



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Unidad de Posgrado

**Un modelo de enrutamiento para la mejora de la
sostenibilidad de la pesca artesanal mediante geolocalización
satelital**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Gobierno de
Tecnologías de Información

AUTOR

Elmer Adolfo CALLIRGOS MORALES

ASESOR

Mg. César Augusto ANGULO CALDERÓN

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

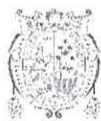
Referencia bibliográfica

Callirgos, E. (2026). *Un modelo de enrutamiento para la mejora de la sostenibilidad de la pesca artesanal mediante geolocalización satelital*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Elmer Adolfo Callirgos Morales.
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	19243194
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-0487-4565
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Mg. César Augusto Angulo Calderón.
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	32907109
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-5165-7534
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Mg. Gelber Christian Uscuchagua Flores
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10645375
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Mg. Carlos Ernesto Chavez Herrera
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40788722
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Mg. William Martín Enriquez Maguiña
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06179457
Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	Dr. Hugo Froilán Vega Huerta
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	06147737
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	No aplica
Ubicación geográfica de la investigación	Perú, Lima, Lima, Lima Av. Universitaria s/n. - Av. Venezuela cdra. 34, Lima - 12°03'30"S 77°05'00"O
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2024 - 2026
URL de disciplinas OCDE	2.02.04 - Ingeniería de sistemas y comunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.04



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática
Vicedecanato de Investigación y Posgrado
Unidad de Posgrado

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAGÍSTER EN GOBIERNO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN**

A los seis (6) días del mes de mayo de 2026, siendo la 1:00 pm., se reunieron en el Auditorio Alfredo Celso Alva Bravo, el Jurado de Tesis conformado por los siguientes docentes:

Mg. Gelber Christian Uscuchagua Flores (Presidente)
Mg. Carlos Ernesto Chavez Herrera (Miembro)
Mg. William Martín Enriquez Maguiña (Miembro)
Dr. Hugo Froilán Vega Huerta (Miembro)
Mg. César Augusto Angulo Calderón (Miembro Asesor)

Se inició la Sustentación invitando al candidato a Magíster **Elmer Adolfo Callirgos Morales**, para que realice la exposición oral de la tesis para optar el Grado Académico de Magíster en Gobierno de Tecnologías de Información, siendo la Tesis intitulada:

“UN MODELO DE ENRUTAMIENTO PARA LA MEJORA DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA PESCA ARTESANAL MEDIANTE GEOLOCALIZACIÓN SATELITAL”

Concluida la exposición, los miembros del Jurado de Tesis procedieron a formular sus preguntas que fueron absueltas por el graduando; acto seguido se procedió a la evaluación correspondiente, habiendo obtenido la siguiente calificación:

..... APROBADO (14) CATORCE

Por tanto, el presidente del Jurado, de acuerdo con el Reglamento General de Estudios de Posgrado, otorga al Bachiller **ELMER ADOLFO CALLIRGOS MORALES** el Grado Académico de Magíster en Gobierno de Tecnologías de Información.

Siendo las 2:20 horas, el presidente del Jurado de Tesis, da por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis.

Mg. Gelber Christian Uscuchagua Flores
(Presidente)

Mg. Carlos Ernesto Chavez Herrera
(Miembro)

Mg. William Martín Enriquez Maguiña
(Miembro)

Dr. Hugo Froilán Vega Huerta
(Miembro)

Mg. César Augusto Angulo Calderón
(Miembro Asesor)

Anexo 1

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Mg. César Augusto Angulo Calderón, en mi condición de asesor acreditado mediante Dictamen de la UPG N° 000133-2024-UPG-VDIP-FISI/UNMSM de la tesis, cuyo título es **“Un modelo de enrutamiento para la mejora de la sostenibilidad de la pesca artesanal mediante geolocalización satelital”**, presentado por el egresado **Elmer Adolfo CALLIRGOS MORALES**, para optar el Grado Académico de Magíster en Gobierno de Tecnologías de Información, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 14% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del Grado Académico de Magíster en Gobierno de Tecnologías de Información.

Lima, 22 de mayo de 2026

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor: César Augusto Angulo Calderón

DNI: 32907109

* Según corresponda: bachiller, magíster, doctor; título profesional o título de segunda especialidad

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

Dedicatoria

A mi padre Marcos y mi madre Victoria; por su amor incondicional y su paciencia, pero sobre todo por creer en mí y apoyarme en la lucha por mis propios sueños, por su comprensión y apoyo, quienes me motivan y ayudan a ser mejor persona.

A mis profesores, quienes dieron las pautas y conocimientos a mi desarrollo profesional.

Agradecimientos

Primeramente, quiero agradecerle a Dios por haberme proporcionado la fuerza y la sabiduría necesaria para terminar con satisfacción esta tesis. A mis padres, por haber contribuido de manera permanente en mi formación A mis hermanas Rosalía, María y Charito por sus valiosos consejos y sugerencias. A mi asesor de tesis Mg. César Augusto Angulo Calderón, Mg. Elias Daniel Bravo Loayza por sus recomendaciones y sugerencias sobre mi tesis. A mis colegas y compañeros de curso, por los momentos tan especiales durante aquellos años. A mis compañeros de trabajo: Raúl Marcelo, Jesús Ore, Juan Carlos Jordán, Segundo Vera, Mario Huapaya, Marcos Almengor y a todo el personal de la empresa donde se realizó este proyecto; por su disposición y colaboración, haciendo posible la culminación de este trabajo.

Elmer Adolfo Callirgos Morales

Resumen

Esta investigación aborda la problemática de la ubicación eficiente de cardúmenes en la pesca artesanal en Perú, debido a que dicha actividad requiere mejorar sus condiciones de sostenibilidad. Se busca aportar una alternativa tecnológica que apoye la toma de decisiones en las faenas de pesca, en relación con el desplazamiento de las embarcaciones y el acceso oportuno a información de localización.

En la pesca artesanal en Perú, la limitada disponibilidad de herramientas tecnológicas accesibles dificulta la ubicación eficiente de cardúmenes y puede afectar la eficiencia operativa. Frente a esta situación, el presente estudio propone un modelo de enrutamiento basado en geolocalización satelital (GPS), como una alternativa viable y de bajo costo para la flota artesanal. Asimismo, se plantea el uso de dispositivos móviles, con aplicaciones que permitan la captura y visualización de datos, así como la conexión con dispositivos GPS para obtener información de ubicación.

El procedimiento para la obtención del modelo estará definido en siete pasos con el apoyo de expertos; y su validación se realizará mediante métricas para conocer su percepción sobre su utilidad y aplicabilidad. Se espera que este modelo de enrutamiento contribuya a la sostenibilidad de la pesca artesanal al optimizar el consumo de combustible y facilitar el acceso a la información de ubicación de cardúmenes.

Palabras claves: Sostenibilidad, Dispositivos móviles, geolocalización satelital, GPS, pesca artesanal.

Abstract

This research addresses the challenge of efficiently locating schools of fish in artisanal fishing in Peru, as this activity requires improved sustainability. It seeks to provide a technological alternative to support decision-making during fishing operations, particularly concerning vessel movement and timely access to location information.

In artisanal fishing in Peru, the limited availability of accessible technological tools hinders the efficient location of fish schools and may affect operational efficiency. In response to this situation, the present study proposes a routing model based on satellite geolocation (GPS) as a viable and low-cost alternative for the artisanal fleet. Furthermore, the use of mobile devices is proposed, equipped with applications that enable data capture and visualization, as well as connection to GPS devices to obtain location information.

The procedure for developing the model will be defined in seven steps with the support of experts, and its validation will be carried out through metrics to determine experts' perceptions of its usefulness and applicability. This routing model is expected to contribute to the sustainability of artisanal fishing by optimizing fuel consumption and facilitating access to information on the location of fish schools.

Keywords: Sustainability, Mobile devices, satellite geolocation, GPS, artisanal fishing.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE CUADROS	XIV
LISTA DE FIGURAS.....	XV
LISTA DE ABREVIATURAS	XVI
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.1 <i>Problema General</i>	3
1.2.2 <i>Problemas específicos</i>	3
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	5
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	5
1.5 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	8
2.1.1 <i>Pesca con datos proporcionados por un dispositivo de geolocalización</i>	8
2.1.2 <i>Sistema de identificación automática y mapeo de banco de peces en GIS.....</i>	8
2.1.3 <i>Uso de teléfonos móviles para el direccionamiento de embarcaciones en pesca de pequeña escala en Madagascar.....</i>	9
2.1.4 <i>Sistema de identificación automática para monitorizar la movilidad de las flotas pesqueras en el mar mediterráneo.....</i>	9
2.1.5 <i>Sistema de identificación automática adoptado para embarcaciones pequeñas basado en GPS promovido por el Parlamento Europeo</i>	9
2.1.6 <i>Aplicación en smartphones para el reporte de datos en embarcaciones de pesca en el cierre de temporada en el Mar Báltico, en Alemania</i>	10
2.1.7 <i>Identificación de artes de pesca a mediante inteligencia artificial aplicada a datos geoespaciales.....</i>	11
2.1.8 <i>Sistema de Monitoreo de buques de pesca de almejas con grúas hidráulicas</i>	11
2.1.9 <i>Arquitectura prototípica rentable y escalable para recopilar y procesar datos de posición de embarcaciones de pequeña escala, haciendo uso de una red celular/LoRaWAN.....</i>	11
2.2 BASES TEÓRICAS	12
2.2.1 <i>Sistema de posicionamiento global (GPS)</i>	12
2.2.1.1 Aplicaciones del GPS.	13
2.2.1.2 Funcionamiento del GPS.	14
2.2.2 <i>IMARPE - El Instituto del Mar del Perú</i>	14
2.2.3 <i>IMARSIS.....</i>	15

2.2.4	<i>Embarcación pesquera</i>	15
2.2.5	<i>Pesca Artesanal</i>	15
2.2.6	<i>Pesca sostenible</i>	16
2.2.7	<i>Puerto de zarpe</i>	18
2.2.8	<i>Sobrepesca</i>	18
2.2.9	<i>Áreas Marinas Protegidas</i>	18
2.2.10	<i>Mar territorial</i>	19
2.2.11	<i>Veda extractiva</i>	19
2.2.12	<i>Cala</i>	19
2.2.13	<i>Zona de pesca</i>	20
2.2.14	<i>Innovación sostenible</i>	20
2.2.15	<i>Objetivos de Desarrollo Sostenible</i>	21
2.2.16	<i>Economía Azul</i>	22
2.2.17	<i>Monitoreo Electrónico</i>	22
2.2.18	<i>Monitoreo satelital</i>	22
2.2.19	<i>Geolocalización</i>	23
2.2.19.1	Geolocalización Satelital.	23
2.2.19.2	Geolocalización IP.	24
2.2.19.3	Geolocalización para el seguimiento de peces marinos.	24
2.2.20	<i>Data Geoespacial</i>	25
2.2.21	<i>Dispositivos Móviles</i>	26
2.2.22	<i>Aplicaciones Móviles</i>	26
2.2.23	<i>Internet de las Cosas – IoT</i>	28
2.2.24	<i>Información Sensible</i>	28
2.2.25	<i>GIS - Sistema de Información Geográfica (GIS)</i>	29
2.2.26	<i>Copyright</i>	29
2.2.27	<i>Licencia de software</i>	29
2.2.27.1	GNU General Public License.....	30
2.2.27.2	EULA - Licencia de usuario final.	30
2.2.27.3	SLA - Acuerdo de Nivel de Servicio.....	31
2.2.27.4	Licencia de software BSD.	31
2.2.28	<i>Free software and open source – FOSS</i>	32
2.2.29	<i>Open source</i>	32
2.2.30	<i>Protección de datos</i>	33
2.2.31	<i>Método ABC</i>	33
2.2.32	<i>Principio de Pareto</i>	34
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES		36
3.1	HIPÓTESIS GENERAL	36
3.2	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	36
3.3	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	37

3.3.1	<i>Variable independiente</i>	37
3.3.2	<i>Variable dependiente</i>	37
3.4	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	38
3.5	MATRIZ DE CONSISTENCIA	39
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA		41
4.1	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	41
4.1.1	<i>Enfoque de investigación</i>	41
4.1.2	<i>Tipo de Investigación</i>	41
4.1.3	<i>Diseño de Investigación</i>	42
4.1.3.1	No experimental	42
4.1.3.2	Transversal	42
4.1.3.3	Propositivo	43
4.2	UNIDAD DE ANÁLISIS	43
4.3	POBLACIÓN DE ESTUDIO	43
4.4	TAMAÑO DE MUESTRA	43
4.5	SELECCIÓN DE LA MUESTRA	44
4.6	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	44
4.7	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	44
4.8	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	45
4.9	VALIDACIÓN DEL MODELO PROPUESTO	45
4.10	CONSIDERACIONES ÉTICAS	46
CAPÍTULO V: MODELO DE ENRUTAMIENTO PARA LA MEJORA DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA PESCA ARTESANAL MEDIANTE GEOLOCALIZACIÓN SATELITAL		47
5.1	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	47
5.1.1	<i>Taxonomía</i>	47
5.1.2	<i>Metodología de Búsqueda</i>	49
5.2	PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DEL MODELO	50
5.2.1	<i>Recopilación de planteamientos actuales</i>	51
5.2.2	<i>Identificación de características</i>	51
5.2.3	<i>Integración de características</i>	56
5.2.4	<i>Selección de Expertos</i>	57
5.2.5	<i>Priorización de características con criterio de expertos</i>	58
5.2.6	<i>Análisis del resultado de la priorización</i>	58
5.2.7	<i>Elaboración del Modelo</i>	59
CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		60
6.1.	ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
6.1.1	<i>Objetivos de la validación de la herramienta</i>	63
6.1.2	<i>Diseño de la validación</i>	64

6.1.3	<i>Ejecución de la validación</i>	64
6.2	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	64
6.3	BENEFICIOS QUE APORTA LA PROPUESTA	64
CONCLUSIONES		66
CONCLUSIÓN GENERAL		66
CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.....		66
RECOMENDACIONES		68
TRABAJOS FUTUROS		69
GLOSARIO		89
ANEXOS		97
ANEXO A – INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....		97
ANEXO B – ENCUESTAS DESARROLLADAS.....		99
ANEXO C – SIMULACIÓN DE ENRUTAMIENTO		102

Lista de Cuadros

Tabla 1 <i>Operacionalización de Variables</i>	38
Tabla 2 <i>Matriz de consistencia</i>	39
Tabla 3 <i>Recopilación de características</i>	52
Tabla 4 <i>Descripción de las características del modelo</i>	59
Tabla 5 <i>Priorización de Características por expertos</i>	60
Tabla 6 <i>Lista de Características resultante</i>	63
Tabla 7 <i>Resumen de encuestas desarrolladas por los expertos</i>	99
Tabla 8 <i>Ejemplo de enrutamiento simulado sin GPS vs enrutamiento real con GPS</i>	102
Tabla 9 <i>Resumen de recorrido simulado sin GPS, vs enrutamiento real con GPS.</i>	104
Tabla 10 <i>Dashboard de resultados de recorrido simulado sin GPS, vs enrutamiento real con GPS</i>	105

Lista de Figuras

Figura 1: Diagrama conceptual de un modelo para geolocalización	25
Figura 2: Teléfono móvil con una aplicación instalada.....	27
Figura 3: Procedimiento para la obtención del modelo	51
Figura 4: Años de experiencia de los expertos.....	58
Figura 5: Fórmula de cálculo para implementar el Método SAW	59
Figura 6: Implementación gráfica de Pareto	62
Figura 7: Formato de encuesta	97
Figura 8: Recorrido de ruta optima en flota industrial.....	105

Lista de abreviaturas

AI	<i>Artificial Intelligence</i> Inteligencia artificial
API	<i>Application Programming Interface</i> Interfaz de Programación de Aplicaciones
CMS	<i>Content Management System</i> Sistema de Gestión de Contenidos
ERS	<i>Software Requirements Specification</i> Especificación de Requerimientos de <i>Software</i>
FOSS	<i>Free and Open-Source Software</i> <i>Software</i> Libre y de Código Abierto, sinónimo de <i>software</i> libre
FURPS+	<i>Functional and non-functional requirements</i> Requisitos funcionales y no funcionales
GPS	<i>Global Positioning System</i> Sistema de Posicionamiento Global
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i> Sistema de Comunicaciones para Dispositivos Móviles
MVC	<i>Model View Controller</i> Modelo Vista Controlador
UI	<i>User Interface</i> Interfaz de usuario
UML	<i>Unified Modeling Language</i> Lenguaje Unificado de Modelado
UNMSM	Universidad Nacional Mayor de San Marcos
TI	<i>Information Technology</i> Tecnologías de Información

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación Problemática

La pesca artesanal es uno de los sectores de gran importancia en el país. Contribuye en la seguridad alimentaria, proporciona muchos puestos de trabajo, apoya a la economía local (Jara et al., 2020), además de proveer servicios recreacionales, identidad cultural (Dalskov et al., 2021) y valores espirituales (Torralba-Burrial & Dopico, 2023). Tiene diferentes modelos de operación (Egekvist & Mega Rufino, 2022).

A nivel global, de manera permanente se investiga, a diferentes niveles, incluyendo aspectos legislativos, comerciales (Alam et al., 2021) y de monitoreo (Galotto-Tébar et al., 2022). Es de gran importancia para la seguridad nutricional y económica de los países en desarrollo (Jeffers et al., 2019), representando el 90% del sector pesquero (Rufino et al., 2023).

La explotación de los recursos marinos se ha incrementado en las últimas décadas (Armelloni et al., 2021). Por tanto, una adecuada gestión de los recursos es necesaria para su sostenibilidad.

Un aspecto crítico en el sector es la ubicación de los cardúmenes para pesca artesanal. Esta información debe ser recopilada y procesada por el Instituto del Mar del Perú (Imarpe) a través de su flota de investigación, y de la información proporcionada por la flota comercial dedicada a la pesca industrial. Sin embargo, solo hay información sobre pesca industrial a nivel de investigaciones publicadas.

En un entorno urbano, o uno rural con disponibilidad de red, se dispone de geolocalización por internet satelital. En el mar, los pescadores artesanales carecen de recursos como internet satelital, para establecer la ruta entre diferentes ubicaciones y así acceder a los cardúmenes previamente ubicados por Imarpe con fines de investigación.

La geolocalización por sistema de posicionamiento global (GPS) es una alternativa viable, solo se requiere adquirir el dispositivo GPS, el servicio de información es gratuito a lo largo de la vida del dispositivo. La aceptación y uso extendido del GPS, incluso antes de que estuviera terminado tal vez dio una pista del impacto transformador el sistema completo pronto tendría en la sociedad humana y el papel central que desempeña hoy en las vidas de los habitantes humanos de la Tierra (Weiss, 2021).

La información sobre recursos pesqueros es considerada un activo de información estratégico, para su uso se requiere implementar previamente un proceso de anonimización, respetando la coherencia de los datos.

Los diseños actuales de gestión de información para tareas de pesca son para flotas industriales, se deben empezar a considerar las flotas de pequeña escala (Jerome & Mohamed, 2023). En otras regiones se refieren a la pesca artesanal como flotas de pequeña escala. La pesca a pequeña escala incluso en gran parte de Europa, esta sin regulación, aun representando la mayoría de la flota, con embarcaciones de pequeño tamaño (Said & Chuenpagdee, 2019), siendo fuente del 61% de empleos en el sector (FAO, 2023).

Las características de la pesca artesanal hacen que el tipo de soluciones propuestas deban ser eficientes y de bajo costo (Tasseti et al., 2022).

En su investigación (Delgado & Arias, 2023) propone el monitoreo de flotas pesqueras artesanales mediante dispositivos GPS, apoyándose en datos históricos. Identifica que parte de la problemática en la que no exista una adecuada gestión de datos, no permitiendo un adecuado volumen de captura. La presentación de los datos obtenidos la realiza a través de una implementación basada en inteligencia de negocios.

En un entorno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), promovido por las Naciones Unidas (ONU, 2024), se deben optimizar el consumo de recursos, que hagan viable el esfuerzo económico. El consumo de combustible para el desplazamiento de la embarcación es el principal recurso para considerar, como

Objetivo 13 “Acción por el clima” y el 14 “Vida Submarina” y la explotación racional de los recursos.

1.2 Formulación del Problema

A continuación, se plantea el problema de investigación que motivará entre otros aspectos a definir el objeto de estudio.

1.2.1 Problema General

¿En qué medida la implementación de un modelo de enrutamiento permitirá la mejora de la sostenibilidad de la pesca artesanal?

