación de residuos
	Económica	Análisis de costos, financiación, análisis de viabilidad, gestión de riesgos	Gestión de costos, control de presupuesto, gestión de proveedores	Gestión de costos de operación, optimización de rutas, maximización de ingresos	Optimización del valor de los materiales reciclados, minimización de costos de eliminación de residuos
	Legal	Cumplimiento normativo, contratos, seguros, propiedad intelectual	Cumplimiento de regulaciones laborales y de seguridad, gestión de permisos	Cumplimiento de regulaciones marítimas, gestión de seguros	Cumplimiento de regulaciones ambientales, gestión de permisos
	Innovación	Investigación y desarrollo, diseño innovador, prototipo y pruebas, implementación y comercialización	Implementación de nuevas tecnologías de construcción, optimización de procesos	Implementación de nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia operativa, optimización de rutas y consumo de combustible	Desarrollo de nuevas tecnologías de desguace y reciclaje, optimización de procesos

	Optimización	Mejora del rendimiento, reducción de costos, análisis de datos, implementación de cambios	Gestión eficiente de recursos, reducción de desperdicios, control de calidad	Gestión eficiente de recursos, reducción de costos operativos, análisis de datos	Minimización de residuos, maximización del valor de los materiales recuperados
	Viabilidad	Análisis de mercado, análisis técnico, análisis financiero	Monitoreo del progreso del proyecto, gestión de riesgos	Monitoreo del rendimiento operativo, evaluación de la rentabilidad	Evaluación del impacto ambiental, análisis de costos y beneficios

Tabla 2. Distribución de ejes verticales (etapas del ciclo) y transversales (enfoques) del proyecto naval.

Fuente: Propuesta del Autor.

Etapas del ciclo de vida del proyecto naval.

En este subcapítulo, analizamos en detalle las etapas que conforman el Ciclo de Vida del Proyecto Naval (CVPN). Abordamos cada etapa desde una perspectiva multidimensional, utilizando los enfoques o ejes transversales y verticales definidos previamente. Esta estructura conceptual nos permite explorar y comprender la complejidad de gestionar un proyecto naval desde su concepción hasta su desmantelamiento.

A continuación, la *Tabla 3*,Tabla 3. Etapas del ciclo de vida del proyecto naval. se presenta una descripción básica de cada etapa y se muestran las etapas del ciclo de vida que se contemplarán en este documento.

Etapa	Subetapa.
Diseño	Análisis de requisitos, Diseño conceptual, Diseño preliminar, Diseño contractual, Análisis de formas, Resistencia y propulsión, Estructural, Maniobrabilidad, Diseño de sistemas
Construcción	Selección de personal, Reclutamiento, Logística, Adquisición de equipos y materiales, Ejecución del proyecto físico, Corrección, Maniobras, Montaje y ensamblaje, Pruebas y aceptación
Operación	Mantenimiento preventivo, Mantenimiento correctivo, Inspecciones y pruebas, Operación de sistemas, Operación de equipos, Operación de la embarcación, Logística, Avituallamiento, Recursos humanos, Capacitación y entrenamiento
Desguace	Desmantelamiento, Reciclaje, Eliminación de residuos, Reutilización de componentes, Venta de materiales, logística, etc.

Tabla 3. Etapas del ciclo de vida del proyecto naval.

Fuente: (Hughes, H. 2017).

Estos aspectos clave no solo influyen en las decisiones y acciones tomadas en cada etapa individual, sino que también interactúan entre sí para moldear la trayectoria general del proyecto. Por ejemplo, en la construcción del buque USS Zumwalt (DDG-1000), se utilizó un enfoque integral donde el diseño conceptual y la selección de materiales influyeron significativamente en las decisiones de logística y ensamblaje durante la fase de construcción (Hughes, H. 2017). Otro ejemplo es el proyecto de la plataforma petrolera Statoil's Troll A, donde la planificación logística y el diseño estructural fueron cruciales para el éxito de la operación y el mantenimiento a largo plazo (Gibson, C. 2021). Estas interacciones demuestran cómo los ejes transversales y verticales son esenciales para el desarrollo eficiente de proyectos navales complejos.

Diseño del proyecto naval.

La etapa de diseño es fundamental en el desarrollo de un proyecto naval, ya que establece las bases para su construcción y funcionamiento. Esta fase comienza con la definición de los requisitos del proyecto y las necesidades del cliente, lo que permite establecer el diseño conceptual. Durante esta fase inicial, se exploran diversas ideas y

conceptos para la estructura marina, considerando aspectos clave como la función prevista, las condiciones operativas y los requisitos de seguridad y rendimiento.

Una vez establecido el diseño conceptual, se procede a la refinación de las especificaciones técnicas. Esto incluye el desarrollo de planos detallados que describen con precisión todas las características del proyecto, tales como su estructura, sistemas de propulsión, equipos de navegación y disposición de los espacios interiores. Este proceso implica la elaboración de dibujos técnicos y especificaciones precisas que son esenciales para la construcción efectiva del proyecto.

La ingeniería naval y la arquitectura desempeñan roles cruciales en esta fase, garantizando la integridad estructural y la funcionalidad del diseño. Se realizan análisis de estructuras y sistemas para evaluar la viabilidad y el rendimiento del buque en diversas condiciones operativas, utilizando simulaciones y modelado computacional para prever su comportamiento en el mar y optimizar su diseño. Es imperativo que el diseño cumpla con las normas y regulaciones establecidas por organismos reguladores, como la Organización Marítima Internacional (OMI) y las sociedades de clasificación, para asegurar que el buque sea seguro y esté en conformidad con los estándares internacionales.

En Ecuador, el diseño de buques se ajusta a las condiciones específicas del mercado y las necesidades locales. Aunque el país tiene una rica tradición marítima y una base industrial en crecimiento, enfrenta desafíos para competir con las potencias del sector. Sin embargo, diversas empresas ecuatorianas, como Astinave EP, Astillero Maridueña y diseñadores independientes, están especializadas en el diseño de embarcaciones para usos variados, desde yates turísticos hasta buques pesqueros e industriales.

Espiral de diseño en el proyecto naval.

La espiral de diseño en proyectos navales es un enfoque iterativo que permite desarrollar y refinar el diseño de embarcaciones a lo largo de varias fases. A medida que se avanza en el diseño, se realizan evaluaciones continuas y ajustes en función de los resultados obtenidos en cada etapa, lo que permite optimizar tanto la funcionalidad como la eficiencia del buque.

Este enfoque iterativo asegura que las decisiones de diseño se alineen con los objetivos estratégicos del proyecto, permitiendo realizar cambios necesarios antes de avanzar a

etapas más avanzadas, donde los costos de modificación son significativamente mayores.

Figura 1. Espiral de diseño del proyecto naval.

Fuente: Anales ICAI, 2024.

La espiral de diseño no solo se aplica a la arquitectura naval, sino que también integra diversas disciplinas de ingeniería, lo que es crucial para cumplir con los estándares de rendimiento y seguridad requeridos en la construcción de buques modernos, ver la Figura *1*.

Este enfoque incluye varias fases clave:

- Diseño Conceptual: En esta fase, se convierten los requisitos iniciales en características de diseño. Se analizan alternativas y se evalúan las soluciones posibles, considerando aspectos como la misión, dimensiones preliminares y formas del casco.

- Diseño Preliminar: Una vez que se ha establecido el diseño conceptual, se avanza a una especificación más detallada. Esto incluye la definición completa de la forma del casco, análisis estructural, arreglos interiores y determinación de la hidrostática y estabilidad.
- Diseño Detallado: En esta fase se generan los documentos necesarios para la construcción del buque, asegurando que todos los aspectos técnicos y de diseño estén claramente definidos y listos para ser implementados en la construcción.

En resumen, la espiral de diseño permite una optimización continua y eficiente del buque, abordando todas las fases cruciales del diseño, desde la definición de requisitos hasta el análisis de costos, pasando por la optimización de la geometría del casco y la disposición general de los sistemas a bordo.

Construcción en el proyecto naval.

Ecuador, con su extenso litoral y ubicación estratégica, tiene una rica tradición en la construcción naval que se remonta a la época precolombina, cuando se fabricaban balsas de totora. En la actualidad, el país alberga una variedad de astilleros modernos que producen embarcaciones para diversos propósitos, desde buques de carga hasta embarcaciones de recreo. Esta evolución del sector naval ha sido fundamental para el desarrollo económico de Ecuador, ya que contribuye significativamente a la generación de empleo y al fortalecimiento de la industria marítima. Astilleros Navales Ecuatorianos, Taller Naval Taera C. Ltda., Varadero Maridueña S.A., Starservice S.A., etc.

La construcción de una embarcación es un proceso intrincado que abarca múltiples etapas interrelacionadas. Inicialmente, se comienza con el diseño conceptual, seguido de la ingeniería de detalle, donde se elaboran los planos y especificaciones técnicas. Esta fase es crucial, ya que asegura la seguridad, operatividad y durabilidad del buque, estableciendo las bases para todas las decisiones posteriores en el proceso de construcción.

Para organizar los numerosos componentes de un buque, se utiliza el sistema de estructura de trabajo de barcos (SWBS, por sus siglas en inglés). (Bureau of Naval Personnel. 1990). Este sistema de codificación permite clasificar y categorizar los elementos y sistemas de la embarcación mediante códigos de tres dígitos, donde cada dígito representa un área específica. Por ejemplo, el código 100 se refiere a la estructura

del barco, mientras que el 200 abarca los sistemas de propulsión. Esta metodología no solo facilita la gestión del proyecto, sino que también ayuda a cumplir con los estándares internacionales de construcción naval (Gibson, C. 2021).

- 100 - Estructura: Esta categoría abarca la estructura del barco, incluyendo el casco, cubierta, mamparos y otras estructuras.
- 200 - Propulsión: Esta categoría incluye los sistemas de propulsión del barco, como motores, hélices y otros componentes relacionados.
- 300 - Generación de energía eléctrica: Esta sección se centra en los sistemas de generación y distribución de energía eléctrica a bordo.
- 400 - Dirección y control: Esta categoría abarca los sistemas de dirección, control y automatización del barco.
- 500 - Instalaciones auxiliares: Esta sección incluye los sistemas auxiliares, como sistemas de bombeo, aire acondicionado, calefacción, ventilación, etc.
- 600 - Equipos de cubierta: Esta categoría se centra en los equipos de cubierta, como guinches, cabrestantes, grúas, sistemas de amarre, etc.
- 700 - Mantenimiento de la vida: Esta sección abarca los sistemas relacionados con la seguridad y el bienestar de la tripulación, como sistemas de extinción de incendios, salvamento, etc.
- 800 - Instalaciones habitacionales: Esta categoría incluye las áreas habitacionales de la tripulación y los pasajeros, como camarotes, comedores, baños, etc.
- 900 - Sistemas de carga: Esta sección abarca los sistemas relacionados con el manejo de carga, como grúas, bodegas, sistemas de almacenamiento, etc.

Una vez que se han definido los planos y especificaciones, se procede a la selección y adquisición de materiales y equipos, como acero, madera y sistemas eléctricos. La calidad de estos insumos es fundamental, ya que impacta directamente en el costo y la eficiencia de la embarcación. Un aprovisionamiento eficaz y la elección de materiales de alta calidad son determinantes para el éxito del proyecto (Lloyd's Register. 2019).

Posteriormente, las secciones del casco y otros componentes se fabrican en talleres especializados, donde se aplican técnicas de corte, soldadura y carpintería para crear piezas que cumplan con las dimensiones y especificaciones requeridas. Estas secciones prefabricadas se ensamblan en el astillero, uniendo el casco, la superestructura y los sistemas internos. Esta etapa exige una coordinación precisa entre

los equipos de trabajo para garantizar la calidad del ensamblaje y la integridad estructural de la embarcación (DNV GL. 2018).

Una vez completado el ensamblaje, se llevan a cabo pruebas exhaustivas para verificar el correcto funcionamiento de todos los sistemas, incluidos los de propulsión, navegación y eléctricos. Estas pruebas son esenciales para asegurar que la embarcación cumpla con las especificaciones y normas de seguridad establecidas. La construcción de un buque no solo implica su fabricación, sino que también marca el inicio de su ciclo de vida, que incluye servicios de mantenimiento y reparación, contribuyendo así a la economía local y generando oportunidades de empleo en el sector (Maritime Transport Efficiency. 2021).

La industria marítima ecuatoriana enfrenta varios desafíos, como la creciente competencia internacional y la necesidad de innovación tecnológica. Sin embargo, también se presentan oportunidades significativas para el crecimiento, incluyendo la modernización de la flota naval regional y la diversificación de la producción hacia buques de mayor tamaño y complejidad. La expansión del mercado de mantenimiento, reparación y operaciones (MRO) se perfila como una estrategia clave para fortalecer la industria naval en el país (McKinsey & Company. 2020).

Operación del proyecto naval.

La fase de operación de los buques es crucial para garantizar su funcionamiento eficiente y seguro en el mar. Durante esta etapa, se llevan a cabo diversas actividades que varían según el tipo de buque, abarcando desde la navegación y el mantenimiento hasta la gestión de la carga y la seguridad a bordo. La complejidad de esta fase radica en la diversidad de tareas y en la necesidad de adaptarlas a las particularidades de cada embarcación, lo que exige una gestión cuidadosa y precisa.

La operación de los buques implica una variedad de actividades, como la navegación marítima, el control y monitoreo de la maquinaria, la gestión de la carga y descarga, y el mantenimiento regular. Estas actividades son esenciales para asegurar el buen funcionamiento del buque y la seguridad de la tripulación y la carga. Sin embargo, la diversidad de tareas y la necesidad de coordinación entre diferentes equipos pueden dificultar la centralización de la información y la toma de decisiones, lo que resalta la importancia de contar con sistemas y procesos eficientes de gestión operativa (DNV GL. 2018).

En Ecuador, operan diversos tipos de buques, cada uno con funciones y características específicas que contribuyen al dinamismo del sector marítimo. Los buques mercantes incluyen portacontenedores, que transportan carga general en contenedores; graneleros, que mueven carga a granel como cereales, minerales y fertilizantes; tanqueros, que llevan líquidos a granel como petróleo y gas natural licuado; buques de carga rodada, especializados en vehículos y maquinaria; y cruceros, diseñados para el transporte de pasajeros en viajes de placer. Además, existen buques de servicio, como remolcadores, barcos de salvamento, buques oceanográficos y buques de apoyo a plataformas petrolíferas, revisar. La pesca también es una actividad destacada, con atuneros, camaroneros y buques de pesca artesanal que operan en diversas áreas del país.

Las operaciones marítimas en Ecuador están respaldadas por una variedad de entidades que aseguran el buen funcionamiento y la seguridad en este sector. La Armada del Ecuador controla el tráfico marítimo y protege las costas, mientras que el Ministerio de Transporte y Obras Públicas regula el transporte marítimo y administra los puertos. La Autoridad Portuaria Nacional se encarga de la administración de los puertos, y las empresas navieras operan los buques mercantes. Las agencias marítimas representan a estas empresas en Ecuador, y las terminales portuarias gestionan las instalaciones portuarias. Además, los proveedores de servicios marítimos ofrecen asistencia crucial en áreas como remolque, practicaje, abastecimiento y almacenamiento, asegurando que todas las operaciones se realicen de manera eficiente y segura (Maritime Transport Efficiency. 2021).

Para llevar a cabo las operaciones marítimas, se requiere una planificación meticulosa que define la ruta, el calendario y los recursos necesarios. La preparación implica equipar el buque con los suministros y personal adecuados. Durante la ejecución, la operación se realiza según el plan establecido, y el monitoreo continuo asegura que se cumplan los objetivos y se identifiquen problemas potenciales. El control implica tomar medidas correctivas para resolver cualquier problema detectado, y el cierre finaliza la operación con una documentación detallada del resultado. Actividades específicas como la carga y descarga de mercancías, las maniobras en el puerto con la ayuda de remolcadores y prácticos, la navegación conforme a las normas internacionales, el mantenimiento regular del buque y las comunicaciones con diversas entidades son esenciales para el éxito de las operaciones marítimas (Gibson, C. 2021).

Las regulaciones que rigen las operaciones marítimas en Ecuador son cruciales para mantener la seguridad, la eficiencia y la protección del medio ambiente. La Ley de Navegación regula el transporte marítimo, y el Reglamento de Navegación Marítima establece las normas de navegación para los buques en aguas ecuatorianas. El Código Internacional de Seguridad para los Buques (ISM) define los requisitos de seguridad, y el Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques (MARPOL) implementa medidas para prevenir la contaminación marina. Las entidades responsables de hacer cumplir estas regulaciones trabajan en conjunto para asegurar que todas las operaciones marítimas se realicen de manera segura y eficiente, protegiendo al mismo tiempo el entorno marino (McKinsey & Company. 2020).

Regulaciones y Normativas

Las operaciones marítimas en Ecuador están reguladas por un marco normativo que busca garantizar la seguridad y la protección del medio ambiente. La Ley de Navegación y el Reglamento de Navegación Marítima establecen las pautas para la operación de buques en aguas ecuatorianas. Además, el cumplimiento de estándares internacionales, como el Código Internacional de Seguridad para los Buques (ISM) y el Convenio MARPOL, es crucial para minimizar el impacto ambiental de las actividades marítimas.

Coordinación de Entidades

La coordinación entre diversas entidades es fundamental para el éxito de la operación y mantenimiento de los buques. La Armada del Ecuador juega un papel clave en la supervisión del tráfico marítimo y la protección de las costas. Por su parte, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas regula el transporte marítimo y supervisa la administración de puertos. Las agencias marítimas y terminales portuarias también son esenciales para facilitar las operaciones de carga y descarga, asegurando que se realicen de manera eficiente y segura.

En resumen, la etapa de operación y mantenimiento de proyectos navales en Ecuador es un proceso integral que combina la ejecución de actividades operativas, el mantenimiento regular de las embarcaciones y el cumplimiento de regulaciones estrictas. La colaboración entre diferentes actores del sector marítimo, junto con el respaldo de astilleros y entidades reguladoras, es fundamental para garantizar la seguridad y eficiencia de las operaciones marítimas en el país.

Desguace.

El desguace de embarcaciones al final de su vida útil es un proceso crucial que implica una serie de actividades críticas, desde las negociaciones iniciales hasta la disposición final de los materiales y residuos. En Ecuador, esta etapa se lleva a cabo siguiendo estrictas normas ambientales y de seguridad para minimizar el impacto en el entorno y garantizar el bienestar de los trabajadores.

- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental: Esta ley establece los principios y normas para prevenir y controlar la contaminación en el país, incluyendo la gestión de residuos peligrosos generados durante el desguace de embarcaciones. La ley exige que los desguaces se realicen de manera que se minimice el impacto ambiental y se proteja la salud pública (Ministerio del Ambiente. 2017).
- Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo: Este reglamento establece las condiciones mínimas de seguridad y salud que deben cumplirse en los lugares de trabajo, incluyendo aquellos donde se realizan actividades de desguace. Se requiere que los empleadores implementen medidas de seguridad para proteger a los trabajadores de riesgos asociados con la manipulación de materiales peligrosos y el uso de maquinaria pesada (Ministerio de Trabajo. 2019).
- Código Internacional de Seguridad para los Buques (ISM): Este código establece estándares de gestión de seguridad y protección ambiental para los buques. Aunque se aplica principalmente a la operación de buques en servicio, también influye en los procedimientos de desguace, ya que se espera que las embarcaciones se desmantelen de acuerdo con los estándares de seguridad y medio ambiente establecidos (Organización Marítima Internacional. 2018). Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques (MARPOL): Este convenio regula la prevención de la contaminación marina por parte de los buques, incluyendo la gestión de residuos y la eliminación de sustancias peligrosas durante el desguace. MARPOL establece directrices sobre cómo manejar y disponer de residuos de manera segura y sostenible (Organización Marítima Internacional. 2018). Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE): Estas normas son emitidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y establecen requisitos específicos para la gestión de residuos y el desguace

de embarcaciones, asegurando que se sigan prácticas adecuadas para el reciclaje y la disposición final de materiales.

Según datos del (Ministerio del Ambiente. 2017). en Ecuador se desguazan aproximadamente 50 embarcaciones al año, principalmente buques pesqueros y de carga, las instalaciones donde se realizan estos procedimientos son; ADELCA, ANDEC, NOVACERO, (Mora, M., & Ayala, L. 2014). Sin embargo, la falta de instalaciones especializadas y la necesidad de cumplir con estrictas regulaciones ambientales y de seguridad hacen que este proceso sea un desafío para la industria naval ecuatoriana, .

En resumen, el desguace de embarcaciones en Ecuador es una actividad regulada que se lleva a cabo en astilleros especializados siguiendo un proceso estructurado y cumpliendo con normas ambientales y de seguridad. A pesar de los desafíos, esta etapa es crucial para la gestión responsable del final de la vida útil de las embarcaciones en el país.

1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

En la industria marítima global, herramientas digitales como CAD/CAM, PLM, MES, CMMS, Realidad Aumentada (AR) e Internet de las Cosas (IoT), (revisar la Tabla *1*), son ampliamente utilizadas para mejorar la eficiencia y la gestión en todas las etapas del ciclo de vida del proyecto naval *(ver la figura 2).* Estas tecnologías permiten desde el diseño inicial hasta el desmantelamiento, asegurando una gestión integrada y eficiente de recursos y procesos.

En contraste, en esta región, los astilleros pequeños, profesionales independientes y empresas con flotas de embarcaciones enfrentan desafíos significativos debido a la falta de herramientas digitales integradas y accesibles. La mayoría de estas entidades aún dependen de métodos tradicionales y sistemas manuales para gestionar la información y llevar a cabo las actividades diarias relacionadas con el diseño, construcción, operación y desmantelamiento de buques.

Existe la necesidad de contar con una herramienta digital que pueda facilitar y acompañar todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto naval. Esta herramienta debe integrar todas las partes del proyecto en una sola plataforma accesible, proporcionando asistencia y apoyo a los profesionales en cada etapa del proceso. Características como fácil acceso multiplataforma, creación de espacio digital para componentes (EDC), relación bidireccional entre EDC y extracción de datos desde archivos de software CAD, CAM y CAE son fundamentales. Además, debe incluir módulos para la gestión de proyectos, finanzas, optimización, innovación, inventario y documentación, junto con asistencia interactiva para mejorar la eficiencia y la rentabilidad de los proyectos navales.

Además, esta herramienta debe proporcionar una memoria digital del proyecto, que estará ligada al mismo cada vez que pase de una etapa del ciclo de vida a la siguiente. Dado que los actores en cada etapa del proyecto son diferentes, contar con una memoria digital es crucial. Esta memoria digital proporcionará en tiempo real información desde la creación del proyecto, permitiendo a todos los involucrados acceder a datos actualizados y relevantes, asegurando la continuidad y coherencia en el desarrollo del proyecto naval.

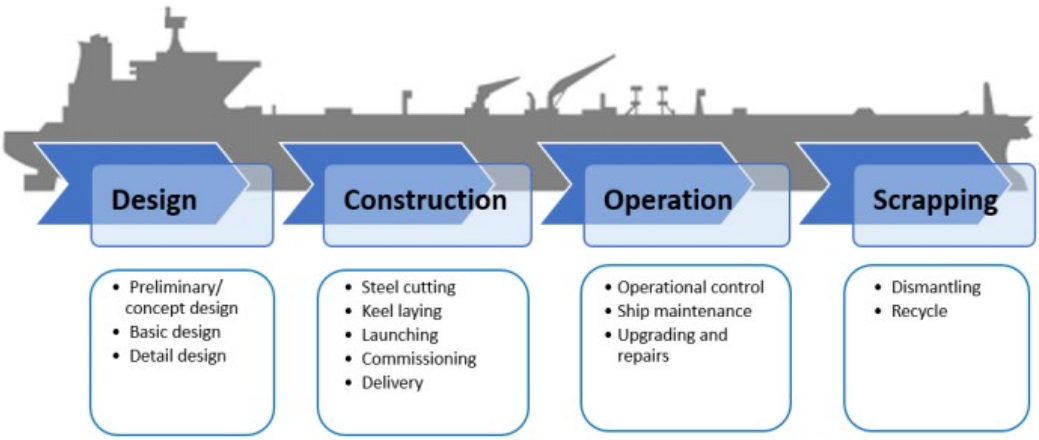

Figura 2. Esquema del ciclo de vida del proyecto del proyecto naval.

Fuente: (https://www.mdpi.com/1996-1073/10/5/610).

1.5. OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

Estudiar la viabilidad para el diseño e implementación de una herramienta digital integral para la gestión del ciclo de vida de proyectos navales, destinada a fortalecer a pequeños y medianos astilleros, diseñadores independientes y empresas con flotas de buques, optimizando sus operaciones diarias y elevando su competitividad en el mercado. El estudio se enfocará en examinar las necesidades específicas del sector, evaluar las tecnologías disponibles y determinar los recursos necesarios para una implementación exitosa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Identificar las necesidades y desafíos de la industria marítima local en la gestión del ciclo de vida del proyecto naval.
2. Desarrollar un modelo de la herramienta digital que integre las funcionalidades requeridas por la industria marítima en un caso de estudio real.
3. Evaluar la viabilidad técnica, económica y socioeconómica del desarrollo de la herramienta digital, mediante estudios de costo-beneficio y análisis de mercado, para determinar la factibilidad del proyecto.

1.6. JUSTIFICACIÓN.

Las herramientas digitales actuales que intervienen en el ciclo de vida del proyecto naval, aunque avanzadas, presentan limitaciones significativas en su integración y accesibilidad. Muchas de ellas están diseñadas para funciones específicas como el diseño 3D, el análisis de elementos finitos o la simulación de fluidos computacionales (revisar la *Tabla 12*), Esta fragmentación resulta en una falta de coordinación y eficiencia, incrementando los costos y tiempos de desarrollo.

Un estudio de la Universidad Politécnica de Madrid, las herramientas digitales pueden mejorar la eficiencia hasta en un 20%, reducir los tiempos de desarrollo hasta en un 15% y aumentar la calidad de los proyectos en un 10% (Universidad Politécnica de Madrid. 2018). La adopción de tecnologías como la simulación y visualización 3D puede mejorar la comunicación y comprensión entre los equipos de diseño y construcción, aumentando la calidad y precisión de los proyectos (Naval Group. 2020).

El desarrollo de soluciones para la eficiencia energética, la aplicación de sistemas de monitorización y regulación de energía, el uso de nuevos materiales y el análisis del ciclo de vida son aspectos clave para minimizar el impacto ambiental (Navantia - PYMAR. 2024). Tecnologías como el gemelo digital permiten optimizar procesos de diseño y fabricación, reduciendo residuos y usando eficientemente recursos durante la construcción naval (MAPFRE Global Risks. 2024). La integración de estas herramientas no solo mejora la eficiencia y calidad de los procesos, sino que también impulsa la sostenibilidad en la industria marítima, promoviendo un enfoque más responsable en la construcción y operación de buques.

El estudio de viabilidad de una herramienta digital de gestión (HDG) para el ciclo de vida de proyectos navales es de gran interés para la comunidad académica y profesional. Puede proporcionar oportunidades para evaluar y analizar el impacto de la herramienta en la eficiencia y eficacia de los proyectos navales (TECH España. 2023). Además, este estudio puede fomentar nuevas metodologías y enfoques para la gestión de proyectos navales, atrayendo el interés de investigadores y académicos del campo (Atenos. 2023).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1. DISEÑO DEL ESTUDIO DE VIABILIDAD.

El diseño del estudio de viabilidad se fundamenta en metodologías establecidas y ampliamente reconocidas en la literatura de gestión de proyectos y estudios de viabilidad. Siguiendo las recomendaciones de autores como (37. Meredith, J. R., & Mantel, S. J. 2012.). y (38. Kerzner, H. 2013.). este estudio se estructura en varias etapas que permiten analizar y validar distintos aspectos del proyecto propuesto. Estas etapas incluyen el análisis de mercado, la evaluación de factibilidad, y la elaboración de un plan de trabajo detallado.

- Estudio de mercado: Primero, se **identifica el público objetivo**, aquellas entidades o profesionales a quienes se puede ofrecer la herramienta de gestión para el ciclo de vida del proyecto naval. Estos incluyen; astilleros, proveedores de materiales, diseñadores, ingenieros navales y clientes finales, detallando sus roles y responsabilidades. Luego, se analiza las **necesidades específicas** y los puntos críticos de cada etapa del ciclo de vida del proyecto naval, destacando los desafíos que enfrentan y su impacto en la eficiencia y efectividad del proceso. Posteriormente, se lleva a cabo un **análisis de las herramientas digitales existentes**, evaluando sus características, funcionalidades, ventajas y desventajas, para identificar oportunidades de mejora. Finalmente, se diseña y administrará una **encuesta dirigida a profesionales del sector naval** para obtener insights sobre sus experiencias y percepciones respecto a las herramientas digitales en la industria naval.

- Evaluación de Factibilidad: La evaluación de factibilidad consiste en determinar la viabilidad técnica, económica y socioeconómica del proyecto. Se utiliza un caso de estudio en el *CAPÍTULO 3.2.*, para analizar las tecnologías necesarias, estimar costos y beneficios, y considerar el impacto comunitario mediante encuestas. Este enfoque garantiza tomar decisiones

basadas en un análisis sólido, aumentando las posibilidades de éxito del proyecto.

- Plan de Trabajo: El plan de trabajo establece el cronograma y las etapas necesarias para llevar a cabo el proyecto. Se elabora un cronograma detallado que incluye las actividades, recursos necesarios y responsables de cada etapa del proyecto. Un plan de trabajo bien estructurado es esencial para la gestión eficaz del proyecto y para asegurar su culminación exitosa.

El diseño del estudio de viabilidad, basado en metodologías reconocidas sirve como guía para la implementación de las fases posteriores. Este enfoque basado en datos relevantes del sector garantiza que la herramienta digital propuesta no solo sea viable, sino que también aporte un valor significativo a la industria marítima local y cumpla con las expectativas de sus usuarios.

2.2. ANÁLISIS DE MERCADO.

IDENTIFICACIÓN DEL PÚBLICO OBJETIVO.

El público objetivo para la herramienta digital de gestión (HDG) en la industria marítima abarca a profesionales que desempeñan roles clave a lo largo del ciclo de vida de los proyectos navales. Estos incluyen:

- Diseñadores y Arquitectos Navales: Involucrados en la fase de diseño, se encargan de definir las formas, capacidades, características y estética de las embarcaciones.
- Constructores, Astilleros, Varaderos e Ingenieros Navales Independientes: Participan en la construcción y modificación de embarcaciones durante la etapa de construcción.
- Operadores y Administradores de Flotas: Capitanes y jefes de flota que gestionan la operación de embarcaciones en la fase operativa.
- Proveedores de Servicios y Productos: Ofrecen mantenimiento, reparación, equipos y suministros a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.
- Gerentes de Proyectos y Producción: Encargados de planificar, ejecutar y controlar proyectos navales.

Con base en estos roles, el mercado objetivo se segmenta en los siguientes grupos:

- Diseñadores Independientes y Pequeñas Empresas: Necesitan soluciones asequibles y fáciles de usar para gestionar proyectos de diseño y consultoría naval.
- Astilleros, diques, varaderos, parrillas y Constructores Navales: Requieren herramientas para gestionar de manera eficiente los proyectos de construcción, reparación y desguace de embarcaciones.
- Operadores de Flotas y Empresas de Transporte Marítimo: Buscan optimizar la gestión de operaciones y mantenimiento de flotas dedicadas al transporte de carga, pasajeros o pesca.
- Proveedores de Servicios y Equipos Navales: Ofrecen servicios especializados, equipos y suministros, necesitando herramientas para gestionar proyectos y relaciones con clientes.

Esta segmentación proporciona una base para el diseño y desarrollo de la HDG, asegurando que se adapte a las necesidades específicas de los usuarios en la industria marítima.

La *Tabla 4*, identifica los principales centros de construcción, reparación y mantenimiento naval en Ecuador. Al proporcionar una visión general de las capacidades y ubicaciones de estas instalaciones, se facilita la identificación de oportunidades para implementar la HDG.

Nombre	Jurisdicción
Alcivar Lascano Wilter Ubaldo	Anconcito
Alefibra S.A.	Manta
Asenabra S.A.	Duran
Asociacion De Carpinteros Navales Del Puerto De Manta	Manta
Astillero Esperanza Del Mar C.A. Astiesmar	Guayaquil
Astillero Esperanza Del Mar C.A. Astiesmar	Guayaquil
Astilleros Navales Ecuatorianos Astinave	Guayaquil
Astilleros Navales Ecuatorianos - Astinave Ep -	Guayaquil
Astilleros Navales Ecuatorianos - Astinave Ep -	Estero Del Muerto
Astilleros Rio Guayas S.A. Astiguayas	Duran
Avabingenieria S.A.	Manta
Baciatore S.A.	Guayaquil
Balon Escalante Cesar Bolivar	Pto. Ayora
Bravo Ltd Corp.	Manta
Catamaranes Botto S.A. Catbosa	Duran
Cooperativa De Producción Artesanal Y Afines Astilleros Navales De Jaramijo	Manta
Dique Flotante Pesquero Diflopes S.A.	Manta
Duran Franco Heriberto	Guayaquil
Ecofibrasjd S.A	Manta
Escalante Lucas Hipolito Casiano	Manta
Escalante Tigrero Marcelo Isidro	Pto. Ayora
Garcia Intriago Holger Onesimo	Pto. Ayora
Guerrero Salazar Luis Antonio	Guayaquil

Guerrero Santos Julio Alberto	Guayaquil
Guerrero Santos Susana Violeta	Guayaquil
Huayamabe Medina Hector Manuel	Guayaquil
Macias Barre Diogenes Olmedo	Manta
Macifibracom Cia. Ltda.	Manta
Maninaval	Manta
Martinez Benitez Jesus Jonny	Manta
Megapacif S.A	Manta
Mogro Sanchez Julio Abel	Guayaquil
Moreno Moreno Guido Gonzalo	Duran
Oceano Fibra	Anconcito
Parrales Mendez Jose Enrique	Esmeraldas
Pesca Polaris C. Ltda.	Guayaquil
Rengifo Velez Manuel Querubin	Manta
Renteria Zambrano Victor Antonio	Pto. Ayora
Rizzo Maldonado Luis Eusebio	Guayaquil
Romv(cms) Corporate Management Systems S.A.	Duran
Savinovich De Goncalves Sonia Maria	Guayaquil
Servicefirm S.A.	Guayaquil
Starservice S.A.	Guayaquil
Taller Naval Taera C. Ltda.	Guayaquil
Varadero Maridueña S.A.	Guayaquil
Varaderos Del Pacifico Varpacific S.A.	Duran
Vasquez Sornoza Jeremias Aristides	Manta
Vera Caiche Lucas Palermo	Pto. Ayora
Vera Coronado Victor Manuel	Pto. Bolivar
Vera Torres Esmen Orlando	Guayaquil
Zona Intermareal Insular - Capvil	Pto. Villamil

Tabla 4. Astilleros, parrillas y factorías navales.

Fuente: Subsecretaría de puertos, transporte fluvial y marítimo, actualizado al 2021.

Ciudad	Total de Astilleros	Porcentaje (%)
Guayaquil	18	36.00%
Manta	13	26.00%
Duran	7	14.00%
Pto. Ayora	5	10.00%
Anconcito	2	4.00%
Esmeraldas	1	2.00%
Pto. Bolivar	1	2.00%
Pto. Villamil	1	2.00%

Tabla 5. Resumen de factorías y astilleros por ciudad en Ecuador.

Fuente; Realizado a partir de los datos de la *Tabla 4*.

La inclusión a continuación de la *Tabla 6*, destaca las entidades gubernamentales, educativas y privadas que juegan un papel crucial en la regulación, formación y desarrollo del sector naval. Conocer a estas entidades es vital para comprender el entorno regulatorio y establecer colaboraciones estratégicas para la adopción de la HDG.

Entidad	Ubicación
Armada del Ecuador	Ecuador
Ministerio de Transporte y Obras Públicas	Ecuador
Autoridad Portuaria Nacional	Ecuador
Dirección General de Marina Mercante	Ecuador
Cámara Marítima del Ecuador	Ecuador
Asociación de Armadores del Ecuador	Ecuador
Federación Nacional de Cooperativas Pesqueras del Ecuador	Ecuador
Consorcio Naviero Ecuatoriano	Ecuador
Escuela Superior Politécnica del Litoral - FIMCM	Guayaquil

Universidad del Pacífico	Guayaquil
Universidad Metropolitana (UMET)	Quito
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM)	Manabí
Academia de Guerra Naval (AGUENA)	Guayaquil
Escuela de Grumetes "Contramaestre Juan Suárez" (ESGRUM)	Guayaquil
Escuela de la Marina Mercante Nacional (ESMENA)	Guayaquil
Escuela de la Marina Mercante Nacional Ext. Esmeraldas	Esmeraldas

Tabla 6. Entidades relacionadas con la industria marítima en Ecuador.

Fuente: Subsecretaría de puertos, transporte fluvial y marítimo, actualizado al 2021.

Ubicación	**Total de Entidades**	**Porcentaje (%)**
Guayaquil	7	46.70%
Quito	2	13.30%
Manabí	1	6.70%
Esmeraldas	1	6.70%
Ecuador (sin especificar ciudad)	4	26.70%

Tabla 7. Resumen de datos de muestreo de entidades relacionadas con la industria naval en Ecuador.

Fuente; Realizado a partir de los datos de la Tabla *7*.

La Subsecretaría de puertos, transporte fluvial y marítimo, actualizado al 2021, proporcionó un listado con más de 2000 embarcaciones registradas en Ecuador, con TRB desde 10 hasta 5000, en esta tabla se presenta la ubicación de registro de las embarcaciones, el tipo de nave, el servicio y el tonelaje bruto, sin embargo, debido a las dimensiones de dicha tabla, a continuación, la *Tabla 8* proporciona datos sobre la distribución de embarcaciones por tipo, lo que permite identificar tendencias de mercado

y necesidades específicas de cada segmento. Esta información es fundamental para adaptar la HDG a las diversas demandas del mercado.

Categoría	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
Tipos de Buques (Top 4)	Barco Pesquero (22.05%)	Carga y Pasaje (9.49%)	Gabarra (6.73%)	Buque de Carga General (6.66%)
Capitanías con Mayor Concentración (Top 4)	Guayaquil (32.10%)	Manta (22.29%)	Puerto Bolívar (12.98%)	Francisco de Orellana (9.92%)

Tabla 8. Resumen de datos de tipos de buques que operan en Ecuador.

Fuente: Subsecretaría de puertos, transporte fluvial y marítimo, actualizado al 2021.

A continuación, en las figuras; Figura *3*, Figura *4*, Figura *5* y Figura *6*, se presentan histogramas con el tipo de buques más frecuentes por ciudad, considerando las 4 ciudades con mayor concentración de embarcaciones según la *Tabla 6*.

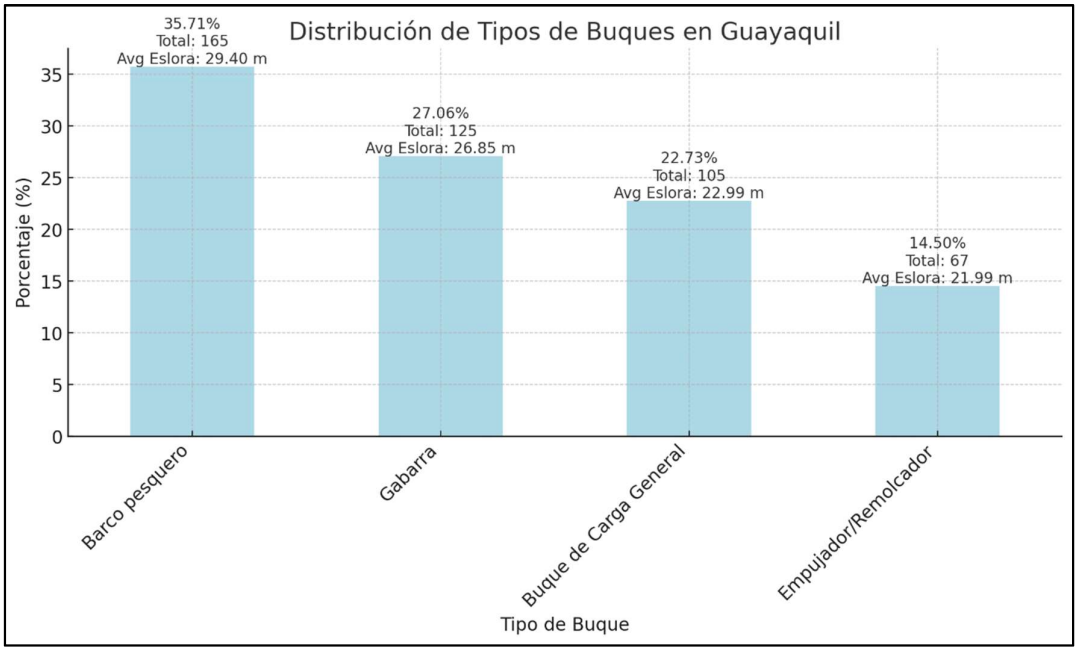

Figura 3. Distribución de buques en Guayaquil según su tipo.

Fuente: Subsecretaría de puertos, transporte fluvial y marítimo, actualizado al 2021.

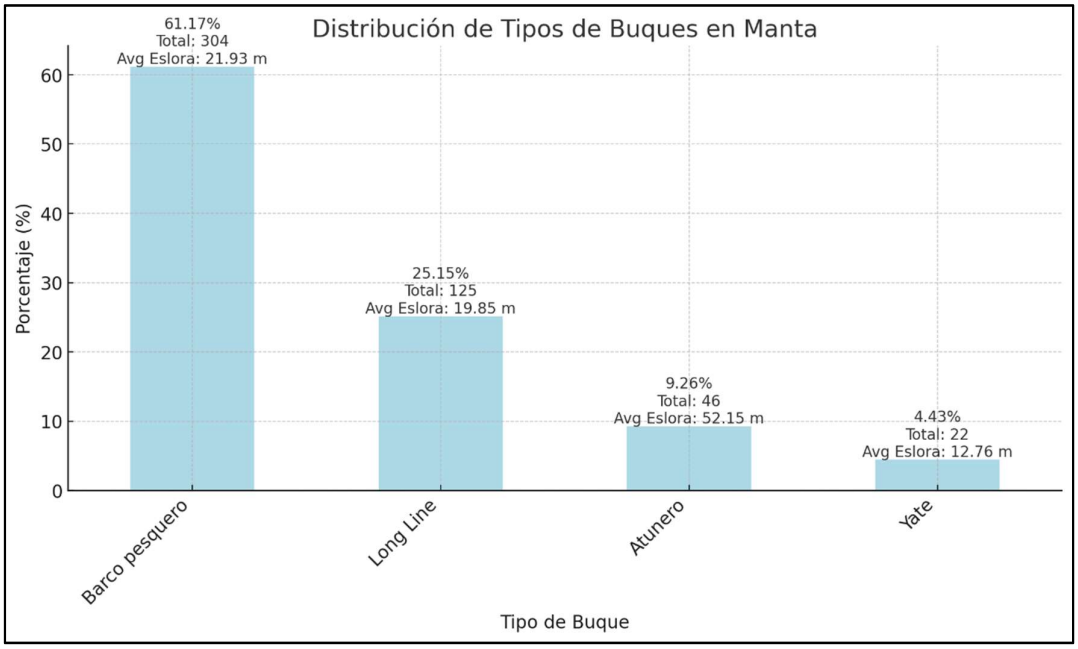

Figura 4. Distribución de buques en Manta según su tipo.

Fuente: Subsecretaría de puertos, transporte fluvial y marítimo, actualizado al 2021.

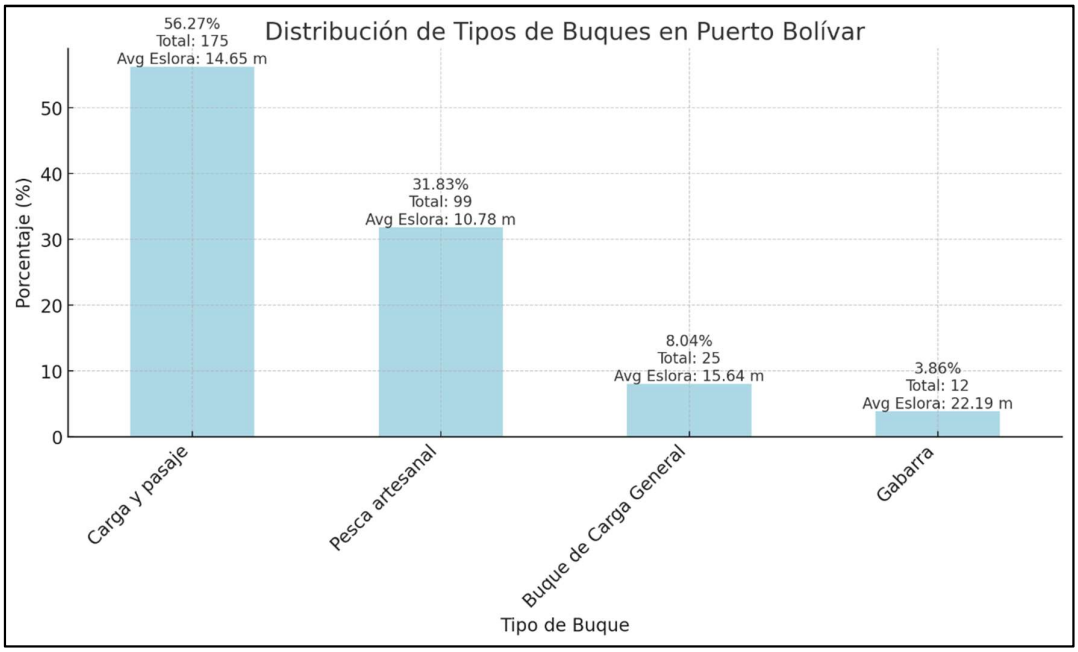

Figura 5. Distribución de buques en Puerto Bolívar según su tipo.

Fuente: Subsecretaría de puertos, transporte fluvial y marítimo, actualizado al 2021.

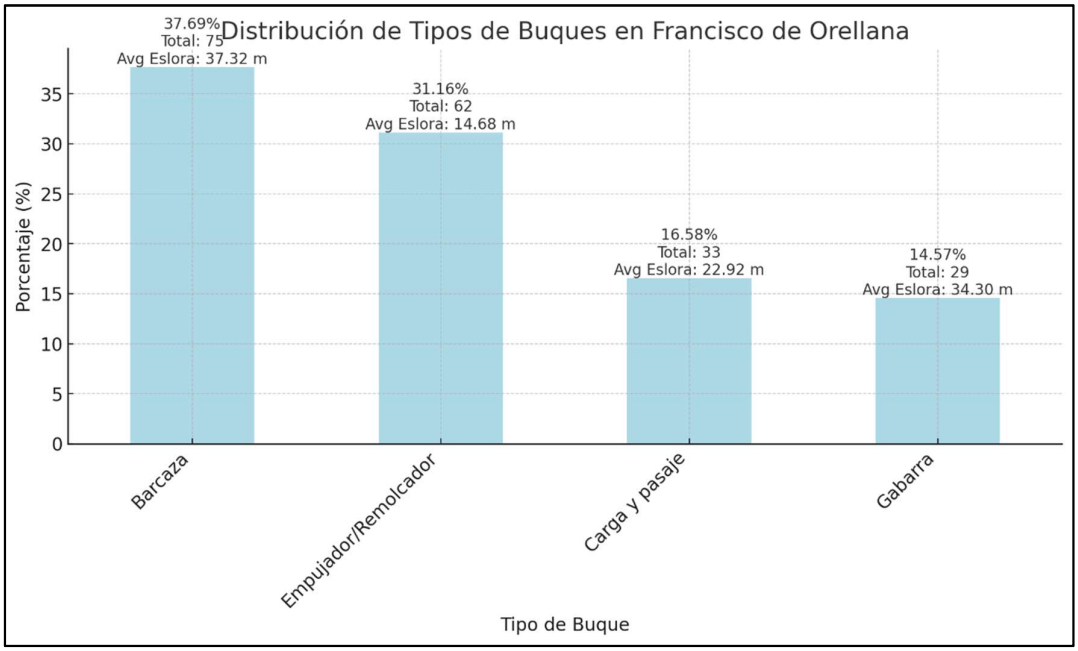

Figura 6. Distribución de buques en Francisco de Orellana según su tipo.

Fuente: Subsecretaría de puertos, transporte fluvial y marítimo, actualizado al 2021.

El análisis de estos resultados se presenta en el *CAPÍTULO 4.*

Finalmente, existe un grupo muy amplio de compañías, del cual no existe un registro oficial, corresponde a los proveedores de servicios y equipos para la industria naval en Ecuador, la *Tabla 9* a continuación presenta un listado de los principales proveedores de equipos en la industria naval del Ecuador.

Nombre de la Empresa	Ubicación
Sigma Coatings	Guayaquil, Ecuador
Hempel Ecuador	Quito, Ecuador
Jet Marine Paints	Manta, Ecuador
Sherwin-Williams	Guayaquil, Ecuador
International Paint	Guayaquil, Ecuador
PPG Industries	Quito, Ecuador
Jotun Paints	Guayaquil, Ecuador
Fehierro	Guayaquil, Ecuador
Metalhierro S.A.	Guayaquil, Ecuador
Aceros y Aluminios Ecuatorianos	Quito, Ecuador

Disensa S.A.	Guayaquil, Ecuador
Metalpro Ecuador	Quito, Ecuador
Indusur	Guayaquil, Ecuador
Caterpillar Ecuador	Quito, Ecuador
Marco Ecuador	Guayaquil, Ecuador
Hidráulicos y Servicios Industriales (HSI)	Guayaquil, Ecuador
Cummins Ecuador	Quito, Ecuador
Bosch Rexroth	Guayaquil, Ecuador
Parker Hannifin	Quito, Ecuador

Tabla 9. Empresas proveedoras de materiales y equipos en la industria naval del Ecuador.

Fuente; Investigación basada en información recopilada de sitios web oficiales de las empresas mencionadas, bases de datos industriales y directorios de negocios en Ecuador como Educaedu, Páginas Amarillas Ecuador, y registros comerciales en línea.

Ubicación	**Total de Proveedores**	**Porcentaje (%)**
Guayaquil, Ecuador	12	63.2%
Quito, Ecuador	6	31.6%
Manta, Ecuador	1	5.3%

Tabla 10. Resumen de datos de muestreo para proveedores de materiales, equipos y servicios en Ecuador.

Fuente; Realizado a partir de los datos de la Tabla *7*.

IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES EN LAS ETAPAS DEL CICLO DE VIDA DEL PROYECTO NAVAL.

Las necesidades de cada etapa del ciclo de vida del proyecto naval, como se presentan en esta sección, se fundamentan en la estructura conceptual introducida previamente en el *CAPÍTULO 1.3*, donde se definieron los ejes verticales (diseño, construcción, operación y desguace) y los ejes transversales (aspectos técnicos, económicos, legales, de innovación, optimización y viabilidad).

Esta estructura nos permite abordar integralmente los desafíos que enfrenta un proyecto naval, asegurando que cada aspecto crítico sea considerado y gestionado eficazmente a lo largo del ciclo de vida. Los ejes transversales desempeñan un papel en todas las etapas del proyecto, y al establecer una base que cubra cada aspecto de estos ejes, el siguiente paso es adaptarlo a los ejes verticales, que representan las diferentes etapas del ciclo de vida.

Por ejemplo, en la etapa de diseño, es fundamental abordar el aspecto técnico del cálculo de horas hombre, el rendimiento de la mano de obra y la eficiencia de los recursos. Estos mismos aspectos deben ser considerados en la etapa de construcción, donde se coordina una variedad de procesos y recursos, y nuevamente en la etapa de operación, durante la ejecución de procesos específicos o actividades de mantenimiento. De manera similar, estas consideraciones son relevantes en la etapa de desguace.

Por lo tanto, los aspectos que componen los ejes transversales pueden ser tratados de forma general y luego adaptados a cada proceso específico dentro de una etapa particular. Esto proporciona una solución coherente y una dirección clara para el desarrollo de la Herramienta Digital de Gestión (HDG), cuyo diseño debe ser lo suficientemente flexible para ajustarse a las particularidades de cada etapa del Ciclo de Vida del Proyecto Naval (CVPN).

Etapa de Diseño

Análisis de Requisitos:

- Necesidad: Definir claramente las necesidades del cliente y los requisitos operativos del buque, incluyendo la capacidad de carga, velocidad, autonomía, y condiciones de operación.
- Estudio de mercado, análisis de costos, y consulta con las partes interesadas para establecer requisitos claros que guiarán el diseño.

Diseño Conceptual y Preliminar:

- Necesidad: Crear un concepto de diseño que satisfaga los requisitos definidos y que sea técnicamente viable.
- Elaboración de bocetos iniciales, modelos conceptuales y evaluaciones preliminares de rendimiento, estabilidad y resistencia. Se deben considerar normativas como las de la Organización Marítima Internacional (OMI) para prevenir la contaminación y garantizar la seguridad.

Diseño Contractual:

- Necesidad: Formalizar el diseño acordado en términos de especificaciones detalladas, que serán la base del contrato con el constructor.
- Redacción de documentos técnicos y legales que describan las especificaciones del buque, asegurando el cumplimiento de normativas internacionales como SOLAS (Safety of Life at Sea) y MARPOL (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships).

Análisis de Formas, Resistencia, Maniobrabilidad, y Diseño de Sistemas:

- Necesidad: Realizar análisis detallados para optimizar las formas del casco, la resistencia estructural y la maniobrabilidad del buque.
- Utilizar herramientas de diseño naval, simulación y modelado 3D (como Maxsurf, en un primer paso, luego, CFD para dinámica de fluidos) para asegurar que el diseño cumpla con los requisitos de estabilidad y eficiencia energética. Normativas como las de la Sociedad de Clasificación (por ejemplo, Lloyd's Register, DNV GL) deben ser aplicadas para asegurar la conformidad con los estándares técnicos y de seguridad.

Etapa de Construcción

Selección de Personal y Reclutamiento:

- Necesidad: Contar con un equipo calificado para todas las fases de la construcción, desde ingenieros hasta soldadores y operadores de maquinaria.
- Se requiere personal con certificaciones específicas, como la Certificación AWS (American Welding Society) para soldadores, y la planificación adecuada para su formación continua en temas de seguridad y nuevas tecnologías.

Logística y Adquisición de Equipos y Materiales:

- Necesidad: Asegurar la adquisición eficiente de materiales y equipos, garantizando su calidad y disponibilidad en los plazos requeridos.
- La gestión de la cadena de suministro es crítica, especialmente para materiales especializados como aceros navales y sistemas de propulsión. Es fundamental cumplir con normativas de calidad como las ISO 9001 e ISO 14001, además de las especificaciones técnicas del contrato.

Ejecución del Proyecto Físico, Montaje y Ensamblaje:

- Necesidad: Construir y ensamblar el buque de acuerdo con los planos y especificaciones, manteniendo altos estándares de calidad y seguridad.
- El proceso incluye la supervisión constante y el control de calidad para asegurar que todos los componentes se ensamblen correctamente. Normativas como la del Código Internacional para la Construcción y el Equipo de Buques (International Code for Ships Operating in Polar Waters - Polar Code) deben ser seguidas, dependiendo del tipo de operación del buque.

Pruebas y Aceptación:

- Necesidad: Realizar pruebas exhaustivas del buque antes de su entrega, asegurando que todos los sistemas funcionen correctamente.
- Pruebas en seco y pruebas de mar son esenciales para verificar la funcionalidad de todos los sistemas, desde la propulsión hasta la

navegación. Se deben cumplir los requisitos de prueba establecidos por la sociedad clasificadora y las normativas de la OMI.

Etapa de Operación

Mantenimiento Preventivo y Correctivo:

- Necesidad: Implementar un programa de mantenimiento riguroso para asegurar la operatividad continua del buque.
- El mantenimiento debe realizarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y cumplir con normativas como la del Código Internacional de Gestión de la Seguridad (International Safety Management Code - ISM Code).

Inspecciones y Pruebas:

- Necesidad: Realizar inspecciones regulares y pruebas de sistemas críticos para garantizar la seguridad y el cumplimiento normativo.
- Las inspecciones deben ser coordinadas con las autoridades marítimas y la sociedad clasificadora, siguiendo los intervalos recomendados por la OMI y las regulaciones nacionales.

Operación de Sistemas y Equipos:

- Necesidad: Operar el buque de manera eficiente y segura, asegurando que todos los sistemas funcionen de manera óptima.
- Los operadores deben estar capacitados y certificados según normativas internacionales como el STCW (Standards of Training, Certification, and Watchkeeping for Seafarers).

Logística y Avituallamiento:

- Necesidad: Asegurar que el buque esté adecuadamente aprovisionado y que la logística de suministros se maneje de manera eficiente.
- La gestión logística debe alinearse con las normativas de aprovisionamiento marítimo y con estándares de calidad y sostenibilidad.

Etapa de Desguace

Desmantelamiento:

- Necesidad: Realizar el desmantelamiento de manera segura, siguiendo procedimientos que minimicen el riesgo para los trabajadores y el medio ambiente.
- Cumplir con normativas como la Convención de Hong Kong para el reciclaje seguro y ambientalmente racional de buques, y las regulaciones locales de seguridad laboral.

Reciclaje y Eliminación de Residuos:

- Necesidad: Maximizar la recuperación de materiales valiosos y manejar adecuadamente los residuos peligrosos.
- Implementar procesos que cumplan con las directrices de MARPOL para la gestión de residuos, asegurando que los materiales reciclables se procesen según las mejores prácticas ambientales.

Reutilización de Componentes y Venta de Materiales:

- Necesidad: Identificar componentes que puedan ser reutilizados o vendidos, optimizando el valor residual del buque.
- La reutilización de componentes debe cumplir con normativas de calidad y seguridad, asegurando que los materiales recuperados sean aptos para su nuevo propósito sin comprometer la seguridad.

La Tabla *11*, presenta un resumen y agrupación de las necesidades clave en cada etapa del ciclo de vida del proyecto naval, según el enfoque del eje transversal. Esta tabla identifica tanto las necesidades comunes a múltiples etapas del proyecto como aquellas que son únicas y requieren atención especial en procesos específicos.

Al utilizar este enfoque estructurado, se facilita una planificación más eficiente y una asignación óptima de recursos, garantizando que cada aspecto del proyecto naval reciba la atención que merece. Además, la tabla destaca los desafíos y problemas potenciales asociados con cada necesidad, proporcionando así una base sólida para la toma de decisiones estratégicas a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

Enfoque Transversal	Necesidades Similares (Agrupadas)	Necesidades Únicas
Enfoque Técnico	- Herramientas de Simulación y Modelado 3D: Simulación CFD y su integración con CAD/CAM para evaluar el comportamiento del buque (Diseño, Construcción).	- Clasificación y Gestión de Materiales: Clasificación y gestión de materiales durante el desguace para reciclaje y eliminación (Desguace).
	- Mantenimiento y Monitorización: Mantenimiento de sistemas críticos y monitorización en tiempo real (Operación, Desguace).	
	- Coordinación de Fabricación y Ensamblaje: Gestión de proyectos para una coordinación precisa de tareas y equipos en la construcción y operación (Construcción, Operación).	
Enfoque Económico	- Evaluación de Costos: Sistema integral de estimación de costos considerando materiales, mano de obra, mantenimiento y operación (Diseño, Construcción).	- Maximización del Valor de Materiales Recuperados: Estrategias para maximizar el valor de los materiales durante el desguace (Desguace).
	- Optimización de Recursos Financieros: Gestión eficiente de recursos financieros y planificación con contingencias (Construcción, Desguace).	
Enfoque Legal	- Cumplimiento Normativo General: Cumplimiento continuo con normativas de seguridad, medio ambiente y operación en todas las etapas (Diseño, Construcción, Operación, Desguace).	- Obtención de Permisos y Certificaciones: Coordinación con las autoridades para obtener y mantener permisos y certificaciones adecuadas (Construcción, Desguace).
	- Cumplimiento de Regulaciones Laborales y de Seguridad: Implementación de sistemas de cumplimiento normativo para asegurar la seguridad en la construcción y operación (Construcción, Operación).	
Enfoque de Innovación	- Implementación de Tecnologías Avanzadas: Integración de robótica, automatización y tecnologías emergentes como materiales compuestos y manufactura aditiva en diseño y construcción (Diseño, Construcción).	- Desarrollo e Implementación de Nuevas Tecnologías para Desguace: Mejora de la eficiencia del desguace y reciclaje a través de tecnologías avanzadas (Desguace).
Enfoque de Optimización	- Optimización Energética y Ambiental: Simulaciones para optimizar el diseño y minimizar el impacto ambiental (Diseño, Operación).	- Minimización de Residuos y Maximización del Reciclaje: Procesos de desguace optimizados para reducir residuos y maximizar el reciclaje de materiales (Desguace).
	- Gestión del Tiempo y Recursos: Herramientas de planificación para la gestión eficiente del tiempo y recursos	

	durante la construcción y operación (Construcción, Operación).	
Enfoque de Viabilidad	- Verificación Operativa y Técnica: Proceso riguroso de verificación para asegurar la viabilidad técnica y operativa del diseño (Diseño, Operación).	- Aseguramiento de la Viabilidad Económica del Desguace: Evaluación constante de la viabilidad económica del desguace para mantener el proceso dentro del presupuesto y asegurar ingresos esperados (Desguace).
	- Monitoreo del Progreso y Cumplimiento de Presupuestos: Sistemas de monitoreo continuo y gestión de costos para asegurar el cumplimiento de plazos y presupuestos durante la construcción y operación (Construcción, Operación).	

Tabla 11. Necesidades de cada etapa del ciclo de vida del proyecto naval según el enfoque del eje transversal.

Fuente: Propuesta del Autor.