1.2.2 Problemas específicos

P.E.1: ¿Existen modelos de enrutamiento basados en geolocalización satelital de bajo costo y aplicables a la pesca artesanal en Perú?

P.E.2: ¿El uso de geolocalización satelital en el modelo de enrutamiento mejorará la sostenibilidad de la pesca artesanal?

P.E.3: ¿En qué medida el uso de una APP móvil en el modelo de enrutamiento mejorará la sostenibilidad de la pesca artesanal?

P.E.4: ¿Es posible definir un caso de estudio para corroborar la validez del modelo mediante juicio de expertos?

1.3 Justificación de la Investigación

La sostenibilidad de los distintos tipos de pesca es un objetivo de las Naciones Unidas para el desarrollo Sostenible, priorizando en la pesca artesanal (Torralba-Burrial & Dopico, 2023).

De acuerdo al informe de la FAO El estado Mundial de la pesca y la acuicultura del 2022 la pesca y acuicultura desempeñan un papel cada vez mayor en el suministro de alimentos, y puestos de trabajo (FAO, 2022).

La pesca artesanal proporciona más de la mitad de todo el pescado para consumo humano a nivel global (Gough et al., 2020). Se estima que aproximadamente el 90 % de los pescadores del mundo son artesanales (Villanueva & Flores, 2016). Las especies pelágicas pequeñas, como sardinas, anchovetas, y otros peces pelágicos, como las caballas, y túnidos como el bonito, representan casi el 50% del total de las capturas de la pesca (FAO et al., 2024). Por tanto, la importancia de la pesca artesanal es su contribución a la alimentación, tanto en el sentido de autoconsumo, como medio para cubrir necesidades inmediatas a nivel familiar; como la producción de alimentos de alto valor nutritivo, y que generan ingreso al pescador (Arreguín, 2021). Para un adecuado desarrollo de la pesca artesanal, es importante tener información adecuada sobre el sector (Egekvist & Mega Rufino, 2022).

En diferentes países hay entidades responsables en promover estrategias para apoyar el uso sostenible de recursos marinos (Grati et al., 2022).

Existen múltiples tecnologías innovadoras, como GIS, GPS, radar, sonar, drones y similares (Pathak et al., 2022), que pueden ser utilizados en la gestión de recursos pesqueros.

Ha habido múltiples estudios piloto sobre el monitoreo de las embarcaciones pesqueras con dispositivos GPS. Existen recientes propuestas de solución aplicaciones basadas en el lenguaje R, haciendo accesible el log de datos a costos accesibles, en dispositivos a bordo de embarcaciones pequeñas (Jerome & Mohamed, 2023). Sin embargo, el conocimiento en el sector es limitado (Tasseti et al., 2022).

El uso de soluciones de bajo costo ayuda a la gestión de recursos pesqueros ayudando a mitigar los impactos en el ecosistema marino. Están surgiendo propuestas, siempre bajo el esquema de solución de bajo costo, basadas en tecnologías actuales, que han tenido en éxito para otros sectores, pero ahora se están enfocado en el sector pesca, incluyendo Api Rest, bases de datos NoSQL y dispositivos GPS satelitales (Tasseti et al., 2022).

A pesar del rápido aumento de nuevas tecnologías, como GPS, redes, cámaras digitales y software de análisis de imágenes, las implementaciones de soluciones

para monitorear las capturas pesqueras en el mar no han avanzado (van Helmond et al., 2020).

No hay suficiente información disponible en el uso de dispositivos móviles en pesca de pequeña escala o artesanal [como se le dice en la región hispanoamericana], aun cuando se puede constituir en un elemento importante para el seguimiento de la pesca (Meyer et al., 2022).

Existe gran preocupación por el agotamiento de los recursos marinos debido a la sobreexplotación pesquera y la degradación de los ecosistemas (Tasseti et al., 2019).

Para lograr el objetivo general de la FAO, firmado por numerosos países, de establecer metas, principios y acciones concretas que permitan asegurar la sostenibilidad del sector pesquero se requiere de herramientas y estrategias de observación novedosas y rentables, considerando el entorno actual de disponibilidad de recursos económicos (Grati et al., 2022).

1.4 Objetivos de la Investigación

A continuación, formularemos los objetivos de la investigación como un enunciado claro y preciso, donde recogemos la finalidad que se persigue con esta investigación.

1.4.1 *Objetivo General*

Determinar en qué medida la implementación de un modelo de enrutamiento contribuye a mejorar la sostenibilidad de la pesca artesanal.

1.4.2 *Objetivos Específicos*

O.E. 1 Determinar la existencia y viabilidad de modelos de enrutamiento basados en geolocalización satelital aplicables a la pesca artesanal en el Perú.

O.E. 2: Determinar si el uso de geolocalización satelital en el modelo de enrutamiento mejorará la sostenibilidad de la pesca artesanal.

O.E. 3: Determinar en qué medida el uso de una APP móvil en el modelo de

enrutamiento mejorará la sostenibilidad de la pesca artesanal.

O.E. 4: Determinar si la definición de un caso de estudio servirá para corroborar la validez del modelo de enrutamiento mediante la validación por juicio de expertos.

1.5 Organización de la Tesis

La presente tesis está organizada en seis (06) capítulos.

En el Capítulo I se presenta la Introducción a tema la tesis propuesta, incluyendo la situación problemática, formulación del problema, la justificación de la investigación, los objetivos de la tesis (general y específicos) y la organización de la tesis.

En el Capítulo II se presenta el Marco Teórico, los antecedentes del problema, donde se describe brevemente las actuales investigaciones, luego, las bases teóricas, los conceptos y tecnologías asociadas. Además, se incluyen las bases teóricas que serán sustento de la presente investigación.

En el Capítulo III se presenta la hipótesis general y específicas, variables, indicadores, operacionalización de variables y la matriz de consistencia.

En el Capítulo IV se presenta la metodología utilizada en la presente investigación. Se muestra el tipo y diseño de la investigación, unidad de análisis, población de estudio, tamaño de la muestra, selección de la muestra, técnica de recolección de datos y el análisis e interpretación de la información.

En el Capítulo V se detalla la propuesta como el modelo de enrutamiento para la mejora de sostenibilidad de la pesca artesanal mediante geolocalización satelital. Se describe el aporte de la presente investigación, en cada uno de sus elementos y un ejemplo de implementación.

El Capítulo VI presenta los resultados y discusión, para el caso de estudio. Se define el tipo de aporte, se presenta el modelo propuesto, la implementación del modelo propuesto, el caso de estudio, que se divide en: selección del caso de estudio, la

planificación del experimento, la realización del experimento y la evaluación de los resultados.

Se presentan las conclusiones y recomendaciones finales del proyecto, así como posibles trabajos futuros o temas de investigación surgidos a partir del presente estudio.

Al final, se incluye la sección Anexos. El Anexo A, muestra el instrumento de recolección de datos y el Anexo B, muestra las encuestas desarrolladas. En el Anexo C se muestra la simulación del enrutamiento.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del Problema

En este capítulo se detallan investigaciones anteriores realizados sobre el mismo tema o problema que se está explorando, ofreciendo información pertinente sobre el nivel de comprensión existente, los diversos puntos de vista sobre el tema, los enfoques empleados y los hallazgos derivados de investigaciones anteriores.

2.1.1 *Pesca con datos proporcionados por un dispositivo de geolocalización*

Los autores Delgado & Arias (2023) realizaron una evaluación del uso de dispositivos GPS en las actividades pesqueras en Puerto Cayo, Ecuador. Identificó que la problemática era una inadecuada tecnificación de los procesos de captura, haciendo un insuficiente uso de las herramientas tecnológicas como el análisis de datos. El diseño metodológico fue un enfoque cuantitativo, permitiendo obtener información georreferencial. Aplicó métodos de investigación a nivel teórico y práctico. La herramienta tecnológica que aplicó fue Power BI.

La carencia de un dispositivo de geolocalización no permitiría acceder a áreas de pesca poco común para las embarcaciones artesanales, permitiendo obtener un conocimiento científico de gran interés académico y mejora económica para los trabajadores del sector.

Una de las conclusiones del autor es la necesidad de utilizar un sistema de geolocalización el cual permitiría la localización de un mayor número de especies.

2.1.2 *Sistema de identificación automática y mapeo de banco de peces en GIS*

De acuerdo con (Tasseti et al., 2019), se evaluó la efectividad de las áreas biológicas protegidas en Italia mediante el procesamiento de datos del Sistema de Identificación Automática (AIS). Esta metodología permitió mapear los patrones de la actividad pesquera de arrastre de fondo (en lugar de bancos de peces) utilizando algoritmos de identificación en R y visualización espacial en GIS. El estudio generó un mapa anual de la presión pesquera que abarca todas las aguas de Italia, revelando el

cumplimiento o infracción de las normativas en dichas zonas protegidas.

2.1.3 Uso de teléfonos móviles para el direccionamiento de embarcaciones en pesca de pequeña escala en Madagascar

En su investigación, los autores (Jeffers et al., 2019) implementan un programa piloto usando teléfonos inteligentes y aplicaciones de tipo Open Data Kit (ODK) para recolectar datos de desembarques de tiburones y solucionar la falta de información de pesca. Este proyecto se basó en estudio previo de monitoreo participativo, pero realizado con notas en cuadernos. En comparación al proceso en papel, el proceso en teléfonos inteligentes fue mucho más rápido, preciso y fácil para los usuarios.

A pesar de estas dificultades, la cantidad de registros obtenidos con los dispositivos móviles fue solo un 5.3% menor en comparación con el método tradicional de anotaciones en papel. No obstante, el desafío principal para la viabilidad del sistema fue la limitada cobertura de red móvil, que a menudo impedía la carga remota de datos.

2.1.4 Sistema de identificación automática para monitorizar la movilidad de las flotas pesqueras en el mar mediterráneo

Para evitar las discrepancias entre los recursos capturados y la data reportada implementaron un Sistema de Identificación Automática (AIS) de la flota de arrastre en la zona mediterránea. La captura de datos fue en la embarcación y el procesamiento en servidores en tierra. Con este sistema se pudo abarcar amplias zonas de pesca y la mayoría de países rivereños entre flotas europeas y no europeas (Armelloni et al., 2021).

2.1.5 Sistema de identificación automática adoptado para embarcaciones pequeñas basado en GPS promovido por el Parlamento Europeo

Dalskov et al. (2021) mencionan que el Parlamento Europeo patrocina una extensa investigación sobre cuáles eran los medios con los que realizaba el monitoreo de las embarcaciones de pesca. Identificaron diversas tecnologías como circuito cerrado de

televisión, cámaras con sensores, dispositivos electrónicos incorporados en la cámara y similares. Cada uno de estos dispositivos ofrecen características diferentes. Los más precisos son los que incorporan video en alta resolución, sin embargo, son los más costosos de implementar. Estos dispositivos están instalados típicamente en embarcaciones grandes dentro de la UE, pero no en las pequeñas. No obstante, estudios realizados por ellos mismos destacan que existen implementaciones de sistemas adaptados a gran escala en regiones como América Latina.

Una alternativa válida a estos costosos dispositivos es el uso de aplicaciones en dispositivos móviles, lo cual hace viable las tareas de monitoreo, en particular en embarcaciones pequeñas que no disponen de equipos más costosos y tampoco tienen espacio para alojamiento de estos medios.

Como recomendación final señalan de la adopción de tecnologías basadas en dispositivos móviles como smartphones y tablets, que cumplan con los requerimientos especificados por la Unión Europea.

2.1.6 Aplicación en smartphones para el reporte de datos en embarcaciones de pesca en el cierre de temporada en el Mar Báltico, en Alemania

Los autores Meyer et al. (2022) reconocen la falta de datos y experiencia en el uso de dispositivos móviles para el monitoreo de embarcaciones pequeñas de pesca.

El Instituto de Investigación de Pesca del Mar Báltico evaluó la aplicación para smartphones Mofi (Mobile fisheries log), utilizada por la flota alemana en el Mar Báltico occidental. Esta herramienta, desarrollada por Anchor Lab K/S por encargo del Instituto Thünen que registraba de forma automática datos como posición geográfica de la embarcación por GPS, fecha, hora en intervalos fijos, adicionalmente podrían guardar datos de forma manual de inicio y fin de un lance o de una actividad de pesca registrado manualmente por el pescador. Permite visualizar la trayectoria en el móvil. La aplicación está orientada para con las regulaciones del cierre de pesca. Una vez completado un viaje, los datos se transmitían a un servidor para su almacenamiento, lo que requería una conexión a internet. A pesar de que los errores operativos iniciales, el sistema permitió demostrar un cumplimiento del 99% respecto a la restricción de operar en profundidades menores a 20 m.

2.1.7 *Identificación de artes de pesca mediante inteligencia artificial aplicada a datos geoespaciales*

En un proyecto francés «Recopesca» de Ifremer, citado en (2022), se registran los datos de geolocalización brindados por dispositivos GPS. Mediante machine learning se identifican los tipos de artes de pesca a partir de datos geoespaciales, obteniéndose una alta precisión (cercana al 95%) en la identificación correcta.

El estudio comparó el rendimiento de cinco algoritmos diferentes. Además, se logró optimizar el modelo reduciendo las variables de movimiento y tiempo empleadas de 96 a solo 34 sin perder precisión, lo que sugiere la viabilidad de extender estas técnicas a otros tipos de datos de seguimiento como VMS y AIS.

2.1.8 *Sistema de Monitoreo de buques de pesca de almejas con grúas hidráulicas*

Según el reporte de ICES (2022) , son sistemas de monitoreo (iVMS) instalados en embarcaciones pequeñas, obligatorios específicamente para la flota que utiliza dragas hidráulicas para la pesca de navajas (almejas). Estos equipos enfrentan desafíos técnicos, ya que en embarcaciones pequeñas suelen tener problemas con la fuente de energía, por lo que se priorizan unidades autónomas.

Los datos son almacenados en los servidores de los proveedores de estos equipos y son accedidos a través de interfaces (API) y almacenados en una base de datos SQL Server por el Instituto Marino de Irlanda.

2.1.9 *Arquitectura prototípica rentable y escalable para recopilar y procesar datos de posición de embarcaciones de pequeña escala, haciendo uso de una red celular/LoRaWAN*

Tasseti et al. (2022) diseñaron una arquitectura de bajo costo para recopilar y procesar datos de posicionamiento en tiempo real de embarcaciones de pequeña escala (menores a 12 metros). El sistema propuesto integra dos interfaces principales: una basada en API REST segura sobre HTTPS y con soporte en 2G/3G/4G, y otra basada en el protocolo MQTT seguro para transmisiones vía LoRaWAN.

Los datos serían alojados en Amazon Web Services (AWS), utilizando servicios

serverless como Amazon Lambda y DynamoDB para garantizar la escalabilidad. Elasticsearch y Kibana para la base de datos y su interfaz Kibana, para el análisis de viajes de pesca, mientras que la aplicación web para los usuarios finales desarrollada con Angular y Node.js, soportada por una base de datos NoSQL MongoDB.

2.2 Bases Teóricas

En este subcapítulo definiremos las bases teóricas de esta investigación, y las principales afirmaciones que subyacen al problema. Esto implica un análisis crítico de las teorías que son directamente pertinentes al problema que se está investigando y a su proceso cognitivo.

2.2.1 Sistema de posicionamiento global (GPS)

El origen del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se remonta a un sistema de posicionamiento espacial anterior conocido como «TRANSIT», que fue desarrollado por la Marina de los Estados Unidos (Villegas, 2020). El GPS es un ejemplo adicional de la tecnología que se diseñó originalmente para objetivos militares y que, posteriormente, ha conferido ventajas a la población civil mundial.

Para abordar la cuestión de determinar la ubicación exacta, numerosos investigadores han propuesto emplear una variedad de metodologías. Estas incluyen la simulación de un sistema de posicionamiento global (GPS) con antenas de *seudolite*, la construcción de campos magnéticos sintéticos y la utilización de una variedad de sensores, como unidades de medición visuales, ultrasónicas e inerciales, entre otros. Además, se ha sugerido la utilización de transmisores y receptores en el espectro de radiofrecuencia, similares a los que se encuentran en un entorno de oficina (Roman et al., 2020). Cabe señalar que muchos de los sistemas antes mencionados dependen de la instalación y configuración adecuadas de los equipos en el lugar deseado, lo que a veces puede resultar en implementaciones costosas.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de navegación basado en tecnología satelital. Su técnica fundamental consiste en medir las distancias entre el receptor y algunos satélites observados simultáneamente, y las posiciones de los satélites se pronostican y transmiten junto con la señal GPS al usuario (Xu, 2016). A

través de varias posiciones conocidas (de los satélites) y las distancias medidas entre el receptor y los satélites, se puede determinar la posición del receptor y luego la velocidad del receptor (Rustamov & Hashimov, 2018).

Su objetivo principal es proporcionar servicios de navegación global, en tiempo real y en todo clima para los tres campos: mar, tierra y aire. Desarrollado y mantenido por el departamento de defensa de EE. UU. en la década de 1970. Cubren el 98% del mundo (Chen & Cheng, 2019).

Kaplan & Hegarty (2017) afirman que actualmente existen otros sistemas de navegación por satélite entre los cuales están:

- GLONASS (Rusia): También utiliza una constelación de satélites para proporcionar cobertura global y es interoperable con el GPS.
- Galileo (Unión Europea): Su objetivo es proporcionar independencia y fiabilidad a Europa en navegación y posicionamiento, compatible con GPS y GLONASS.
- BeiDou (China): Inicialmente un sistema regional, BeiDou ha evolucionado hacia una constelación global para ofrecer servicios de posicionamiento, navegación y sincronización.
- QZSS (Japón): Se complementa otros sistemas como GPS. Ofrece una mayor precisión y fiabilidad en la región Asia-Pacífico.

2.2.1.1 Aplicaciones del GPS.

Kaplan & Hegarty (2017) manifiestan que existen múltiples aplicaciones, incluyendo:

- Navegación: Utilizado en automóviles, aviones, barcos y personas para determinar rutas y ubicaciones exactas.
- Geolocalización: Empleado en dispositivos móviles para servicios de ubicación, mapas y aplicaciones basadas en la ubicación.

- Agricultura de Precisión: Ayuda en la gestión de campos agrícolas mediante la guía de maquinaria y el seguimiento del rendimiento de los cultivos.
- Medición y Cartografía: Utilizado en topografía, geodesia y la creación de mapas precisos.
- Sistemas de Rescate y Seguridad: Fundamental en operaciones de búsqueda y rescate, así como en la vigilancia y el seguimiento de personas y bienes.

2.2.1.2 Funcionamiento del GPS.

El GPS funciona mediante un proceso llamado trilateración, que implica medir la distancia entre el receptor y al menos cuatro satélites. Cada satélite emite una señal que incluye su posición y la hora exacta en que se transmitió la señal. El receptor GPS mide el tiempo que tarda la señal en llegar desde cada satélite y utiliza esta información para calcular su distancia a cada uno de ellos. Con estas distancias y las posiciones conocidas de los satélites, el receptor puede determinar su propia posición geográfica (latitud, longitud y altitud).

2.2.2 IMARPE - El Instituto del Mar del Perú

Es la institución científica peruana que se dedica a la investigación marina y la gestión sostenible de los recursos hidrobiológicos del mar territorial. Su objetivo principal es generar conocimiento científico y tecnológico para asesorar al Estado en la toma de decisiones relacionadas con la conservación y el aprovechamiento responsable de los recursos marinos (IMARPE, 2025). Se centra en estudios científicos en el estudio del mar y sus recursos hidrobiológicos (Uriol Cabrera, 2016), también se orienta en la formación de científicos (S. F. Gómez, 2018). Al igual que otras instituciones, tiene dificultades de financiamiento, también destaca en la colaboración con instituciones extranjeras, como la FAO, y la Sociedad Nacional de Pesquería, que proporcionaron recursos y conocimientos técnicos para impulsar la investigación (Uriol Cabrera, 2016). Estas dificultades financieras implican que haya un rezago en las investigaciones sobre la explotación de recursos hidrobiológicos, muy en particular para la pesca artesanal.

2.2.3 IMARSIS

IMARSIS es el Sistema de Información Científico Tecnológico del IMARPE. Es un gestor de bases de datos para el tratamiento de la información, procesar y generar reportes en tiempo real sobre los datos científicos obtenidos en actividades de monitoreo e investigación marina y continental (IMARPE, 2023).

2.2.4 Embarcación pesquera

Es una unidad autorizada y equipada para realizar actividades de pesca, pudiendo también realizar actividades vinculadas como transporte, almacenamiento, preservación y/o procesamiento de productos hidrobiológicos (Ministerio de la Producción, 2022). Comprende plataformas flotantes móviles de cualquier tipo y tamaño (FAO, s. f.). Puede estar equipado con uno o varios artes de pesca y es utilizado para la pesca o para apoyar dicha actividad (Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, 2020).