Las necesidades identificadas en esta sección proporcionan un marco general para el desarrollo de la HDG. En el *CAPÍTULO 3.2*, se presentará un análisis más detallado de cómo la HDG abordará estas necesidades, incluyendo un caso de estudio y un modelo conceptual que ilustran su aplicación práctica.

HERRAMIENTAS DIGITALES EMPLEADAS EN EL CICLO DE VIDA DEL PROYECTO NAVAL (CVPN).

Esta sección presenta una recopilación exhaustiva de las principales soluciones de software disponibles a nivel global, categorizadas según su aplicación específica dentro del ciclo de vida de un proyecto naval. Cada herramienta se describe con sus características clave, costos asociados y beneficios, brindando una visión clara de cómo estas tecnologías pueden optimizar procesos, mejorar la precisión en el diseño, asegurar el cumplimiento normativo y maximizar la eficiencia operativa. Esta selección se enfoca en aquellas herramientas que ofrecen un valor añadido en la industria naval actual, permitiendo a los profesionales del sector tomar decisiones informadas sobre las mejores soluciones tecnológicas para sus proyectos.

Software	Costo Anual [USD] Aproximado	Descripción
Dibujo y Modelado		
Rhinoceros 3D	$995 (licencia perpetua) o $350 (suscripción anual)	Software de modelado 3D para diseño y visualización de estructuras marinas y productos.
Autodesk AutoCAD	$1,690 (suscripción anual)	Software para crear planos y modelos 3D con precisión en el diseño de embarcaciones y estructuras.
Dassault Systèmes SolidWorks	$3,995 (licencia perpetua) o $1,295 (suscripción anual)	Herramienta avanzada para diseño y análisis con modelado paramétrico, simulación de ensamblajes y análisis de esfuerzos.

Autodesk Inventor	$1,900 (suscripción anual)	Versátil para diseño mecánico con modelado 3D, análisis de dinámica y cinemática.
Dassault Systèmes CATIA	$10,000 - $20,000 (licencia perpetua, dependiendo del módulo)	Solución integral para diseño, ingeniería y fabricación de productos complejos, con herramientas para diseño conceptual, ingeniería detallada y simulación.
Maxsurf	$2,500 (suscripción anual)	Diseño naval para modelado de superficies y análisis hidrodinámico.
ShipConstructor	$5,000 - $10,000 (dependiendo del módulo y licencias)	CAD para diseño y construcción de barcos, con integración de ingeniería y fabricación.
Grasshopper + Karamba3D	Varía según la licencia	Plugin de Rhino para diseño paramétrico e ingeniería estructural.
Grasshopper + Millipede	Varía según la licencia	Plugin de Rhino para análisis estructural y optimización en diseño paramétrico.
Rhino + GSA	Varía según la licencia	Plugin de Rhino para análisis estructural avanzado, integración con software de análisis de estructuras.
Grasshopper + FluidFlow	Varía según la licencia	Plugin de Rhino para simulación de flujo de

		fluidos, integración con diseño paramétrico.
Rhino + SimScale	Desde $0 (plan gratuito) hasta $5,000 (plan profesional anual)	Plataforma de simulación basada en la nube para análisis de última generación, sin necesidad de hardware costoso.
Análisis y Simulación		
ANSYS	$30,000 - $100,000 (dependiendo del módulo y licencias)	Software para análisis estructural, térmico y de fluidos, evaluando el comportamiento de estructuras y componentes bajo diversas condiciones.
Dassault Systèmes Abaqus	$10,000 - $20,000 (dependiendo del módulo y licencias)	Análisis de elementos finitos para análisis complejos, incluyendo no lineal, dinámico y de fatiga.
CAESES	$5,000 - $15,000 (dependiendo del módulo y licencias)	Plataforma de diseño y simulación para optimización de geometrías y análisis hidrodinámico.
Simulación de Fluidos (CFD)		
ANSYS Fluent	Parte del paquete ANSYS, $30,000 - $100,000	Herramienta para la simulación de fluidos y análisis del flujo de agua alrededor de embarcaciones

		para optimización de diseño hidrodinámico.
OpenFOAM	Gratuito (código abierto)	Software de código abierto para simulación de fluidos, ofreciendo flexibilidad y capacidad de personalización para análisis complejos.
Siemens STAR-CCM+	Desde $20,000 (dependiendo del módulo y licencias)	Solución integral para simulación de fluidos y transferencia de calor, permitiendo análisis precisos del flujo de aire, agua y otros fluidos.
Herramientas Especializadas		
Orca3D	$2,500 (licencia perpetua)	Plugin para Rhino especializado en diseño y análisis naval, con funciones para hidrostatística, estabilidad y resistencia.
Delcam PowerMILL	$10,000 - $20,000 (dependiendo del módulo y licencias)	CAM para programación de máquinas CNC y fabricación de componentes para embarcaciones.
NAPA	$10,000 - $30,000 (dependiendo del módulo y licencias)	Herramienta de ingeniería naval para diseño, análisis y optimización de embarcaciones.
Software para Corte de Planchajes CNC		

AutoCAD	$1,690 (suscripción anual)	Utilizado para crear dibujos y planos detallados que luego se pueden importar a software de corte CNC.
RhinoCAM	$1,295 (licencia perpetua)	Plugin de Rhino especializado en la programación CNC, ideal para corte de planchajes y otras tareas de fabricación.
SigmaNEST	Desde $3,000 (dependiendo del módulo y licencias)	Software de anidamiento y corte que optimiza el uso de material y la programación de máquinas CNC.
Hypertherm ProNest	Desde $2,500 (dependiendo del módulo y licencias)	Herramienta avanzada para anidamiento y programación de corte CNC, soportando una variedad de máquinas de corte.
Mastercam	$3,000 - $10,000 (dependiendo del módulo y licencias)	Software CAM para programación CNC que soporta desde el diseño hasta la fabricación, incluyendo el corte de planchajes.
AlmaCAM	Desde $5,000 (dependiendo del módulo y licencias)	Software especializado en corte y anidamiento para máquinas CNC, optimizando el uso de materiales y la programación de corte.
Software para el Proceso de Construcción		

Tribon M3	$10,000 - $20,000 (dependiendo del módulo y licencias)	Software de diseño y fabricación naval que cubre todas las etapas del proceso de construcción de barcos.
AVEVA Marine	Desde $10,000 (dependiendo del módulo y licencias)	Plataforma integrada para diseño, ingeniería y construcción de embarcaciones, facilitando la colaboración y la eficiencia en el proceso constructivo.
Sistemas de Gestión de Flotas		
MarineTraffic	Desde $1,000 (suscripción anual)	Ofrece información en tiempo real sobre la ubicación y el estado de los buques, facilitando el seguimiento de las flotas y la gestión de las operaciones.
FleetMon	Desde $1,500 (suscripción anual)	Sistema de gestión de flotas con funciones como seguimiento de posición, monitoreo del estado del motor, gestión de combustible y comunicación con la tripulación.
Veson IMOS	Desde $5,000 (dependiendo del tamaño de la flota y licencias)	Solución integral para la gestión de flotas y el cumplimiento normativo, con herramientas para planificación de viajes, gestión de carga, mantenimiento y regulaciones.

Marine Instruments (M3i Buoy, iSpot Buoy)	Varía, $1,000 - $3,000 por boya	Boyas equipadas con GPS y comunicación satelital para seguimiento en tiempo real de plantados en operaciones de pesca.
Sistemas de Comunicación y Navegación		
Sistemas AIS	Varía según el proveedor y el hardware, desde $1,000	Transmiten información sobre la ubicación e identidad de los buques, mejorando la seguridad en el tráfico marítimo y permitiendo la identificación y seguimiento de embarcaciones.
Sistemas GPS	Varía según el proveedor y el hardware, desde $200	Proporcionan información precisa sobre la ubicación del buque, siendo una herramienta fundamental para la navegación y la planificación de rutas.
Sistemas de Monitoreo de la Condición		
Sistema de monitoreo de vibraciones	Desde $1,000 (dependiendo del sistema)	Detecta y analiza las vibraciones en maquinaria crítica, permitiendo identificar problemas potenciales y prevenir fallos en los equipos.
Análisis de aceite	Desde $500 (dependiendo del sistema)	Monitorea el estado del aceite lubricante para detectar desgaste y contaminación, facilitando el mantenimiento predictivo de la maquinaria.
Herramientas Digitales para Desguace		

Microsoft Project / Asana	Desde $300 (Microsoft Project, suscripción anual) o $120 (Asana, suscripción anual)	Software de gestión de proyectos para coordinar tareas y cronogramas durante el desguace de embarcaciones.
SAP / Oracle NetSuite	Desde $5,000 (dependiendo del tamaño de la empresa y licencias)	ERP que facilita el control de inventario y recursos durante el des
Herramientas digitales para la gestión integral del ciclo de vida de productos.		
FORAN (SENER)	Desde $20,000 (dependiendo del tamaño del astillero y licencias)	Sistema CAD/CAM/CAE ampliamente utilizado en Europa para el diseño y construcción de buques. Incluye módulos para diseño conceptual, ingeniería básica, ingeniería de detalle, producción y gestión de proyectos.
Siemens Xcelerator	Desde $20,000 (dependiendo del módulo y licencias)	Plataforma integral que incluye tecnologías para la creación de gemelos digitales, permitiendo la simulación, análisis y optimización de todo el ciclo de vida del buque, desde el

		diseño hasta la operación y mantenimiento.
Teamcenter (Siemens)	Desde $10,000 (dependiendo del módulo y licencias)	Plataforma de gestión del ciclo de vida del producto (PLM) que integra toda la información y procesos a lo largo del ciclo de vida del buque, desde el diseño inicial hasta el desmantelamiento.

Tabla 12. Lista de herramientas digitales empleadas actualmente las etapas del ciclo de vida del proyecto naval.

Fuente: Recopilación de diversas fuentes, incluyendo los sitios web de los proveedores, donde se detallan las tarifas de suscripción y licencias para software.

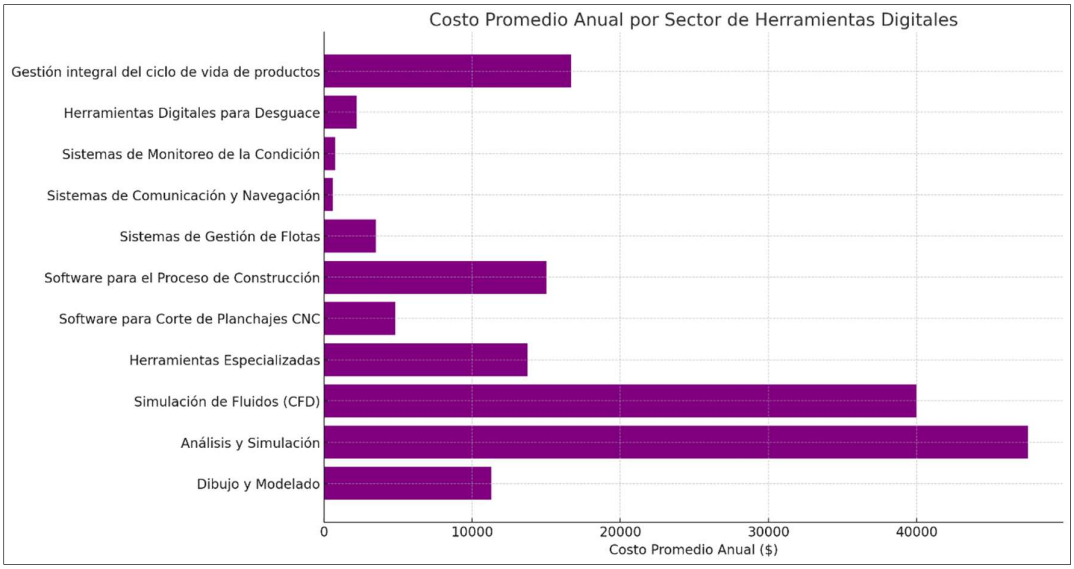

Figura 7. Costo promedio anual por sector de herramientas digitales.

Fuente: Elaboración propia con base en datos estimados de costos de herramientas digitales por sector.

Los datos presentados en la *Tabla 12* y el histograma, que comparan los costos de las diferentes herramientas digitales para la gestión de proyectos navales, serán discutidos en detalle en el *CAPÍTULO 4.*

ENCUESTA Y CONSULTA A PROFESIONALES DEL SECTOR.

La investigación sobre la implementación de herramientas digitales en la industria marítima es fundamental para mejorar la gestión de proyectos navales. La encuesta que se presenta a continuación tiene como propósito evaluar la percepción y el uso de herramientas digitales en la industria marítima de la región, así como identificar las necesidades específicas de los profesionales en este ámbito.

El objetivo principal de la encuesta es recopilar información sobre la utilización de herramientas digitales en la gestión de proyectos navales. Se busca evaluar cómo estas herramientas impactan en la eficiencia operativa, la calidad del trabajo y la satisfacción de los usuarios. A través de esta encuesta, se pretende identificar las áreas de mejora y las funcionalidades deseadas en una herramienta digital integrada que pueda facilitar la gestión del ciclo de vida del proyecto naval.

La encuesta *"Evaluación de una herramienta digital para la gestión del ciclo de vida del proyecto naval"*, fue diseñada para incluir preguntas cerradas y abiertas que abordan aspectos demográficos, el uso actual de herramientas digitales y las necesidades específicas de los encuestados. Se utilizó una plataforma en línea para facilitar la recolección de datos y asegurar la accesibilidad para los participantes, el tiempo de ejecución de la encuesta fue de 30 días, con el propósito de recolectar el mayor número de encuestados. (36. Rea, L. M., & Parker, R. A. 2021.).

La población objetivo de la encuesta incluye un amplio espectro de profesionales que trabajan en la industria marítima, abarcando roles como ingenieros navales, arquitectos navales, técnicos de mantenimiento, gerentes de proyectos y otros especialistas. En total, se encuestaron a 73 profesionales del sector. La selección de la muestra se llevó a cabo mediante métodos de muestreo aleatorio, lo que garantiza una diversidad de opiniones y experiencias, y permite obtener una visión más completa de las necesidades y desafíos que enfrentan las empresas en la gestión de proyectos navales.

<u>Preguntas de la encuesta:</u>

- Información Demográfica (preguntas 1-9)
- Uso de Herramientas Digitales (preguntas 10-11)
- Inversión y Necesidades (preguntas 12-18)

Grupo 1; Información Demográfica. La recopilación de información demográfica es esencial para comprender el perfil de los profesionales encuestados y el contexto en el que operan. Estas preguntas, en su mayoría de opción múltiple, ayudarán a identificar las características de los participantes, lo que permitirá analizar los resultados en función de diferentes roles, experiencias y tipos de empresas en la industria marítima.

1. ¿Cuál es tu profesión? (Selecciona una opción)
    - Ingeniero naval
    - Arquitecto naval
    - Técnico de mantenimiento
    - Gerente de proyectos
    - Otro (especifica)
2. ¿Cuál es el rol que desempeñas en la industria marítima? (Selecciona una opción)
3. ¿Cuál es tu cargo? (Selecciona una opción)
4. ¿Cuáles son los servicios que ofrece la empresa en la que trabajas? (Selecciona todas las que apliquen)
5. ¿En qué etapa del ciclo de vida del buque interactúa principalmente la empresa en la que trabajas? (Selecciona una opción)
6. ¿Cuántos años lleva la empresa en la que trabajas involucrada en la industria marítima? (Selecciona una opción)
7. ¿Las embarcaciones que la empresa para la que trabajas asiste son de origen nacional o internacional? (Selecciona una opción)
8. ¿Cuántas embarcaciones suele atender la empresa en la que trabajas cada año? (Selecciona una opción)
9. ¿Qué tipos de embarcaciones suele atender la empresa en la que trabajas? (Selecciona todas las que apliquen)

Grupo 2; Uso de Herramientas Digitales. Entender el uso de herramientas digitales es fundamental para evaluar la situación actual de la industria en términos de tecnología. Estas preguntas, en su mayoría de opción múltiple, están diseñadas para identificar cuántas y qué tipo de herramientas digitales se utilizan en las empresas, lo que permitirá analizar su efectividad y la necesidad de una solución integrada.

10. ¿Cuántas herramientas digitales utilizan en tu empresa actualmente? (Selecciona una opción)

11. ¿Qué herramientas digitales emplean en la empresa en la que trabajas? (Selecciona todas las que apliquen)

Grupo 3; Inversión y Necesidades. Las preguntas en esta sección se centran en la inversión que las empresas realizan en herramientas digitales y las necesidades específicas de los profesionales. Algunas preguntas son de opción múltiple, mientras que otras son de respuesta abierta, lo que permite obtener información tanto cuantitativa como cualitativa. Esta información es crucial para evaluar la viabilidad de desarrollar una herramienta digital que integre diversas funciones y satisfaga las demandas del sector. Además, se busca identificar áreas donde las herramientas actuales no cumplen con las expectativas de los usuarios.

12. ¿Cuál es la inversión aproximada que realiza la empresa en la que trabajas en herramientas digitales cada año? (Selecciona una opción)
13. ¿Qué tareas específicas te ayudan a desempeñar las herramientas digitales que utilizas actualmente? (Respuesta abierta)
14. ¿Te gustaría contar con una herramienta digital que integre todos los softwares que actualmente utilizas? (Selecciona una opción)
15. ¿Te gustaría poder acceder a esta herramienta digital desde cualquier navegador o dispositivo móvil o fijo? (Selecciona una opción)
16. ¿Te gustaría contar con una guía interactiva que te brinde ayuda en tus tareas diarias basada en información verificada? (Selecciona una opción)
17. ¿Qué actividad consideras que no está cubierta con las herramientas digitales que actualmente utilizas? (Respuesta abierta)
18. ¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por una herramienta digital para la gestión del ciclo de vida del proyecto naval que cuente con todos estos beneficios? (Selecciona una opción)

Graficas obtenidas de la encuesta.

En el *CAPÍTULO 4.,* se discuten los resultados obtenidos a partir de la encuesta realizada a profesionales del sector naval. Los gráficos que se muestran a continuación proporcionan una visión detallada de la distribución de profesiones y roles desempeñados por los encuestados, así como su uso de herramientas digitales, la inversión anual en dichas herramientas, y su disposición a pagar por nuevas soluciones tecnológicas. Estos datos son fundamentales para comprender el perfil de los encuestados y la adopción tecnológica en la industria naval, permitiendo identificar oportunidades para la implementación de herramientas digitales más integradas y eficientes en la gestión de proyectos navales.

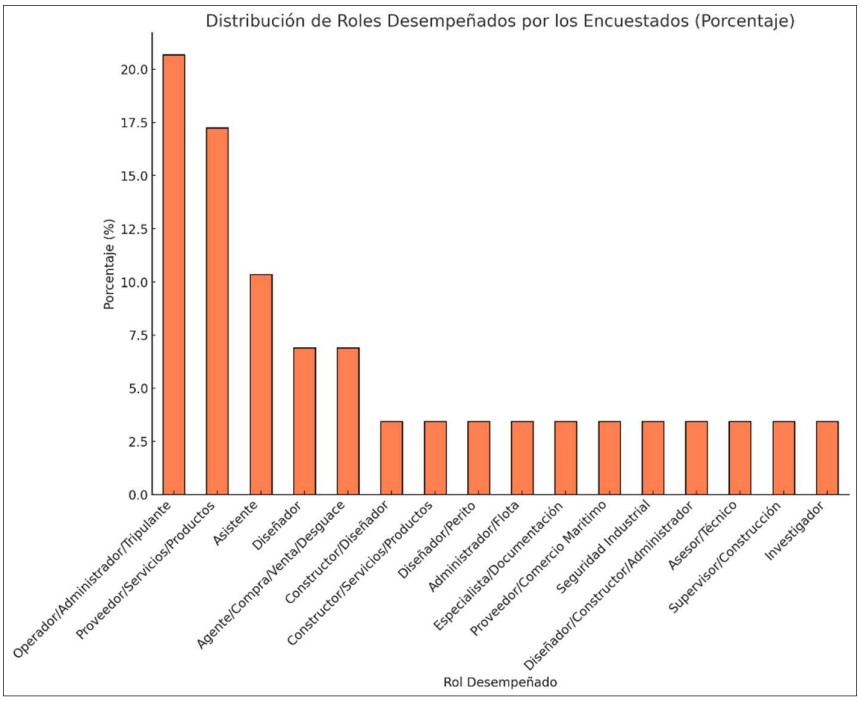

Figura 8. Distribución de roles desempeñados por los encuestados.

Fuente: Encuesta “Evaluación de una herramienta digital para la gestión del ciclo de vida del proyecto naval”, realizada a profesionales del sector en Ecuador.

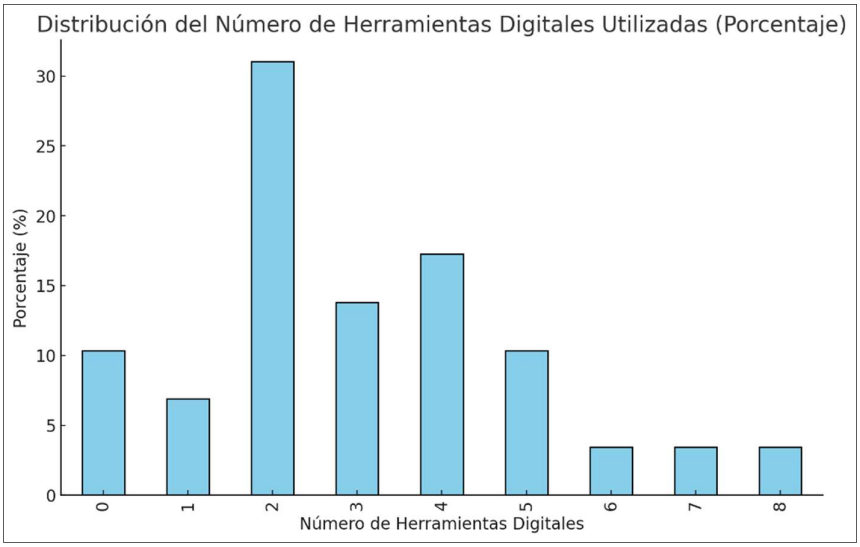

Figura 9. Distribución de número de herramientas utilizadas actualmente en las etapas del CVPN.

Fuente: Encuesta “Evaluación de una herramienta digital para la gestión del ciclo de vida del proyecto naval”, realizada a profesionales del sector en Ecuador.

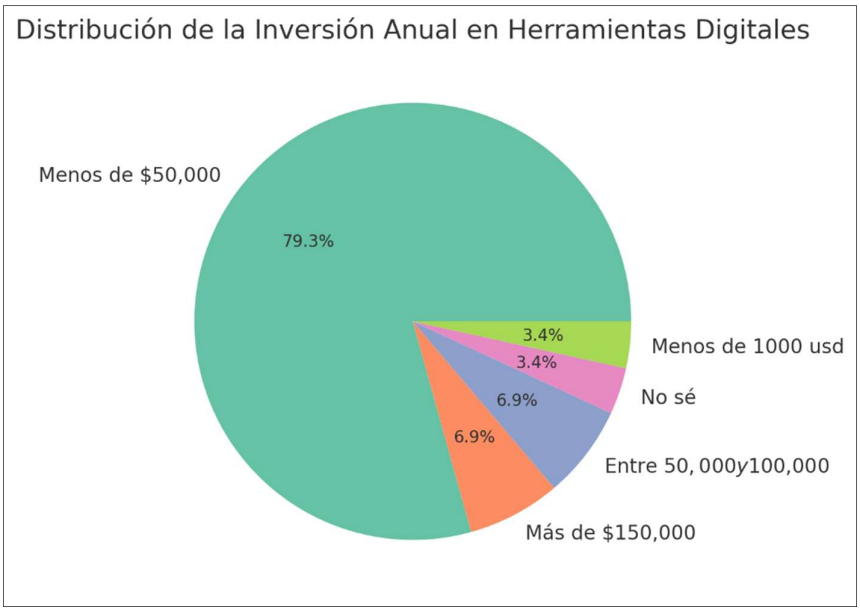

Figura 10. Distribución de inversión anual de herramientas digitales.

Fuente: Encuesta “Evaluación de una herramienta digital para la gestión del ciclo de vida del proyecto naval”, realizada a profesionales del sector en Ecuador.

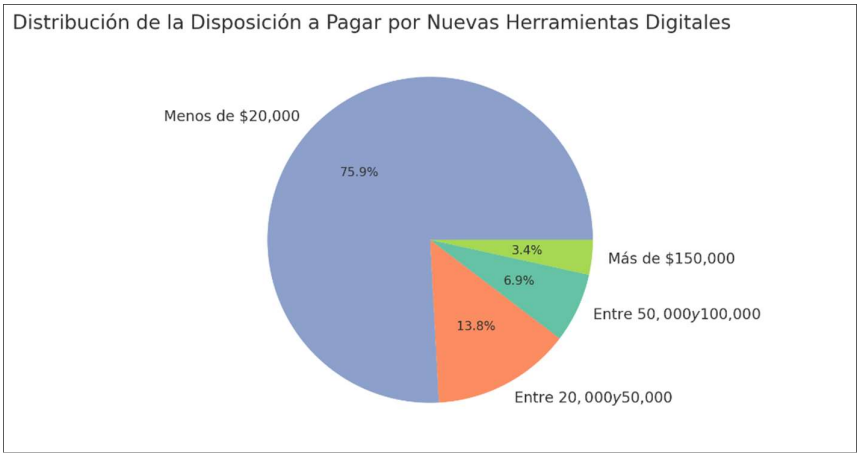

Figura 11. Distribución de disposición a pagar por nuevas herramientas digitales.

Fuente: Encuesta “Evaluación de una herramienta digital para la gestión del ciclo de vida del proyecto naval”, realizada a profesionales del sector en Ecuador.

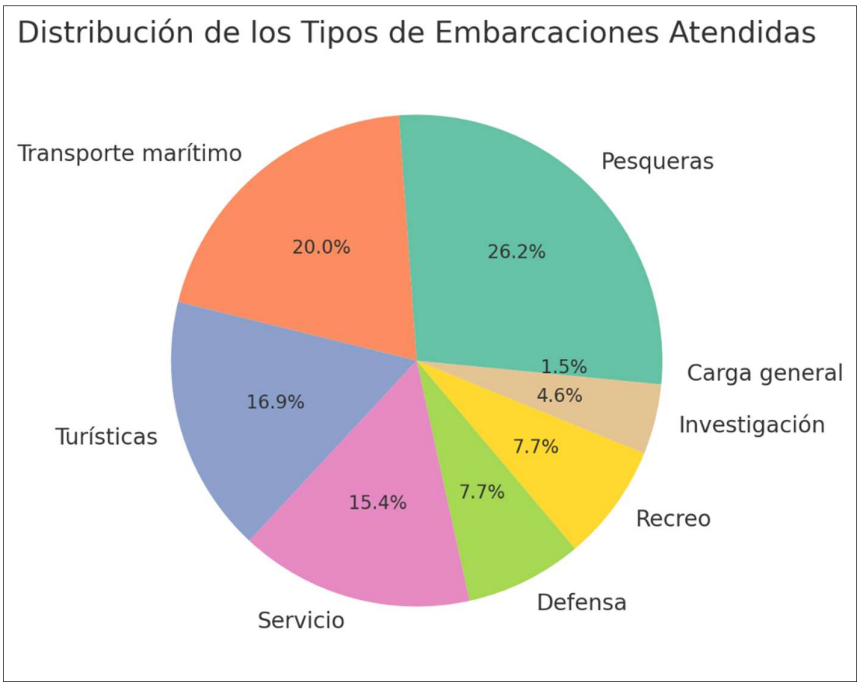

Figura 12. Distribución de tipo de embarcaciones relacionadas con los encuestados.

Fuente: Encuesta “Evaluación de una herramienta digital para la gestión del ciclo de vida del proyecto naval”, realizada a profesionales del sector en Ecuador.

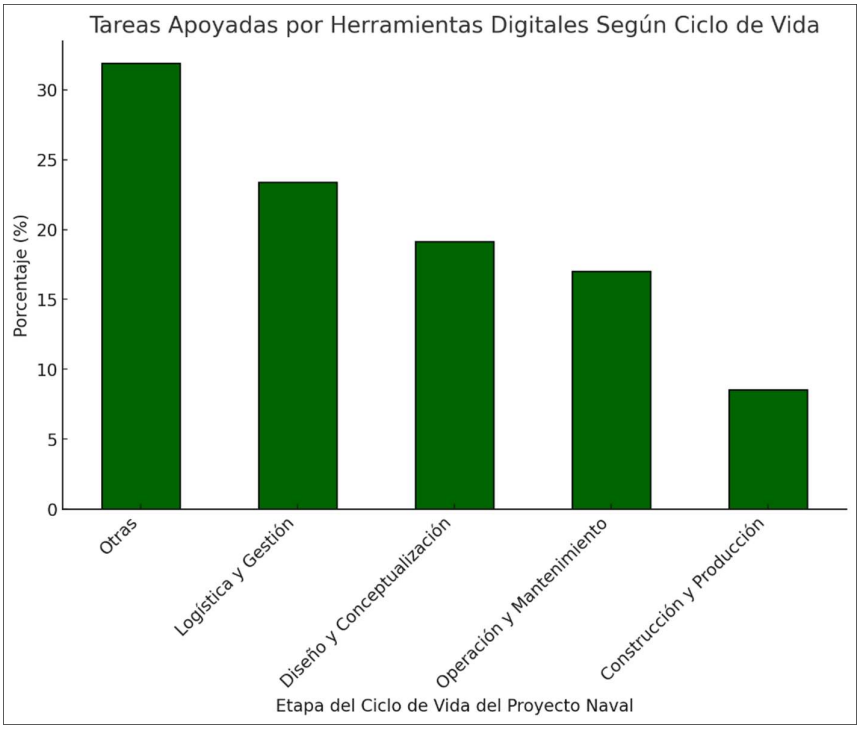

Figura 13. Actividad de herramientas digitales en las etapas del ciclo de vida del proyecto naval según los datos de encuesta.

Fuente: Encuesta “Evaluación de una herramienta digital para la gestión del ciclo de vida del proyecto naval”, realizada a profesionales del sector en Ecuador.

Los resultados obtenidos a través de la encuesta se analizarán en detalle en el *CAPÍTULO 4.* de esta tesis. Allí se presenta la discusión de estos resultados en el contexto de la investigación realizada, relacionando los hallazgos con la literatura existente y destacando las implicaciones para el desarrollo de herramientas digitales en la industria marítima.

2.3. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.

Para llevar a cabo un análisis de factibilidad de una herramienta digital destinada a la gestión del ciclo de vida de proyectos navales, es esencial partir de un caso de estudio específico que nos permita evaluar con mayor precisión su viabilidad. Este caso de estudio se presenta en el *CAPITULO 3.2,* y se centra en una herramienta digital empleada en la gestión de un dique seco flotante, donde se dio mantenimiento a más de 80 embarcaciones en un lapso de 5 años. La herramienta constituye el núcleo del proyecto y su capacidad para cumplir con los requisitos técnicos, económicos, legales y operativos será fundamental para determinar su viabilidad.