2.2.5 Pesca Artesanal

En un artículo publicado en la Web FAO (2005) menciona que la pesca artesanal es una actividad de captura de recursos pesqueros que se caracteriza por el uso de técnicas, herramientas y embarcaciones de pequeña escala con poco desarrollo tecnológico. Esta forma de pesca suele ser realizada por comunidades costeras y rurales y juega un papel vital tanto en la economía local como en la seguridad alimentaria de muchas regiones del mundo.

Tiene las siguientes características:

- Utiliza embarcaciones pequeñas, muchas veces sin motor, y equipos tradicionales como redes de mano, anzuelos y trampas. Las técnicas varían considerablemente según la región y la cultura.
- Tiende a tener un menor impacto ambiental en comparación con la pesca industrial. Sin embargo, la sostenibilidad puede ser un desafío debido a la sobreexplotación y a la falta de regulación adecuada.

- Es una fuente crucial de empleo y sustento para millones de personas en comunidades costeras. La pesca artesanal contribuye significativamente a la economía local y es esencial para la seguridad alimentaria.
- Los pescadores artesanales a menudo poseen un profundo conocimiento ecológico de sus áreas de pesca, lo que puede ser valioso para la gestión sostenible de los recursos marinos.

El sector enfrenta los siguientes desafíos:

- Muchas veces, la pesca artesanal opera en un marco regulatorio débil o inexistente, lo que puede llevar a la sobreexplotación y conflictos por recursos.
- Los pescadores artesanales a menudo enfrentan dificultades para acceder a mercados competitivos y obtener precios justos por sus capturas.
- Las comunidades pesqueras artesanales son particularmente vulnerables a los impactos del cambio climático, como la alteración de los ecosistemas marinos y la variabilidad de las especies.

2.2.6 Pesca sostenible

La pesca sostenible es un enfoque de la pesca que busca mantener las poblaciones de peces y otras especies marinas en niveles saludables a largo plazo, al tiempo que se minimizan los impactos ambientales y sociales de la actividad pesquera. La pesca sostenible implica el uso de prácticas de pesca responsables, como la gestión de cuotas de captura, la protección de hábitats críticos y la reducción de la pesca incidental. el pescado es una fuente de proteína esencial y que la pesca sostenible es crucial para garantizar su disponibilidad a largo plazo (Sharpless et al., 2013).

Mediante la pesca sostenida, se busca enfrentar la sobrepesca, restaurar y proteger los ecosistemas marinos (Callum, 2013), con una perspectiva científica y de gestión.

La pesca sostenible abarca la práctica de preservar una cantidad suficiente de peces en el medio acuático, evitando así la pesca excesiva, con el objetivo final de permitir que la población de peces se reproduzca adecuadamente, garantizar la renovación continua de su número y mantener su bienestar y productividad generales (MSC, 2024). Para que la pesca logre la sostenibilidad, es imperativo demostrar respeto por la composición, la eficiencia, el funcionamiento y la variedad de los ecosistemas y

hábitats marinos. Esto debería implicar minimizar cualquier efecto adverso sobre otras especies, prestando especial atención a las especies protegidas, en peligro de extinción o amenazadas. Además, es fundamental implementar estrategias de gestión eficaces que permitan a la pesquería aclimatarse a las alteraciones del medio marino y cumplir con los marcos legislativos locales y mundiales.

La pesca sostenible es esencial para alimentar a una población mundial en crecimiento y destacan el papel fundamental del pescado como fuente de proteínas de alta calidad (Sharpless et al., 2013). Se requiere del consumo responsable de productos del mar (Greenberg & Lane, 2011).

En la actualidad, el cambio climático es un elemento a considerar en la pesca sostenible. El cambio climático por variaciones en los patrones climáticos, incluyendo precipitaciones, vientos (Romm & Heitsch, 2018), y otros fenómenos como el calentamiento global (Klein, 2014) y el aumento del nivel de los mares.

Midiendo la sostenibilidad: La evaluación de la sostenibilidad a largo plazo de una pesquería puede realizarse independientemente de su magnitud, posición geográfica o técnica de pesca empleada. Nuestra norma de pesca ofrece un medio para cuantificar dicha sostenibilidad. Al realizar una evaluación imparcial de una pesquería de acuerdo con la norma antes mencionada, se tienen debidamente en cuenta tres principios fundamentales:

Se plantea la cuestión de si queda una población adecuada de peces en el océano. Es imperativo que las actividades pesqueras se lleven a cabo de manera que se garantice su sostenibilidad a perpetuidad.

Las consecuencias que se derivan de las actividades humanas en el entorno natural son motivo de gran preocupación. Es imperativo que las actividades pesqueras se ejecuten meticulosamente para garantizar la preservación de otras especies y hábitats que coexisten dentro del ecosistema.

¿Se gestionan eficazmente las operaciones en la gestión de la pesca? Las pesquerías certificadas deben cumplir con las regulaciones y demostrar la capacidad de

adaptarse a las cambiantes circunstancias ambientales.

2.2.7 Puerto de zarpe

Es puerto de partida desde el cual una nave obtiene o declara su zarpe e inicia su navegación o faena, previa autorización o declaración de zarpe ante la autoridad marítima competente (Dirección General de Capitanías y Guardacostas, 2023, 2025).

2.2.8 Sobrepesca

Es definida como la extracción de peces a una tasa superior a la que pueden reproducirse y reponerse de forma natural, es una problemática global que amenaza la salud de los océanos y la seguridad alimentaria (Sharpless et al., 2013) de millones de personas. Este fenómeno no solo agota las poblaciones de peces, sino que también altera los ecosistemas marinos, generando un impacto negativo en la biodiversidad y la cadena alimentaria. Esta desaparición de los peces afectaría gravemente los ecosistemas marinos, la economía global y la cultura humana (Kurlansky, 2014). Factores que influyen son la gestión deficiente de las pesquerías y la demanda de especies exóticas (Greenberg, 2014). La pesca local no solo es más respetuosa con el medio ambiente, sino que también puede ser más rentable y proporcionar alimentos más frescos y saludables.

2.2.9 Áreas Marinas Protegidas

Un Área Marina Protegida es una zona terrestre y sus aguas adyacentes, conocida comúnmente como orilla; incluye flora, fauna, características históricas y culturales asociadas, que han sido reservadas por ley (Humphreys & Clark, 2020) con fines de protección (Rebay, 2023). Pueden ser pequeños santuarios o grandes áreas.

En estas zonas no se permite en el lugar ningún tipo de actividad humana, implica la protección de las especies (Humphreys & Clark, 2020) y conservación de los océanos (Hamel, 2019).

Es importante un adecuado enrutamiento de las embarcaciones pesquera. Para evitar ingresar por dichas zonas por error y depredar especies en zonas protegidas.

2.2.10 *Mar territorial*

Es una franja de mar adyacente a las costas de un Estado y sujeta a su soberanía, es dependiente del dominio terrestre. La soberanía sobre el mar territorial se extiende al espacio aéreo suprayacente, así como el lecho y subsuelo de dicho mar (Vivanco, 2015). Según el derecho internacional, la soberanía de un Estado costero se extiende más allá de su territorio terrestre y de sus aguas interiores y, en el caso de un Estado archipelágico, de sus aguas archipelágicas, hasta una franja de mar adyacente, descrita como mar territorial. Esta soberanía se extiende al espacio aéreo sobre el mar territorial, así como a su lecho y subsuelo. (Janusz-Pawletta, 2021, p.77). Según la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (UNCLOS o CONVEMAR en español), el mar territorial se extiende hasta una distancia de 12 millas náuticas (aproximadamente 22.2 kilómetros) desde la línea de base costera del país. Dentro de este mar territorial, el país tiene el derecho exclusivo de regular y controlar la navegación, la pesca, y otras actividades económicas y de recursos naturales, artículos 2,3 y 4 (United Nations, 2025).

2.2.11 *Veda extractiva*

La veda extractiva es una medida de gestión pesquera que prohíbe temporal o permanentemente la captura de determinadas especies o grupos de especies en una zona específica. El objetivo de la veda es proteger las poblaciones de peces durante períodos críticos de su ciclo de vida, como la reproducción o el crecimiento, y permitir su recuperación (Hamel, 2019), garantizando la sostenibilidad de los recursos pesqueros (Ray & McCormick-Ray, 2014). Su uso está avalado en el derecho internacional (Churchill, 1999). El éxito de la veda extractiva depende de una planificación y aplicación cuidadosas (Humphreys & Clark, 2020).

2.2.12 *Cala*

Calado se refiere al lanzamiento al agua del arte de pesca para su operación, tras la cual, prosigue su “recojo”. Estos pueden ser efectuados de forma manual o mecanizada (Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, 2020).

En el contexto pesquero, la cala se entiende como calado.

2.2.13 Zona de pesca

Las zonas de pesca según la FAO (FAO, 2025) son zonas, cuyos límites se determinaron en consulta con organismos pesqueros internacionales teniendo en cuenta aspectos como:

- el límite de las regiones naturales y divisiones naturales de los océanos y mares
- prácticas nacionales existentes
- fronteras internacionales
- presencia de fauna acuática

En el Perú, el Imarpe (SNP, 2019) registra dos zonas de pesca: la Zona Norte-Centro, que a barca desde la frontera norte del dominio marítimo hasta el Paralelo 16° Sur y se caracteriza por tener una plataforma continental amplia, y la zona Sur, desde Paralelo hasta la frontera sur del dominio marítimo, allí la plataforma continental se profundiza más cerca de la costa.

2.2.14 Innovación sostenible

La definición formal, según La Comisión de Medio Ambiente de las Naciones Unidas - Comisión Bruntland, significa generar, desarrollar y lanzar nuevos productos y procesos que "satisfagan las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (Hargadon, 2015).

Existe una correlación directa ente crecimiento económico e innovación (Fernandes et al., 2021), demostrado con evidencia empírica en numerosas investigaciones. Se requieren innovaciones que mitiguen entre otros, los problemas de polución y que esa innovación sea sostenible económicamente.

La innovación sostenible se logra mediante la creación de conocimiento, y es necesario analizar y estimular las formas y estructuras que incorporan este conocimiento en las organizaciones. Un proceso de innovación adecuado da como resultado que el conocimiento sea sostenible. La esencia de la innovación sostenible está determinada por una perspectiva de proceso sobre la sostenibilidad (Jorna,

2017). Un producto, proceso de producción o servicio en particular es sostenible, queremos decir que se ha logrado un equilibrio entre los tres pilares del desarrollo sostenible: "planeta", "beneficio" y "personas", donde "planeta" es a menudo el pilar clave (Jorna, 2017, p.5).

El desarrollo sostenible incluye energía sostenible, productos de desecho y no reparables, modos de transporte contaminantes, materias primas y modos de producción tóxicos, obsolescencia programada, etc. En resumen, es hora de redefinir un nuevo modelo de desarrollo anclado en el progreso y el bienestar. (Sempels & Hoffmann, 2025, p. 1-2).

2.2.15 Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), propuestos en las Naciones Unidas también conocidos como Objetivos Globales (ONU, 2024), fueron aprobados en 2015, para un plazo de 15 años, con el fin de reducir la pobreza, la desigualdad y luchar con el cambio climático. No son obligatorios, pero se promueve que los gobiernos los adopten como propios y establezcan un marco para su implementación. Son 17 los ODS y fueron proyectados hasta el año 2030 e incluyen (Rawlins, 2016):

1. Fin de la Pobreza.
2. Hambre Cero.
3. Salud y Bienestar.
4. Educación de Calidad.
5. Igualdad de Género.
6. Agua Limpia y Saneamiento.
7. Energía asequible y no Contaminante.
8. Trabajo Decente y Crecimiento Económico.
9. Industria, Innovación e Infraestructura.
10. Reducción de las Desigualdades.
11. Ciudades y Comunidades Sostenibles.

12. Producción y consumo Responsable.
13. Acción por el Clima.
14. Vida Submarina.
15. Vida de Ecosistemas Terrestres.
16. Paz, Justicia e Instituciones Sólidas
17. Alianzas para lograr los Objetivos.

2.2.16 *Economía Azul*

Es un enfoque económico que busca promover el crecimiento económico y mejora de vida, garantizando la sostenibilidad ambiental de los océanos y las zonas costeras. Se centra en el uso sostenible de los recursos marinos para actividades como la pesca, la acuicultura, el turismo, el transporte marítimo y la energía renovable (Pauli, 2017). Autores como (Attri, 2018) amplían el concepto combinando ciencia, innovación y emprendimiento, denominándola economía azul 3.0, donde se crea valor económico y social a través de soluciones regenerativas y circulares. Existen estudios en diferentes países, destacando las mejores prácticas y lecciones aprendidas en la implementación de estrategias.

La incorporación de soluciones innovadoras para el enrutamiento de embarcaciones artesanales es compatible con los conceptos de economía azul.

2.2.17 *Monitoreo Electrónico*

Los medios electrónicos permiten realizar labores de monitoreo pesquero, siendo económicamente eficiente. Puede constar de múltiples sensores y cámaras avanzado (van Helmond et al., 2020).

2.2.18 *Monitoreo satelital*

Es la utilización de satélites para observar y recopilar datos sobre la Tierra y otros objetos en el espacio. Esta tecnología tiene una amplia gama de aplicaciones, desde la observación meteorológica y el seguimiento de desastres naturales hasta la navegación, la meteorología, la agricultura, la gestión de recursos naturales y la

vigilancia militar (Pelton J. & Wu W., 2017) y (Campbell et al., 2023). Otros autores, como (Maini & Agrawal, 2014) definen el monitoreo satelital como "la adquisición sistemática de datos de la Tierra y otros objetos celestes mediante sensores a bordo de satélites" (p. 523). Se usan diferentes tipos de satélites, órbitas y sensores, plataformas, técnicas de procesamiento, análisis de imágenes. Para un adecuado funcionamiento se requiere la calibración de sensores, el procesamiento de imágenes y la gestión de datos (p 600-650) (Maini & Agrawal, 2014).

2.2.19 Geolocalización

La geolocalización es la estimación de la posición de un emisor, un objeto o una persona (O'Donoghue N., 2019), en términos de coordenadas globales como la latitud y la longitud, o en coordenadas locales como el alcance y el rumbo a partir de una referencia fija (G. B. López, 2016). Se realiza mediante un proceso llamado triangulación para formar una estimación de geolocalización (G. B. López, 2016). Puede obtenerse a partir de uno o más dispositivos de navegación (O'Donoghue N., 2019).

2.2.19.1 Geolocalización Satelital.

Permite obtener la posición, rumbo y velocidad a partir de las señales enviadas desde los satélites. Es desarrollado, operado y mantenido por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. El servicio está disponible al público de forma gratuita. La posición se calcula obteniendo los datos de tres o más satélites (Pathak et al., 2022). La geolocalización es una tecnología que utiliza datos obtenidos de un dispositivo móvil o computadora esto para identificar o describir su ubicación física real de una persona (Bermúdez Delgado, 2023).

Los dispositivos de GPS satelital permiten mejorar la navegación y en caso de emergencias facilitan la localización de la embarcación, llegando a salvar vidas. Durante las últimas décadas, una amplia gama de aplicaciones que requieren posicionamiento se basó en el GPS (Ashour et al., 2022).

Una herramienta para ubicar los cardúmenes de especies de especial interés para la pesca es la geolocalización satelital (Nielsen et al., 2023). Existen diferentes técnicas

para el almacenamiento de la información recopilada.

2.2.19.2 *Geolocalización IP.*

Se utiliza para determinar una ubicación geográfica mediante una conexión a Internet. Se utiliza para avisos localizados, mostrar la ubicación de un lugar, ruta y distancia (Li et al., 2021). Es muy útil, pero requiere de acceso a internet, algo no accesible por un pescador artesanal en el mar. Los dispositivos GPS cuentan con puerto USB, que permiten obtener las coordenadas generadas por él, algunos, más costosos, tienen capacidad de almacenar dichas coordenadas.

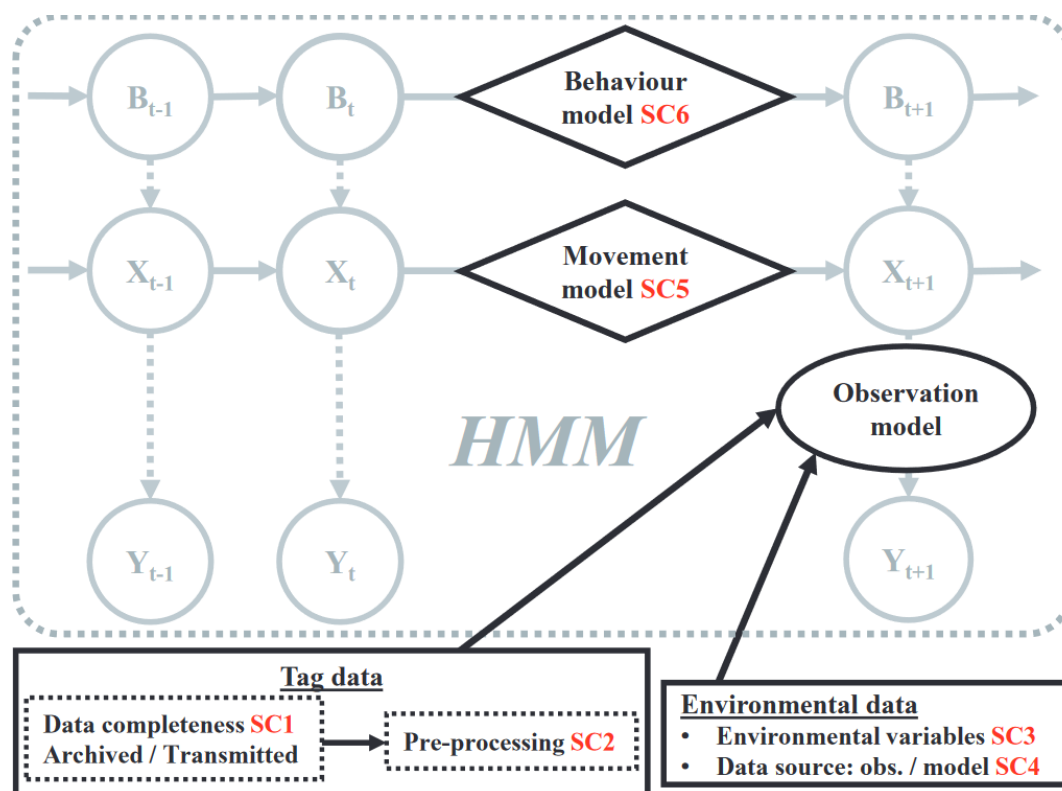
2.2.19.3 *Geolocalización para el seguimiento de peces marinos.*

La geolocalización se refiere al proceso de determinar la ubicación geográfica una persona o de un objeto mediante el uso de tecnologías de ubicación, como el GPS (Sistema de Posicionamiento Global), Wi-Fi, Bluetooth o señales de teléfonos móviles.

Tecnología que utiliza datos obtenidos de los dispositivos de un individuo para identificar o describir su ubicación física real. La geolocalización de interferencias por satélite desempeña un papel fundamental a la hora de abordar los problemas de interferencias de radio relacionados con los sistemas de comunicaciones por satélite (Hao et al., 2021). Las incertidumbres en los estudios de seguimiento de peces limitan su integración en los planes de conservación y gestión pesquera. Esto es especialmente cierto para los estudios de etiquetado de archivos que se basan en modelos de geolocalización para inferir huellas de peces a partir de variables ambientales registradas (Gatti et al., 2021).

Figura 1:

Diagrama conceptual de un modelo para geolocalización



Nota. Adaptado de (Gatti et al., 2021).

2.2.20 Data Geoespacial

Es la información que tiene un componente geográfico, donde cada registro está asociado a una ubicación en el espacio geográfico. Esta ubicación puede ser representada de diversas maneras, como coordenadas (latitud y longitud), direcciones, códigos postales, entre otros (ICES, 2022). Los datos geoespaciales son los hechos, cifras y datos referentes a la Tierra (Jabbour & Babiartz, 2023), es decir lo referente a la ubicación y son datos especificados para la investigación.

Pueden ser imágenes, mapas, fotografías, que hacen referencia a un lugar geográfico concreto y están relacionadas con la cartografía, la teledetección y la fotointerpretación (Luisa & José, 2021).