El análisis de factibilidad se desglosa en varias etapas clave, que abarcan desde la viabilidad técnica hasta la económica, legal, operativa, medioambiental y socioeconómica. En la fase técnica, se evalúa si la herramienta puede satisfacer las necesidades tecnológicas y funcionales requeridas para su implementación y operación eficaz. La viabilidad económica se centrará en la sostenibilidad financiera del proyecto, considerando los costos de desarrollo, mantenimiento y los potenciales retornos de inversión.

Además, se examinan los requisitos legales y normativos para asegurar que la herramienta cumpla con todas las regulaciones y estándares vigentes. La factibilidad operativa se enfoca en la practicidad de la herramienta dentro del entorno operativo planificado. Por último, se evalúa los impactos medioambientales y socioeconómicos para determinar la sostenibilidad y el efecto del proyecto en un contexto más amplio.

FACTIBILIDAD TÉCNICA:

Tecnologías disponibles.

En el estudio de mercado se presenta la *Tabla 13*, la cual lista de herramientas digitales empleadas actualmente en el ciclo de vida del proyecto naval, se destaca que la mayoría de estas herramientas son programas de computación, lo que indica que, aunque se utilizan tecnologías digitales, la adopción de herramientas exclusivamente digitales en este sector aún no es tan común como se podría esperar. Esta observación subraya la necesidad de una solución más integrada y específica para las complejas demandas del ciclo de vida de un proyecto naval.

El panorama de las tecnologías para la creación de herramientas digitales está en constante evolución, con nuevas herramientas y plataformas que surgen constantemente. Esto ofrece a los desarrolladores una amplia gama de opciones para crear herramientas que satisfagan las necesidades específicas de sus usuarios.

Categorías de Tecnologías

Las tecnologías disponibles para la creación de herramientas digitales se pueden clasificar en varias categorías, incluyendo:

Categoría de Tecnología	Descripción	Ejemplos
Lenguajes de Programación	Base para el desarrollo de software, permitiendo crear una amplia gama de herramientas.	Python, Java, JavaScript, C++, C#, Swift
Frameworks y Bibliotecas	Estructuras predefinidas y módulos de código que simplifican y aceleran el desarrollo de herramientas.	Django (Python), React (JavaScript), TensorFlow (Python)
Herramientas de Desarrollo	Programas que ayudan a escribir, depurar y probar código.	Visual Studio Code, PyCharm, Git
Plataformas en la Nube	Ofrecen servicios de computación, almacenamiento y redes para desarrollar y alojar herramientas digitales.	Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud Platform (GCP)
Tecnologías Emergentes	Impactan en el desarrollo de herramientas digitales, como inteligencia artificial, aprendizaje automático, realidad virtual y aumentada.	IA, ML, VR, AR

Tabla 13. Tecnología para el desarrollo de aplicaciones digitales disponibles actualmente.

Fuente: Shvets, I. (2023). Software Development From A to Z: A Deep Dive into all the Roles Involved in the Creation of Software. Springer.

Las plataformas utilizadas para el desarrollo de aplicaciones multiplataforma que manejan bases de datos e integran software como Rhinoceros, ANSYS, Maxsurf y Orca 3D son principalmente:

- Apache Cordova: Esta plataforma permite la creación de aplicaciones utilizando JavaScript y HTML5, las cuales pueden ser encapsuladas dentro de una aplicación compilada para iOS o Android. Es una plataforma muy activa gracias a las contribuciones de muchos desarrolladores gratuitos.
- Ionic: Esta plataforma se basa en Apache Cordova y lo adapta al uso de Angular, un marco de trabajo de JavaScript. Proporciona muchos elementos pre-creados que aceleran el desarrollo de aplicaciones. Es más fácil de usar que Cordova y ofrece un entorno más organizado, aunque no brinda tanta libertad.
- Flutter: Esta plataforma utiliza el lenguaje Dart, creado por Google y basado en Java. Permite la creación de aplicaciones con un rendimiento similar al de las aplicaciones nativas y un tiempo de desarrollo rápido. Requiere aprender un lenguaje específico, pero no es complicado para programadores con cierta experiencia.
- React Native: Esta plataforma, desarrollada por Facebook, permite la creación de aplicaciones nativas para Android e iOS utilizando JavaScript y un marco de trabajo específico. Es una plataforma ampliamente utilizada que ofrece un buen rendimiento y un tiempo de desarrollo rápido.

Estas plataformas permiten la creación de aplicaciones que pueden manejar bases de datos e integrarse con otro software, pero las características específicas y los requisitos de cada integración dependerán del software en sí y pueden requerir desarrollo o configuración adicional.

Las plataformas de desarrollo de aplicaciones sin código o de bajo código, como AppSheet, AppMaster.io, y Appy Pie, están revolucionando la forma en que se crean y despliegan aplicaciones personalizadas en el mundo empresarial. Estas plataformas utilizan tecnologías de desarrollo de código bajo, lo que significa que permiten a los usuarios, incluso a los que no tienen conocimientos de programación, crear aplicaciones con poco o nulo conocimiento de programación.

- AppSheet, por ejemplo, es una plataforma sin código de Google que permite a los usuarios crear aplicaciones móviles y de navegador a partir de hojas de cálculo sin necesidad de escribir una sola línea de código. En el caso de estudio,

AppSheet se utilizó para desarrollar una herramienta digital que gestiona el ciclo de vida de proyectos navales, demostrando su eficacia y flexibilidad en la industria marítima.

- AppMaster.io, por otro lado, es una plataforma funcional sin código para crear aplicaciones de cualquier complejidad, y utiliza una interfaz visual de arrastrar y soltar para crear aplicaciones web, móviles y de servidor.
- Appy Pie, por su parte, es una herramienta sin código y una plataforma de aplicaciones que ayuda a crear sitios web, aplicaciones móviles, chatbots, y elementos de diseño (logotipos, carteles, folletos, tarjetas de visita).

En resumen, las plataformas de desarrollo de aplicaciones sin código o de bajo código están permitiendo a las empresas crear aplicaciones personalizadas de manera más fácil, rápida y eficiente, sin necesidad de contar con conocimientos de programación avanzados.

El futuro de las herramientas digitales en la industria marítima es prometedor, con la aparición de innovaciones como los gemelos digitales. Estos gemelos digitales son réplicas virtuales de embarcaciones reales que integran datos en tiempo real con modelos digitales precisos. Permiten una amplia gama de aplicaciones, desde simular y predecir el rendimiento de un buque hasta optimizar operaciones, realizar mantenimiento predictivo y mejorar la eficiencia en el diseño y construcción de navíos. Aunque todavía se encuentran en una etapa inicial de implementación en muchos casos, el potencial de los gemelos digitales para transformar la industria marítima es innegable y se espera un crecimiento gradual a medida que avancen y se perfeccionen las tecnologías asociadas.

La herramienta digital propuesta en este documento representa un paso crucial hacia la creación de gemelos digitales completos para la industria marítima. La idea es que esta herramienta permita la representación integral de todo el buque en forma de datos accesibles de manera inmediata. Sin embargo, el gemelo digital eventualmente llevará esta visión un paso más allá al permitir el acceso a fenómenos físicos de los elementos del buque en tiempo real, utilizando sensores y dispositivos de medición avanzada que aún no están disponibles pero que prometen revolucionar la forma en que se diseñan, operan y mantienen los buques.

Recursos necesarios.

El desarrollo de esta herramienta digital con base de datos implica una inversión significativa en recursos técnicos, humanos y financieros. Es crucial planificar cuidadosamente el proyecto y considerar todos los recursos necesarios antes de comenzar el desarrollo.

Para el estudio de viabilidad, se ha considerado llevar a cabo el desarrollo de la herramienta digital en un período de 6 meses, asignando 20 días de trabajo a cada mes, lo que equivale a un total de 120 días de trabajo en 6 meses. Tras finalizar este período, la herramienta digital será lanzada para su uso por parte de los usuarios en diversas etapas del ciclo de vida del proyecto naval, como diseño, construcción, operación o desmantelamiento. Se ha establecido un período de observación y modificación de 12 meses, como el tiempo necesario para cubrir al menos un proyecto en cada etapa del ciclo de vida del proyecto naval. Este período permitirá identificar y abordar cualquier debilidad en la herramienta.

El desarrollo inicial se llevará a cabo en el campo, lo que permitirá abordar todas las actividades e inconvenientes que puedan surgir durante los diferentes procesos del ciclo de vida del proyecto naval. Es importante tener en cuenta que esta decisión conlleva gastos adicionales, como transporte, alimentación y alojamiento, los cuales se han considerado en el análisis de costos del estudio de viabilidad.

A continuación, se presenta una descripción de los recursos necesarios en cada categoría, incluyendo ejemplos específicos de herramientas y recursos.

Recursos técnicos:

Hardware:

- Computadoras: Equipos informáticos con potencia de procesamiento, memoria y almacenamiento adecuados. Para el desarrollo de la herramienta digital se considera dotar a dos programadores con sus respectivos computadores portátiles.
- Servidores: Servidores dedicados para alojar la herramienta si es necesario. Para el desarrollo de la herramienta digital se considerará el uso de almacenamiento en la nube con una subscripción.

- Dispositivos de red: Infraestructura de red confiable para conectar los equipos y usuarios. En el desarrollo de la herramienta digital propuesta no es necesario el uso de dispositivos de red.

Software:

- Lenguaje de programación: Python, Java, JavaScript, entre otros.
- Framework de desarrollo: Django, React, Spring Boot, por ejemplo.
- Sistema de gestión de bases de datos (SGBD): MySQL, PostgreSQL, Oracle Database.
- Herramientas de desarrollo: Visual Studio Code, PyCharm, IntelliJ IDEA.
- Herramientas de gestión de bases de datos: MySQL Workbench, pgAdmin, SQL Server Management Studio.
- Herramientas de control de versiones: Git.
- Plataforma de creación de herramientas digitales con bajo código: AppSheet.
- Herramientas que permitan la integración entre software y aplicación web.

Recursos humanos:

- Desarrolladores: Con experiencia en el lenguaje de programación, framework de desarrollo y SGBD.
- Administradores de bases de datos.
- Analistas de datos:.
- Testers: Para pruebas y detección de errores.
- Usuarios: Para pruebas y retroalimentación, involucrando a personal operativo que recibirá capacitación breve (30 minutos).
- Experto en el área en que se desea desarrollar la herramienta.

Recursos financieros:

- Costo del hardware y software: Varía según la complejidad y los requisitos de rendimiento, estimado en $2,000 para el hardware inicial y $100 mensuales para software y almacenamiento en la nube.
- Costo de mano de obra y nómina.
- Alquiler de oficina: Según la necesidad del espacio físico para el equipo de desarrollo.

- Costo de materiales: Gastos adicionales para el desarrollo, incluyendo manuales de usuario, equipos de protección, y más.
- Costo de logística, alimentación y hospedaje.
- Otros: Gastos imprevistos y contingencias para asegurar la continuidad del proyecto.

Estos recursos son fundamentales para el desarrollo exitoso de una herramienta digital con base de datos, asegurando que se cuente con la infraestructura, el personal y los fondos necesarios para llevar a cabo el proyecto de manera eficiente y efectiva.

Análisis de riesgos técnicos:

La La integración de varios softwares dentro de la herramienta digital para la gestión del ciclo de vida de un proyecto naval (HDG) plantea ciertos riesgos técnicos de compatibilidad que deben abordarse cuidadosamente para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema. Uno de los principales riesgos es la compatibilidad entre los diferentes programas, lo que podría generar conflictos en el procesamiento de datos o incluso fallos en el funcionamiento del software.

En el caso de estudio, se intentó ejecutar una API de Rhinoceros para que la HDG pudiera extraer información de una maqueta electrónica tridimensional, un ejemplo claro de los desafíos de compatibilidad.

El volumen de datos generado durante la operación de una embarcación representa otro desafío técnico importante. La recopilación de datos de sensores, sistemas de navegación, registros de mantenimiento y otros dispositivos puede resultar en una cantidad considerable de información que debe ser gestionada y analizada de manera eficiente. Es fundamental implementar sistemas de gestión de datos robustos que permitan almacenar, procesar y analizar grandes volúmenes de información de manera rápida y precisa. En el caso estudio que se analiza más adelante, se consideró el uso de sistemas de gestión de bases de datos avanzados como MySQL o PostgreSQL, que ofrecen capacidades de escalabilidad y rendimiento para manejar grandes cantidades de datos.

La experticia de los técnicos que participen en el desarrollo de la HDG también es un factor crítico para mitigar riesgos técnicos. La falta de experiencia o conocimientos técnicos adecuados podría resultar en errores de diseño, implementación o

mantenimiento que podrían comprometer la eficacia y seguridad del sistema. Se recomienda proporcionar capacitación continua y oportunidades de desarrollo profesional para garantizar que el personal esté al tanto de las últimas tecnologías y mejores prácticas en el campo.

FACTIBILIDAD ECONÓMICA

El análisis de costo-beneficio es una práctica indispensable en la evaluación de proyectos que busca determinar si los beneficios obtenidos superan los costos incurridos. A diferencia del cálculo del Valor Presente Neto (VPN), que se centra en la rentabilidad financiera de un proyecto a lo largo del tiempo, el análisis de costo-beneficio se enfoca en comparar los costos y beneficios en un momento específico, sin tener en cuenta el valor temporal del dinero.

Dado, que existen dos actores principales, el cliente y el desarrollador, vamos a analizar el costo-beneficio desde ambas perspectivas, asegurando que tanto para el desarrollador, como para el cliente final la HDG que se propone en el *CAPÍTULO 3.1* es viable.

Perspectiva de la Empresa que Contrata el Servicio

Para la empresa que contrata el servicio, es crucial analizar cómo la implementación de la HDG afectará su operación diaria y su rentabilidad a largo plazo. Los beneficios pueden incluir:

- Mejoras en la eficiencia operativa: Reducción de tiempos de inactividad, optimización de recursos, y mejora en la toma de decisiones gracias al acceso en tiempo real a los datos de mantenimiento.
- Reducción de costos operativos: Ahorros en costos de mantenimiento y reparación, minimización de errores humanos, y reducción de la necesidad de recursos adicionales.
- Aumento en la productividad: Posibilidad de atender un mayor número de embarcaciones o proyectos con los mismos recursos, incrementando así los ingresos potenciales.

El análisis económico desde esta perspectiva debe considerar no solo los costos iniciales de **implementación**, **operación** y **mantenimiento** de la HDG, sino también los **beneficios** generados al cliente.

Perspectiva de la Empresa que Ofrece el Servicio

Para la empresa que desarrolla y ofrece el servicio de HDG, el análisis económico también es fundamental para asegurar la rentabilidad del proyecto. Esto incluye:

- Recuperación de la inversión: Los costos de desarrollo, mantenimiento y actualización de la HDG deben ser recuperados a través de la venta o suscripción del servicio.
- Escalabilidad del servicio: La posibilidad de ofrecer la HDG a múltiples clientes sin incurrir en costos adicionales significativos, gracias a la replicabilidad del software.
- Ingresos recurrentes: Los contratos de mantenimiento, suscripciones a actualizaciones y servicios adicionales pueden generar ingresos recurrentes, asegurando la sostenibilidad financiera del servicio.

El análisis de costo-beneficio para la empresa que ofrece el servicio debe incluir una estimación de los costos de **desarrollo**, **implementación**, **operación** y **mantenimiento**, **marketing** y **publicidad** de la HDG, así como los **ingresos** proyectados de la venta del servicio, para determinar la viabilidad financiera del proyecto.

Estimación de Costos

Los valores que se muestran en la siguiente Tabla *14* se basan en el caso de estudio revisado en el *CAPÍTULO 3.2*, donde se analiza la implementación y mantenimiento de una HDG en la etapa de operación de un dique seco flotante. Este análisis considera tanto los costos de desarrollo inicial de la HDG como los costos de implementación y mantenimiento para una empresa que adquiera el servicio. Debe entenderse que el desarrollo sólo se realiza la primera vez, se crea la HDG y todas sus funciones, esto se lleva a cabo sin la intervención del cliente, luego, durante la fase de implementación, allí es cuando interviene el cliente, se realizan las visitas técnicas a las instalaciones de la compañía que solicita el servicio y se levanta la información necesaria, ya sea de un varadero, astillero, dique, flota de buques, embarcación única, etc.

Al calcular los precios, se han tomado en cuenta diversos factores para asegurar tanto la rentabilidad del desarrollador como la accesibilidad del servicio para los clientes. En primer lugar, se ha aplicado un margen de ganancia del 30% para el desarrollador de la HDG, lo cual es crucial para garantizar la rentabilidad del proyecto. Además, el costo del desarrollo inicial de la HDG, se ha distribuido proporcionalmente entre múltiples clientes, lo que permite ofrecer el servicio a un precio más competitivo, y estimar cuantos clientes se requieren para que el desarrollo de la HDG sea rentable.

También se ha añadido un costo adicional; 7% del costo total de desarrollo, destinado a cubrir los gastos de marketing y publicidad, asegurando que el servicio mantenga una presencia efectiva en el mercado. Los cálculos incluyen los sueldos de los empleados involucrados en el desarrollo, tanto en la fase inicial como durante la implementación y mantenimiento, incluyendo los beneficios de ley y las liquidaciones que corresponden al término de cada período de trabajo. En la fase de desarrollo se considera un desarrollador y dos asistentes técnicos, también los costos de logística y suscripciones anuales necesarias para operar la HDG, así como la capacitación del personal técnico, esencial para el desarrollo y la implementación exitosa del proyecto. Todo esto asegura que tanto el desarrollador como los clientes obtengan un valor justo y sostenible del servicio.

Para que el desarrollador pueda cubrir el valor de la inversión inicial en el desarrollo de la Herramienta Digital para la Gestión (HDG), se requiere un número mínimo de clientes que permitan recuperar los costos incurridos. Según los cálculos presentados en el *CAPÍTULO 3.2*, el costo total de desarrollo inicial de la HDG es de **USD $19,570.50**, mientras que el precio final para cada cliente, incluyendo implementación, mantenimiento, y márgenes de ganancia, es de **USD $2,146.60**. véase la *Tabla 14*.

Para cubrir el costo de desarrollo únicamente, el desarrollador necesitaría al menos **2 clientes**: **USD** $44,293.20. Este valor supera el costo de desarrollo de USD $19,570.00, lo que significa que, con al menos 2 clientes, el desarrollador no solo recuperaría la inversión inicial, sino que también comenzaría a obtener ganancias desde el segundo cliente. Sin embargo, para maximizar la rentabilidad y asegurar un retorno sólido de la inversión, se recomienda captar un número mayor de clientes, distribuyendo así el costo de desarrollo y aumentando los márgenes de ganancia a lo largo del tiempo.

Concepto	Costo/Cliente	Descripción
Desarrollo Inicial (6 meses)	$19,570.00	Costo total de **desarrollo** inicial de la HDG.
Implementación (2 meses)	$6,720.00	Costo para implementar la HDG en la empresa cliente, incluyendo salarios y logística.
Mantenimiento (12 meses)	$4,560	Costo anual de mantenimiento, incluyendo salarios de los técnicos, liquidación, y logística para visitas técnicas.
Subscripción Anual	$600.00	Costo de la subscripción a la plataforma de desarrollo, calculado anualmente.
Marketing y Publicidad (7%)	$831.60	Costo adicional para marketing y publicidad, calculado como un 7% del precio final.
Margen de Ganancia (30%)	$9,435.00	Margen de ganancia de 30% calculado sobre la suma de costos, para asegurar la rentabilidad del servicio.
Precio Final	$22,146.60	Precio total para el cliente, que incluye: Implementación Mantenimiento Subscripción marketing y publicidad margen de ganancia.

Tabla 14. Estimación de costos por desarrollo de HDG.

Fuente: Los valores se basan en el caso de estudio que se presenta en el *CAPÍTULO 3.2.*

Con **2 clientes**, el desarrollador no solo recuperaría la inversión, sino que también establecería una base financiera sólida para futuras expansiones o mejoras en la HDG. Este enfoque garantiza un equilibrio entre accesibilidad para los clientes y sostenibilidad financiera para el desarrollador.

Después del primer año, cuando el cliente ya ha cubierto el costo de implementación y solo le queda el mantenimiento, es esencial que el desarrollador considere estrategias para mantener la relación comercial y asegurar ingresos continuos. Una opción es mantener el costo de mantenimiento similar al del primer año, justificándolo a través de la oferta de actualizaciones continuas y la introducción de nuevas características que mejoren la funcionalidad de la Herramienta Digital para la Gestión (HDG). Estas mejoras, basadas en la retroalimentación del cliente o en avances tecnológicos, no solo

incrementan el valor percibido por el cliente, sino que también refuerzan la utilidad y relevancia de la HDG, manteniendo al cliente comprometido con el servicio.

Además, se podría implementar una estrategia de enganche que combine el costo de mantenimiento con beneficios adicionales. Por ejemplo, ofrecer una reducción en el costo del mantenimiento anual si el cliente se compromete a un contrato de largo plazo, como de dos o tres años. Esta estrategia asegura ingresos continuos y estabilidad financiera para el desarrollador, al mismo tiempo que ofrece un incentivo al cliente por su lealtad. Alternativamente, se podría mantener el costo de mantenimiento alto si se añaden servicios premium, como soporte técnico prioritario o personalizaciones adicionales de la HDG.

Finalmente, el desarrollador debe estar dispuesto a revisar y ajustar el costo de mantenimiento según las condiciones del mercado y la estructura de costos. Si los costos operativos disminuyen, se podría considerar una reducción en el costo de mantenimiento para retener al cliente, sobre todo si existen competidores que ofrezcan servicios similares a un precio inferior. Al combinar estas estrategias, el desarrollador puede mantener una relación sólida con sus clientes y garantizar un flujo de ingresos estable a largo plazo.

Beneficios para el desarrollador.

El desarrollo de la Herramienta Digital para la Gestión (HDG) no solo ofrece un modelo de negocio rentable, sino que también crea una oportunidad para el crecimiento continuo. Al distribuir el costo inicial del desarrollo entre varios clientes y asegurar contratos de mantenimiento a largo plazo, el desarrollador establece una fuente constante de ingresos. Este modelo de negocio permite que, después de cubrir la inversión inicial, cada cliente adicional se traduzca en ganancias más altas con costos marginales relativamente bajos. Además, el mantenimiento de la herramienta, junto con las actualizaciones continuas y el soporte técnico, no solo asegura ingresos adicionales, sino que también fortalece la relación con los clientes, abriendo puertas a recomendaciones y expansión de mercado.

Otro beneficio importante es la capacidad de escalar el servicio. A medida que más empresas adoptan la HDG, el desarrollador puede mejorar y optimizar la herramienta, ofreciendo versiones más avanzadas que se ajusten a las necesidades específicas de diferentes sectores dentro de la industria naval. Esto no solo aumenta el valor percibido

por los clientes, sino que también posiciona al desarrollador como un líder en la innovación y la digitalización de procesos complejos, como los que se llevan a cabo en un dique seco flotante.

Beneficios para el cliente.

En la sección de beneficios para el cliente (Varadero/Dique) en el CAPÍTULO 3.2 se mencionan los valores obtenidos de la implementación de la HDG en el caso de estudio, en base a eso se presenta la siguiente información.

Utilidad promedio de un varadero o astillero mediano del sector por embarcación: USD $100,000.00 considerando 12 embarcaciones al año son USD $1’200,000.00 en utilidades al año en promedio. La HDG puede generar un incremento del 5% por embarcación USD $ 5,000.00 al reducir los tiempos de operación, correspondiente a USD $60,000.00 al año.

Utilidad total anual considerando un aumento del número de embarcaciones atendidas 15 embarcaciones/año: USD $15,000.00, sólo para la diferencia correspondiente a 3 embarcaciones, a esto debe sumarse la diferencia en número de embarcaciones: USD 300,000.00.

Incremento en Utilidad debido a la HDG: USD $375,000.00, al año respecto a la utilidad base sin HDG.

Estos cálculos muestran que el uso efectivo de la HDG no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también tiene un impacto directo y significativo en la rentabilidad del cliente, generando un aumento considerable en las utilidades anuales. Este incremento en la rentabilidad puede ser un factor decisivo para que el cliente valore la inversión en la HDG y considere su adopción como una ventaja competitiva crucial.

Beneficios para las Otras Etapas del Ciclo de Vida del Proyecto Naval

Aunque el caso de estudio se centró en la etapa de operación de un dique seco flotante, la implementación de la Herramienta Digital para la Gestión (HDG) ofrece beneficios significativos en todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto naval, incluyendo diseño, construcción, operación y desmantelamiento. En la etapa de diseño, la HDG facilita la integración de datos y la colaboración entre diferentes equipos, lo que mejora la precisión y reduce el tiempo necesario para desarrollar proyectos complejos. Durante la construcción, la HDG permite un seguimiento detallado del progreso, optimizando el uso de materiales y recursos, lo que resulta en una reducción de costos y plazos más cortos.

En la fase de desmantelamiento, la HDG ayuda a gestionar y documentar el proceso de manera eficiente, garantizando el cumplimiento normativo y la optimización de los recursos disponibles para reciclaje o reutilización. Aunque estos beneficios no se han cuantificado directamente en el caso de estudio, su impacto en la eficiencia y la reducción de riesgos en cada etapa del proyecto es evidente, y contribuyen a una mejora general en la rentabilidad y sostenibilidad de los proyectos navales.

Cálculo de la Rentabilidad a partir del ROI

El Retorno sobre la Inversión (ROI) es un indicador clave para medir la rentabilidad de la HDG desde la perspectiva del cliente.

Beneficio Neto

En este contexto, el beneficio neto es la utilidad adicional generada gracias a la implementación de la HDG. Basándonos en los cálculos anteriores, podemos estimar un beneficio neto de USD **$375,000.00** anuales por cliente.

Costo de Inversión

El costo de inversión para el cliente sería el precio total que paga por la implementación y el mantenimiento de la HDG, que es **USD $22,146.60**.

Cálculo del ROI

$$ROI = \frac{375{,}000.00}{22{,}146.60} x100 = 1693\% \qquad \text{Ecuación 1}$$

Este alto ROI de la ecuación 1, muestra que la inversión en la HDG es extremadamente rentable para el cliente, con un retorno de más de cuatro veces la inversión inicial en solo un año. Este tipo de resultado es un fuerte argumento para la adopción de la HDG en otras etapas del ciclo de vida del proyecto naval, lo que podría multiplicar aún más los beneficios a largo plazo.

FACTIBILIDAD LEGAL Y NORMATIVA:

Para lanzar una aplicación web en Ecuador, es crucial cumplir con varios requisitos legales y normativos relacionados con la propiedad intelectual, la seguridad de los datos de los usuarios, y las obligaciones fiscales. Primero, es

esencial proteger la propiedad intelectual de la aplicación mediante el registro de marcas, patentes, y derechos de autor. Esto garantiza la exclusividad y protección legal sobre el código fuente, el diseño, y otros elementos creativos.

Segundo, la seguridad de los datos de los usuarios debe cumplir con las normativas de privacidad y protección de datos personales, como la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPDP) en Ecuador. Esto incluye implementar medidas de seguridad adecuadas para proteger la información personal y cumplir con los requisitos legales de protección de datos. Además, es fundamental cumplir con las normativas locales e internacionales relacionadas con el desarrollo y operación de aplicaciones web, que abarcan aspectos legales, privacidad de datos, y seguridad informática.

En cuanto a las obligaciones fiscales, se deben considerar impuestos como el IVA y cumplir con todas las obligaciones fiscales pertinentes ante las autoridades tributarias ecuatorianas. Cumplir con estas normativas no solo garantiza la legalidad del proyecto, sino que también protege a la empresa de posibles sanciones legales y financieras.

Normativas a Considerar:

Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública (LOTAIP): Garantiza el acceso a la información pública, especialmente para instituciones públicas que deben publicar información relevante y proteger la seguridad de los datos.

Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPDP): Regula el tratamiento de datos personales, incluyendo la necesidad de obtener el consentimiento informado y garantizar la seguridad de estos datos.

Ley Orgánica de Comercio Electrónico, Firmas Digitales y Mensajes de Datos (LOCEFMD): Establece las normas para el comercio electrónico, incluyendo la seguridad de las transacciones y la protección de los derechos del consumidor.

Ley de Propiedad Intelectual (LPI): Protege los derechos de propiedad intelectual, incluyendo los derechos de autor y la protección de los datos.

FACTIBILIDAD OPERATIVA:

Disponibilidad de Personal Cualificado: Este proyecto es impulsado por ingenieros navieros que identificaron la falta de herramientas adaptadas a las necesidades de las pequeñas empresas en el sector naval. La implementación de la HDG requiere habilidades avanzadas de programación y conocimientos específicos en el desarrollo de aplicaciones, lo cual se ha logrado gracias a la experiencia adquirida en el desarrollo de una herramienta digital ya en uso en un dique seco del país. Este equipo multidisciplinario está compuesto por 1 desarrolladores de software, 1 experto en la industria marítima y un investigador de mercado, asegurando así la capacidad para abordar los desafíos del proyecto.

Logística: El proyecto está previsto para ejecutarse en 6 meses, con visitas técnicas necesarias a diversos ámbitos del sector naval, como el diseño, la construcción, la operación y el desmantelamiento. Se han considerado costos asociados a la logística, alimentación, y hospedaje, que son esenciales para la ejecución efectiva del proyecto.

Soporte y Mantenimiento: Después del lanzamiento, se establece un proceso continuo de mantenimiento y observación para asegurar el rendimiento óptimo de la HDG. Esto incluye la incorporación de nuevas funcionalidades y la actualización constante del sistema, lo cual es crucial para adaptarse a las necesidades cambiantes de la industria.

FACTIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL:

La digitalización en la industria naval, como se destaca en "La importancia de la digitalización del sector naval" de Avantek, puede contribuir significativamente a la reducción de costes y emisiones, así como a la mejora de la productividad. Las empresas que invierten en digitalización han visto una reducción en los costos de operación de un 3.6%, mejoras en la eficiencia de un 4.1%, y un

aumento en la productividad entre un 3% y un 5%. Estas herramientas no solo optimizan las operaciones, sino que también apoyan los objetivos de sostenibilidad establecidos por la Organización Marítima Internacional, como la reducción de la intensidad de carbono.

La implementación de herramientas digitales también permite la automatización de tareas en buques y puertos, simplificando las gestiones administrativas y optimizando los procesos de construcción y mantenimiento de embarcaciones. Esto se alinea con los esfuerzos de sostenibilidad en Ecuador y promueve un desarrollo más responsable y sostenible en la industria naval.

FACTIBILIDAD SOCIOECONÓMICA:

La evaluación de la factibilidad socioeconómica se basa en encuestas realizadas a profesionales del sector naval en Ecuador, que incluyen diseñadores, constructores, operadores, y administradores. Los resultados muestran un alto nivel de interés y aceptación de la HDG, destacando su potencial para mejorar la eficiencia, la productividad, y reducir costos en la industria. Sin embargo, se identificaron algunas barreras que deben abordarse para asegurar una implementación exitosa.

2.4. PLAN DE TRABAJO.

Este plan de trabajo detallado presenta la estructura y secuencia de tareas necesarias para el desarrollo integral de la Herramienta Digital de Gestión (HDG) a lo largo de seis meses. El plan está diseñado para asegurar que cada fase del proyecto se realice de manera eficiente y dentro de los plazos establecidos. La *Tabla* 15. Cronograma de actividades *por semanas.* adjunta proporciona una visión clara de las tareas específicas, su duración, las fechas de inicio y fin, así como la jerarquía que define qué tareas deben completarse antes de proceder a las siguientes. Esta organización asegura que todas las actividades críticas, como la integración con Rhinoceros 3D y la creación de la biblioteca de información, se realicen en el orden correcto y con la prioridad adecuada.

Descripción del Proceso y Priorización.

El proyecto se divide en varias fases clave, comenzando con la planificación y la investigación, seguidas del desarrollo y la implementación. Cada tarea ha sido cuidadosamente planificada para garantizar una progresión lógica y fluida, minimizando los riesgos de retrasos o problemas técnicos. Las tareas críticas se han identificado y priorizado, y se han dispuesto en una secuencia jerárquica que permite la correcta implementación de todos los componentes del sistema. Las tareas con mayor impacto en el éxito del proyecto, como el desarrollo de módulos clave y la integración de sistemas, han sido programadas para recibir la máxima atención y recursos, garantizando así la finalización exitosa del proyecto dentro del cronograma previsto.

Tarea	Duración (días)	Prioridad	Fecha de Inicio	Fecha de Fin	Predecesor
Revisión de documentación y recopilación de requisitos	3	Alta	01/09/2024	03/09/2024	
Reuniones con stakeholders	2	Media	04/09/2024	05/09/2024	Revisión de documentación y recopilación de requisitos
Análisis de flujo de trabajo en la empresa	2	Media	06/09/2024	07/09/2024	Reuniones con stakeholders
Investigación sobre integración de Rhinoceros 3D	3	Alta	08/09/2024	10/09/2024	Análisis de flujo de trabajo en la empresa

Búsqueda de fuentes para la biblioteca	3	Media	11/09/2024	13/09/2024	Investigación sobre integración de Rhinoceros 3D
Planificación de la estructura de la biblioteca	1	Media	14/09/2024	14/09/2024	Búsqueda de fuentes para la biblioteca
Diseño preliminar de la arquitectura de la HDG	3	Alta	15/09/2024	17/09/2024	Planificación de la estructura de la biblioteca
Diseño preliminar de la interfaz de usuario	3	Media	18/09/2024	20/09/2024	Diseño preliminar de la arquitectura de la HDG
Revisión y ajustes del diseño	1	Media	21/09/2024	21/09/2024	Diseño preliminar de la interfaz de usuario
Planificación de la integración con Rhinoceros 3D	3	Alta	22/09/2024	24/09/2024	Revisión y ajustes del diseño
Elaboración del plan para el asistente interactivo	3	Media	25/09/2024	27/09/2024	Planificación de la integración con Rhinoceros 3D
Presentación del plan de trabajo y ajustes finales	3	Media	28/09/2024	30/09/2024	Elaboración del plan para el asistente interactivo
Desarrollo del módulo básico de gestión de proyectos	5	Alta	01/10/2024	05/10/2024	Presentación del plan de trabajo y ajustes finales
Implementación de la estructura básica de la HDG	3	Alta	06/10/2024	08/10/2024	Desarrollo del módulo básico de gestión de proyectos
Pruebas iniciales y corrección de errores	2	Alta	09/10/2024	10/10/2024	Implementación de la estructura básica de la HDG
Desarrollo del módulo de gestión de inventarios	3	Alta	11/10/2024	13/10/2024	Pruebas iniciales y corrección de errores
Integración del módulo de inventarios	2	Media	14/10/2024	15/10/2024	Desarrollo del módulo de gestión de inventarios

Pruebas y ajustes en el módulo de inventarios	2	Alta	16/10/2024	17/10/2024	Integración del módulo de inventarios
Desarrollo del módulo de gestión financiera	3	Alta	18/10/2024	20/10/2024	Pruebas y ajustes en el módulo de inventarios
Integración del módulo financiero	3	Alta	21/10/2024	23/10/2024	Desarrollo del módulo de gestión financiera
Pruebas y ajustes del módulo financiero	2	Alta	24/10/2024	25/10/2024	Integración del módulo financiero
Desarrollo del módulo de gestión documental	3	Alta	26/10/2024	28/10/2024	Pruebas y ajustes del módulo financiero
Integración del módulo documental	2	Alta	29/10/2024	30/10/2024	Desarrollo del módulo de gestión documental
Pruebas y ajustes del módulo documental	2	Media	31/10/2024	01/11/2024	Integración del módulo documental
Desarrollo de la biblioteca de información	3	Alta	02/11/2024	04/11/2024	Pruebas y ajustes del módulo documental
Integración de normas de clasificación en la biblioteca	3	Alta	05/11/2024	07/11/2024	Desarrollo de la biblioteca de información
Creación de la estructura para libros y manuales	2	Media	08/11/2024	09/11/2024	Integración de normas de clasificación en la biblioteca
Desarrollo de la función de búsqueda en la biblioteca	3	Alta	10/11/2024	12/11/2024	Creación de la estructura para libros y manuales
Pruebas de funcionalidad en la biblioteca	2	Media	13/11/2024	14/11/2024	Desarrollo de la función de búsqueda en la biblioteca
Ajustes y optimización de la biblioteca	2	Alta	15/11/2024	16/11/2024	Pruebas de funcionalidad en la biblioteca

Desarrollo del asistente interactivo, módulo de economía	3	Alta	17/11/2024	19/11/2024	Ajustes y optimización de la biblioteca
Desarrollo del asistente interactivo, módulo técnico	3	Alta	20/11/2024	22/11/2024	Desarrollo del asistente interactivo, módulo de economía
Pruebas y ajustes en módulos de economía y técnico	2	Alta	23/11/2024	24/11/2024	Desarrollo del asistente interactivo, módulo técnico
Desarrollo del asistente interactivo, módulo legal	3	Alta	25/11/2024	27/11/2024	Pruebas y ajustes en módulos de economía y técnico
Desarrollo del asistente interactivo, módulo de innovación	3	Alta	28/11/2024	30/11/2024	Desarrollo del asistente interactivo, módulo legal
Pruebas y ajustes en módulos legal e innovación	2	Alta	01/12/2024	02/12/2024	Desarrollo del asistente interactivo, módulo de innovación
Integración completa del asistente interactivo	3	Alta	03/12/2024	05/12/2024	Pruebas y ajustes en módulos legal e innovación
Pruebas de integración del asistente	3	Alta	06/12/2024	08/12/2024	Integración completa del asistente interactivo
Ajustes finales en la integración del asistente	2	Alta	09/12/2024	10/12/2024	Pruebas de integración del asistente
Finalización de todas las integraciones	3	Alta	11/12/2024	13/12/2024	Ajustes finales en la integración del asistente
Revisión completa del sistema	3	Alta	14/12/2024	16/12/2024	Finalización de todas las integraciones
Implementación de correcciones y optimización	2	Alta	17/12/2024	18/12/2024	Revisión completa del sistema
Pruebas de rendimiento	3	Alta	19/12/2024	21/12/2024	Implementación de correcciones y optimización

Pruebas de seguridad	3	Alta	22/12/2024	24/12/2024	Pruebas de rendimiento
Documentación de resultados y análisis	2	Alta	25/12/2024	26/12/2024	Pruebas de seguridad
Capacitación al personal operativo	3	Alta	27/12/2024	29/12/2024	Documentación de resultados y análisis
Implementación inicial de la HDG en la empresa	3	Alta	30/12/2024	01/01/2025	Capacitación al personal operativo
Monitoreo y ajuste durante la implementación	2	Alta	02/01/2025	03/01/2025	Implementación inicial de la HDG en la empresa
Resolución de problemas emergentes	3	Alta	04/01/2025	06/01/2025	Monitoreo y ajuste durante la implementación
Ajustes finales basados en feedback	3	Alta	07/01/2025	09/01/2025	

Tabla 15. Cronograma de actividades por semanas.

Fuente: Preparado por el autor a partir de la experiencia en el desarrollo de la HDG para el caso de estudio.

CAPÍTULO 3

3. HERRAMIENTA DIGITAL PROPUESTA.

3.1. MODELO CONCEPTUAL DE LA HDG PROPUESTA.

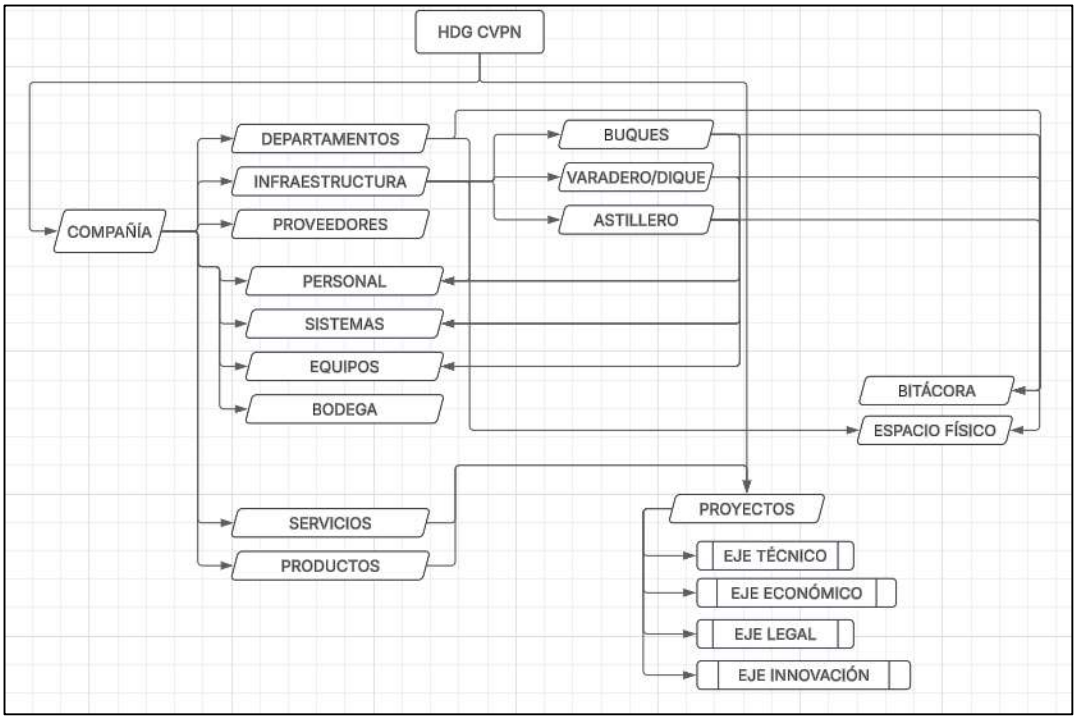

Figura 14. Esquema de estructura de la HDG de CVPN.

Fuente: Preparado por el autor.

Descripción de la HDG propuesta.

La Herramienta Digital de Gestión (HDG) del Ciclo de Vida del Proyecto Naval (CVPN) es una plataforma integral diseñada para optimizar la gestión de todos los aspectos relacionados con proyectos navales, ver la figura 14. Su propósito es facilitar la administración y el control de la información a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto naval, desde su concepción hasta la fase operativa, mejorando la eficiencia, la toma de decisiones y la seguridad.

Base de Datos de la Empresa

Esta base de datos contiene toda la información relevante sobre la estructura interna de la empresa, ya sea un astillero, una flota de buques, una empresa de diseño y construcción, o una empresa de servicios a buques. Dentro de esta base, se encuentran Espacios Digitales para Componentes (EDC) que representan de manera digital todos los elementos tangibles e intangibles de la empresa, como infraestructura, equipos, sistemas, colaboradores y procesos administrativos.

Componentes Clave dentro de la Base de Datos de la Empresa:

- Infraestructura y Equipos: Incluye detalles sobre la infraestructura física y los equipos utilizados en las operaciones diarias.
- Organización Administrativa: Gestión de recursos humanos, organigramas, y flujos de trabajo administrativos.
- Sistemas y Procesos: Detalles sobre los sistemas operativos y los procesos implementados para la eficiencia operativa.
- Proveedores y Relaciones: Información sobre proveedores y la gestión de relaciones externas.
- Sección de Sustento: Esta sección proporciona recursos de apoyo para tareas específicas. Por ejemplo, si se está asignando una tarea de diseño y fabricación de un equipo de carga como un pescante, el asistente interactivo sugerirá automáticamente revisar plantillas, normas de seguridad, y protocolos de diseño pertinentes, basándose en la información disponible en la bibliografía verificable.

Base de Datos de los Buques

Esta base de datos se orienta a la representación completa de cada buque dentro de la HDG, permitiendo un seguimiento detallado y en tiempo real. Los EDC en esta base se encargan de representar digitalmente cada aspecto del buque, desde su perfil técnico, espacios físicos, hasta el historial de mantenimiento, sistemas a bordo, equipos y la organización de la tripulación.

Componentes Clave dentro de la Base de Datos de los Buques:

- Perfil Técnico del Buque: Especificaciones técnicas, planos y documentación relacionada con el buque.
- Espacios Físicos: Representación digital de la distribución espacial dentro del buque.

- Historial de Mantenimiento: Registros detallados de todos los mantenimientos y reparaciones realizadas.
- Sistemas y Equipos a Bordo: Información sobre los sistemas operativos del buque y el estado de los equipos.
- Organización de la Tripulación: Gestión de la tripulación, incluyendo roles, responsabilidades, y asignaciones.

Ejes Transversales.

La HDG integra una serie de ejes transversales que son fundamentales para el desarrollo y la gestión de cualquier proyecto o tarea. Estos ejes incluyen aspectos clave como economía, finanzas, aspectos técnicos, legales, innovación, y otros que aseguran una evaluación completa y multidimensional de cada subproyecto dentro del marco más amplio del proyecto naval.

Los ejes transversales están diseñados para guiar al usuario a través de un proceso sistemático que garantiza que todas las áreas críticas del proyecto sean evaluadas y abordadas. En el contexto de la HDG, los ejes transversales están integrados tanto en la Base de Datos de la Empresa como en la Base de Datos de los Buques y son accesibles a través del asistente interactivo.

Componentes de los Ejes Transversales:

- Eje Técnico: Este eje se enfoca en los aspectos técnicos del proyecto. Incluye la revisión de especificaciones, estándares de diseño, materiales, y procesos de fabricación. Por ejemplo, en el diseño y construcción de un pescante, el eje técnico proporcionará directrices sobre los requisitos de diseño, análisis estructurales, y pruebas necesarias.
- Eje Económico: Aquí se evalúan los costos asociados con el proyecto, incluyendo análisis de presupuesto, estimaciones de costos de materiales y mano de obra, y proyecciones de retorno de inversión. El usuario puede ajustar los parámetros económicos a medida que avanza en otros ejes, asegurando que el proyecto sea económicamente viable.
- Eje Legal: Este eje cubre las regulaciones legales y normativas que deben cumplirse durante el desarrollo del proyecto. Incluye la revisión de normativas de seguridad, certificaciones necesarias, y cualquier otra regulación aplicable.

- Eje de Innovación: En este eje, se exploran oportunidades para integrar nuevas tecnologías o métodos innovadores que podrían mejorar el proyecto. Esto podría incluir el uso de nuevos materiales, técnicas de fabricación avanzadas, o la implementación de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial o la realidad aumentada.
- Eje de Finanzas: Similar al eje económico, pero más centrado en la gestión financiera a largo plazo. Aquí se evalúan las fuentes de financiación, los flujos de caja, y las estrategias de mitigación de riesgos financieros.

Proceso de Evaluación a Través de los Ejes:

Cuando un usuario inicia una nueva tarea o subproyecto dentro de la HDG, el asistente interactivo presenta una serie de ejes transversales que deben ser abordados. Por ejemplo, si se está diseñando y construyendo un pescante como parte de un proyecto más grande para la construcción de una embarcación, el asistente interactivo mostrará primero el eje técnico, donde el usuario deberá especificar los detalles de diseño y fabricación. Luego, el usuario pasará al eje económico para analizar los costos y presupuestos, seguido del eje legal para asegurarse de que todos los requisitos normativos se cumplan.

Este proceso es dinámico y no lineal, lo que significa que el usuario puede regresar a un eje anterior para hacer ajustes basados en nuevos hallazgos o cambios en otros ejes. Por ejemplo, después de evaluar los costos en el eje económico, el usuario podría regresar al eje técnico para modificar el diseño y reducir costos.

Bibliografía Verificable

La Bibliografía Verificable es un repositorio centralizado dentro de la HDG que proporciona acceso a datos precisos y actualizados sobre regulaciones, manuales técnicos, procedimientos estándar, y otras referencias críticas. Esta base de datos es la raíz del funcionamiento del asistente interactivo y se utiliza para ofrecer información relevante en tiempo real al usuario.

Componentes de la Bibliografía Verificable:

- Regulaciones y Normativas: Incluye una base de datos completa de todas las regulaciones y normativas relevantes que deben cumplirse en el desarrollo de

proyectos navales. Esta información está siempre actualizada para reflejar los últimos cambios en las leyes y estándares de la industria.

- Manuales Técnicos y Procedimientos Estándar: Proporciona acceso a manuales técnicos, guías de diseño, y procedimientos operativos estándar que pueden ser necesarios durante la realización de tareas o proyectos específicos.
- Documentación de Referencia: Contiene libros, artículos, y estudios relevantes que pueden ser útiles para el usuario al desarrollar un proyecto o al buscar soluciones innovadoras.

Integración del Asistente Interactivo con los Ejes Transversales y la Bibliografía Verificable.

El Asistente Interactivo utiliza la Bibliografía Verificable para proporcionar información en tiempo real al usuario según el eje transversal que esté abordando. Por ejemplo, mientras el usuario está en el eje técnico, el asistente podría mostrar manuales de diseño o estándares de materiales pertinentes. Si el usuario pasa al eje legal, el asistente podría abrir automáticamente las regulaciones específicas que aplican a la tarea en cuestión.

El asistente interactivo está diseñado para ser proactivo y adaptativo, lo que significa que no solo responde a las entradas del usuario, sino que también anticipa necesidades basadas en las acciones que el usuario está realizando. Si un usuario está escribiendo sobre un nuevo subproyecto o tarea, el asistente puede cargar automáticamente varias ventanas con información relevante, como perfiles de usuarios calificados para realizar la tarea, costos estimados, o normativas aplicables.

En el futuro, la HDG podría permitir que el asistente interactivo opere sin necesidad de comandos escritos, utilizando en cambio comandos de voz y visualización para proporcionar una experiencia más fluida e intuitiva. Esto permitiría a los usuarios interactuar con la HDG de manera más natural y eficiente, facilitando la multitarea y optimizando la gestión de proyectos.

Asistente Interactivo

El Asistente Interactivo es una función central de la HDG que se basa en la bibliografía verificable y en los ejes transversales para asistir al usuario de manera proactiva. Este asistente tiene las siguientes capacidades:

- Asistencia Contextual Automatizada: Mientras el usuario ingresa información en la HDG, el asistente detecta automáticamente el contexto (por ejemplo, asignación de tareas) y abre ventanas adicionales que muestran información relevante. Si un usuario está asignando una tarea como el diseño de un pescante, el asistente podría sugerir revisar los perfiles de usuarios disponibles que tienen las habilidades necesarias, mostrando automáticamente los requisitos de diseño y los procedimientos de seguridad necesarios.
- Multitarea y Optimización del Flujo de Trabajo: El asistente interactivo puede cargar varias ventanas en monitores adicionales según el tema que se esté desarrollando, permitiendo al usuario concentrarse en puntos críticos mientras el asistente se encarga de los detalles. Por ejemplo, un usuario podría estar escribiendo sobre un proyecto mientras el asistente carga automáticamente ventanas con normas, sugerencias de procedimientos, y datos técnicos relacionados.
- Participación Progresiva del Usuario: Durante las primeras instancias de tareas nuevas, el usuario podría necesitar interactuar más activamente con el asistente para establecer protocolos y plantillas. Sin embargo, a medida que estas tareas se realizan repetidamente, el asistente aprenderá y optimizará los procesos, permitiendo que en el futuro el usuario se concentre únicamente en los aspectos más importantes, mientras el asistente maneja los detalles más tediosos.

Integración con Otros Sistemas

Aunque la integración con Rhinoceros 3D aún no se ha completado, la HDG está diseñada para permitir la integración con diversos softwares externos. Esta integración facilitará la extracción automática de información de maquetas electrónicas tridimensionales y otros modelos digitales, asegurando que todos los procesos estén sincronizados y que la información esté disponible en un formato accesible.

Conclusión.

La HDG se presenta como una herramienta revolucionaria para la gestión de proyectos navales, brindando una solución completa que combina eficiencia, flexibilidad y precisión. Al centralizar toda la información relevante y proporcionar un sistema de asistencia interactiva basado en inteligencia artificial, la HDG facilita un entorno de trabajo más ágil y productivo, permitiendo a los usuarios centrarse en lo que realmente

importa: la innovación y la excelencia en la ejecución de proyectos navales. Con su capacidad para adaptarse y evolucionar según las necesidades del usuario, la HDG está bien posicionada para convertirse en un estándar de la industria, ofreciendo un soporte continuo a lo largo del ciclo de vida de los proyectos navales y contribuyendo al desarrollo sostenible de la industria marítima global.

3.2. CASO DE ESTUDIO: HDG PARA LA OPERACIÓN DE UN DIQUE SECO FLOTANTE.

Objetivo del Caso de Estudio

Este caso de estudio tiene como objetivo ilustrar los mecanismos de desarrollo, el alcance, y los beneficios de la Herramienta Digital de Gestión (HDG) en la operación de un dique seco flotante. A través de este ejemplo, se demuestra cómo la HDG puede mejorar la eficiencia operativa, facilitar la gestión de recursos y optimizar el mantenimiento de embarcaciones.

Contexto de la Empresa

La empresa en cuestión se especializa en brindar servicios de mantenimiento a embarcaciones, principalmente atuneras, utilizando un dique seco flotante. Para mejorar la gestión de las operaciones en el dique, se desarrolló una herramienta digital personalizada basada en la plataforma AppSheet, una solución de desarrollo de aplicaciones sin código recientemente adquirida por Google.

Desarrollo de la Aplicación: Plataforma AppSheet

Plataforma de Desarrollo Utilizada: AppSheet

AppSheet es una plataforma de desarrollo de aplicaciones sin código que permite a los usuarios crear aplicaciones personalizadas sin necesidad de conocimientos avanzados de programación. Esta herramienta es ideal para empresas que buscan desarrollar soluciones digitales de manera eficiente y escalable.

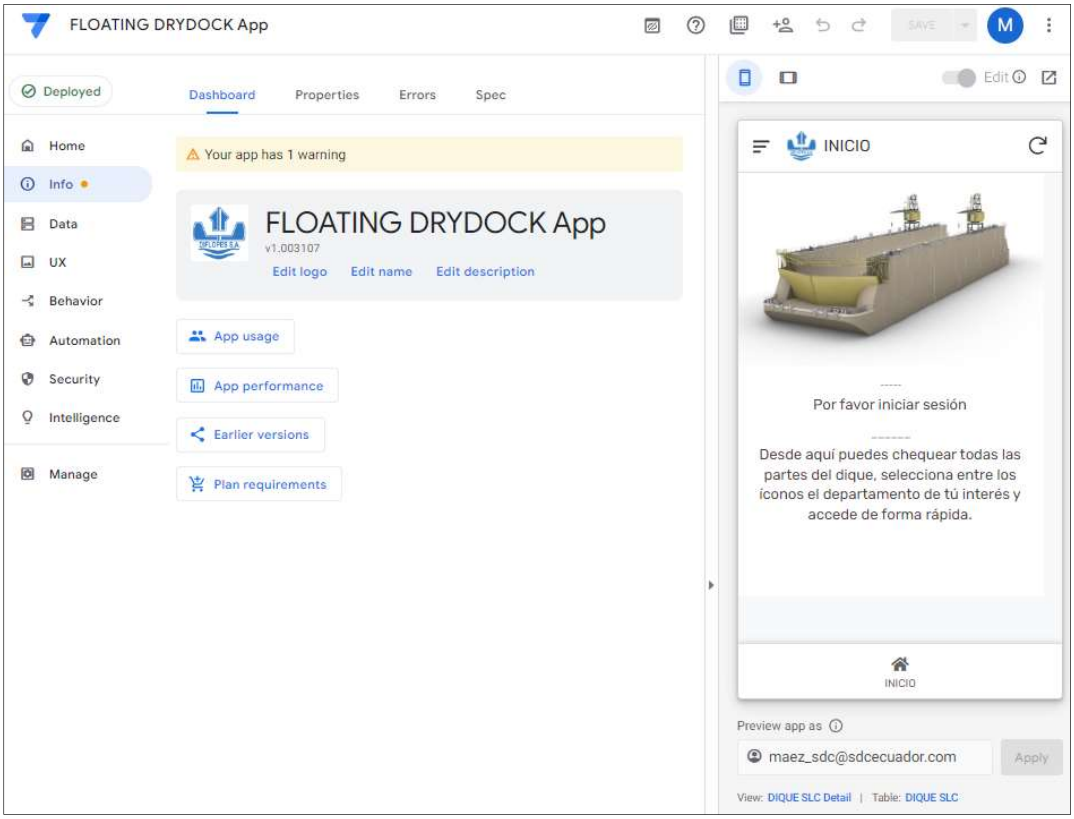

Figura 15. Plataforma de desarrollo de aplicaciones de bajo código, AppSheet.

Fuente: AppSheet.

La imagen muestra la interfaz de AppSheet, donde se pueden observar los diferentes menús y opciones para personalizar la aplicación, cargar bases de datos, agregar procesos automáticos, y configurar la seguridad de la aplicación.

Estructura de Datos y Organización de la Información

Bases de Datos Utilizadas

La HDG está estructurada en torno a dos grandes conjuntos de datos:

Base de Datos del Dique: Incluye tablas que gestionan la información relacionada con la operación y mantenimiento del dique seco flotante. Estas tablas cubren áreas como:

- Dique y sus condiciones operativas.
- Áreas físicas del dique (bodegas, cubiertas, grúas, etc.).

- Departamentos y sus respectivos empleados.
- Sistemas y equipos operativos.
- Inventario y materiales.

Base de Datos de los Buques: Se centra en los buques que utilizan el dique para su mantenimiento, gestionando información sobre:

- Características básicas de los buques.
- Historial de mantenimiento y carenamiento.
- Órdenes de trabajo y cotizaciones asociadas.

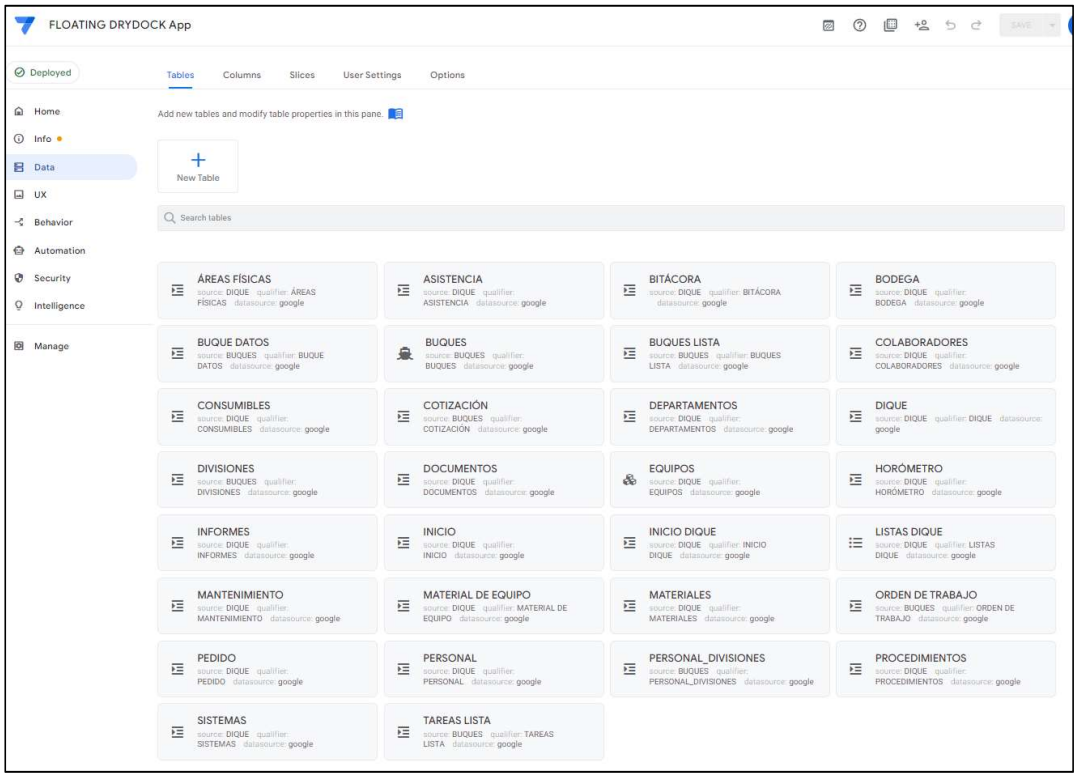

Figura 16. Tablas de la base de datos cargada en la plataforma AppSheet.

Fuente: AppSheet.

Cada tabla en la base de datos es administrada a través de hojas de cálculo en Google Sheets, asegurando la sincronización y actualización en tiempo real de los datos ingresados.

Distribución de la Información en la Aplicación

Para organizar la información de manera efectiva, la aplicación divide el trabajo y los datos en dos secciones principales:

- Gestión del Dique: Esta sección gestiona la condición del dique, recursos, procesos de operatividad, y mantenimiento. Incluye áreas físicas digitales para cada espacio del dique, como pañoles, bodegas, cubiertas, y grúas, donde se almacenan datos sobre equipos, materiales y trabajos realizados.
- Gestión de Buques: Aquí se gestionan las características de los buques que suben al dique y los trabajos realizados en ellos. Esta sección permite la creación de órdenes de trabajo, la gestión de cotizaciones, y el seguimiento detallado de todas las actividades de mantenimiento.