Típicos datos geoespaciales capturados pueden ser lista de librerías con direcciones, una lista de lugares que visitaste durante tus viajes, una lista de puntos de interés

(restaurantes, museos y hoteles que recopiló con tu teléfono móvil), una foto aérea con la vista de una ciudad donde se pueden reconocer lugares destacados (Iacovella, 2017).

2.2.21 Dispositivos Móviles

Un dispositivo móvil es un aparato electrónico portátil que permite a los usuarios acceder a una variedad de servicios y aplicaciones a través de redes inalámbricas. Estos dispositivos, incluyen teléfonos inteligentes, tabletas y lectores electrónicos, influyendo en la forma en que las personas se comunican, trabajan, aprenden y se entretienen (Canuel, 2017). Además, se constituyen como un elemento clave para procesos de investigación y aprendizaje.

Los dispositivos móviles están democratizando el aprendizaje, permitiendo a los estudiantes aprender en cualquier momento y lugar, y cómo los educadores pueden aprovechar esta tecnología para crear experiencias de aprendizaje más atractivas y personalizadas.

El uso de dispositivos móviles como elemento de la solución de problemas en el sector pesca ha sido propuesto, como alternativa a soluciones más tradicionales y costosas (Galotto-Tébar et al., 2022), por ejemplo, para monitorizar la actividad de las embarcaciones. Los dispositivos móviles actuales son una tecnología madura, tienen altas capacidades de procesamiento y múltiples funcionalidades. Es posible implementar aplicaciones que permitan realizar tareas adicionales, como captura y presentación de datos, se los puede integrar a plataformas de software colaborativo. No disponen de geolocalización con GPS, pero se los puede conectar a estos dispositivos para obtener datos de ubicación.

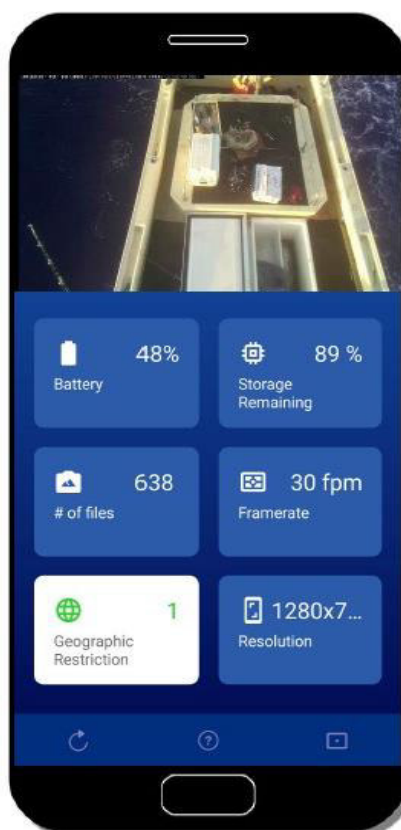
2.2.22 Aplicaciones Móviles

El desarrollo de tecnologías móviles ha mejorado los sistemas de recopilación de datos en el sector pesquero. Las aplicaciones móviles son herramientas que agregan funcionalidades a los dispositivos. Las aplicaciones tienen acceso a los distintos elementos del dispositivo, como la cámara, batería, almacenamiento, resolución y otros (Dalskov et al., 2021).

A nivel global existen múltiples aplicaciones en el mercado que proveen funcionalidades de geolocalización y enrutamiento, disponibles para *tablets* y teléfonos móviles (Dalskov et al., 2021).

Figura 2:

Teléfono móvil con una aplicación instalada



Nota. Se aprecian las principales características de la aplicación (Dalskov et al., 2021).

La mayoría de aplicaciones para dispositivos móviles requieren de hardware adicional como cámaras digitales, lo cual las hace inviables. Sin embargo, si existen algunas aplicaciones para dispositivos móviles permiten realizar las tareas de registro de información, a manera de bitácora y reportes sin requerir hardware adicional.

Una aplicación comercial, que no requiere hardware adicional es *Mofi*, que captura datos de posicionamiento en intervalos de tiempo, puede operar en tiempo real o en modo asíncrono.

Existen dos tipos de conexión de datos (Pino et al., 2020) y (C. A. T. Gómez, 2021):

- Modo offline: o desconectado de la red, o fuera de línea.
- Modo online: Conectado o con conectividad.

La solución propuesta en la presente investigación deberá soportar ambos modos, dado que, al estar en el mar, solo en zonas cercanas a la orilla se tiene red en modo online, y se requiere poder seguir trabajando en modo offline.

2.2.23 *Internet de las Cosas – IoT*

El Internet de las cosas (IoT) es una red de objetos físicos, dispositivos, vehículos, edificios y otros elementos físicos equipados con hardware, software, sensores, y conectividad de red que les permiten conectarse a una red e intercambiar datos.

En la actualidad, existe bibliografía que proporcionan diseños y propuestas de productos y servicios para el Internet de las cosas, con un enfoque en la creación de prototipos y la experimentación.

Estas capacidades de conectarse que tienen los dispositivos cotidianos a Internet ofrecen nuevas oportunidades para la automatización, el monitoreo y el control de procesos, así como para la creación de nuevos productos y servicios.

2.2.24 *Información Sensible*

La información sensible es aquella que, de ser divulgada, podría causar daño a un individuo u organización. Esta información puede ser de carácter personal, financiero, comercial o gubernamental, por tanto, su protección es fundamental para garantizar la privacidad, seguridad y confianza (Veliz, 2021).

Aun cuando tecnologías como las redes sociales, dispositivos móviles y el internet de las cosas impactan en la privacidad e información sensible (Hartzog, 2018), es posible diseñar tecnologías que permitan una adecuada protección de dicha información.

2.2.25 GIS - Sistema de Información Geográfica (GIS)

Es un sistema diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar, gestionar y presentar todo tipo de datos georreferenciados, es decir que están espacialmente referenciados a la Tierra. En términos más sencillos, se trata de un sistema informático que permite visualizar y analizar información geográfica en un mapa. También existen GIS basados en web, que gestionan información en entornos distribuidos, utilizando la infraestructura de Internet para integrar, difundir y compartir recursos GIS (Xiaoxia Han, 2016).

2.2.26 Copyright

El copyright es un tipo de propiedad intelectual que protege las obras originales de autoría, como libros, música, películas, software y obras de arte. Otorga al creador de la obra derechos exclusivos sobre su uso y distribución, incluyendo el derecho a reproducir, distribuir, mostrar públicamente, realizar públicamente y crear obras derivadas (Goldstein & Hugenholtz, 2019).

La tecnología y la globalización han transformado el panorama del copyright, por tanto, las leyes y prácticas de copyright han evolucionado para adaptarse a estos cambios. Es importante comprender los derechos de autor para poder proteger y explotar el potencial de las obras creativas.

2.2.27 Licencia de software

Una licencia de software es un contrato que describe el uso legítimo o la redistribución de ese software. La mayoría de las licencias de software otorgan permiso al usuario final para utilizar una o más copias de software. También especifican los derechos y restricciones del usuario final. Esto garantiza que se mantengan los derechos de autor del propietario del software. Es ilegal utilizar software con licencia sin la licencia adecuada.

Los tipos de licencia de software determinan lo que el usuario puede hacer, es decir, como utilizarlo, copiarlo, distribuirlo, modificarlos, comercializarlo, etc. (Cisco, 2016), (Callejas, 2021) y (Recios, 2016).

2.2.27.1 *GNU General Public License.*

La Licencia Pública General de GNU (GPL) es una licencia de software libre ampliamente utilizada que garantiza a los usuarios la libertad de usar, estudiar, compartir y modificar el software. La GPL es una licencia copyleft, lo que significa que cualquier trabajo derivado del software original también debe ser distribuido bajo los mismos términos de la GPL. Se deben considerar principios técnicos y legales al momento de adoptar una licencia y cuando se va a elegir un software, o modificarlo (Meeker, 2017), sin infringir derechos de autor. Los autores de la licencia proponen la libertad del software como un derecho humano fundamental, teniendo a Richard M. Stallman como su promotor.

2.2.27.2 *EULA - Licencia de usuario final.*

Los acuerdos de licencia de usuario final (EULA) son contratos que establecen los términos bajo los cuales un consumidor puede usar una aplicación y como una forma para que los diseñadores de software protejan su inversión económica. Un EULA define la relación entre el desarrollador y el usuario, describiendo los derechos de cada parte. Estos contratos detallan varias cuestiones, pero establecen explícitamente que un EULA es un acuerdo de licencia, estipulando los términos de la licencia, es decir, si es no exclusiva, revocable o no sujeta a transferencia (Shemtov N., 2021).

El autor otorga al cliente el derecho a copiar el software. Y a veces el autor autoriza la distribución de software o el ejercicio de otros derechos bajo la ley de propiedad intelectual, particularmente bajo derechos de autor. Estos contratos incluyen acuerdos de licencia de usuario final (EULA), donde el cliente obtiene el derecho de copiar el software en sus propias computadoras (“en las instalaciones”). También incluyen acuerdos de distribución, donde el cliente (más exactamente llamado “distribuidor”) obtiene el derecho a distribuir copias a sus propios clientes. En cada caso, el autor conserva la propiedad del software (Tollen, 2016).

El usuario final debe aceptar los términos del EULA. A veces, aceptar un EULA es tan simple como abrir el paquete físico que contiene un CD del software o descargarlo e instalarlo. Un ejemplo común de aceptación de un EULA ocurre cuando se actualiza el software en tabletas y teléfonos inteligentes. El usuario final

debe aceptar el EULA al actualizar el software. (cap.13.2.1.3) (Cisco, 2016).

2.2.27.3 *SLA - Acuerdo de Nivel de Servicio.*

Es básicamente el contrato donde se reflejan los aspectos técnicos del servicio prestado: la lista de servicios que el proveedor facilitara y una completa definición de cada servicio, las métricas para determinar si un proveedor está prestando el servicio como prometió y un mecanismo de auditoria para monitorizar el servicio, las responsabilidades del proveedor y del cliente y las soluciones disponibles para ambos si no se cumplen los términos del SLA, así como una descripción de como cambiara el SLA con el tiempo. (p.95) (Villarino Marzo, 2017). Un acuerdo entre el proveedor de servicios informáticos y el usuario que cuantifica el servicio mínimo aceptable para el usuario.

Generalmente escrito en lenguaje natural, que define en términos cuantitativos (e incluso cualitativos) los requisitos del servicio que será aprovisionado a un cliente. Cualquiera de las métricas incluidas en SLA debería poder operacionalizar y por ende calcularse. Los SLA juegan un rol central en el ciclo de vida de los servicios, ya que capturan las expectativas y compromisos de las partes que intervienen en un contrato (clientes, proveedores) además de la especificación de los servicios, las métricas a ser empleadas para medirlos y otros aspectos orientados a la calidad del servicio ofrecido (cap.9) (Abrahão S. et al., 2022).

2.2.27.4 *Licencia de software BSD.*

La licencia BSD es una clase de licencias extremadamente simples y muy liberales para software de computadora que fue desarrollada originalmente en la Universidad de California en Berkeley en 1990 y revisada dos veces, simplificándose aún más con cada revisión. La licencia BSD le permite comercializar incluso los trabajos derivados de un software. Algunas de las características de la licencia son,

- -El software se puede utilizar comercialmente.
- -El software se puede modificar para crear trabajos derivados que también se pueden distribuir y comercializar.

- -El propietario del software no se hace responsable de los daños y los derechos de autor y el texto de la licencia originales deben incluirse con las distribuciones.

La licencia se puede resumir de la siguiente manera: *no afirme que usted escribió esto, no nos culpe si se falla, no use nuestro nombre para promocionar su producto. Esto significa que puedes hacer casi cualquier cosa que quieras con el código BSD* (Lucas, 2018). A diferencia de la GPL (Licencia publica general GNU), las licencias BSD permiten distribuir modificaciones bajo otras licencias. (p.37) (Bresnahan & Blum, 2020).

2.2.28 Free software and open source – FOSS

Es el movimiento de software libre y código abierto (FOSS) trata de subvertir el modelo tradicional de la industria del software, al proporcionar acceso al código fuente original para el usuario. Dicho acceso permite un mayor desarrollo del software, modificar el código existente o escribiendo nuevas líneas de código, para uso personal o beneficio público. La motivación de quienes persiguen un enfoque de software libre y código abierto varía considerablemente, abarcando tanto lo político, lo filosófico y lo ético como el simple pragmatismo. El software publicado bajo licencias de software libre y de código abierto (FOSS), deben de publicarse junto con el código fuente del software.

2.2.29 Open source

El término "Open Source" (código abierto) se refiere a un modelo de desarrollo de software en el que el código fuente del programa es accesible al público, permitiendo que cualquier persona pueda ver, modificar y distribuir el software libremente. Este enfoque fomenta la colaboración, la transparencia y la innovación, ya que permite a los desarrolladores de todo el mundo trabajar juntos para mejorar el software y adaptarlo a sus necesidades. Es un concepto que apareció en 1990, trabaja en modo de colaboración pública entre desarrolladores, realizando actividades como para mantener el software de código abierto, desde la corrección de errores hasta la moderación de comunidades (Asparouhova, 2020). Requiriéndose de un modelo de sostenibilidad económica para su continuidad (pp. 150-200). Fue propuesta por el

economista italiano Vilfredo Pareto.

El concepto también alcanza el diseño de hardware, la selección de materiales, la fabricación de prototipos y la reducción de costos, tecnologías de impresión 3D y fabricación digital.

Este modelo de desarrollo de software también aborda temas como la propiedad intelectual, la competencia, la regulación gubernamental, teniendo un impacto social (pp. 100-150). Por estas características se requiere promover su desarrollo y adopción (pp. 400-450).

Las tecnologías de código abierto ayudan a aumentar el ritmo de la innovación al estar abierto a la colaboración, lo que lleva al libre intercambio de ideas innovadoras dentro de las comunidades (Rathee & Chobe, 2022).

2.2.30 *Protección de datos*

La protección de datos es el proceso de salvaguardar la información personal y confidencial de accesos no autorizados, divulgación, alteración o destrucción. En un mundo cada vez más digitalizado, la protección de datos se ha vuelto esencial para garantizar la privacidad y seguridad de individuos y organizaciones.

Se debe diseñar y desarrollar sistemas y productos que respeten la privacidad a lo largo del ciclo de vida del desarrollo de software. Se requiere un marco legal completo para entender los derechos y responsabilidades en materia de privacidad (Solove D., 2023) y (Warren, 2018).

2.2.31 *Método ABC*

El método ABC permite priorizar elementos al clasificarlos según su impacto o valor. Esto facilita la toma de decisiones y la asignación de recursos a las áreas más importantes. Permiten priorizar tareas, proyectos, clientes, riesgos, etc. (Slack et al., 2016).

Se definen los límites para cada categoría (A, B, C) en función de los objetivos y la distribución de los datos (Render, 2017):

- Categoría A: Elementos de mayor importancia. Requieren mayor atención y recursos.
- Categoría B: Elementos con importancia intermedia.
- Categoría C: Elementos de menor importancia.

Se usa en la gestión de inventarios (Jacobs & Chase, 2018). Otros autores como (Slack et al., 2016) denominan al método como Análisis ABC.

En una fórmula matemática con n expertos, m características y tres puntajes (3, 2 y 1), se deben definir las siguientes variables:

E: Número de expertos (n).

C: Número de características (m).

i: Índice del experto, donde $i=1, 2, \dots, E$.

j: Índice de la característica, donde $j=1, 2, \dots, C$.

p_{ij} : Puntaje asignado por el experto i a la característica j (3, 2 o 1).

PS_j: Puntaje total de la característica j, calculado como

PST: Puntaje total de todas las características, calculado como:

$$PS_j = \sum_{i=1}^E p_{ij}$$

El porcentaje del puntaje total que representa la característica j (PC_j) se calcula dividiendo el puntaje total de la característica j entre el puntaje total de todas las características, y multiplicando por 100:

$$PC_j = \frac{\sum_{i=1}^E p_{ij}}{\sum_{j=1}^C \sum_{i=1}^E p_{ij}} \cdot 100$$

Esta fórmula permite determinar a qué categoría ABC pertenece cada característica en función del porcentaje de su puntaje total.

2.2.32 Principio de Pareto

También conocido como la regla 80 y 20 o la Ley de los pocos vitales, indica que aproximadamente el 80 % de los efectos provienen del 20 % de las causas. Por tanto,

reducir los problemas más significativos provocará una mejora general, que reducir los pequeños.

El principio de Pareto, o regla 80/20, se usa para identificar los pocos factores vitales que causan la mayoría de los problemas (el 80%). Permite priorizar los esfuerzos de mejora en las causas más frecuentes para lograr el mayor impacto con los recursos. (Tagaram & Chen, 2025).

Si bien, este principio o ley es criticado por ser “empírico” y sin sustento científico, si se cumple en la práctica, si bien, no exactamente en los porcentajes 80% y 20%, las cantidades sí se acercan al principio de Pareto.

Se representa mediante el diagrama de Pareto, un gráfico de columnas que muestra la frecuencia de problemas o causas en orden descendente y de izquierda a derecha. Permite visualizar cuáles son los problemas más significativos para priorizar los esfuerzos en resolverlos.

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

En este capítulo se define la hipótesis de la investigación como un enunciado motivando a una respuesta posible de ser verdadera y contrastable.

Enunciado o proposición que requiere ser probado y se define como una explicación provisional del fenómeno a investigar.

3.1 Hipótesis general

La implementación de un modelo de enrutamiento contribuye significativamente a la mejora de la sostenibilidad de la pesca artesanal.

3.2 Hipótesis específicas

El objetivo del experimento es investigar las siguientes hipótesis específicas:

H.E.1:

- H1: Existen modelos de enrutamiento que utilizan la geolocalización satelital para la pesca artesanal.
- H0: No existen modelos de enrutamiento que utilicen la geolocalización satelital para la pesca artesanal.

H.E.2:

- H1: Incluir la geolocalización satelital mejora la sostenibilidad de la pesca artesanal al optimizar las rutas.
- H0: Incluir la geolocalización satelital no mejora la sostenibilidad de la pesca artesanal al optimizar las rutas.

H.E.3:

- H1: El uso de una APP móvil que integre el modelo de enrutamiento con la geolocalización satelital mejora la sostenibilidad de la pesca artesanal.
- H0: El uso de una APP móvil que integre el modelo de enrutamiento con la geolocalización satelital no mejora la sostenibilidad de la pesca artesanal.

H.E.4:

- H1: Es posible definir casos de estudio que permitan evaluar la viabilidad del modelo de enrutamiento mediante la definición de métricas de control.
- H0: No es posible definir casos de estudio que permitan evaluar la viabilidad del modelo de enrutamiento mediante la definición de métricas de control.

3.3 Identificación de variables

Posteriormente, definiremos las variables que componen lo que se puede medir, la información y los datos que se recopilan para abordar las consultas de la investigación, que se especifican en los objetivos.

3.3.1 *Variable independiente*

Modelo de enrutamiento para la pesca artesanal mediante geolocalización satelital.

3.3.2 *Variable dependiente*

Sostenibilidad de la pesca artesanal.

3.4 Operacionalización de Variables

En la tabla se muestra el proceso de definir cómo se medirá la variable en la investigación. Transforma el teórico ("Modelo de enrutamiento") en el indicador medible ("Presencia - Ausencia").

Tabla 1

Operacionalización de Variables

Variable	Tipo de Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Modelo de enrutamiento mediante geolocalización satelital	Variable independiente	Un modelo de enrutamiento mediante geolocalización satelital permitirá mejorar la sostenibilidad de la pesca artesanal a través de su implementación con elementos de bajo costo y accesible.	Implementación Tecnológica	- Presencia - Ausencia ¹
Sostenibilidad de la pesca artesanal	Variable Dependiente	Capacidad de realizar las faenas pesqueras optimizando los recursos operativos (tiempo y combustible) y garantizando el acceso seguro a zonas permitidas, evaluada a través de la percepción técnica de especialistas.	Viabilidad	- Índice de Priorización Ponderada (Acuerdo de especialistas - Método SAW).
			Eficiencia Operativa	- Tiempo de Faena.
				- Eficiencia de Combustible.

¹ Aplicación del modelo de enrutamiento.

3.5 Matriz de Consistencia

Es la tabla se resume y alinean los elementos clave de la presente tesis: problema general, problemas específicos, objetivo general, objetivos específicos, hipótesis general, hipótesis específicas, variables e indicadores y metodología. Su función es asegurar la coherencia lógica y la correcta articulación del proyecto de investigación.