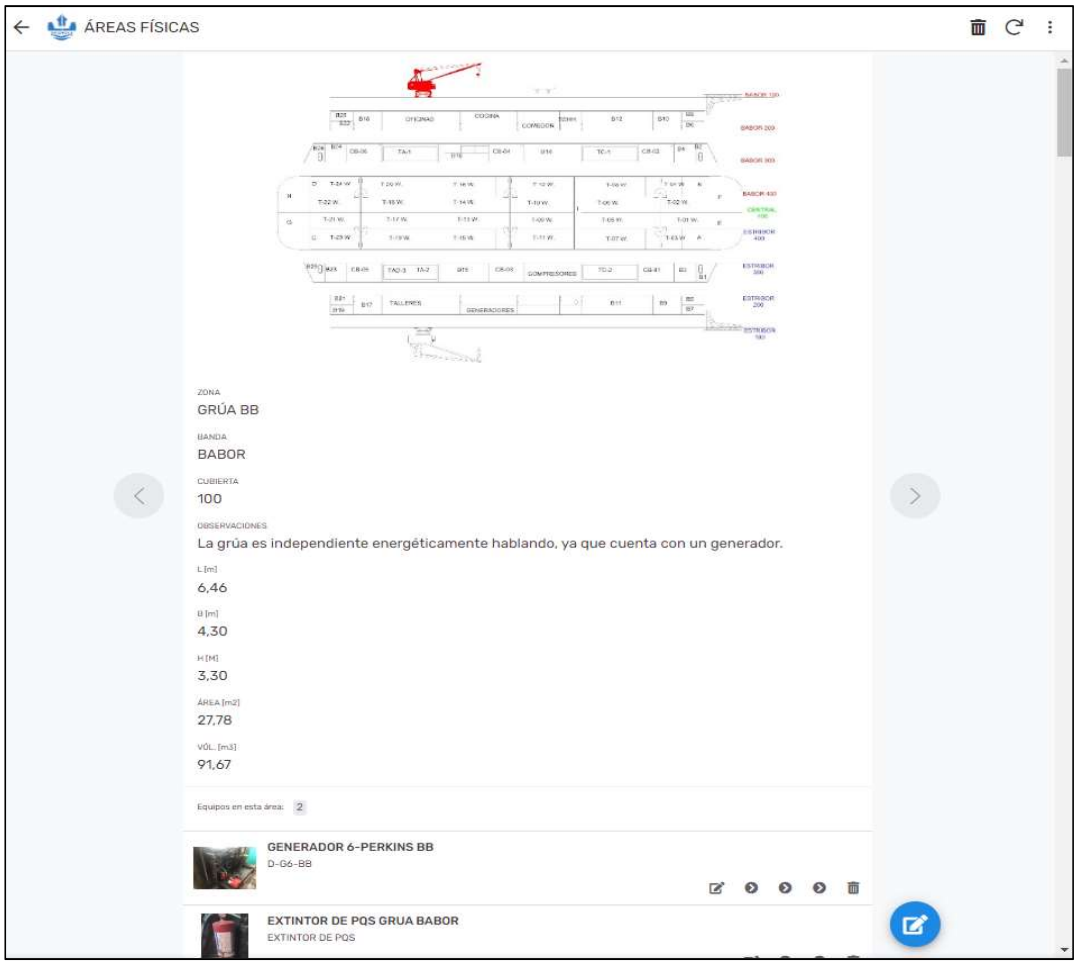

Figura 17.Esquema descriptivo del área física en dique denominada GRÚA BB.

Fuente: Floating DryDock App.

Integración de Funcionalidades y Automatización

Interfaz de Usuario y Automatización

La HDG está diseñada para ser intuitiva y accesible, permitiendo a los empleados registrar sus actividades diarias, gestionar órdenes de trabajo, y consultar información relevante desde cualquier dispositivo móvil o web. A través de la automatización, la aplicación facilita la generación de códigos únicos para cada orden de trabajo, la estimación de costos, y la asignación de tareas, lo que reduce significativamente el tiempo administrativo y mejora la precisión de los registros.

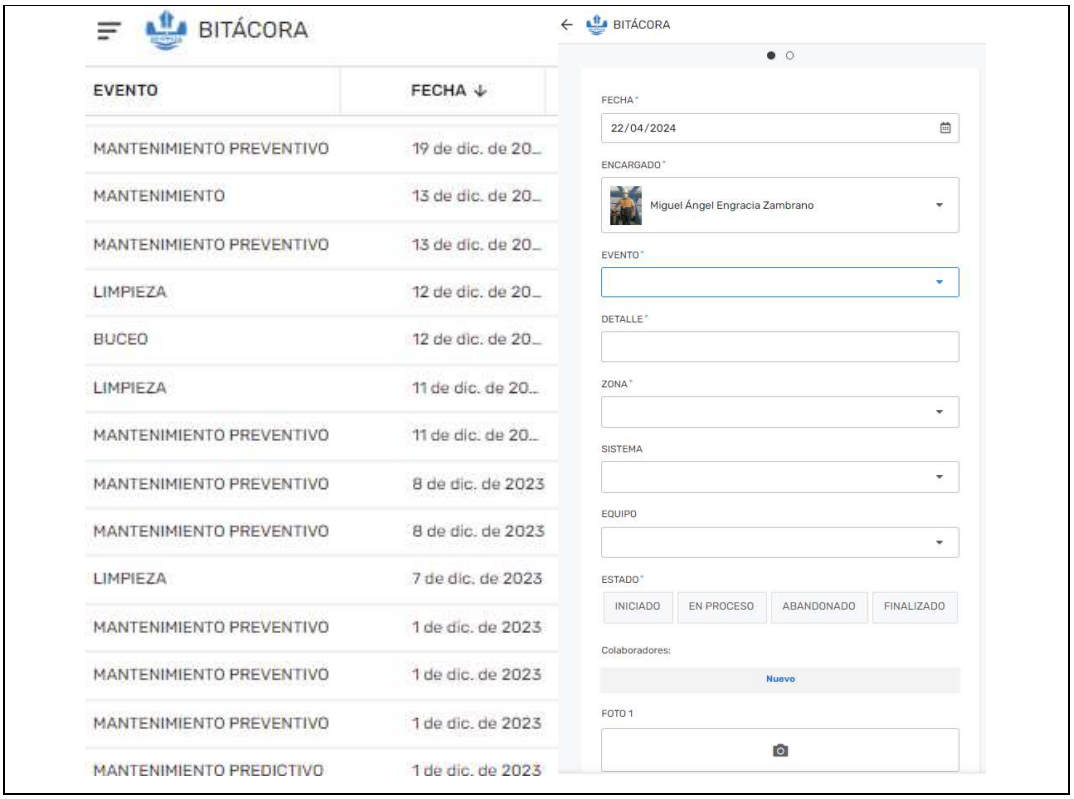

Figura 18. Vista de bitácora, formulario de ingreso de datos.

Fuente: Floating Drydock App.

Asistente Interactivo y Ejes Transversales

El asistente interactivo dentro de la HDG guía al usuario a través de los diferentes ejes transversales necesarios para completar una tarea o subproyecto. Al iniciar una nueva tarea, el asistente muestra los ejes que deben ser abordados, como el técnico, económico, legal, y de innovación, proporcionando información relevante y sugerencias basadas en la bibliografía verificable y las mejores prácticas de la industria.

Justificación de Costos y Beneficios

Costos de Desarrollo y Operación

El desarrollo de la HDG para la operación del dique seco flotante implicó varios costos asociados al uso de la plataforma AppSheet, la capacitación del personal y el tiempo dedicado por un ingeniero y un asistente. A continuación, se detallan estos costos:

- Ingeniero Principal: Un ingeniero, trabajando de forma intermitente como desarrollador de la HDG, dedicó un total de 9 meses al desarrollo de la herramienta. Su salario mensual fue de USD $1,200, resultando en un costo total de USD $10,800 por los meses trabajados en el proyecto, más los beneficios de ley y liquidación por ese periodo USD $1,620.00, suma USD $12,420.00
- Asistente: Un asistente colaboró en el desarrollo de la HDG. Su salario mensual fue de USD $600. Trabajó durante 9 meses, con un costo total de USD $5,400. Además, se deben considerar los beneficios de ley y la liquidación, que generalmente representan un 15% adicional del salario total en Ecuador, sumando aproximadamente USD $810.00 por 9 meses USD $6,250.00.
- Capacitación: Se realizó un curso de capacitación único para aprender a utilizar AppSheet, con un costo de USD $300.00.
- Suscripción a AppSheet: La plataforma AppSheet tiene un costo de suscripción mensual de USD $50.00, lo que resulta en un costo anual de USD $600.00. (Este último valor, a diferencia de los demás se calcula para un periodo de 12 meses, ya que es necesario una vez arrancado el proyecto).

Total, de Costos de Desarrollo y Operación: Sumando todos estos costos, el total para el desarrollo de la HDG fue de USD $19,570.00.

Beneficios de la Implementación de la HDG

La implementación de la HDG ofrece varios beneficios cuantificables para la empresa, particularmente en términos de eficiencia operativa y capacidad de generación de ingresos. A continuación, se describen estos beneficios en detalle:

- Reducción del Tiempo de Mantenimiento (5%): La HDG permite una reducción del tiempo de mantenimiento en un 5%, optimizando el uso de recursos y aumentando la capacidad operativa. Se pudo evidenciar que al facilitar el flujo de información desde el cliente hacia el dique y viceversa, los tiempos de ejecución se reducen en un factor de 5/100.
- Aumento en la Capacidad Operativa: Con la reducción del tiempo de mantenimiento, el dique puede atender más embarcaciones en el mismo período. Inicialmente, el dique podía atender un promedio de 12 embarcaciones al año; con la HDG, esta capacidad se incrementa a 15 embarcaciones anuales, en algunos casos 24 embarcaciones por año (Siempre que las dimensiones del dique lo permitan).
- Optimización de la Logística y Suministro de Materiales: La HDG facilita el acceso en tiempo real a información clave sobre los materiales y equipos necesarios, lo que reduce los tiempos de espera y mejora la eficiencia en la adquisición de materiales.

Resumen de Beneficios Anuales para el Cliente (Varadero/ Dique):

Los valores a continuación son un promedio del ingreso obtenido por varaderos y astilleros de mediano tamaño en la región.

- Utilidad promedio de un varadero o astillero mediano del sector por embarcación: USD $100,000.00 considerando 12 embarcaciones al año son USD $1’200,000.00 en utilidades al año en promedio. La HDG puede generar un incremento del 5% por embarcación USD $ 5,000.00 al reducir los tiempos de operación, correspondiente a USD $60,000.00 al año.
- Utilidad total anual considerando un aumento del número de embarcaciones atendidas 15 embarcaciones/año: USD $15,000.00, sólo para la diferencia correspondiente a 3 embarcaciones, a esto debe sumarse la diferencia en número de embarcaciones: USD 300,000.00.

- Incremento en Utilidad debido a la HDG: USD $375,000.00, al año respecto a la utilidad base sin HDG.

Conclusión de Costos y Beneficios

El análisis muestra que la inversión en el desarrollo de la HDG es recuperable y rentable a mediano plazo. Con un costo total de desarrollo de USD $19,570.00 y un aumento en la utilidad anual de USD $375,000.00 gracias a la implementación de la HDG, la empresa puede recuperar su inversión en menos de un año. Además, los beneficios adicionales generados por la eficiencia operativa, la capacidad de manejar más embarcaciones y los ahorros en logística contribuyen a un incremento significativo en la rentabilidad anual, haciendo de la HDG una herramienta clave para la optimización de operaciones en un dique seco flotante.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este capítulo discute los resultados obtenidos a partir de la encuesta realizada a los profesionales del sector naval, los hallazgos derivados del caso de estudio implementado y los diferentes análisis de factibilidad y costo-beneficio asociados con la implementación de una herramienta digital integral para la gestión del ciclo de vida de proyectos navales. La discusión se estructura en tres secciones principales: resultados de la encuesta, resultados del caso de estudio y análisis de factibilidad y retorno de inversión.

Resultados del análisis de mercado

En el *CAPÍTULO* 2.2ANÁLISIS DE MERCADO., se presentó un análisis de mercado para determinar el público objetivo de la Herramienta Digital de Gestión (HDG). Los resultados obtenidos en las capitanías de Manta, Guayaquil, Puerto Bolívar y Francisco de Orellana proporcionan una visión detallada sobre la distribución de tipos de buques, lo cual es esencial para definir el enfoque de la HDG.

- **Manta:** El predominio de barcos pesqueros, que representan el 61.70% del total con una eslora promedio de 21.93 metros, sugiere que la HDG debería enfocarse en la gestión de buques pesqueros y atuneros, los cuales son clave para la economía local.
- **Guayaquil:** La diversidad de tipos de buques, incluyendo buques de carga y transporte, indica que la HDG podría optimizar la gestión logística y operativa en esta región.
- **Puerto Bolívar:** La alta concentración de buques de pesca artesanal refleja una oportunidad para digitalizar y mejorar las prácticas en este sector, lo que podría ser una prioridad para la HDG en esta área.
- **Francisco de Orellana:** Con una mayoría de buques tipo barcaza y empujador/remolcador, la HDG debería especializarse en la gestión de flotas fluviales y de carga, cruciales para las operaciones en cuerpos de agua interiores.

Estos resultados demuestran la necesidad de personalizar la HDG según las características y necesidades de cada región, enfocándose en los tipos de buques predominantes y su importancia estratégica para la economía local.

Resultados de la evaluación de herramientas existentes en la industria naval

El análisis de las herramientas existentes en la industria naval muestra que las plataformas digitales que ofrecen una gestión integral del ciclo de vida de los proyectos navales son esenciales para optimizar cada etapa del proceso, desde el diseño conceptual hasta el desmantelamiento. Sin embargo, estas soluciones requieren la integración de múltiples módulos y software adicionales, cada uno con su propio costo, lo que implica una inversión considerable en licencias, implementación y mantenimiento.

Los datos de costos presentado en los histogramas en el muestra que plataformas como Siemens Xcelerator, FORAN de SENER y Teamcenter de Siemens, con costos promedio que pueden superar los USD $20,000 anuales, reflejan no solo su capacidad avanzada para manejar las complejidades del ciclo de vida de los proyectos navales, sino también la significativa inversión que requieren para su implementación completa.

Herramientas avanzadas como Siemens Xcelerator y Dassault Systèmes 3DEXPERIENCE destacan por integrar tecnologías como los gemelos digitales, pero también necesitan múltiples componentes y módulos adicionales, con costos que pueden oscilar entre USD $10,000 y USD $100,000 anuales dependiendo de la configuración y el tamaño de la empresa. Esto subraya la necesidad de una planificación financiera y técnica exhaustiva para garantizar que la implementación sea rentable y efectiva.

Para validar la implementación de la HDG, es vital considerar estos factores de costo y modularidad. La HDG debe ser capaz de integrarse eficientemente con estas plataformas, ofreciendo una solución robusta que optimice los costos operativos a largo plazo. Además, la posibilidad de personalizar la HDG para adaptarse a las necesidades específicas del proyecto naval sin incurrir en costos excesivos será un aspecto crucial en su éxito.

Resultados de la Encuesta

La encuesta mostrada en el *CAPÍTULO 2.2* es aplicada a un grupo de profesionales del sector naval proporcionó datos valiosos sobre la percepción y el uso actual de las herramientas digitales en la gestión del ciclo de vida del proyecto naval.

Los resultados indican que un 75% de los encuestados consideran que las herramientas digitales actuales no satisfacen completamente sus necesidades debido a la falta de integración entre diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto y la dificultad para adaptarse a las especificidades locales de la industria.

Además, el 60% de los participantes señaló la necesidad de contar con una plataforma digital que no solo integre funcionalidades de diseño y planificación, sino que también facilite la comunicación y la toma de decisiones en tiempo real durante la operación y el mantenimiento de las embarcaciones.

Estos resultados sugieren que existe un claro reconocimiento de las limitaciones de las herramientas digitales actuales y un interés generalizado en adoptar soluciones más integradas y adaptables. La mayoría de los encuestados también manifestaron una percepción positiva hacia la implementación de una herramienta digital que pueda ofrecer un acceso multiplataforma, soporte en tiempo real y capacidad de personalización según las necesidades específicas del proyecto.

Resultados del Caso de Estudio

El caso de estudio implementado en un astillero local para probar la herramienta digital desarrollada reveló varios puntos clave que destacan su efectividad en la mejora de los procesos de gestión del ciclo de vida del proyecto naval.

En comparación con los métodos tradicionales, la herramienta digital permitió una reducción del 20% en los tiempos de diseño y una mejora del 5% en la eficiencia operativa gracias a la optimización de recursos y una mejor coordinación entre los diferentes departamentos involucrados en el proyecto.

Asimismo, se observó una reducción significativa en los costos operativos, debido a la capacidad de la herramienta para prever y mitigar problemas potenciales antes de que se materialicen, utilizando datos históricos y simulaciones en tiempo real. Esta

capacidad de predicción y análisis también permitió una mejora en la toma de decisiones, proporcionando información clara y precisa a los responsables del proyecto.

Estos resultados destacan la potencialidad de la herramienta digital para transformar la gestión de proyectos navales, proporcionando una solución integral que abarca desde la concepción hasta el desguace, integrando cada etapa y mejorando la eficiencia y la comunicación entre todas las partes involucradas.

Análisis de Factibilidad y Costo-Beneficio

El análisis de factibilidad técnica reveló que la implementación de la herramienta digital es viable, siempre y cuando se cuente con una infraestructura adecuada de TI y un equipo capacitado para gestionar y mantener la plataforma. La factibilidad económica, evaluada mediante un análisis de costo-beneficio y un cálculo de retorno sobre la inversión (ROI), mostró resultados favorables.

Para el desarrollador el costo inicial de desarrollo de la herramienta es cubierto a partir del 2do cliente, cubriendo también los costos de implementación para ambos clientes, pero la HDG desarrollad puede implementarse en un número ilimitado de nuevos clientes. Para el cliente, el panorama es mucho más ventajoso, ya que anual, por implementación, mantenimiento y pago de subscripción es de USD $22,146.60, con un retorno de USD $375,000.00 por año, o un ROI del 1693% .

Desde el punto de vista legal, la herramienta cumple con las normativas internacionales y locales vigentes en materia de protección de datos y ciberseguridad, lo cual es crucial para su adopción en la industria naval.

Finalmente, el análisis de factibilidad medioambiental indicó que la herramienta digital puede contribuir significativamente a la reducción del impacto ambiental de los proyectos navales al optimizar el uso de materiales y minimizar los residuos generados durante las diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto.

Conclusiones del Capítulo

Los resultados de la encuesta, el caso de estudio y los análisis de factibilidad proporcionan una visión comprensiva sobre los beneficios potenciales de la implementación de una herramienta digital integral para la gestión del ciclo de vida de proyectos navales. Las evidencias sugieren que dicha herramienta no solo es viable y

económicamente beneficiosa, sino que también tiene el potencial de mejorar significativamente la eficiencia operativa, reducir costos y minimizar el impacto ambiental en la industria naval. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de continuar explorando y desarrollando soluciones digitales innovadoras que puedan satisfacer las crecientes demandas del sector naval.

CAPÍTULO 5.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. RESUMEN.

Este estudio de viabilidad se centró en analizar la posibilidad de desarrollar e implementar una herramienta digital integral para la gestión del ciclo de vida de proyectos navales en la industria marítima ecuatoriana. Se evaluaron las necesidades específicas del sector, las tecnologías disponibles y los recursos necesarios para su implementación exitosa. La investigación incluyó un análisis del mercado, la factibilidad técnica y económica, así como el diseño conceptual y el prototipado de la herramienta digital. Los resultados indican que la herramienta propuesta es viable y tiene el potencial de mejorar significativamente la eficiencia operativa, la comunicación y la toma de decisiones en el sector naval.

5.2. CONCLUSIONES.

El estudio concluye que el desarrollo de una herramienta digital integral para la gestión del ciclo de vida de proyectos navales es técnicamente viable y económicamente beneficioso. Durante el análisis de mercado, se identificó que **el 75%** de los encuestados considera que las herramientas digitales actuales no cumplen completamente con sus necesidades, y **el 60%** indicó la necesidad de una plataforma digital que facilite la integración de procesos y la toma de decisiones en tiempo real. Además, el caso de estudio reveló que la implementación de la herramienta digital propuesta podría reducir los tiempos de diseño en un **20%** y mejorar la eficiencia operativa en un **15%**, lo que se traduce en una reducción significativa de los costos operativos.

El análisis de factibilidad económica mostró que la inversión inicial para el desarrollo e implementación de la herramienta se recuperaría con 2 clientes y para el cliente un ROI mayor a 500%. Esto refleja no solo la capacidad de la herramienta para optimizar los procesos y reducir los costos, sino también su potencial para mejorar la competitividad del sector naval en Ecuador. En términos de factibilidad legal, se confirmó que la herramienta cumple con todas las normativas internacionales y locales en materia de protección de datos y ciberseguridad, lo cual es crucial para su adopción en la industria naval.

En resumen, la implementación de esta herramienta digital podría transformar significativamente la gestión de proyectos navales en Ecuador, mejorando la eficiencia operativa, reduciendo costos y minimizando el impacto ambiental, al tiempo que aumenta la competitividad de las empresas involucradas.

5.3. RECOMENDACIONES.

Diseño Centrado en el Usuario: Es crucial que el diseño de la herramienta digital se enfoque en las necesidades específicas de los usuarios clave, como ingenieros navales, operadores y constructores. Se recomienda involucrar a estos usuarios en el proceso de desarrollo mediante pruebas y retroalimentación para asegurar que la solución sea intuitiva y eficiente.

Integración de Información y Procesos: La herramienta debe ser capaz de integrar información y procesos de diferentes softwares utilizados en la industria marítima. Esto

incluye facilitar la interoperabilidad entre aplicaciones, evitar la duplicación de datos y optimizar la eficiencia de los flujos de trabajo.

Modularidad y Escalabilidad: Se aconseja diseñar la herramienta de manera modular para permitir la incorporación gradual de nuevas funcionalidades y adaptarse a las necesidades cambiantes del sector. La arquitectura debe ser escalable para soportar un crecimiento en el volumen de datos y usuarios sin comprometer el rendimiento.

Asistencia y Guía Interactiva: Implementar una guía interactiva que brinde soporte a los usuarios en sus tareas diarias, basada en información verificada y mejores prácticas de la industria. Esta guía debe ser adaptable a los perfiles y necesidades específicas de cada usuario, ofreciendo recomendaciones y alertas personalizadas.

Análisis de Datos y Toma de Decisiones: Incluir capacidades avanzadas de análisis de datos en la herramienta para generar informes, visualizaciones y métricas clave que respalden la toma de decisiones informadas. Funcionalidades predictivas y de simulación también pueden ser incorporadas para ayudar a los usuarios a anticipar y mitigar riesgos a lo largo del ciclo de vida del proyecto naval.

Seguridad y Cumplimiento Normativo: Asegurar que la herramienta cumpla con los requisitos de seguridad de la información y protección de datos de acuerdo con las regulaciones y estándares aplicables en la industria marítima. Además, la solución debe facilitar el cumplimiento de las normas y regulaciones vigentes establecidas por organismos internacionales y autoridades locales.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Koulamas, C., & Georgiadis, P. 2018

Digital tools for project lifecycle management. CRC Press.

2. United Nations Conference on Trade and Development. 2022

Review of maritime transport 2022. https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2022.

3. Solomon, R. 2023

Global employment trends in the shipbuilding and maritime industry. Journal of Maritime Economics, 15(2), 45-67.

4. Infodefensa. 2022

Industria naval en América Latina: tradición marítima y voluntad pese a la inferioridad de condiciones (Parte II). Recuperado de https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/4638755/industria-naval-america-latina-tradicion-mar

5. Ministerio de Relaciones Exteriores del Perú. 2023

Perú y Japón firman convenio para la construcción de buques de gran tamaño. https://www.gob.pe/mre/noticias/123456

6. Marine Digital. 2021

Digital Transformation in the Maritime Industry: Trends and Challenges. Retrieved from Marine Digital.

7. Inmarsat. 2018

Industrial IoT: Maritime.

8. Lloyd's Register. 2019

Global Marine Technology Trends 2030.

9. Maritime Transport Efficiency. 2021

Cybersecurity in Maritime.

10. Allianz Global Corporate & Specialty. 2020

Safety and Shipping Review.

11. IDC. 2020

Cloud Computing in Maritime.

12. DNV GL. 2018

Digitalization and the Future of the Shipping Industry.

13. MarketsandMarkets. 2020

3D Printing in Maritime Industry Market.

14. Wärtsilä. 2019

Additive Manufacturing in the Maritime Industry.

15. KPMG. 2019

The impact of augmented reality on maritime industry. Maritime Technology Review, 15(3), 45-58. https://doi.org/10.1016/j.martech.2019.03.007

16. Samsung Heavy Industries. 2018

Application of augmented reality in shipbuilding. Journal of Ship Production and Design, 34(4), 289-301. https://doi.org/10.5957/jspd.2018.34.4.289

17. COTECMAR. 2021

Implementación de tecnologías avanzadas en el diseño y construcción naval. Recuperado de https://www.cotecmar.com/tecnologias-avanzadas.

18. McKinsey & Company. 2020

Big Data Analytics in Maritime.

19. Santos, M., & Martínez, L. 2021

Innovación y desarrollo tecnológico en la industria naval de América del Sur: Retos y perspectivas. Revista Latinoamericana de Innovación y Desarrollo Tecnológico, 14(2), 75-92. https://doi.org/10.1016/j.rlidt.2021.06

20. Hughes, H. 2017

Marine engineering. Wiley.

21. Rodríguez, A. 2018

Proyectos navales: Desde la idea hasta la navegación. Editorial Náutica.

22. Martínez, J. 2019

Ingeniería naval moderna. Editorial Marítima.

23. Gibson, C. 2021

Introduction to naval architecture. Elsevier.

24. Bureau of Naval Personnel. 1990

Ship Work Breakdown Structure (SWBS) Manual.

25. Organización Marítima Internacional. 2018

Código Internacional de Seguridad para los Buques y las Instalaciones Portuarias (ISPS). Recuperado de http://www.imo.org

26. Organización Marítima Internacional. 2018

Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques (MARPOL). Recuperado de http://www.imo.org

27. Ministerio del Ambiente. 2017

Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Quito, Ecuador. Recuperado de https://www.gob.ec/mae

28. Ministerio de Trabajo. 2019

Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo. Quito, Ecuador. Recuperado de https://www.trabajo.gob.ec

29. Mora, M., & Ayala, L. 2014

Análisis económico del desguace de buques en el Ecuador [Tesis]. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Recuperado de http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/25805

30. Universidad Politécnica de Madrid. 2018

Estudio sobre la eficiencia de herramientas digitales en el ciclo de vida del proyecto naval.

31. Naval Group. 2020

Innovaciones en el diseño y construcción naval: simulación y visualización 3D.

32. Navantia - PYMAR. 2024

Eficiencia energética y sostenibilidad en la construcción naval.

33. MAPFRE Global Risks. 2024

Gemelos digitales y su impacto en la industria naval. Recuperado de https://www.mapfreglobalrisks.com/gerencia-riesgos-seguros/articulos/construccion-naval-innovacion-y-sostenibilidad/.

34. TECH España. 2023

Estudio de viabilidad de herramientas digitales en proyectos navales.

35. Atenos. 2023

Nuevas metodologías en la gestión de proyectos navales.

36. Rea, L. M., & Parker, R. A. 2021.

Designing and Conducting Survey Research: A Comprehensive Guide (5th ed.). Jossey-Bass(REFERENCIAS).

37. Meredith, J. R., & Mantel, S. J. 2012.

Project Management: A Managerial Approach. John Wiley & Sons.

38. Kerzner, H. 2013.

Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. John Wiley & Sons.

ANEXOS

ANEXO A.

TECNOLOGÍAS DISPONIBLES ACTUALMENTE PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES Y HERRAMIENTAS WEB.

Categoría de tecnología	Descripción	Ejemplos
Lenguajes de programación	Son la base para el desarrollo de software y permiten crear una amplia gama de herramientas.	Python, Java, JavaScript, C++, C#, Swift
Frameworks y bibliotecas	Proporcionan estructuras predefinidas y módulos de código que pueden simplificar y acelerar el desarrollo de herramientas.	Django (Python), React (JavaScript), TensorFlow (Python)
Herramientas de desarrollo	Son programas que ayudan a los desarrolladores a escribir, depurar y probar código.	Visual Studio Code (IDE), PyCharm (IDE), Git (control de versiones)
Plataformas en la nube	Ofrecen servicios de computación, almacenamiento y redes que pueden ser utilizados para desarrollar y alojar herramientas digitales.	Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud Platform (GCP)
Tecnologías emergentes	Están teniendo un impacto en el desarrollo de herramientas digitales.	Inteligencia artificial, aprendizaje automático, realidad virtual, realidad aumentada
Aplicaciones de software	Están diseñadas para ayudar a los usuarios a realizar diversas tareas, como la	Microsoft Office, Google Workspace, Slack

	gestión de documentos, proyectos y comunicaciones.	
Desarrollo móvil	Tecnologías para el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes y tabletas.	iOS, Android, React Native
Desarrollo web	Tecnologías para el desarrollo de sitios web y aplicaciones web.	HTML, CSS, JavaScript, React, Angular
Gestión de bases de datos	Tecnologías para la gestión y el almacenamiento de datos.	MySQL, PostgreSQL, MongoDB
Herramientas DevOps	Herramientas para automatizar procesos de desarrollo y despliegue de software.	Jenkins, GitLab, Docker
Tecnologías de contenedores	Tecnologías para empaquetar y desplegar aplicaciones en contenedores.	Docker, Kubernetes, Docker Swarm
Tecnologías sin servidor	Tecnologías para el desarrollo y despliegue de aplicaciones sin administrar servidores.	AWS Lambda, Azure Functions, Google Cloud Functions
Desarrollo multiplataforma	Tecnologías para el desarrollo de aplicaciones que pueden ejecutarse en varias plataformas.	Xamarin, Flutter, React Native
Aplicaciones web progresivas (PWA)	Aplicaciones web que pueden funcionar como aplicaciones móviles nativas.	Ionic, Angular, Vue.js
Internet de las cosas (IoT)	Tecnologías para conectar y gestionar dispositivos y sensores a través de Internet.	AWS IoT, Azure IoT, Google Cloud IoT

Inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático (ML)	Tecnologías para el desarrollo de sistemas inteligentes que pueden aprender y adaptarse.	TensorFlow, PyTorch, Scikit-learn
Realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR)	Tecnologías para crear experiencias inmersivas e interactivas.	Unity, Unreal Engine, ARCore, ARKit
Blockchain	Tecnologías para crear sistemas descentralizados y seguros.	Ethereum, Hyperledger, Bitcoin
Big Data	Tecnologías para gestionar y analizar grandes conjuntos de datos.	Hadoop, Spark, Hive
Business Intelligence (BI)	Tecnologías para analizar y visualizar datos empresariales.	Tableau, Power BI, QlikView
Customer Relationship Management (CRM)	Tecnologías para gestionar relaciones y procesos de ventas con clientes.	Salesforce, HubSpot, Zoho CRM
Enterprise Resource Planning (ERP)	Tecnologías para gestionar procesos y recursos empresariales.	SAP, Oracle, Microsoft Dynamics
Gestión de Recursos Humanos (HRM)	Tecnologías para gestionar datos y procesos de empleados.	Workday, BambooHR, ADP

Tabla 16. Tecnologías existentes para el desarrollo de aplicaciones y herramientas web actualmente.

Fuente: Autor.

ANEXO B.

GRÁFICAS DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA SOBRE IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA DIGITAL EN LA INDUSTRIA MARÍTIMA.