Tabla 2
Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Metodología de Investigación <i>Enfoque cuantitativo.</i> Tipo de Investigación. <i>Investigación aplicada</i> Diseño de Investigación <i>No experimental.</i> <i>Transversal.</i> <i>Propositivo.</i> Unidad de análisis <i>Experto con conocimientos en gestión de proyectos de software, tecnologías de la información o gestión de recursos marítimos.</i> Población de Estudio <i>Conjunto de profesionales del sector privado, entidades públicas, docencia universitaria y consultoría, con</i>
- PG: ¿En qué medida la implementación de un modelo de enrutamiento permitirá la mejora de la sostenibilidad de la pesca artesanal?	- OG: Determinar en qué medida la implementación de un modelo de enrutamiento contribuye a mejorar de la sostenibilidad de la pesca artesanal.	- HG: La implementación de un modelo de enrutamiento contribuye significativamente a la mejora de la sostenibilidad de la pesca artesanal.	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	
- PE1: ¿Existen modelos de enrutamiento basados en geolocalización satelital de bajo costo y aplicables a la pesca artesanal en Perú?	- OE1: Determinar la existencia y viabilidad de modelos de enrutamiento basados en geolocalización satelital aplicables a la pesca artesanal en el Perú.	- HE1: - H1: No existen modelos de enrutamiento que utilizan la geolocalización satelital para la pesca artesanal. - H0: Existen modelos de enrutamiento que utilicen la geolocalización satelital para la pesca artesanal.	

- PE2: ¿El uso de geolocalización satelital en el modelo de enrutamiento mejorará la sostenibilidad de la pesca artesanal?	- OE2: Determinar si el uso de geolocalización satelital en el modelo de enrutamiento mejorará la sostenibilidad de la pesca artesanal.	H.E.2: - H1: Incluir la geolocalización satelital mejora la sostenibilidad de la pesca artesanal al optimizar las rutas. - H0: Incluir la geolocalización satelital no mejora la sostenibilidad de la pesca artesanal al optimizar las rutas.	conocimientos técnicos especializados y experiencia en gestión de tecnologías de información o del sector marítimo o pesquero. Tamaño de Muestra Doce (12) profesionales expertos. Selección de la muestra Se realizó mediante muestreo no probabilístico intencional (o por conveniencia). Técnica de recolección de Datos Juicio de Expertos. Instrumento de recolección de datos Matriz de Priorización basada en el Método de Suma Ponderada. Técnica de procesamiento y análisis de datos Se cuantificó la relevancia de cada característica para su posterior análisis mediante el Método ABC integrado con el Principio de Pareto (regla del 80/20).
- PE3: ¿En qué medida uso de una APP móvil en el modelo de enrutamiento mejorará la sostenibilidad de la pesca artesanal?	- OE3: Determinar en qué medida el uso de una APP móvil en el modelo de enrutamiento mejorará la sostenibilidad de la pesca artesanal.	- HE3: - H1: El uso de una APP móvil que integre el modelo de enrutamiento con la geolocalización satelital mejora la sostenibilidad de la pesca artesanal. - H0: El uso de una APP móvil que integre el modelo de enrutamiento con la geolocalización satelital no mejora la sostenibilidad de la pesca artesanal.	
- PE4: ¿Es posible definir un caso de estudio para corroborar la validez del modelo mediante juicio de expertos?	- OE4: Determinar si la definición de un caso de estudio servirá para corroborar la validez del modelo de enrutamiento mediante la validación por juicio de expertos.	- HE4: - H1: Es posible definir casos de estudio que permitan evaluar la viabilidad del modelo de enrutamiento mediante la definición de métricas de control. - H0: No es posible definir casos de estudio que permitan evaluar la viabilidad del modelo de enrutamiento mediante la definición de métricas de control.	

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

Este capítulo define la naturaleza de la investigación que se llevará a cabo, y describe la metodología para organizar las unidades de observación.

4.1 Tipo y Diseño de Investigación

4.1.1 Enfoque de investigación

El enfoque cuantitativo representa un proceso estructurado y secuencial orientado a la comprobación de las hipótesis formuladas (Hernández Sampieri et al., 2018). A través de este enfoque, que admite diseños tanto experimentales como no experimentales, es posible recolectar datos precisos sobre una problemática en particular.

Esta investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, constituyendo la base metodológica para alcanzar los objetivos y verificar empíricamente las hipótesis propuestas.

4.1.2 Tipo de Investigación

Todo proyecto de investigación comienza con una definición clara del propósito de la investigación, que ayuda a identificar el procedimiento o enfoque de investigación utilizado. En este sentido, un investigador puede realizar una investigación aplicada.

Como señala Bardales (2021) manifiesta en su investigación, según las diversas categorías de investigación, es fundamental una comprensión novedosa o una investigación práctica que produce una modificación en el estado de la situación identificada bajo un diagnóstico avanzado o un examen tecnológico. La innovación que fomenta el progreso en las diversas facetas que la sociedad nos exige y fortalecen el estado académico y científico de las instituciones de educación superior y del estado que encarnan.

La investigación causal está dentro de la categoría de la investigación concluyente debido a su intención de revelar relaciones de causa y efecto entre dos variables. Este

atributo lo convierte en un instrumento sumamente valioso en las investigaciones que requieren mediciones imparciales y la evaluación de las consecuencias mensurables (Zúñiga et al., 2023).

Esta investigación se centra en responder a preguntas concretas para resolver un problema específico en el sector de la pesca artesanal. Trata de identificar una solución a un problema cultural u organizativo y suele ser un plan de investigación posterior a la investigación básica o pura. Propone una innovación tecnológica y fortaleciendo el estado científico e industrial de la sociedad.

El presente estudio se enmarca dentro del tipo de investigación aplicada.

4.1.3 Diseño de Investigación

Al igual que la investigación descriptiva, este tipo de investigación intenta probar una idea presentada por un individuo o una organización.

4.1.3.1 No experimental.

Es aquel estudio que se realiza sin manipular las variables independientes. El investigador no tiene control directo sobre las condiciones del estudio; solo observa, analiza y evalúa los fenómenos como se dan en su contexto real.

El diseño es no experimental. Se propone un modelo tecnológico evaluado en su contexto teórico y aplicativo.

4.1.3.2 Transversal.

La investigación transversal recopila datos en un solo momento o en un tiempo único. Tiene como propósito describir las variables, o proponer soluciones basadas en ellas, sin hacer seguimientos a lo largo de meses o años.

El diseño es transversal. La recolección de los datos (encuestas a los 12 expertos usando la matriz SAW) se realizó en un único momento del tiempo.

4.1.3.3 Propositivo.

Diseña, formula y presenta una propuesta concreta (un modelo, un plan, una arquitectura o un sistema) orientada a solucionar el problema identificado.

El diseño es propositivo. Diseña, estructura y valida mediante juicio de expertos la viabilidad de una solución tecnológica innovadora que contribuye a la mejora de la sostenibilidad operativa.

4.2 Unidad de análisis

La unidad de análisis es el sujeto, objeto o entidad específica de la cual se extraen los datos empíricos durante la investigación.

Otros autores la denominan unidad muestral.

La unidad de análisis está constituida por un experto con conocimientos en gestión de proyectos de software, tecnologías de la información o gestión de recursos marítimos.

4.3 Población de estudio

Es el total de individuos que comparten características comunes y observables relacionadas con el problema de investigación.

La población está conformada por el conjunto de profesionales del sector privado, entidades públicas, docencia universitaria y consultoría, con conocimientos técnicos especializados y experiencia en gestión de tecnologías de información o del sector marítimo o pesquero.

4.4 Tamaño de muestra

El tamaño de muestra es el número de unidades de análisis seleccionadas de la población que participa en el levantamiento de información.

La muestra empleada para este estudio está conformada por doce (12) profesionales

expertos.

4.5 Selección de la muestra

La selección de la muestra es el procedimiento probabilístico o no probabilístico, mediante el cual el investigador selecciona a los sujetos que conformarán la muestra.

Se seleccionó doce (12) expertos. Se estableció como criterio de inclusión estricto que posean un mínimo de cuatro años de experiencia en sus respectivas áreas profesionales, garantizando la validez y fiabilidad de sus evaluaciones en la Matriz de Priorización.

La presente selección se realizó mediante un muestreo no probabilístico intencional (o por conveniencia).

4.6 Técnica de recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos son aquellos procedimientos empleados para recopilar información empírica. mientras que los instrumentos representan los recursos o formatos específicos utilizados para registrar dicha información.

Para la recolección de datos que se emplearon para la validación del modelo propuesto, se utilizó la técnica de Juicio de Expertos.

4.7 Instrumento de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos representan los recursos o formatos específicos elaborados para registrar de manera estructurada la información obtenida mediante la técnica aplicada.

Como instrumento, se diseñó una Matriz de Priorización basada en el Método de Suma Ponderada (SAW - Weighted Sum Method).

La Matriz de Priorización presenta las características identificadas del modelo y permite a los expertos asignar un nivel de importancia mediante una escala ordinal de

tres niveles:

- Alto (3 puntos): Característica indispensable para el modelo.
- Medio (2 puntos): Característica importante pero no crítica.
- Bajo (1 punto): Característica deseable pero prescindible.

4.8 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Las técnicas de procesamiento y análisis de datos son aquellos métodos lógicos y matemáticos que se emplean con el fin de organizar, evaluar y extraer conclusiones a partir de la información recolectada y consolidada.

Se cuantificó la relevancia de cada característica para su posterior análisis mediante el Método ABC integrado con el Principio de Pareto (regla del 80/20) para la selección de los elementos más significativos para la viabilidad del modelo de enrutamiento y su aporte a la sostenibilidad pesquera.

4.9 Validación del modelo propuesto

La validación en investigaciones de base tecnológica consiste en evaluar el artefacto, o modelo propuesto a una prueba estructurada para corroborar su viabilidad, aplicabilidad y utilidad frente a la problemática planteada.

En la presente investigación, la validación del modelo se estructuró bajo el enfoque de evaluación mediante Juicio de Expertos. Dado que el modelo no fue implementado operativamente en embarcaciones físicas durante esta fase de estudio, su validez científica y técnica se sustenta en el consenso de un panel de especialistas calificados. A través de la aplicación del instrumento de medición (Matriz SAW), los expertos evaluaron las características del modelo, proporcionando la base para demostrar que la propuesta tecnológica es viable y contribuye a la mejora de la sostenibilidad de la pesca artesanal.

4.10 Consideraciones éticas

Las consideraciones éticas establecen principios de integridad científica, moral y de buenas prácticas bajo los cuales se ejecuta el estudio. Garantizan transparencia y respeto hacia los participantes.

En el desarrollo de esta tesis, se respetó de manera estricta la propiedad intelectual de las obras citadas mediante la correcta citación de todos los antecedentes.

Se realizó un manejo transparente y objetivo de las evaluaciones emitidas por el panel de expertos, procesando sus puntuaciones sin sesgos.

Se mantuvo estricta confidencialidad de los datos personales del panel de expertos, los cuales fueron utilizados exclusivamente para fines académicos.

CAPÍTULO V: MODELO DE ENRUTAMIENTO PARA LA MEJORA DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA PESCA ARTESANAL MEDIANTE GEOLOCALIZACIÓN SATELITAL

El presente capítulo muestra el procedimiento usado para la elaboración del modelo de enrutamiento para la mejora de la sostenibilidad de la pesca artesanal mediante geolocalización satelital, describiendo cada paso necesario, para luego mostrar su aplicación.

Siempre será un reto que los pequeños pescadores incorporen nuevas tecnologías en su forma de trabajo (Tassetti et al., 2022). El uso de dispositivos móviles tales como smartphones y tabletas cada vez tiene mayor importancia, estos cuentan con tecnología de GPS, aunque solo está disponible cuando hay servicio de Internet. Estos dispositivos permiten ampliar sus funcionalidades a través de aplicaciones.

5.1 Metodología de la investigación

5.1.1 Taxonomía

El desarrollo de esta tesis se enmarca dentro de las clasificaciones taxonómicas y líneas de investigación establecidas por la Association for Computing Machinery (ACM), el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM).

De acuerdo a la clasificación taxonómica de la (ACM, 2026), el presente trabajo se clasifica en:

- INFORMATION SYSTEMS
 - Information systems applications
 - Spatial-temporal systems
 - Location based services
 - Global positioning systems²
- APPLIED COMPUTING

² Alineado a la variable de geolocalización satelital.

- Operations research
 - Transportation³
- Physical sciences and engineering
 - Environmental sciences⁴

De acuerdo a la clasificación taxonómica del (IEEE, 2017), el presente trabajo se clasifica en:

- VEHICULAR AND WIRELESS TECHNOLOGIES
 - Navigation
 - Marine navigation
 - Satellite navigation systems
 - Global Positioning System⁵
- CONTROL SYSTEMS
 - Traffic control
 - Vehicle routing⁶
- OCEANIC ENGINEERING AND MARINE TECHNOLOGY
 - Marine technology
 - Marine transportation⁷
- SOCIAL IMPLICATIONS OF TECHNOLOGY
 - Sustainable development⁸

De acuerdo a documento vigente “Líneas de Investigación de los Grupos de Investigación (GI) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos”, aprobado en julio mediante Resolución Rectoral N.º 008995-2021-R/UNMSM, que articula las líneas de investigación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (UNMSM, 2021), el presente trabajo clasifica en:

- Área Académica C: Ingenierías
 - Facultad: Ingeniería de Sistemas e Informática
 - Objetivo de Desarrollo Sostenible: ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura

³ Alineado a la propuesta de modelo de enrutamiento.

⁴ Alineado a la variable de sostenibilidad.

⁵ Alineado a la variable de geolocalización satelital.

⁶ Alineado a la propuesta de modelo de enrutamiento.

⁷ Alineado al entorno operativo de la flota pesquera artesanal.

⁸ Alineado a la variable de sostenibilidad.

- Línea de Investigación: Gobierno y Gestión de TIC

5.1.2 Metodología de Búsqueda

Para realizar la búsqueda bibliográfica se utilizaron diversas bases de datos y repositorios académicos (que incluyen tesis de posgrado, artículos científicos y libros especializados), entre los cuales destacan:

- *IEEE Xplore.*
- *ACM Digital Library.*
- *ScienceDirect.*
- *Web of Science.*
- *Springer.*
- *Scopus.*
- IJSCE - Internactional Journal of Computer Science and Engineering.
- IJSR - International Journal For Research In Advanced Computer Science.
- *Proquest.*
- *Directory of Open Access Journals (DOAJ).*
- *SCIELO.*
- Elsevier ScienceDirect.
- HINDAWI Publishing Corporation.
- Journal of computer Science.
- International Journal of Software.
- Journal of Networks.
- International Journal of Computer Applications.
- Chiang Mai Journal of Science.
- CLEI Electronic Journal.
- ArXive.

Luego de acceder a estos repositorios, se filtró la búsqueda mediante algunos criterios tales como:

- Criterios de Selección:
 - Documentos que contienen información sobre los temas mencionados.
- Criterios de Inclusión:

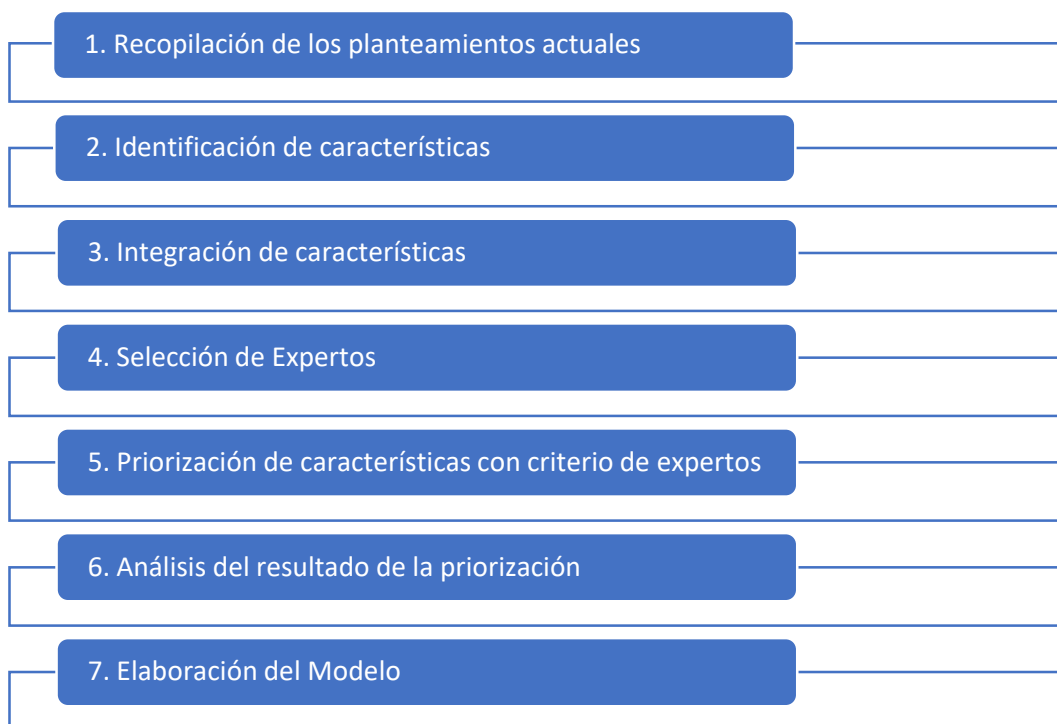
- Fecha: Se restringió la búsqueda a documentos que daten del año 2021 a la actualidad.
- Tipo de artículos: Incluyendo tesis de maestría y doctorado y artículos científicos.
- Palabras clave (keywords): Se utilizaron diversas palabras o expresiones claves tales como: *"pesca artesanal"*, *"sostenibilidad"*, *"geolocalización satelital"*, *"GPS"*, *"modelo de enrutamiento"*, *"artisanal fishing"*, *"sustainable fishing"*, *"satellite geolocation"*, *"routing model"*, *"dispositivos móviles"*, *"mobile devices"* entre otras relacionadas al problema propuesto.
- Criterios de Exclusión:
 - Fecha: Se excluyeron documentos anteriores al año 2021 para los antecedentes del problema (a excepción de libros especializados).
 - Tipos de publicaciones: Se excluyeron trabajos que no estén publicados en revistas científicas indexadas, así como los artículos de índole comercial o divulgativa.
 - Evaluación de los contenidos: Se priorizó la exactitud, objetividad, cobertura y eficiencia de la información. Asimismo, se investigó la cadena de autores que han realizado contribuciones relevantes a los artículos y temas analizados.

5.2 Procedimiento para la obtención del modelo

Para la definición del modelo propuesto, se adoptó una metodología rigurosa de siete etapas, como la figura 3.

Figura 3:

Procedimiento para la obtención del modelo



5.2.1 Recopilación de planteamientos actuales

La primera etapa consta de una recopilación de planteamientos existentes, abarcando tanto aquellos específicos para el sector de pesca artesanal como industrial, en Iberoamérica, Europa o Asia, con aplicaciones en distintas tecnologías, pero todas en torno al GPS. Todos descritos en la sección antecedentes del presente documento.

5.2.2 Identificación de características

En su artículo (Farella et al., 2021), usan el termino factor, haciendo referencia al mismo atributo. De las propuestas e implementaciones actuales se hizo una recopilación de características definidas de cada uno, estas pueden representar un mismo concepto, aunque con diferentes términos o forma de describirlos. Se realizó una unificación de términos para elaborar la lista de características que conformaron la línea base de modelo propuesto. En alguna de las publicaciones no se mencionan de manera explícita algunas características como ‘Almacenamiento de datos’, pero para la operatividad si es necesaria esta.

Tabla 3*Recopilación de características*

(Delgado & Arias, 2023)	(Tasseti et al., 2019)	(Jeffers et al., 2019)	(Armelloni et al., 2021)	(Dalskov et al., 2021)	(Meyer et al., 2022)	(ICES, 2022)	(ICES, 2022)	(Tasseti et al., 2022)
Precisión en datos recopilados	Precisión en datos recopilados	Informes y visualizaciones ⁹	Tecnología de direccionamiento	Tecnología de direccionamiento ¹⁰	Tecnología de Programación	Tecnología de direccionamiento ¹¹	Experiencia de usuario	Tecnología de direccionamiento
Almacenamiento de datos	Fuente de datos confiable	Análisis de tendencias ¹²	Tecnología de Programación ¹³	Tecnología de Programación	Tecnología de Cliente ¹⁴	Algoritmos utilizados ¹⁵	Almacenamiento de datos ¹⁶	Tecnología de Programación
Compatibilidad con software de terceros ¹⁷	Mapeo de actividades pesqueras ¹⁸	Compatibilidad con software de terceros	Compatibilidad con software de terceros	Tecnología de Cliente ¹⁹	Experiencia de usuario	Precisión del modelo ²⁰	Informes y visualizaciones ²¹	Tecnología de Servidor ²²

⁹ Los autores presentan varios ejemplos de informes y visualizaciones, incluyendo gráficos que muestran la cantidad de registros recopilados.