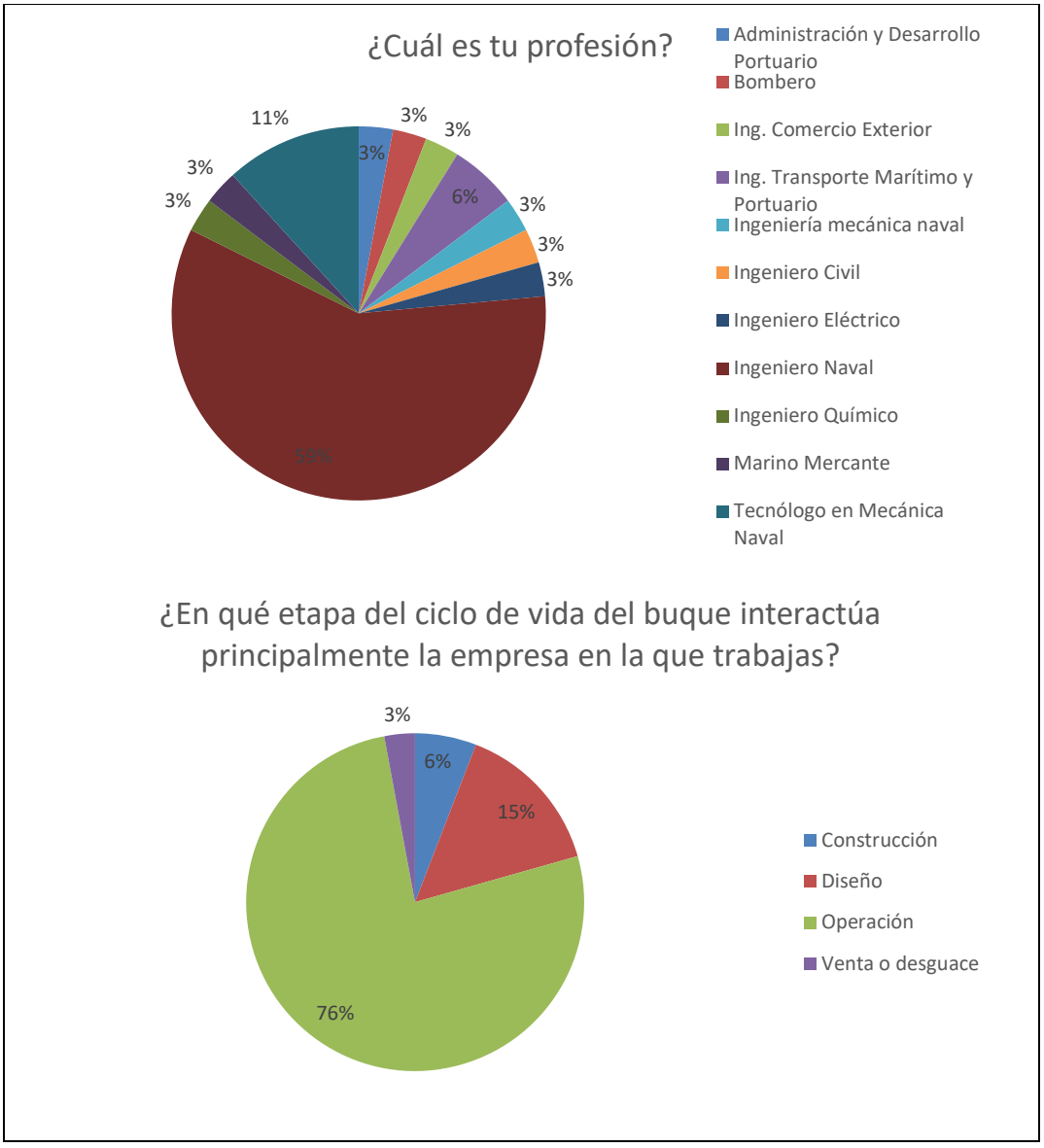

Figura 19. Gráfica de profesiones e interacción en etapas del CVPN de los encuestados.

Fuente:

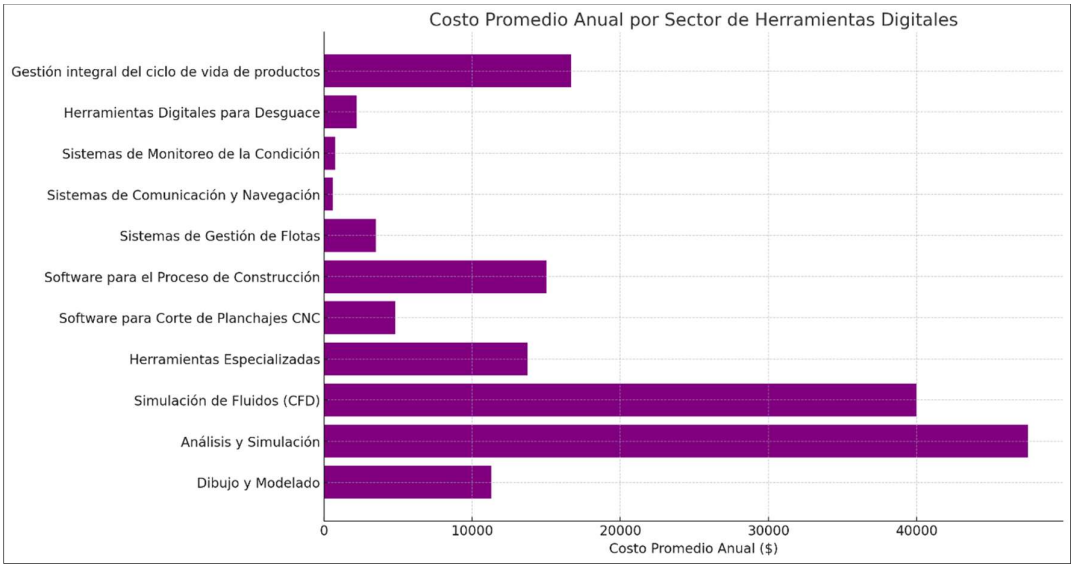

Figura 7. Costo promedio anual por sector de herramientas digitales.

Fuente: Elaboración propia con base en datos estimados de costos de herramientas digitales por sector.

Los datos presentados en la *Tabla 12* y el histograma, que comparan los costos de las diferentes herramientas digitales para la gestión de proyectos navales, serán discutidos en detalle en el *CAPÍTULO 4.*

Figura 20. Gráficas de la encuesta realizada, muestran experiencia de las empresas encuestadas y el alcance de actividad de las mismas.

Fuente:

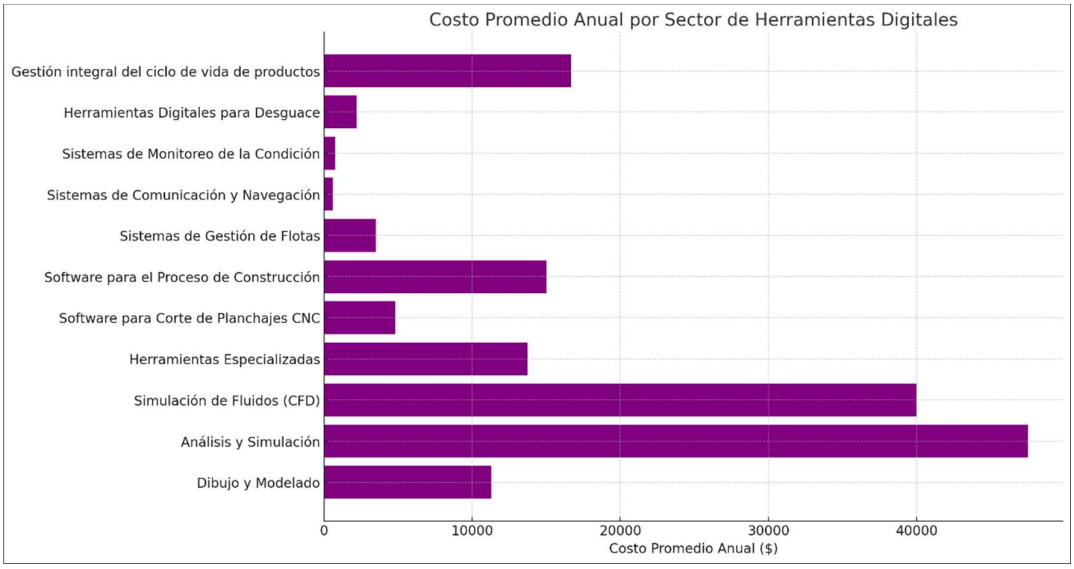

Figura *7.* Costo promedio anual por sector de herramientas digitales.

Fuente: Elaboración propia con base en datos estimados de costos de herramientas digitales por sector.

Los datos presentados en la *Tabla 12* y el histograma, que comparan los costos de las diferentes herramientas digitales para la gestión de proyectos navales, serán discutidos en detalle en el *CAPÍTULO 4.*

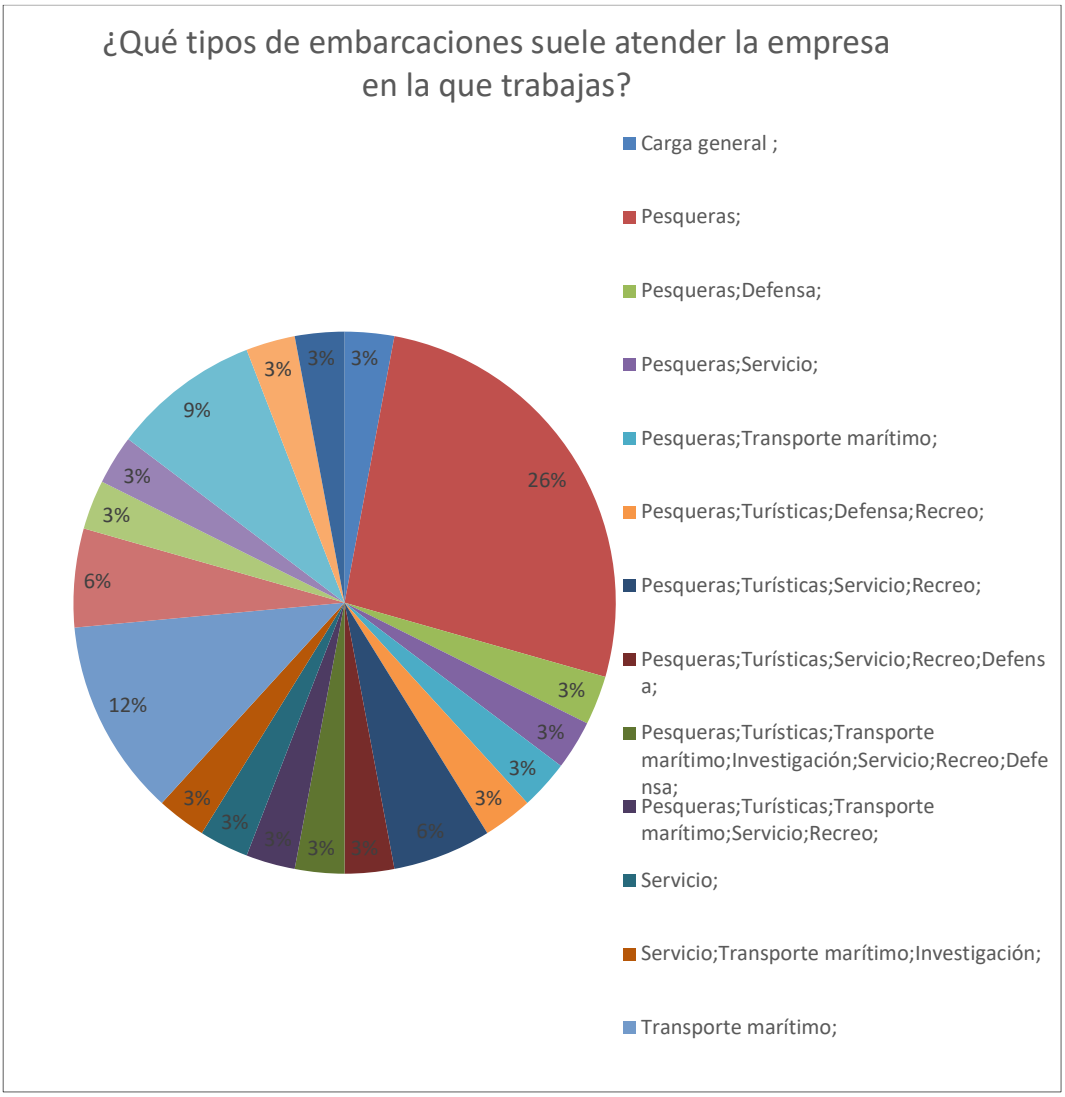

Figura 21. Tipo de embarcaciones que atienden las empresas encuestadas.

Fuente:

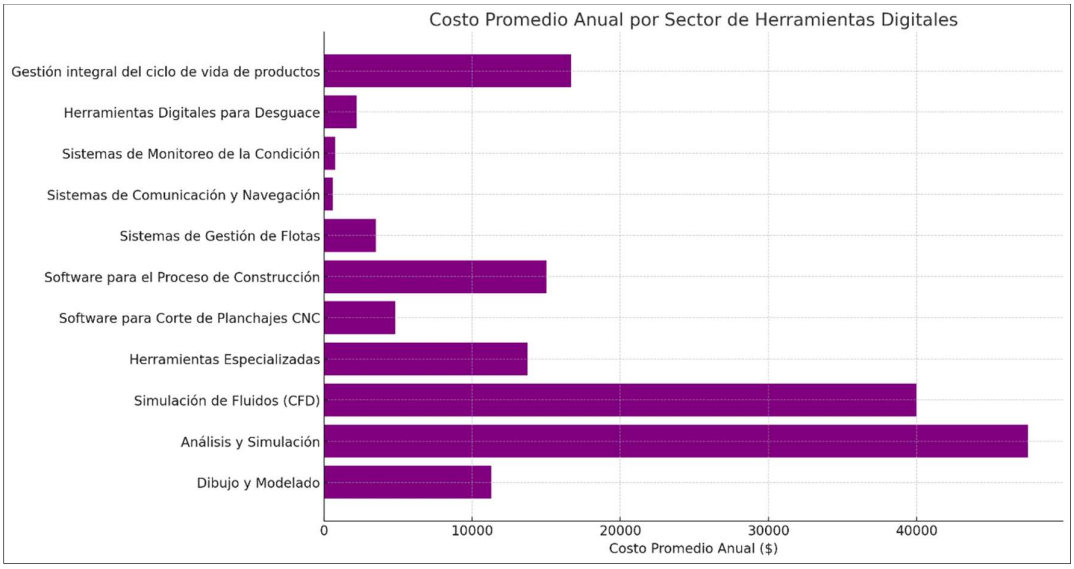

Figura *7.* Costo promedio anual por sector de herramientas digitales.

Fuente: Elaboración propia con base en datos estimados de costos de herramientas digitales por sector.

Los datos presentados en la *Tabla 12* y el histograma, que comparan los costos de las diferentes herramientas digitales para la gestión de proyectos navales, serán discutidos en detalle en el *CAPÍTULO 4.*

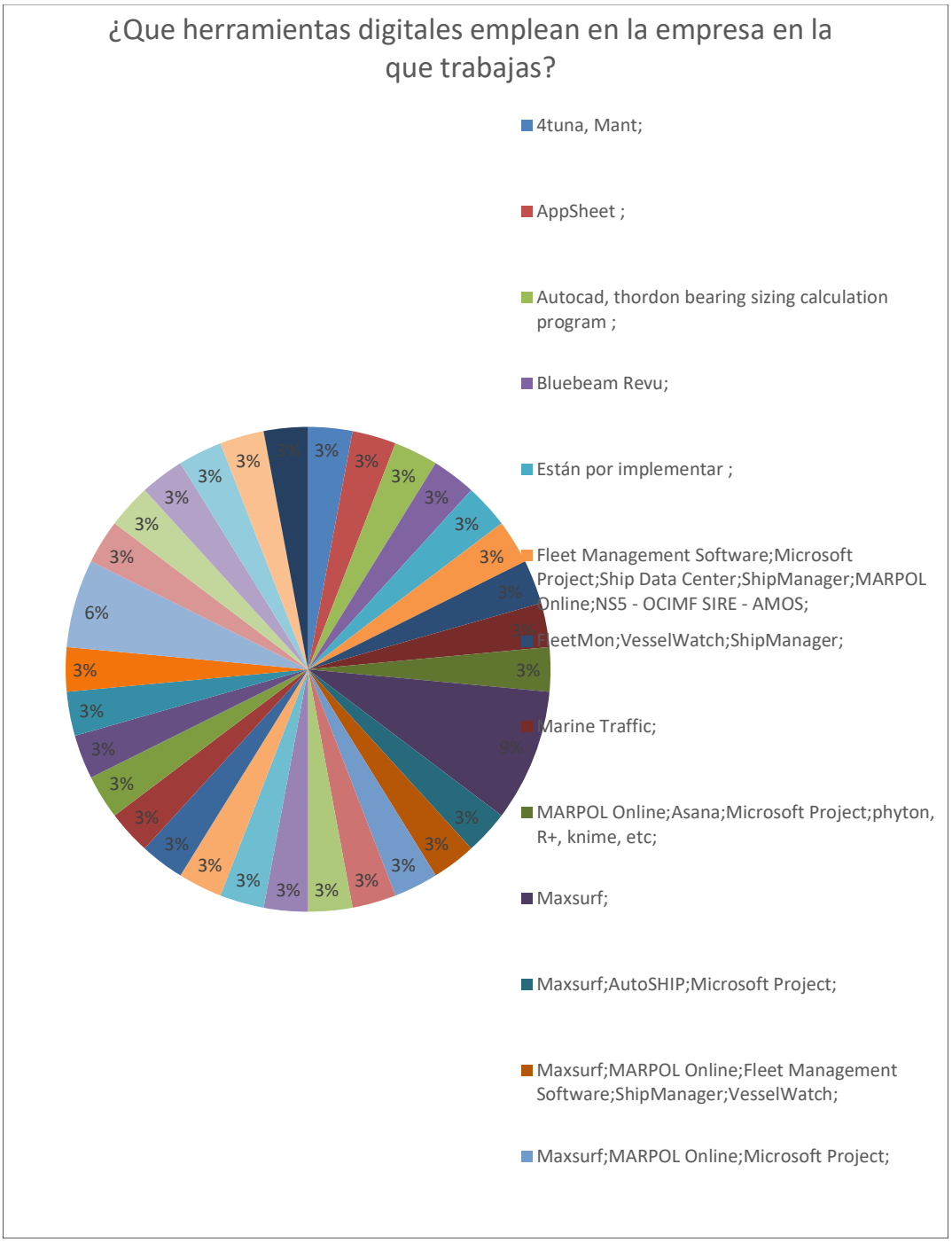

Figura 22. Herramientas digitales utilizadas actualmente en la industria, según encuesta realizada.

Fuente:

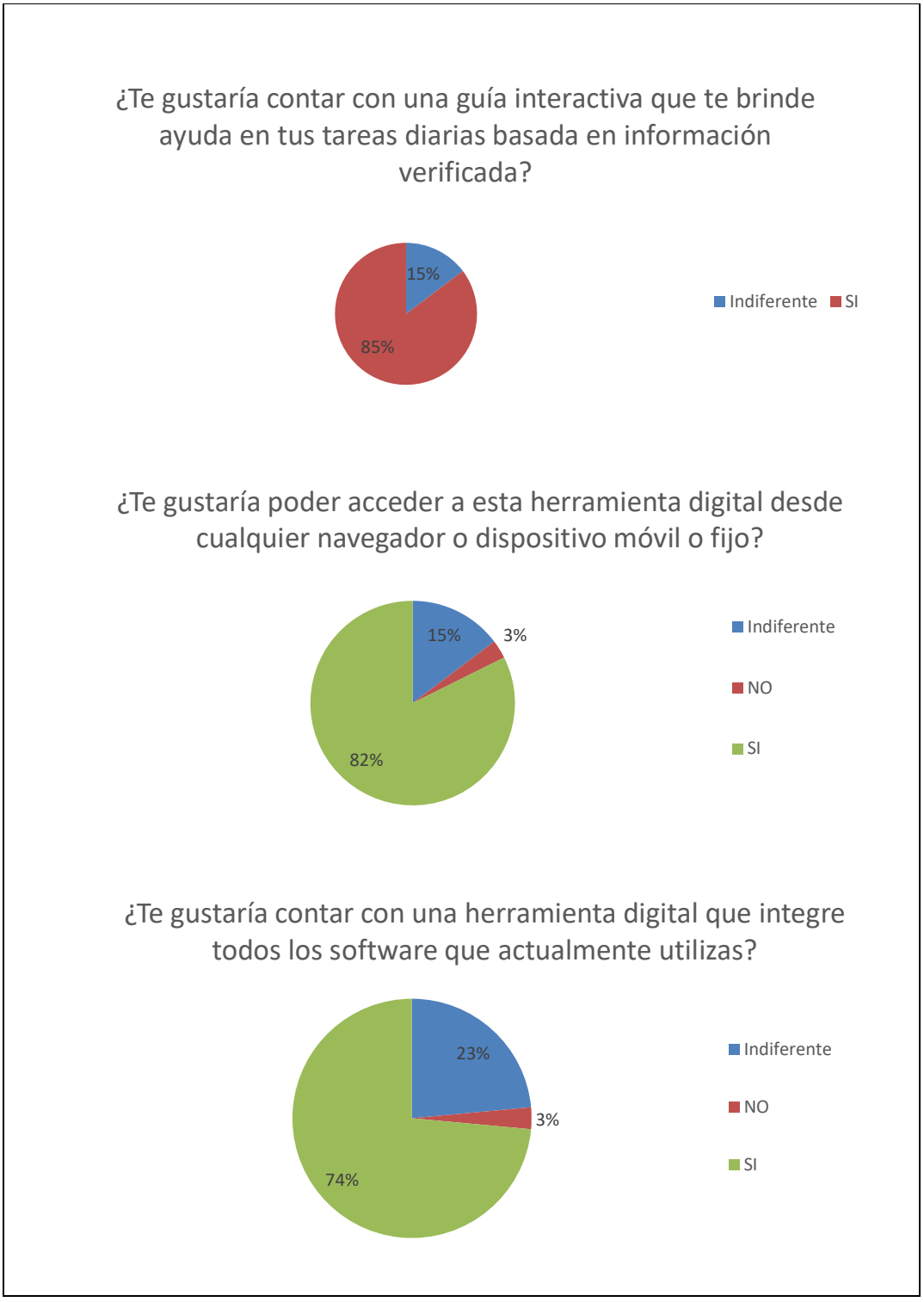

Figura 23. Consulta sobre aceptación de la HD en el medio naval.

Fuente:

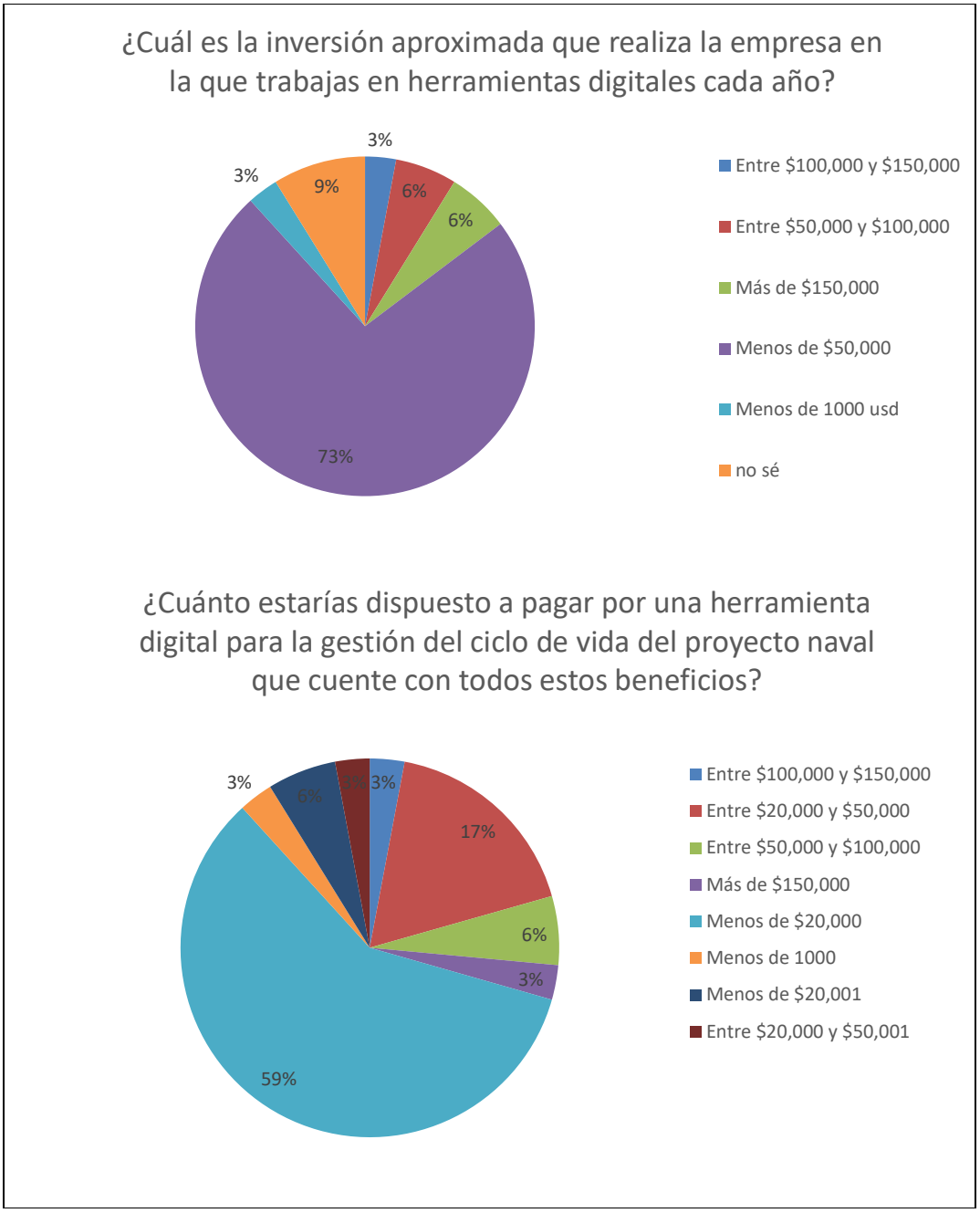

Figura 24. Valores de herramientas digitales que operan en el medio y posibles valores por la HD propuesta.

Fuente:

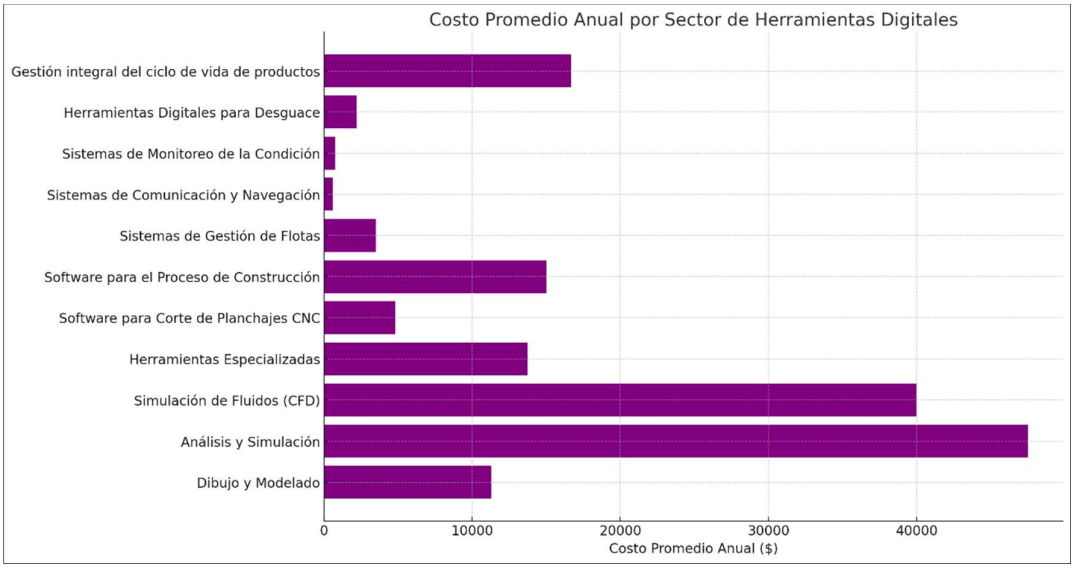

Figura 7. Costo promedio anual por sector de herramientas digitales.

Fuente: Elaboración propia con base en datos estimados de costos de herramientas digitales por sector.

Los datos presentados en la *Tabla 12* y el histograma, que comparan los costos de las diferentes herramientas digitales para la gestión de proyectos navales, serán discutidos en detalle en el *CAPÍTULO 4.*

ANEXO C.

APARIENCIA DE LA APLICACIÓN DESARROLLADA EN EL CASO DE ESTUDIO.

En esta sección se presentan varias capturas de pantalla de las diferentes ventanas que se muestran en la aplicación desde el ingreso del usuario, se presenta, la sección de áreas físicas, sistemas, equipos, bitácora y Buques en dique.

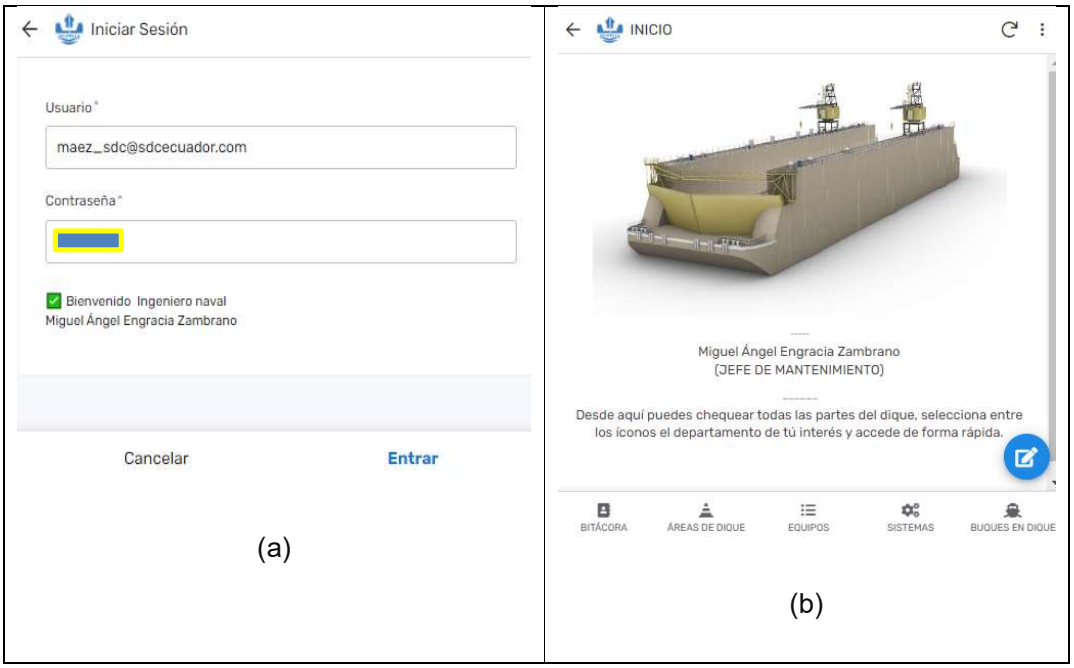

Figura 25. Acceso a la aplicación y ventana de bien venida.