¹⁰ Se menciona el uso de ArcGIS con la extensión Tracking Analyst para el mapeo de trayectorias de pesca.

¹¹ Menciona el uso de GPS para la recopilación de datos de posición de las embarcaciones pesqueras.

¹² Describen el análisis de tendencias en la captura de tiburones a lo largo del tiempo, comparando los datos recopilados con smartphones y los datos recopilados en papel.

¹³ Se menciona el uso del lenguaje de programación R para el análisis estadístico y espacial de los datos. Se utiliza la librería sf de R.

¹⁴ Se describe el uso de la aplicación "Mofi" para la recopilación de datos de pesca en smartphones. Se menciona que la aplicación funciona en smartphones con Android OS.

¹⁵ Los autores mencionan el uso de varios algoritmos de aprendizaje automático para la identificación de artes de pesca en RE-COPESCA, incluyendo: KNN (K-Nearest Neighbors), C5.0 (árbol de decisión), SVM (Support Vector Machine), RF (Random Forest), XGBoost (Extreme Gradient Boosting).

¹⁶ El documento menciona que los datos son alojados en bases de datos de proveedores y accedidos por el Marine Institute a través de interfaces proporcionadas por el proveedor.

¹⁷ Los datos almacenados en el dispositivo se pueden exportar y procesar con software de terceros, como el programa BaseCamp de Garmin y Microsoft Power BI.

¹⁸ Los pings de pesca de arrastre se utilizaron para crear mapas de trayectorias.

¹⁹ Se menciona el desarrollo de una aplicación móvil llamada "PescApanha" para la recopilación de datos geolocalizados. También se menciona el uso de smartphones como herramienta para la recopilación de datos de pesca.

²⁰ El algoritmo empleado XGBoost logró la clasificación de las 10 clases de artes de pesca con la mayor precisión (94.89%).

²¹ Se hace uso de Modelos Ocultos de Markov (HMM) para identificar eventos de pesca, tránsito entre eventos de pesca y navegación utilizando datos de fecha/hora, velocidad y rumbo.

²² Se usa una API REST segura a través de HTTPS para la gestión de datos. También menciona el uso de MQTT y MQTTs para la comunicación entre dispositivos y servidores.

Exportación de datos ²³	Algoritmos ²⁴	Almacenamiento de datos ²⁵	Integración con datos externos	Experiencia de usuario	Precisión en datos recopilados	Optimización del modelo ²⁶	Algoritmos utilizados ²⁷	Tecnología de Seguridad ²⁸
Integración con datos externos	Compatibilidad con software de terceros ²⁹	Licenciamiento ³⁰	Informes y visualizaciones	Licenciamiento ³¹	Almacenamiento de datos ³²		Sensores ³³	Experiencia de usuario ³⁴
Análisis de tendencias ³⁵	Integración con datos externos ³⁶	Experiencia de usuario	Métricas de movilidad ³⁷		Compatibilidad con software de terceros			Privacidad de los datos ³⁸
Informes y visualizaciones	Análisis de tendencias ⁴⁰	Tecnología de Cliente ⁴¹	Almacenamiento de datos ⁴²		Exportación de datos			Licenciamiento

²³ Puede exportar datos en formato XML.

²⁴ Se utilizan algoritmos como "Expectation Maximization (EM)" para procesar los datos.

²⁵ Se realiza el almacenamiento de datos en una base de datos en línea a través del software ODK Aggregate.

²⁶ Se realizó una optimización del modelo XGBoost para utilizar solo 34 de las 96 variables, manteniendo el mismo rendimiento.

²⁷ Se hace mención al uso de protocolos de seguridad como TLS/SSL y LoRaWAN para la encriptación de datos y la autenticación. También se menciona el uso de AES-CTR y AES-CMAC en el protocolo LoRaWAN para la seguridad de los datos.

²⁸ Uso del protocolo de seguridad como TLS/SSL y LoRaWAN para la encriptación de datos y la autenticación. También se menciona el uso de AES-CTR y AES-CMAC en el protocolo LoRaWAN para la seguridad de los datos.

²⁹ Uso de software de terceros para el procesamiento y análisis de datos AIS. Se menciona el software estadístico R.

³⁰ Se menciona el uso de Open Data Kit (ODK), un software de código abierto y de libre acceso.

³¹ Usa el software de código abierto como Open Data Kit (ODK) y R.

³² El almacenamiento de datos se realiza en un servidor a través de la aplicación.

³³ Se probaron varios sensores de engranajes para obtener datos sobre el esfuerzo pesquero, pero se ha suspendido su uso.

³⁴ Es importante que el sistema de seguimiento sea fácil de usar y de baja carga para los pescadores.

³⁵ Permite analizar tendencias en la pesca artesanal, como la variación en la ubicación de los puntos de pesca a lo largo del tiempo.

³⁶ La información de los datos AIS se puede combinar con otros datos.

³⁷ Presenta métricas cuantitativas para describir la fidelidad de las embarcaciones a su área de registro y la cantidad de esfuerzo pesquero atribuible a embarcaciones no locales.

³⁸ Se debe mantener la confidencialidad de los datos de los pescadores.

⁴⁰ Como la variación en la ubicación de la pesca de arrastre a lo largo del tiempo y otros.

⁴¹ Se describe el uso de smartphones Android y la aplicación Open Data Kit (ODK) Collect para la recopilación de datos de pesca.

⁴² El almacenamiento de datos se realiza con la base de datos SQL y SharePoint.

39								
Tecnología de direccionamiento	Informes y visualizaciones		Compatibilidad con software de terceros ⁴³		Análisis de tendencias			Almacenamiento de datos ⁴⁴
Licenciamiento ⁴⁵	Tecnología de direccionamiento		Integración con datos externos		Informes y visualizaciones			Compatibilidad con software de terceros ⁴⁶
	Tecnología de Programación		Análisis de tendencias					Análisis de tendencias ⁴⁷
			Informes y visualizaciones					Informes y visualizaciones ⁴⁸
			Algoritmos ⁴⁹					Algoritmos ⁵⁰
			Herramientas ⁵¹					Protocolos de comunicación ⁵²
								Hardware ⁵³
								Infraestructura

³⁹ Los datos del dispositivo se pueden utilizar para generar informes y visualizaciones que faciliten la toma de decisiones en la gestión de recursos pesqueros.

⁴³ Se usa el software de terceros como ArcGIS, R, Python, Open Data Kit (ODK), Microsoft Excel, Power BI y Traccar.

⁴⁴ Mediante Amazon DynamoDB para el almacenamiento de datos. También se menciona el uso de Elastic Search y Kibana para la recuperación y visualización de datos.

⁴⁵ Los autores mencionan el uso de un software privativo llamado BaseCamp desarrollado por Garmin.

⁴⁶ Mediante software de terceros como Traccar, Amazon Web Services (AWS), Elastic Search, Kibana, MongoDB, Node.js y Angular.

⁴⁷ La solución incluye la variación en la ubicación de la pesca a lo largo del tiempo.

⁴⁸ Mediante la creación de mapas, gráficos y cuadros de mando para la visualización de datos.

⁴⁹ Se mencionan algoritmos como "Expectation Maximization (EM)" y "Hidden Markov Models (HMM)" para el procesamiento de datos geoespaciales.

⁵⁰ A través del uso de algoritmos de aprendizaje automático para el análisis de datos, aunque no se especifican algoritmos concretos.

⁵¹ Se mencionan herramientas como GitHub para el almacenamiento y la gestión de código, y Microsoft Teams para la colaboración en línea.

⁵² Incluyen varios protocolos de comunicación, como HTTPS, TCP, UDP, TLS/SSL, MQTT y MQTTS.

⁵³ Mediante el uso de dispositivos de seguimiento Teltonika FMM640 y sensores de proximidad Omron E2B-M12KN08-WP-B1.

								54
								Escalabilidad ⁵⁵
								Costos ⁵⁶

⁵⁴ Describen la arquitectura del sistema, que incluye el uso de Amazon Web Services (AWS), como Amazon EC2, Amazon Lambda y Amazon DynamoDB.

⁵⁵ El sistema debe ser escalable para poder monitorear un gran número de embarcaciones.

⁵⁶ Se evalúan los costos del sistema, tanto de hardware como de software.

5.2.3 Integración de características

Se elaboró un listado de características asociadas a cada modelo seleccionado con la finalidad de efectuar la integración de las mismas, analizando las consideraciones de los autores para su definición y así encontrar similitudes que faciliten la unificación de las mismas para la obtención del conglomerado de todas las sub características de los siete modelos recopilados en el ámbito de la calidad en uso.

Se listó un total de 50 sub características que unificadas nos dieron como resultado un total de 28 características que se muestran en la siguiente lista:

1. Algoritmos.
2. Almacenamiento de datos.
3. Análisis de tendencias
4. Compatibilidad con software de terceros.
5. Costos.
6. Escalabilidad.
7. Experiencia de usuario.
8. Exportación de datos.
9. Fuente de datos confiable.
10. Hardware.
11. Herramientas.
12. Informes y visualizaciones.
13. Infraestructura.
14. Integración con datos externos.
15. Licenciamiento.
16. Mapeo de actividades pesqueras.
17. Métricas de movilidad.
18. Optimización del modelo
19. Precisión.
20. Precisión del modelo.
21. Privacidad de los datos.
22. Protocolos de comunicación.
23. Sensores.
24. Tecnología de Cliente.

- 25. Tecnología de direccionamiento.
- 26. Tecnología de Programación.
- 27. Tecnología de Seguridad.
- 28. Tecnología de Servidor.

5.2.4 Selección de Expertos

Para la seleccionar la muestra de expertos, se consideró que tuvieran un mínimo de cuatro años de experiencia en gestión de proyectos de software, gestión de tecnologías de información, gestión de recursos marítimos o similares. Algunos trabajan en el sector privado, entidades especializadas del sector público, docencia universitaria o la consultoría.

Se logró convocar a doce expertos, a quienes se les explicó el procedimiento a realizar, y envió el instrumento usado en el estudio, todos respondieron completando la información en el documento.

Las respuestas obtenidas se validaron para verificar que los datos estuviesen completos.

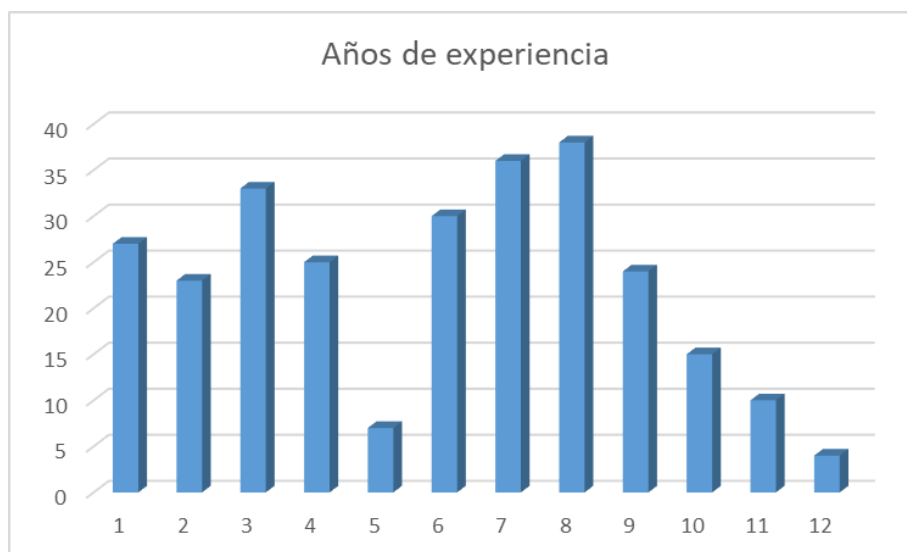
La Figura 4 muestra la distribución de los años de experiencia de los expertos de la muestra obtenida donde se aprecia que la muestra posee 22.6 años de experiencia en el área de investigación, académico o profesional.

No se realizó distinción de género o grado académico. Sin embargo, todos tienen al menos grado de bachiller.

El profesional con más años de experiencia tiene 38 años y el que tiene menos es 4 años.

Figura 4:

Años de experiencia de los expertos



5.2.5 Priorización de características con criterio de expertos

Los expertos utilizaron el método ABC para agrupar y clasificar las características requeridas.

Luego de la selección de los expertos se prosiguió a recabar la opinión respecto al nivel de importancia de las características relacionadas con el modelo de enrutamiento para la mejora de la sostenibilidad de la pesca artesanal mediante geolocalización satelital.

5.2.6 Análisis del resultado de la priorización

Se recabaron los formatos con la información completa remitidos por los doce expertos. Los formatos validados permitieron definir los puntajes obtenidos para cada característica, en base a los valores que cada experto asignó.

Se obtuvo un promedio ponderado que permita establecer un ranking de características.

El instrumento se diseñó en función de la técnica o método de la Suma Ponderada - *Weighted Sum Method* - (SAW).

El instrumento tuvo la siguiente estructura:

1. Listar las características integradas.
2. Agregar una descripción a cada característica.
3. Los expertos registrarán en una matriz la importancia asignada por el experto a cada característica.

Se procedió a realizar el ordenamiento de los valores promedios en forma decreciente como se muestra en la Figura 5 donde se visualizan los valores obtenidos ordenados por mayor promedio. Se muestra el consolidado del puntaje obtenido a través de la fórmula que implementa el método ABC.

Figura 5:

Fórmula de cálculo para implementar el Método SAW

$$= \text{SumaProducto}((D2:O2 = "A") * 3 + (D2:O2 = "M") * 2 + (D2:O2 = "B") * 1)$$

5.2.7 Elaboración del Modelo

Se procedió a la elaboración del modelo de enrutamiento resultante, con las veintiun características identificadas por los expertos.

En la **Tabla 4** se muestra cada característica que conforman el modelo, y su descripción.

Tabla 4

Descripción de las características del modelo

N°	Característica	Descripción
n_i	$característica_i$	$descripcion_i$

CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo de la investigación se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación de la encuesta.

Los resultados fueron analizados para identificar las características más relevantes, considerando tanto su impacto potencial como su viabilidad técnica.

La información fue obtenida de doce expertos con un mínimo de cuatro años de experiencia en gestión de proyectos de software, gestión de tecnologías de información, gestión de recursos marítimos o similares.

6.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

Los expertos utilizaron el método ABC para agrupar estas características que son esenciales para un modelo de enrutamiento que sea preciso, confiable, seguro y que contribuya a la sostenibilidad de la pesca artesanal.

Todas las características se basan en varios criterios relevantes para el contexto de la pesca artesanal y la implementación de tecnologías de geolocalización.

Se aplicó el método Pareto para priorizar las características. Esto significa que se enfocaron en identificar el 80% de las características para la sostenibilidad de la pesca artesanal. Estas constituyen 21 características que son las que tendrían el mayor impacto en el logro de los objetivos del modelo propuesto.

Los expertos las consideran necesarias para el desarrollo del modelo propuesto. Estas características abordan los principales problemas que enfrenta la pesca artesanal, y que promueven un enfoque a largo plazo orientados a la sostenibilidad y eficiencia en el uso de recursos marinos.

Tabla 5

Priorización de Características por expertos

Orden	Nº	Característica	Puntaje Asignado
1.	3	Análisis de tendencias	34
2.	16	Mapeo de actividades pesqueras	33
3.	9	Fuente de datos confiable	32
4.	13	Infraestructura	32

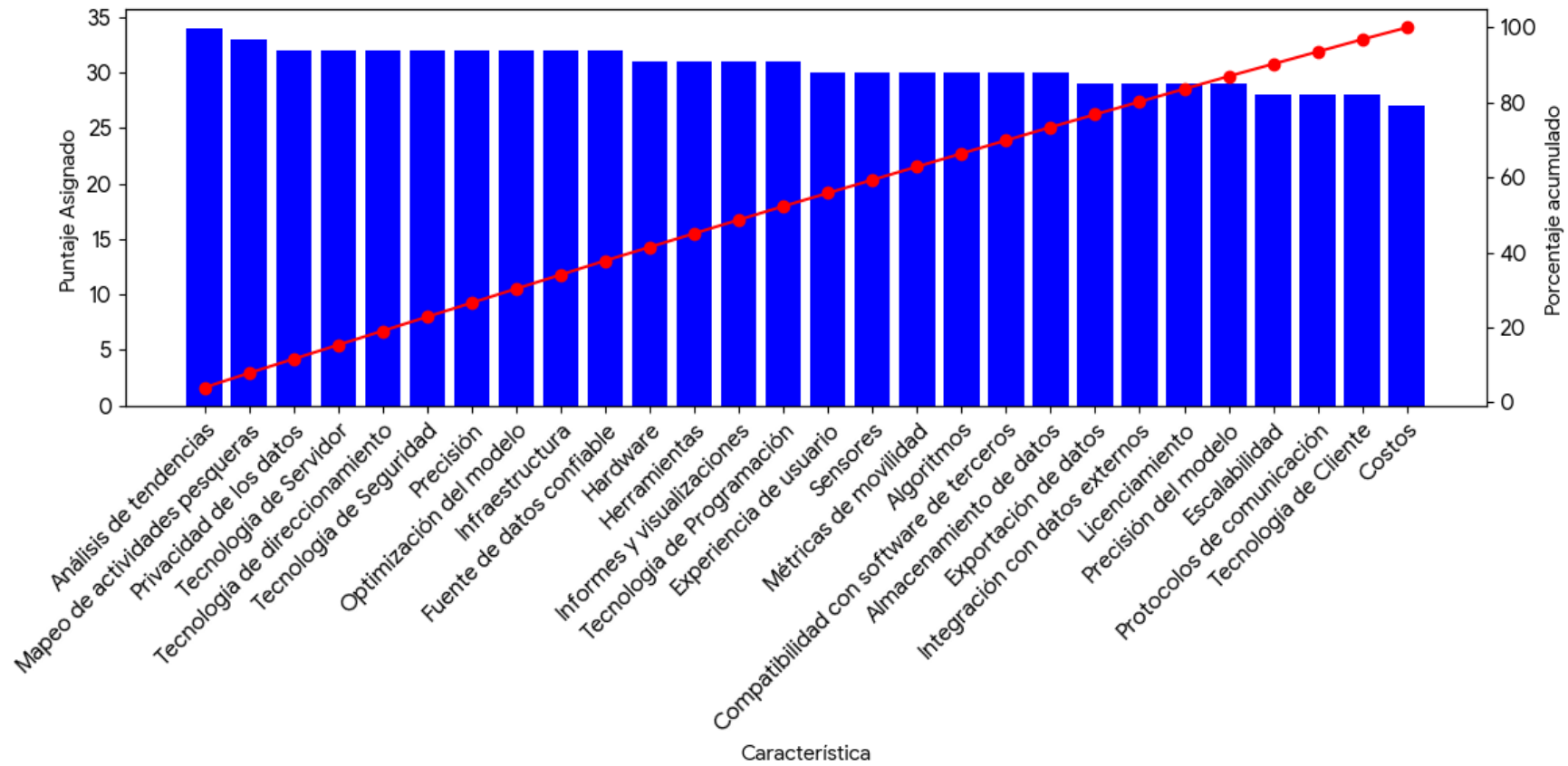
5.	18	Optimización del modelo	32
6.	19	Precisión	32
7.	21	Privacidad de los datos	32
8.	25	Tecnología de direccionamiento	32
9.	27	Tecnología de Seguridad	32
10.	28	Tecnología de Servidor	32
11.	10	Hardware	31
12.	11	Herramientas	31
13.	12	Informes y visualizaciones	31
14.	26	Tecnología de Programación	31
15.	1	Algoritmos	30
16.	2	Almacenamiento de datos	30
17.	4	Compatibilidad con software de terceros	30
18.	7	Experiencia de usuario	30
19.	17	Métricas de movilidad	30
20.	23	Sensores	30
21.	8	Exportación de datos	29
22.	14	Integración con datos externos	29
23.	15	Licenciamiento	29
24.	20	Precisión del modelo	29
25.	6	Escalabilidad	28
26.	22	Protocolos de comunicación	28
27.	24	Tecnología de Cliente	28
28.	5	Costos	27

Ante la coincidencia en los puntajes (29) de cuatro características, se priorizó 'Exportación de datos' mediante una discriminación cualitativa. Se eligió frente a 'Integración con datos externos' porque emitir reportes (output) es más crítico que el ingreso de datos (input). Es más importante que 'Licenciamiento' que es un requisito administrativo. Además, prevalece sobre 'Precisión del modelo' porque asegurar la transmisión de datos es el prerrequisito técnico indispensable antes de poder optimizar la exactitud de la ruta.