Fuente: Floating Drydock App. (Desarrollado por el autor).

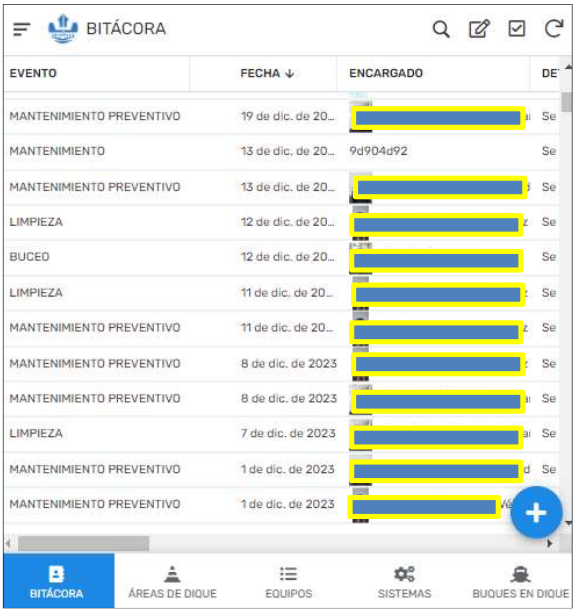

Figura 26. Sección de bitácora.

Fuente: Floating Drydock App. (Desarrollado por el autor).

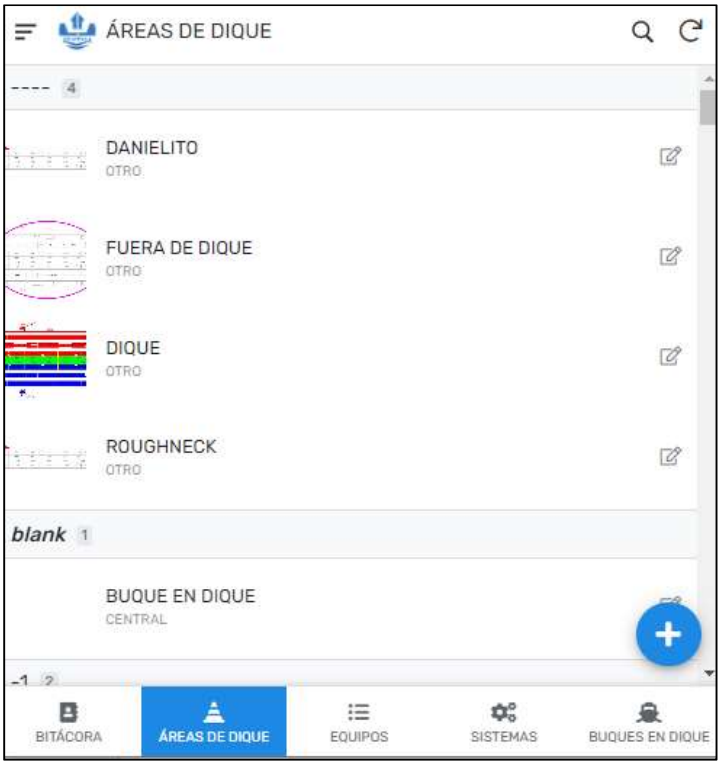

Figura 27. Sección de áreas de dique.

Fuente: Floating Drydock App. (Desarrollado por el autor).

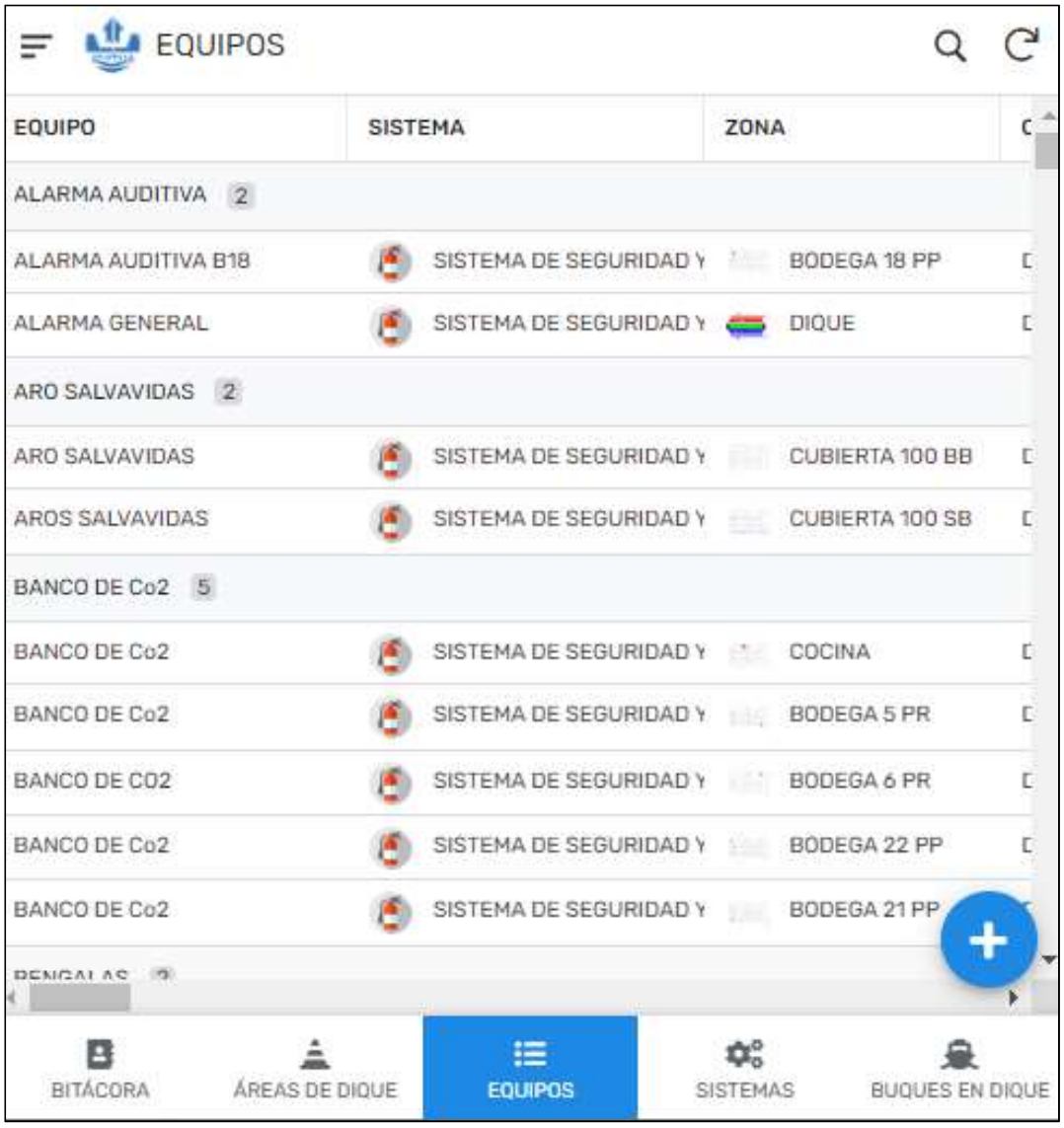

Figura 28. Sección de equipos.

Fuente: Floating Drydock App. (Desarrollado por el autor).

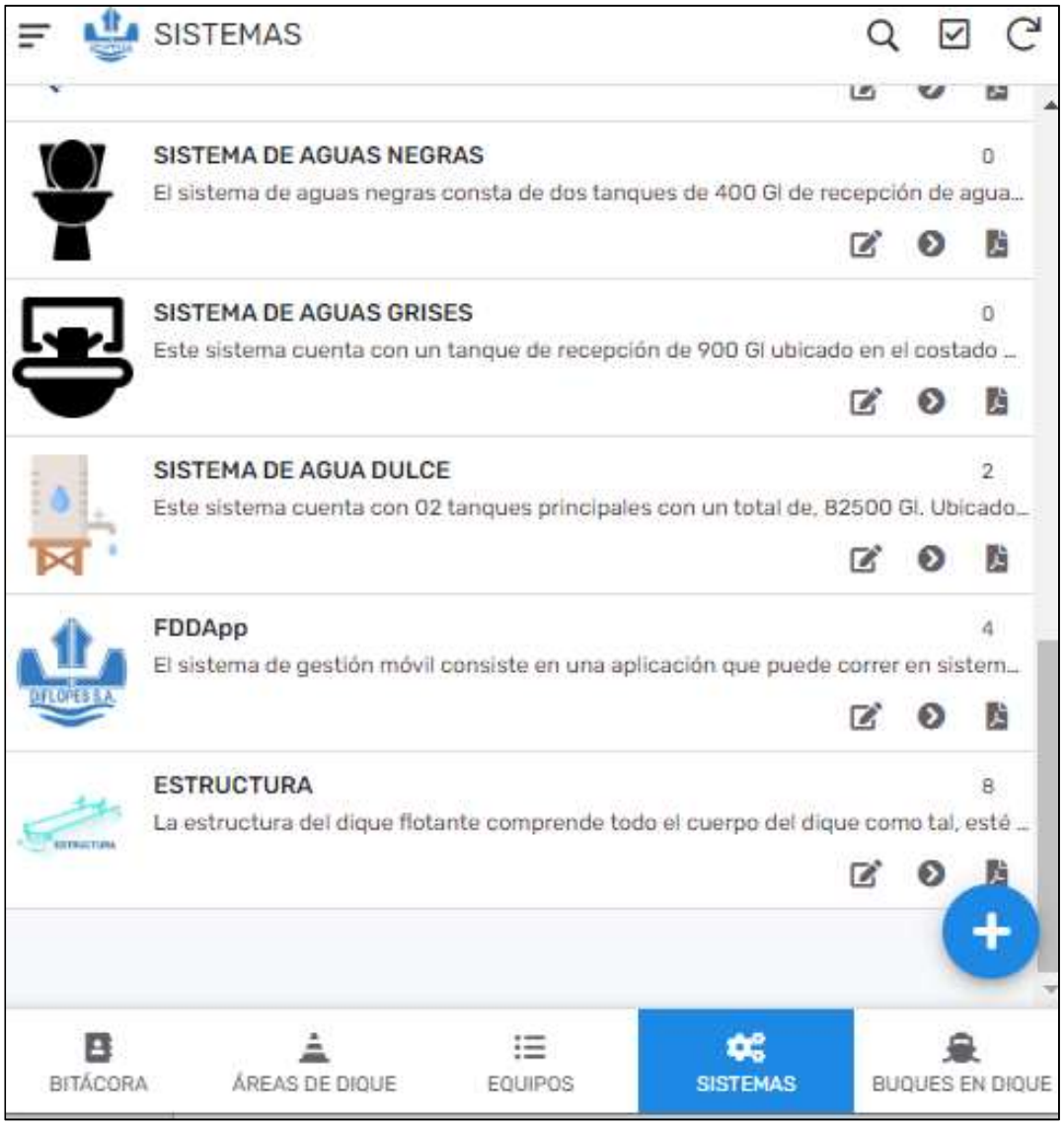

Figura 29. Sección de Sistemas.

Fuente: Floating Drydock App. (Desarrollado por el autor).

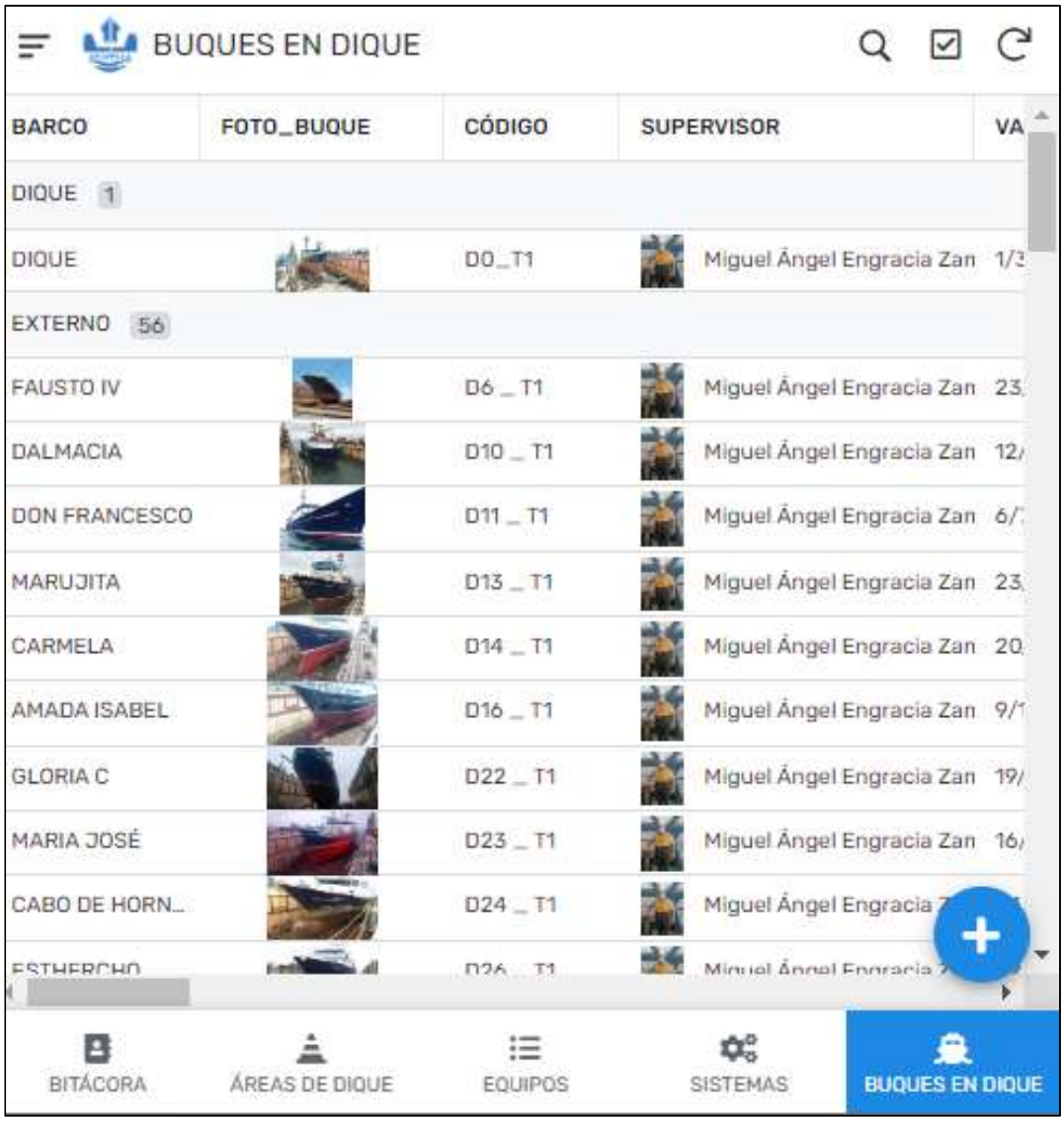

Figura 30. Sección de buques en dique.

Fuente: Floating Drydock App. (Desarrollado por el autor).

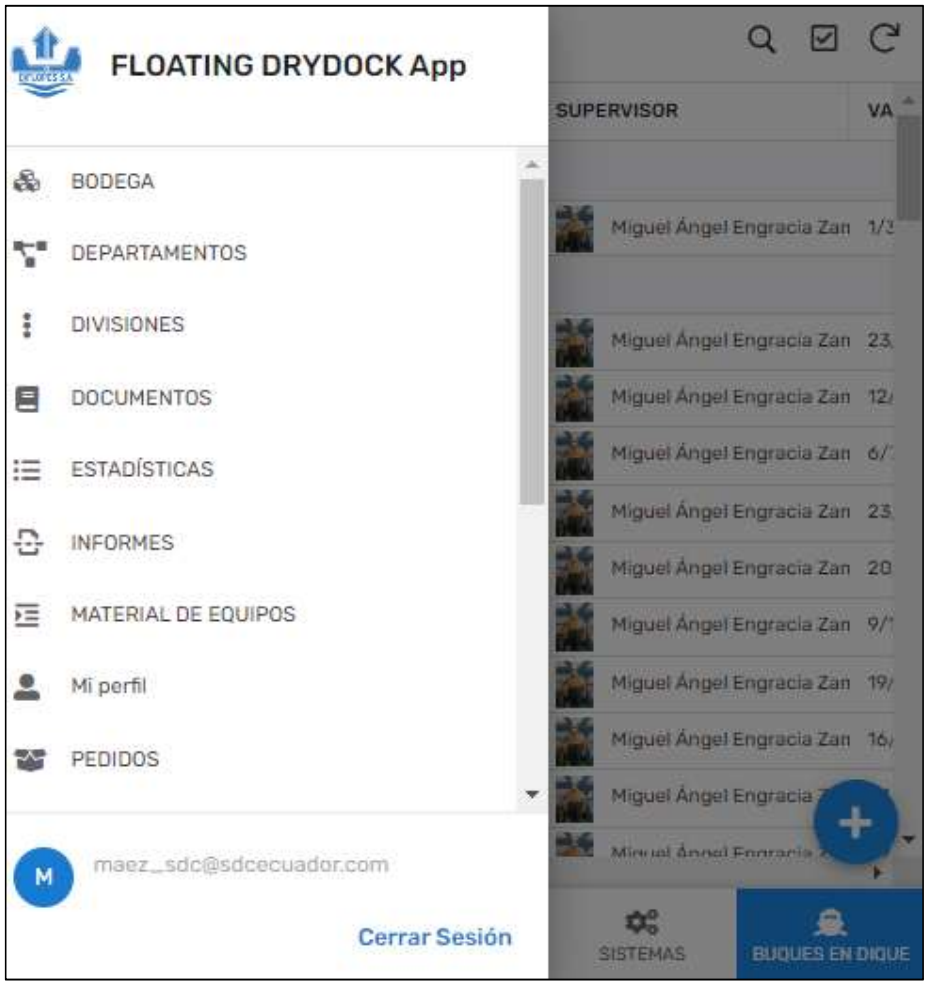

Figura 31. Sección de menús ocultos; Bodega, Departamentos, Divisiones, Documentos, Estadística, Informes, Material de equipos, Mi perfil, Pedidos, etc.

Fuente: Floating Drydock App. (Desarrollado por el autor).

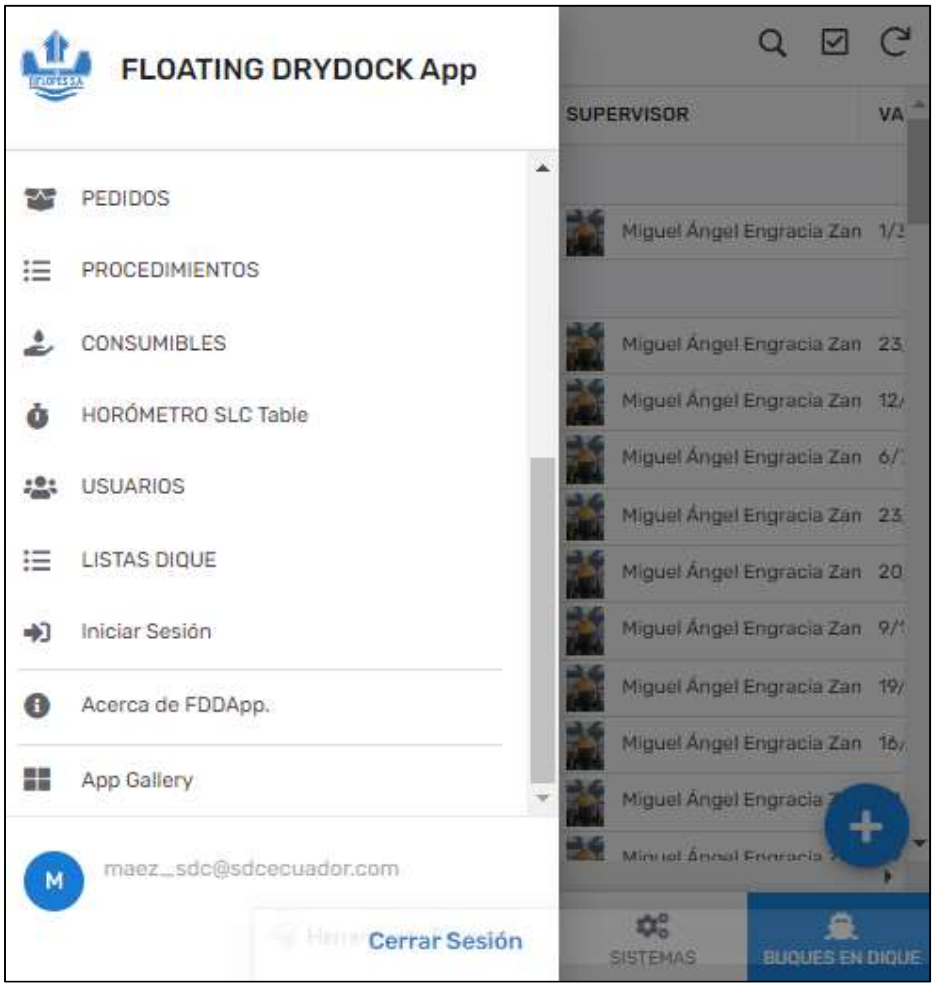

Figura 32. Sección de menús ocultos; Procedimientos, Consumibles, Horómetro, Usuarios, Listas dique, Inicio de sesión.

Fuente: Floating Drydock App. (Desarrollado por el autor).

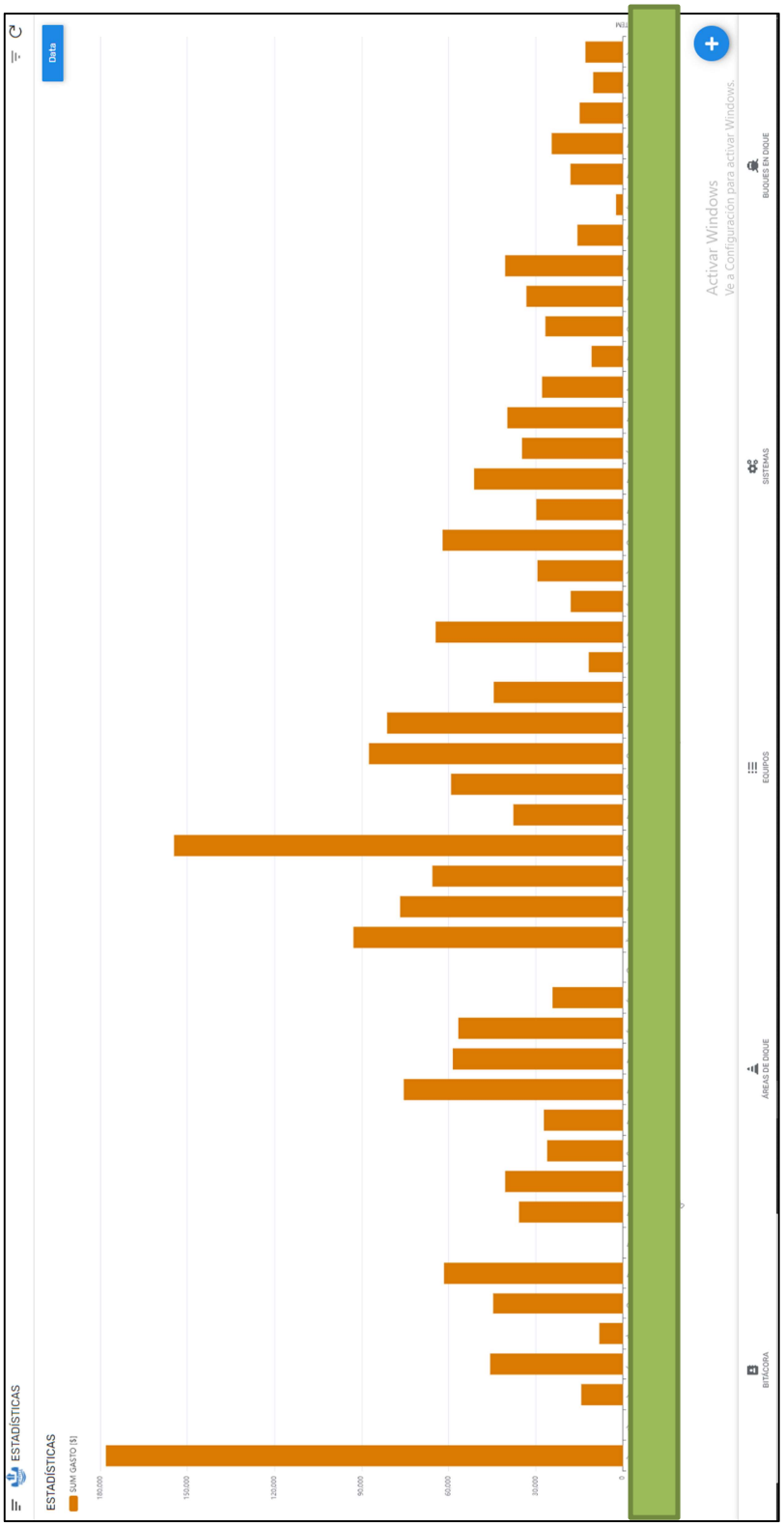

Figura 33. Ejemplo de resultados dentro de la App. Estadística.

Fuente: Floating Drydock App. (Desarrollado por el autor).

ANEXO D.

PLANTILLAS DE REPORTES GENERADOS DE FORMA AUTOMÁTICA.

DIQUE FLOTANTE PESQUERO "DIFLOPES S.A."

Km 4.5 vía Manta - Jaramijó - Phone call: 053-700650 -206 - email: operaciones@diflopes.com

LISTADO DE ORDENES DE TRABAJO

FECHA:	<<TODAY()>>	VERSIÓN:	<<[CONTADOR 3]>>

"<<[BARCO]>>"

<<[FOTO_BUQUE]>>

Fotografía del buque <<[BARCO]>>

1.0 CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE.

BARCO:	<<[BARCO]>>	TRB:	<<[TRB]>>
CÓDIGO:	<<[CÓDIGO]>>	OMI:	<<[OMI]>>
MATRÍCULA:	<<[MATRÍCULA]>>	CAP. DE COMB. [Gal]:	<<[CAPACIDAD DE COMB. [Gal]]>>
VARE:	<<[VARE]>>	NÚMERO DE CUBAS:	<<[NÚMERO DE CUBAS]>>
DESVARE:	<<[DESVARE]>>	AVALÚO [$]:	<<[AVALÚO [$]]>>
TIPO CLIENTE:	<<[TIPO CLIENTE]>>	ESLORA [m]:	<<[ESLORA [m]]>>
ARMADOR:	<<[ARMADOR]>>	MANGA [m]:	<<[MANGA [m]]>>
AÑO CONST.:	<<[AÑO CONSTRUCCIÓN]>>	PUNTAL [m]:	<<[PUNTAL [m]]>>
TIPO DE BUQUE:	<<[TIPO DE BUQUE]>>	FRANCOBORDO [mm]:	<<[FRANCOBORDO [mm]]>>

Tabla 1. Características principales del "<<[BARCO]>>".

<<Start: SELECT(BUQUE DATOS[ID],[BUQUE],[ACTIVADO]=1)>>

Figura 34. Página 1 de la plantilla de órdenes de trabajo para los mantenimientos en buques.

Fuente: Floating Drydock App. (Desarrollado por el autor).

2.0 RESUMEN DE VALORES DE CONSUMO.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR	PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
MARCA DE PINTURA	----	<<[10-TIPO DE PINTURA]>>	CONSUMO DE AGUA DULCE	[GL]	<<[13-CANT. H2O [GL]]>>
ÁREA DE OBRA VIVA:	[M2]	<<[10-OV[m2]]>>	CONSUMO ENERGÉTICO	[KWh]	<<[13-CANT. KWATTS]>>
ÁREA DE OBRA MUERTA:	[M2]	<<[10-OM[m2]]> >	CONSUMO ARENA DE RÍO/GRANALLA	[M3]-[sacos]	<<[13-CANT. ARENA [M3]/ GRANALLA [sacos]]>>
ÁREA ADICIONAL:	[M2]	<<[10-ADICIONAL [m2]]>>	HORAS-HOMBRE	[DDxHH]	<<[DD-HH]>>
No. PUNTOS DE CALIBRACIÓN	UND.	<<[11-#PUNTOS]>>	PLANCHAJE	[KG]	<<PLANCHAJE [KG]>>
CONSUMO DE DIESEL	[GL]	<<[13-CANT. FUEL [GL]]>>			

Tabla 2. Resumen de trabajos realizados y consumibles del buque: "<<[BUQUE].[BARCO]>>"

<<END>>

Figura 35. Página 2 de la plantilla de órdenes de trabajo en el mantenimiento de buques.

Fuente: Floating Drydock App. (Desarrollado por el autor).

3.0 PLAN DE MANTENIMIENTO.

<<Start: SELECT(DIVISIONES [ID],true)>>
<<IF: ISNOTBLANK(SELECT(ORDEN DE TRABAJO[ID], AND(([BUQUE].[ACTIVADO]="T"),[DIVISIÓN].[No. DIVISIÓN]=[No. DIVISIÓN]))))>>

DIVISIÓN: <<[DIVISIÓN]>>

No. ORDEN[1]	DETALLE:	DIVISIÓN ENCARGADO	FOTOGRAFÍA
<<Start:SELECT(ORDEN DE TRABAJO[ID], AND(([BUQUE].[ACTIVADO]="T"),[DIVISIÓN].[No. DIVISIÓN]=[No. DIVISIÓN],NOT([ESTADO]="INTERNA")))>> <<[No. ORDEN]>> **<<[ESTADO]>>**	<<[TAREA].[TAREA]>> <<[DETALLE]>>	**<<[DIVISIÓN].[DIVISIÓN]>>** <<[ENCARGADO].[TÍTULO]>> <<[ENCARGADO].[NOMBRE]>> _____ INICIO: <<[FECHA INICIO]>> FIN: <<[FECHA FIN]>>	<<[FOTO1]>> **<<END>>**

Tabla 3. Órdenes de trabajo del buque: "<<[BARCO]>>".

[1] Codificación de órdenes de trabajo: **D#1-T#2-#3**
D: significa "DIQUE"-**#1**: es el número de embarcaciones subidas a dique hasta la embarcación actual o en cuestión-**T#2**: hace referencia a la división a la cual corresponde la tarea de esta orden de trabajo, Tenemos las siguientes divisiones: T0:ADMINISTRATIVO, T1:MANIOBRAS, T2:LIMPIEZA, T3:CARENAMIENTO, T4:TALLERES, T5:SISTEMA DE FONDEO, T6:PROPULSIÓN Y GOBIERNO, T7:SOLDADURA, T8:TÉCNICO, T9:VÁVULAS DE FONDO, T10:SEGURIDAD INDUSTRIAL, T11:ELÉCTRICO, T12:MECÁNICO.-**#3**: corresponde al número de orden de trabajo en relación con todas las órdenes de trabajo para este buque.

Figura 36. Página 3 de la plantilla de mantenimientos de buques en dique.

Fuente: Floating Drydock App. (Desarrollado por el autor).

Figura 37. Mensaje automático enviado en reportes y correos electrónicos de la App.

Fuente: Floating Drydock App. (Desarrollado por el autor).