En la figura 6 se muestran todas las características que contribuyen a alcanzar el 80% del impacto acumulado.

Figura 6:

Implementación gráfica de Pareto



El método Pareto muestra como el 80% del puntaje total se concentra en las primeras 21 características. Al implementar estas características, se estaría abordando la mayoría de las necesidades de los usuarios, según la evaluación de los expertos.

Por tanto, recomiendan implementar las primeras 21 características, ya que estas representan el 80% de las características requeridas para implementar el modelo.

Se puede observar que para los expertos la mayoría de características son importantes.

Tabla 6

Lista de Características resultante

Orden	N°	Característica
1.	3	Análisis de tendencias
2.	16	Mapeo de actividades pesqueras
3.	21	Privacidad de los datos
4.	28	Tecnología de Servidor
5.	25	Tecnología de direccionamiento
6.	27	Tecnología de Seguridad
7.	19	Precisión
8.	18	Optimización del modelo
9.	13	Infraestructura
10.	9	Fuente de datos confiable
11.	10	Hardware
12.	11	Herramientas
13.	12	Informes y visualizaciones
14.	26	Tecnología de Programación
15.	7	Experiencia de usuario
16.	23	Sensores
17.	17	Métricas de movilidad
18.	1	Algoritmos
19.	4	Compatibilidad con software de terceros
20.	2	Almacenamiento de datos
21.	8	Exportación de datos

6.1.1 Objetivos de la validación de la herramienta

Verificar la utilidad y aplicabilidad del modelo de enrutamiento para la mejora de la sostenibilidad de la pesca artesanal mediante geolocalización satelital, según la percepción de un panel de expertos.

Confirmar que las características seleccionadas son las más pertinentes y efectivas para mejorar la sostenibilidad de la pesca artesanal, optimizando el uso de recursos.

6.1.2 *Diseño de la validación*

El diseño de la validación se realizó por juicio de expertos.

Se elaboró un instrumento en formato encuesta que un panel de especialistas evaluará y priorizará las características del modelo.

6.1.3 *Ejecución de la validación*

Se distribuyó la encuesta a los doce expertos seleccionados. Cada uno asignó un nivel de prioridad (Alto, Medio o Bajo) a las características listadas.

Luego, se recopilaron y consolidaron las respuestas en una matriz de datos. Se aplicó la fórmula del método ABC para realizar el análisis de resultados.

6.2 Presentación de resultados

Los resultados muestran la priorización de características.

Se identificó que 21 características concentran el 80% del impacto según el Diagrama de Pareto.

Características como "Análisis de tendencias", "Mapeo de actividades pesqueras" y "Privacidad de los datos" obtuvieron los puntajes más altos, constituyéndose en los principales elementos que debe cumplir el modelo de enrutamiento propuesto.

6.3 Beneficios que aporta la propuesta

El modelo propuesto se constituye como una herramienta de bajo costo y alta eficiencia, diseñada para el pescador artesanal.

Sus principales beneficios son la optimización del consumo de combustible, la reducción de costos operativos y la facilitación del acceso a información clave para una explotación racional y sostenible de los recursos marinos.

Para evidenciar el impacto del modelo, se simuló la fase de búsqueda de las embarcaciones artesanales comparando con trayectos a rutas directas optimizadas con geolocalización satelital que actualmente realizan las embarcaciones industriales en las costas de Perú.

Los resultados (ver Anexo C) muestra una optimización global del recorrido del 33.33%, es decir la flota artesanal realiza un recorrido en promedio 33% más del necesario para obtener las mismas capturas.

Esta reducción de la distancia navegada se traduce en un ahorro proporcional de combustible, validando empíricamente la mejora en eficiencia operativa y sostenibilidad económica de la flota artesanal.

CONCLUSIONES

Conclusión general

Se diseñó y validó un modelo de enrutamiento conceptual para la mejora de la sostenibilidad de la pesca artesanal mediante el juicio de expertos.

El método de Pareto se logró obtener un conjunto de 21 características que representan el 80% de los requerimientos funcionales, según la evaluación de los especialistas.

Las características seleccionadas por los expertos fueron el resultado de un proceso que considera la sostenibilidad ambiental y la viabilidad técnica, basándose en la experiencia y conocimientos especializados del grupo de expertos involucrados.

El conjunto de características priorizadas se constituye como una herramienta tecnológica que permite optimizar el consumo de combustible y los tiempos de pesca, contribuyendo en la sostenibilidad económica y ambiental del sector.

Conclusiones específicas

Modelos de enrutamiento aplicados a la pesca artesanal mediante geolocalización satelital.

La revisión de antecedentes confirma la existencia de múltiples modelos y tecnologías de enrutamiento que aplican geolocalización en la pesca a nivel global. Sin embargo, se identificó que no existen soluciones de bajo costo y fácil adopción para las flotas de pesca artesanal en el contexto peruano.

Uso de geolocalización satelital en el modelo de enrutamiento para la sostenibilidad de la pesca en artesanal.

Un modelo de enrutamiento que integra geolocalización satelital tiene un alto potencial para mejorar la sostenibilidad de la pesca artesanal.

APP móvil en el modelo de enrutamiento para la sostenibilidad de la pesca artesanal.

Una APP móvil se sustenta en la validación por juicio de expertos, quienes priorizaron características directamente ligadas a la eficiencia.

Validez del modelo de enrutamiento mediante la evaluación satisfactoria por juicio de experto.

Se corroboró la validez del modelo de enrutamiento obteniendo una evaluación satisfactoria por parte del panel de expertos. A través de la aplicación de la Matriz de Priorización (SAW) y el Principio de Pareto, se logró un consenso técnico sobre las características críticas que garantizan la funcionalidad de la propuesta. Esta validación certifica que el diseño del modelo es viable para contribuir a la mejora de la sostenibilidad de la pesca artesanal.

RECOMENDACIONES

Desarrollar un prototipo funcional de aplicación móvil a partir del modelo propuesto que implemente las características validadas por los expertos. El prototipo permitirá realizar pruebas de campo y validar el impacto real del modelo.

Implementar un caso de estudio piloto con pescadores artesanales para realizar pruebas, midiendo los indicadores de sostenibilidad (eficiencia de combustible, tiempo de faena, CPUE) con y sin uso de la herramienta, para evaluar los beneficios de manera objetiva.

Para las fases de desarrollo y pruebas, se recomienda realizar talleres y test de usabilidad con los pescadores artesanales. Con la finalidad de asegurar que la interfaz de usuario sea intuitiva y que la herramienta se adapte a sus necesidades reales, niveles de alfabetización digital y condiciones de trabajo en mar, para asegurar una adecuada tasa de adopción.

TRABAJOS FUTUROS

Proponer una nueva versión del modelo para incluir variables socioeconómicas y regulatorias. integrando variables que mejoren la sostenibilidad. Pudiendo incluirse información sobre precios de mercado por especie, vedas, cuotas de pesca, y la delimitación de áreas marinas protegidas para evitar infracciones.

Referencias bibliográficas

- Abrahão S. et al. (2022). *Calidad y sostenibilidad de sistemas de información en la práctica—Grupo Editorial RA-MA*. https://www.ra-ma.es/libro/calidad-y-sostenibilidad-de-sistemas-de-informacion-en-la-practica_136633/, https://www.ra-ma.es/libro/calidad-y-sostenibilidad-de-sistemas-de-informacion-en-la-practica_136633/.
- Association for Computing Machinery. (2012). *The 2012 ACM Computing Classification System*. <https://dl.acm.org/ccs>.
- Aguirre, S. (2022). *JSON Curso práctico*. RA-MA S.A. Editorial y Publicaciones.
- Alam, S., Rahman, M., & Al Arif, A. (2021). Challenges and opportunities in artisanal fisheries (Sonadia Island, Bangladesh): The role of legislative, policy and institutional frameworks. *Ocean & Coastal Management*, 201, 105424. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105424>.
- Amaro J. (2019). *Android: Programación de dispositivos móviles a través de ejemplos* by AMARO SORIANO, JOSÉ ENRIQUE: good (2019) | medimops. <https://www.abebooks.com/9788426726766/Android-programaci%C3%B3n-dispositivos-m%C3%B3viles-trav%C3%A9s-8426726763/plp>.
- Armelloni, E. N., Tassetti, A. N., Ferrà, C., Galdelli, A., Scanu, M., Mancini, A., Fabi, G., & Scarcella, G. (2021b). AIS data, a mine of information on trawling fleet mobility in the Mediterranean Sea. *Marine Policy*, 129, 104571. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104571>.
- Arreguín, F. (2021). *Guía para la colecta, análisis y uso de información biológico-pesquera en un contexto de limitación de datos*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7624es>.

- Ashour, I., El Tokhey, M., Mogahed, Y., & Ragheb, A. (2022). Performance of global navigation satellite systems (GNSS) in absence of GPS observations. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(2), 101589.
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.09.016>.
- Asparouhova, N. (2020). *Working in Public: The Making and Maintenance of Open Source Software*. Stripe Press.
- Attri, V. N. (2018). *The Blue Economy Handbook of the Indian Ocean Region*. Africa Institute of South Africa. <https://www.jstor.org/stable/j.ctvgc60f0>.
- Bardales, J. M. D. (2021). La investigación científica: Su importancia en la formación de investigadores. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 2385-2386. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.476.
- Barker, D. (2016). *Web Content Management: Systems, Features, and Best Practices*.
- Bermúdez Delgado, K. B. (2023). *Pesca con datos proporcionados por un dispositivo de geolocalización* [bachelorThesis, Jipijapa-Unesum].
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5485>.
- Bresnahan, C., & Blum, R. (2020). *LPI Linux Essentials Study Guide: Exam 010 v1.6*. Sybex.
- Callejas, R. A. E. (2021). *Informática 2*.
- Callum, R. (2013). *The Ocean of Life: The Fate of man and the sea* (1era Edición, Vol. 1-1). Viking. <https://www.buscalibre.pe/libro-the-ocean-of-life-the-fate-of-man-and-the-sea/9780143123484/p/18694321>.
- Campbell, J. B., Wynne, R. H., & Thomas, V. A. (2023). *Introduction to Remote Sensing*. The Guilford Press.

- Canuel, R. (2017). *Mobile Technology And Academic Libraries: Innovative Services* (C. Crichton, Ed.). Assoc of College & Research Libraries.
- Castro, R. V., Herrera, A. M., & Capacho, R. (2017). *COMPILADOR DE PSEUDOCÓDIGO COMO HERRAMIENTA PARA EL APRENDIZAJE EN LA CONSTRUCCIÓN DE ALGORITMOS*. Bubok Publishing.
- Chen, D., & Cheng, R. (2019). *Intelligent Processing Algorithms and Applications for GPS Positioning Data of Qinghai-Tibet Railway* (1.^a edición). Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-58970-0>.
- Churchill, R. R. (Robin R. (with Internet Archive). (1999). *The law of the sea* (3era Edición, Vol. 1). Yonkers, NY : Juris Pub. ; Manchester, UK : Manchester University Press. <http://archive.org/details/lawofsea03edchur>.
- Cisco. (2016). *IT Essentials Companion Guide v6*. Cisco Press.
- Clark, L. (2019). *Practical Tinker Board: Getting Started and Building Projects with the ASUS Single-Board Computer*. Apress.
- Cox, C. (2020). *An Introduction to 5G: The New Radio, 5G Network and Beyond*. Wiley.
- Dahlman, E., Parkvall, S., & Skold, J. (2018). *5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology*. Academic Press.
- Dalskov, J., Glemarec, G., Kindt-Larsen, L., Kroner, A.-M., & Nielsen, P. (2021). Research for PECH committee: Workshop on electronic technologies for fisheries—Part III: Systems adapted for small-scale vessels. *RESEARCH FOR PECH COMMITTEE, III*, 82.

- Delgado, K. B. B., & Arias, F. J. T. (2023). Pesca con datos proporcionados por un dispositivo de geolocalización. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(5), 259-274.
<https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i5.733>.
- Dirección General de Capitanías y Guardacostas. (2025). *Procedimientos para la autorización del zarpe trimestral, declaración de zarpe y declaración de arribo de forma presencial para naves de bandera nacional* (Resolución Directoral N.º 603-2025 MGP/DICAPI).
- Egekvist, J., & Mega Rufino, M. (2022). Workshop on Geo-Spatial Data for Small-Scale Fisheries (WKSSFGE0). *ICES Scientific*, 4(10), 66.
<https://doi.org/10.17895/ices.pub.10032>.
- FAO (Ed.). (2005). *Increasing the contribution of small-scale fisheries to poverty alleviation and food security* (1era Edición). FAO.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2e81a43b-4f60-4934-b823-161a5e7c391a/content>.
- FAO. (2022). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>.
- FAO. (2023). *The State of Mediterranean and Black Sea Fisheries 2023*. FAO ;
<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc8888en>.
- FAO. (2025). *Grupo Coordinador de Trabajo sobre Estadísticas de Pesca (CWP)* [Web Institucional]. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/cwp-on-fishery-statistics/background/es>.

FAO, FIDA, OMS, PMA, & UNICEF. (2024). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2024*. FAO ; FIDA ; OMS ; PMA ; UNICEF ; <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd1254es>.

Farella, G., Tasseti, A. N., Menegon, S., Bocci, M., Ferrà, C., Grati, F., Fadini, A., Giovanardi, O., Fabi, G., Raicevich, S., & Barbanti, A. (2021). Ecosystem-Based MSP for Enhanced Fisheries Sustainability: An Example from the Northern Adriatic (Chioggia—Venice and Rovigo, Italy). *Sustainability*, 13(3), 1211. <https://doi.org/10.3390/su13031211>.

Fernandes, C., Mota, P., Ferreira, J., & Hughes, M. (2021). Green growth versus economic growth: Do sustainable technology transfer and innovations lead to an imperfect choice? *Wiley On Line Library*, 30(4), 2021-2037. <https://doi.org/10.1002/bse.2730>.

Friesen, J. (2019). *Java XML and JSON: Document Processing for Java SE*. Apress.

Galotto-Tébar, M. M., Pomares-Padilla, A., Czerwinski, I. A., & Gutiérrez-Estrada, J. C. (2022). Is the vessel fishing? Discrimination of fishing activity with low-cost intelligent mobile devices through traditional and heuristic approaches. *Expert Systems with Applications*, 200, 117091. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117091>.

Gatti, P., Fisher, J. A. D., Cyr, F., Galbraith, P. S., Robert, D., & Le Bris, A. (2021). A review and tests of validation and sensitivity of geolocation models for marine fish tracking. *Fish and Fisheries*, 22(5), 1041-1066. <https://doi.org/10.1111/faf.12568>.

Goldstein, P., & Hugenholtz, P. B. (2019). *International Copyright: Principles, Law, and Practice*. Oxford University Press.

- Gómez, C. A. T. (2021). *Venta online*. IC Editorial.
- Gómez, S. F. (2018). Variación interanual de los parámetros biológicos del pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca (lado peruano), periodo 2009-2015. *Boletín Instituto del Mar del Perú*, 33(1), 53-64.
- Gough, C. L. A., Dewar, K. M., Godley, B. J., Zafindranosy, E., & Broderick, A. C. (2020). Evidence of Overfishing in Small-Scale Fisheries in Madagascar. *Frontiers in Marine Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00317>.
- Grati, F., Azzurro, E., Scanu, M., Tasseti, A. N., Bolognini, L., Guicciardi, S., Vitale, S., Scannella, D., Carbonara, P., Dragičević, B., Ikica, Z., Palluqi, A., Marčeta, B., Ghmati, H., Turki, A., Cherif, M., Bdioui, M., Jarbou, O., Benhadjhamida, N., ... Arneri, E. (2022). Mapping small-scale fisheries through a coordinated participatory strategy. *Fish and Fisheries*, 23(4), 773-785. <https://doi.org/10.1111/faf.12644>.
- Greenberg, P. (2014). *American Catch: The Fight for Our Local Seafood* (1era Edición, Vol. 1). Penguin Press.
- Greenberg, P., & Lane, C. (2011). *Four Fish: The Future of the Last Wild Food* (1era Edición, Vol. 1). Penguin Press.
- Greenhalgh, D., Skeen, J., & Bailey, A. (2022). *Kotlin Programming: The Big Nerd Ranch Guide*. Big Nerd Ranch Guides.
- Griffiths, D., & Griffiths, D. (2019). *Head First Kotlin: A Brain-Friendly Guide*. O'Reilly Media.
- Gupta, D., & Rahi, R. (2024). *The Cloud Computing Journey: Design and deploy resilient and secure multi-cloud systems with practical guidance*. Packt Publishing.

- Hamel, J.-F. (2019). *Advances in Marine Biology* (1ª edición, Vol. 97). Academic Press. <https://www.sciencedirect-com.unmsm.lookproxy.com/bookseries/advances-in-marine-biology>.
- Hao, C., Feng, D., Zhang, Q., & Xia, X.-G. (2021). Interference Geolocation in Satellite Communications Systems: An Overview. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 16(1), 66-74. IEEE Vehicular Technology Magazine. <https://doi.org/10.1109/MVT.2020.3002525>.
- Hargadon, A. (2015). *Sustainable Innovation: Build Your Company's Capacity to Change the World* (1era Edición, Vol. 1). Stanford University Press. <https://dokumen.pub/sustainable-innovation-build-your-companys-capacity-to-change-the-world-1nbsped-9780804795029-9780804792509.html>
- Hartzog, W. (2018). *Privacy's Blueprint: The Battle to Control the Design of New Technologies*. Harvard University Press.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología De La Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (Primera Edición ed.). México D.F., México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Horton, J. (2015). *Android Programming for Beginners: Learn all the Java and Android skills you need to start making powerful mobile applications*. Packt Publishing.
- Horton, J. (2019). *Android Programming with Kotlin for Beginners: Build Android apps starting from zero programming experience with the new Kotlin programming language*. Packt Publishing.

- Humphreys, J., & Clark, R. (Eds.). (2020). *Marine Protected Areas: Science, Policy and Management* (1era Edición, Vol. 1). Elsevier Science.
- Iacovella, S. (2017). *GeoServer Beginner's Guide - Second Edition: Share geospatial data using Open Source standards*. Packt Publishing.
- ICES. (2022). *Workshop on Geo-Spatial Data for Small-Scale Fisheries (WKSSFGEO)* [Report]. ICES Scientific Reports.
<https://doi.org/10.17895/ices.pub.10032>.
- IEEE. (22 de noviembre de 2019). *IEEE Taxonomy*. Obtenido de https://www.ieee.org/documents/taxonomy_v101.pdf.
- Instituto del Mar del Perú. (2023, 9 de noviembre). “*Atlas Marino del Perú*”: *herramienta de soporte para la toma de decisiones informada*. Plataforma digital única del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/imarpe/noticias/864117-atlas-marino-del-peru-herramienta-de-soporte-para-la-toma-de-decisiones-informada>.
- Instituto del Mar del Perú. (2025, agosto 22). *Información institucional* [Web Institucional]. Instituto del Mar del Perú. <https://www.gob.pe/imarpe>.
- Jabbour, A., & Babiarz, R. (2023). *Geospatial Data, Information, and Intelligence*. Artech House.
- Jacobs, F. R., & Chase, R. (2018). *Operations and Supply Chain Management*. McGraw Hill.
- Janusz-Pawletta, B. (2021). *The Legal Status of the Caspian Sea: Current Challenges and Prospects for Future Development* (1era Edición, Vol. 1). Springer Nature B.V. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-63540-7>

- Jara, H. J., Tam, J., Reguero, B. G., Ganoza, F., Castillo, G., Romero, C. Y., Gévaudan, M., & Sánchez, A. A. (2020). Current and future socio-ecological vulnerability and adaptation of artisanal fisheries communities in Peru, the case of the Huaura province. *Marine Policy*, 119, 104003. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104003>.
- Jeffers, V. F., Humber, F., Nohasiarivelo, T., Botosoamananto, R., & Anderson, L. G. (2019). Trialling the use of smartphones as a tool to address gaps in small-scale fisheries catch data in southwest Madagascar. *Marine Policy*, 99, 267-274. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.10.040>.
- Jerome, G., & Mohamed, S. (2023). GPSMonitoring: A R package for small scale fisheries monitoring using GPS logger. *Software Impacts*, 17, 100573. <https://doi.org/10.1016/j.simpa.2023.100573>.
- Jin, B., Sahni, S., & Shevat, A. (2018). *Designing Web APIs: Building APIs That Developers Love*. O'Reilly Media.
- Jones, C. (2019). *The Content Advantage (Clout 2.0): The Science of Succeeding at Digital Business Through Effective Content*.
- Jorna, R. (Ed.). (2017). *Sustainable Innovation: The Organisational, Human and Knowledge Dimension* (1era Edición, Vol. 1). Routledge. <https://dokumen.pub/sustainable-innovation-the-organisational-human-and-knowledge-dimension-1nbsped-9781909493650-9781874719991.html>.
- Kale, V. (2020). *Digital Transformation of Enterprise Architecture*. CRC Press.
- Kaplan, E. D., & Hegarty, C. J. (Eds.). (2017). *Understanding Gps/Gnss Principles (Gnss Technology and Applications Series)* (3era Edición). Artech House.

https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781630814427_A37804737/preview-9781630814427_A37804737.pdf.

Keller, S. (2016). *JSON Book: Easy Learning of JavaScript Standard Object Notation*. CreateSpace Independent Publishing Platform.

Klein, N. (2014). *This Changes Everything: Capitalism vs. The Climate* (1era Edición, Vol. 1). Simon & Schuster.
https://ia804509.us.archive.org/30/items/pdfy-Skb-ch_k7psDm90Q/Naoimi%20Klein%20-%20This%20Changes%20Everything.pdf.

Kurlansky, M. (with Stockton, F.). (2014). *World Without Fish* (1era Edición, Vol. 1). Workman Publishing Company.
https://corescholar.libraries.wright.edu/dlpp_all/45/.

Laurence, P.-O., Hinchman-Dominguez, A., Dunn, M., & Meike, G. B. (2022). *Programming Android with Kotlin: Achieving Structured Concurrency with Coroutines*. O'Reilly Media.

Li, Q., Wang, Z., Tan, D., Song, J., Wang, H., Sun, L., & Liu, J. (2021). GeoCAM: An IP-Based Geolocation Service Through Fine-Grained and Stable Webcam Landmarks. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 29(4), 1798-1812.
 IEEE/ACM Transactions on Networking.
<https://doi.org/10.1109/TNET.2021.3073926>.

Liebowitz, J., & Frank, M. (Eds.). (2016). *Knowledge Management and E-Learning*. Auerbach Publications. <https://doi.org/10.1201/b10347>.

López, G. B. (2016). *Geolocalización online: La importancia del dónde*. Editorial UOC.

- López, M. del P. U. (2018). *Administración y auditoría de los servicios web. IFCT0509*. IC Editorial.
- Ltd, C. (2023). *Mastering Cloud Data: A Comprehensive Guide To Become An Expert In Cloud Data*. Independently published.
- Lucas, M. W. (2018). *Absolute FreeBSD, 3rd Edition: The Complete Guide to FreeBSD*. No Starch Press.
- Luisa, D. L. Y. T. M., & José, M. Y. F. (2021). *Introducción a la Investigación en Geografía: Pautas para la Elaboración de Trabajos Científicos*. Editorial UNED.
- Maini, A. K., & Agrawal, V. (2014). *Satellite Technology: Principles and Applications*. Wiley.
- Marina de Guerra del Perú. (2023). *Texto único ordenado del Reglamento del Decreto Legislativo N.º 1147, que regula el fortalecimiento de las Fuerzas Armadas en las competencias de la Autoridad Marítima Nacional – Dirección General de Capitanías y Guardacostas*.
- Meeker, H. (2017). *Open (Source) for Business: A Practical Guide to Open Source Software Licensing -- Second Edition*.
- Meyer, S., Krumme, U., Stepputtis, D., & Zimmermann, C. (2022). Use of a smartphone application for self-reporting in small-scale fisheries: Lessons learned during a fishing closure in the western Baltic Sea. *Ocean & Coastal Management*, 224, 106186. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106186>
- Miglani, R. (2023). *Mastering Cloud Storage: Navigating cloud solutions, data security, and cost optimization for seamless digital transformation*. BPB Publications.

- Ministerio de la Producción. (2022, 31 de diciembre). *Decreto Supremo N.º 020-2022-PRODUCE, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Sectorial de Inocuidad para las Actividades Pesqueras y Acuícolas. El Peruano.*
- Miser, B. (2020). *My iPhone for Seniors*. Que Publishing.
- Moskala, M. (2019). *Effective Kotlin: Best practices*. Marcin Moskała.
- MSC. (2024). *Qué es la pesca sostenible* [<https://www.msc.o>]. Marine Stewardship Council. <https://www.msc.org/es/que-hacemos/nuestro-enfoque/que-es-la-pesca-sostenible>.
- Nielsen, J. K., Bryan, D. R., Rand, K. M., Arostegui, M. C., Braun, C. D., Galuardi, B., & McDermott, S. F. (2023). Geolocation of a demersal fish (Pacific cod) in a high-latitude island chain (Aleutian Islands, Alaska). *Animal Biotelemetry*, 11(1), 29. <https://doi.org/10.1186/s40317-023-00340-3>.
- O'Donoghue N. (2019). *Emitter Detection and Geolocation for Electronic Warfare 1630815640, 9781630815646*. <https://dokumen.pub/emitter-detection-and-geolocation-for-electronic-warfare-1630815640-9781630815646.html>.
- ONU, N. U. (2024). *Objetivos de Desarrollo Sostenible | Naciones Unidas* [<https://www.un.org/es>]. United Nations; United Nations. <https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/page/objetivos-de-desarrollo-sostenible>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (s. f.). *Fishery fleet*. En *Manual del Grupo Coordinador de Trabajo sobre Estadísticas de Pesca (CWP)*. Recuperado el 1 de abril de 2026, de <https://www.fao.org/cwp-on-fishery-statistics/handbook/capture-fisheries-statistics/fishery-fleet/es/>.

- Pathak, S., lavudya, N., Mahesh, R., & Kumar, R. (2022). Use Of Innovative Technologies For Fisheries Resource Management. *Just Agriculture*, 2(5), 1-8.
- Pauli, G. (2017). *The Blue Economy 3.0: The marriage of science, innovation and entrepreneurship creates a new business model that transforms society*. XLIBRIS.
- Pedrós-Alió, C. (2017). *Bajo la piel del océano: La vida marina como nunca te la habían explicado*. Plataforma Editorial.
- Pelton J. & Wu W. (2017). *Handbook of Satellite Applications*. Springer.
- Phillips, B., Stewart, C., Marsicano, K., & Gardner, B. (2019). *Android Programming: The Big Nerd Ranch Guide*. Big Nerd Ranch Guides.
- Pino, D. R. del, Villalón, J. A. M., Hurtado, A. O., & Rica, R. O. de la. (2020). *Publicidad online las claves del éxito en Internet*. ESIC.
- Pogue, D. (2019). *iPhone: The Missing Manual: The Book That Should Have Been in the Box*. O'Reilly Media.
- Poon, J.-Y. (2021). *Performance effects of application programming interfaces (API). What is the impact of distinct design choices and value creation strategies?* GRIN Verlag.
- Rathee, S., & Chobe, A. (2022). *Getting Started with Open Source Technologies: Applying Open Source Technologies with Projects and Real Use Cases*. Apress.
- Rawlins, B. (2016). *Mobile Technologies in Libraries: A LITA Guide* (1era Edición, Vol. 1). Rowman & Littlefield Publishers.

<https://www.abebooks.com/9781442264243/Mobile-Technologies-Libraries-LITA-Guide-1442264241/plp>.

Ray, G. C., & McCormick-Ray, J. (with Jr, R. L. S.). (2014). *Marine Conservation: Science, Policy, and Management* (Edición ilustrada, Vol. 1). Wiley-Blackwell.
https://books.google.com.pe/books/about/Marine_Conservation.html?id=me1VAQAAQBAJ&redir_esc=y.

Rebay, A. von. (2023). *The Designation of Marine Protected Areas: A Legal Obligation* (1era Edición, Vol. 1). Springer Nature.

Recios, M. L. P. (2016). *Desarrollo de componente software en sistemas ERP-CRM*. Editorial Elearning S.L.

Render, B. (2017). *Quantitative Analysis for Management Thirteenth Edition By Pearson*. Genric.

Richer, J. (2017). *OAuth 2 in Action*. Manning Publications.

Roman, J., Marquez-Viloria, D., Velásquez, R. A., & Botero-Valencia, J. (2020). Sistema de posicionamiento en interiores utilizando señales de radio estaciones FM comerciales y Deep Learning. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 17(1), 34-43.
<https://doi.org/10.4995/riai.2019.10894>.

Romm, J., & Heitsch, P. (2018). *Climate Change: What Everyone Needs to Know* (2da Edición). Oxford University Press.
<https://cmc.marmot.org/Record/.b64140532>.

Rufino, M. M., Mendo, T., Samarão, J., & Gaspar, M. B. (2023). Estimating fishing effort in small-scale fisheries using high-resolution spatio-temporal tracking

data (an implementation framework illustrated with case studies from Portugal). *Ecological Indicators*, 154, 110628.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110628>.

Rustamov, R. B., & Hashimov, A. M. (2018). *Multifunctional Operation and Application of GPS* (1era Edición, Vol. 2). Intechopen.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.71221>.

Said, A., & Chuenpagdee, R. (2019). Aligning the sustainable development goals to the small-scale fisheries guidelines: A case for EU fisheries governance. *Marine Policy*, 107, 103599. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103599>.

Satapathy, S. C., Bhateja, V., Somanah, R., Yang, X.-S., & Senkerik, R. (Eds.). (2019). *Information Systems Design and Intelligent Applications: Proceedings of Fifth International Conference INDIA 2018 Volume 2* (Vol. 863). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-3338-5>.

Sempels, C., & Hoffmann, J. (2025). *Sustainable Innovation Strategy: Creating Value in a World of Finite Resources* (1era Edición, Vol. 1). Palgrave Macmillan. <https://link.springer.com/book/10.1057/9781137352613>.

Sharpless, A., Evans, S., & Clinton, B. (2013). *The Perfect Protein: The Fish Lover's Guide to Saving the Oceans and Feeding the World* (Primera edición). Editorial Highlights. <https://archive.org/details/perfectproteinfi0000shar>.

Shemtov N. (2021). *Protecting Your Mobile App: Intellectual Property Solutions*. <https://doi.org/10.34667/tind.44442>.

Shrivastava, S., Srivastav, N., Artasanchez, A., Sayed, I., & Ph.D, D. S. C. (2023). *AWS for Solutions Architects: The definitive guide to AWS Solutions*

Architecture for migrating to, building, scaling, and succeeding in the cloud.

Packt Publishing.

Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2016). *Operations Management*.

Pearson Canada.

Smyth, N. (2021). *Android Studio 4.2 Development Essentials - Kotlin Edition:*

Developing Android Apps Using Android Studio 4.2, Kotlin and Android

Jetpack. Payload Media, Inc.

SNP. (2019, enero 18). *Pesca en el sur – SNP* [Web Institucional]. Sociedad Nacional

de Pesquería. <https://snp.org.pe/pesca-en-el-sur/>.

Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. (2020). *Artes y métodos de pesca del Perú:*

Serie ilustrativa. [https://spda.org.pe/wp-content/uploads/2024/01/artes-](https://spda.org.pe/wp-content/uploads/2024/01/artes-metodos-pesca-VF15-03.pdf)

[metodos-pesca-VF15-03.pdf](https://spda.org.pe/wp-content/uploads/2024/01/artes-metodos-pesca-VF15-03.pdf).

Solove D. (2023). *Information Privacy Law, Eighth Edition*. Aspen Publishing.

<https://aspenpublishing.com/products/solove-privacy8>.

Tagaram, S. D., & Chen, C. (2025). Quality Tools and Techniques (Fishbone

Diagram, Pareto Chart, Process Map). En *StatPearls*. StatPearls Publishing.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK607994/>.

Tasseti, A. N., Ferrà, C., & Fabi, G. (2019). Rating the effectiveness of fishery-

regulated areas with AIS data. *Ocean & Coastal Management*, 175, 90-97.

<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.04.005>.

Tasseti, A. N., Galdelli, A., Pulcinella, J., Mancini, A., & Bolognini, L. (2022).

Addressing Gaps in Small-Scale Fisheries: A Low-Cost Tracking System.

Sensors, 22(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/s22030839>

- Tollen, D. W. (2016). *The Tech Contracts Handbook: Cloud Computing Agreements, Software Licenses, and Other IT Contracts for Lawyers and Businesspeople*. American Bar Association.
- Torralba-Burrial, A., & Dopico, E. (2023). Promoting the Sustainability of Artisanal Fishing through Environmental Education with Game-Based Learning. *Sustainability*, 15(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/su151712905>.
- Universidad Nacional Mayor de San Marcos. (2021, 24 de agosto). *Resolución Rectoral N.º 008995-2021-R/UNMSM. Aprobar las Líneas de Investigación de los Grupos de Investigación (GI) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. Plataforma digital única del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/unmsm/normas-legales/2104359-008995>.
- United Nations. (2025). *Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar* [Web Corporativa]. United Nations; United Nations. https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_s.pdf.
- Uriol Cabrera, R. H. (2016). *Planeamiento de trayectoria y control de un robot móvil marítimo aplicando optimización por colonia de hormigas* [Tesis de Maestría, PUCP]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/6953>.
- van Helmond, A. T. M., Mortensen, L. O., Plet-Hansen, K. S., Ulrich, C., Needle, C. L., Oesterwind, D., Kindt-Larsen, L., Catchpole, T., Mangi, S., Zimmermann, C., Olesen, H. J., Bailey, N., Bergsson, H., Dalskov, J., Elson, J., Hosken, M., Peterson, L., McElderry, H., Ruiz, J., ... Poos, J. J. (2020). Electronic monitoring in fisheries: Lessons from global experiences and future

opportunities. *Fish and Fisheries*, 21(1), 162-189.

<https://doi.org/10.1111/faf.12425>.

Veliz, C. (2021). *Privacy is Power: Why and How You Should Take Back Control of Your Data*. Melville House.

Villanueva, J., & Flores, A. (2016). Contribución de la pesca artesanal a la seguridad alimentaria, el empleo rural y el ingreso familiar en países de América del Sur | FAO. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)*, 1(1), 96.

Villarino Marzo, J. (2017). *La privacidad en el entorno del cloud computing* [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universitat Abat Oliba CEU].
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=171324>.

Villegas, F. (2020). Relatividad y el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). *Revista de Investigación de Física*, 23(1), Article 1.
<https://doi.org/10.15381/rif.v23i1.20289>.

Vivanco, Á. (2015). *Curso de Derecho Constitucional Tomo I: Bases conceptuales y doctrinarias del derecho constitucional* (3era Edición, Vol. 1). Ediciones UC.
https://books.google.com.pe/books/about/Curso_de_Derecho_Constitucional_Tomo_I.html?id=hxP0DwAAQBAJ&redir_esc=y.

Warren, S. D. B. L. D. (2018). *The Right to Privacy*. Outlook Verlag.

Weiss, P. (2021). The Global Positioning System (GPS): Creating Satellite Beacons in Space, Engineers Transformed Daily Life on Earth. *Engineering*, 7(3), 290-303. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2021.02.001>.

- Westerveld, D. (2021). *API Testing and Development with Postman: A practical guide to creating, testing, and managing APIs for automated software testing*. Packt Publishing.
- Wickham, H. (2017). *Advanced R*. Chapman and Hall/CRC.
- Wickham, H., & Grolemund, G. (2017). *R for Data Science: Import, Tidy, Transform, Visualize, and Model Data*. O'Reilly Media.
- Williams, D. A. (2023). *WordPress for Beginners 2023: A Visual Step-by-Step Guide to Mastering WordPress*. Independently published.
- Wittig, A., & Wittig, M. (2023). *Amazon Web Services in Action, Third Edition: An in-depth guide to AWS*. Manning.
- Xiaoxia Han. (2016). *GIS Fundamentals A First Text on Geographic Information Systems. Eider (Press Minnesota). - References—Scientific Research Publishing*.
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2757667>
- Xu, G. (2016). *GPS, Theory, Algorithms and Applications* (3.^a ed., Vol. 2). Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-540-72715-6>.
- Yang, H. (2024). *SOAP Web Service Tutorials—Herong's Tutorial Examples*. Independently published.
- Zúñiga, P. I. V., Cedeño, R. J. C., & Palacios, I. A. M. (2023). Metodología de la investigación científica: Guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723-9762. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658.

GLOSARIO

4G: La 4G, o cuarta generación de tecnología de telefonía móvil, es un estándar de comunicaciones inalámbricas que ofrece velocidades de datos significativamente más rápidas que las generaciones anteriores (2G y 3G). Fue la primera generación que permitió la banda ancha móvil de alta velocidad y el Internet de las cosas (IoT) y aspectos de seguridad.

5G: Es la quinta generación de tecnología de redes celulares móviles, sucesora de 4G. Con velocidades de datos significativamente más rápidas, menor latencia comunicación y de baja latencia. Ofrece nuevas oportunidades como la telemedicina y la fabricación inteligente (Dahlman et al., 2018), Internet de las cosas (IoT), los vehículos autónomos y la realidad virtual aumentada (Cox, 2020).

Android: Android es un sistema operativo móvil de código abierto desarrollado por Google. Tiene numerosas aplicaciones disponibles en Google Play Store (Horton, 2015) y (Phillips et al., 2019).

Android Studio: Es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones Android. Proporciona un conjunto completo de herramientas para diseñar, desarrollar, depurar y hacer testing de aplicaciones Android. La creación de interfaces de usuario es con XML (Smyth, 2021). La programación es en Java o Kotlin (Horton, 2019).

API - Application Programming Interface: Una API se define como una interfaz a la que se pueden conectar aplicaciones externas sin conocer la estructura o implementación interna (Poon, 2021). Una clase que proporciona ciertos métodos públicos a los que otro código puede llamar tiene una API (Westerveld, 2021). Las API están diseñadas para funcionar con otros programas, en su mayoría son destinados a ser entendido y utilizado por las personas que han desarrollado estos programas (Jin et al., 2018).

APK - Android Package Kit: Un APK es el archivo de instalación de una aplicación de Android, similar a los archivos .EXE en las aplicaciones Windows

(Clark, 2019). Para crear un APK, se debe compilar y empaquetar en un archivo una aplicación Android. Este archivo contendrá: El código de la aplicación compilada(.dex), los recursos, los assets, los certificados, el archivo *manifest*. Para poder publicar su aplicación en Google Play. También podemos crear un APK en modo de DEBUG, que no está propiamente firmado, pero que puede instalarse igualmente si el dispositivo tiene habilitado ese modo de instalación (Amaro J., 2019).

AWS - Amazon Web Services: Es una plataforma de servicios en la nube, disponibles a nivel global (Wittig & Wittig, 2023). Ofrece más de 200 servicios integrales de centros de datos a nivel global, que incluyen computación, almacenamiento, redes, bases de datos, análisis de datos, machine learning (ML) y otras funciones que se pueden utilizar para crear aplicaciones escalables y flexibles (Shrivastava et al., 2023). Los servicios web son accesibles a través de Internet.

Blog: Un blog es un sitio web que se actualiza regularmente con nuevas publicaciones, generalmente en orden cronológico inverso. Los blogs pueden cubrir una amplia variedad de temas, desde noticias y opiniones hasta consejos prácticos y tutoriales. Los blogs suelen ser escritos por individuos o pequeños grupos, y ofrecen una plataforma para compartir información, ideas y experiencias con una audiencia global.

Cloud Computing: La computación en la nube se puede definir como la entrega de servicios informáticos (incluidos servidores, almacenamiento, bases de datos, redes, software, análisis e inteligencia artificial) a través de Internet para ofrecer innovación más rápida, recursos flexibles y economía de escala (Miglani, 2023), en lugar de tener y administrar infraestructura física (Gupta & Rahi, 2024). En esencia, es la disponibilidad bajo demanda de recursos informáticos, especialmente almacenamiento de datos y poder computacional, sin gestión activa directa por parte del usuario (Ltd, 2023).

CMS: Es una aplicación de software que permite a los usuarios crear, editar, organizar y publicar contenido digital de manera eficiente, sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados en programación. Estos sistemas ofrecen una

interfaz intuitiva, facilidad de uso (Williams, 2023) y herramientas que simplifican la gestión de contenido, desde texto e imágenes hasta videos y archivos multimedia. Permiten planificar, crear y gestionar contenido de manera estratégica para alcanzar los objetivos de negocio, mejorar la experiencia del usuario y aumentar la visibilidad en línea, calendarios editoriales, medición del rendimiento del contenido, gestión de comentarios y la optimización para motores de búsqueda (Williams, 2023), gestión de usuarios, control de versiones y flujos de trabajo (Barker, 2016). Se pueden integrar CMS con otros sistemas empresariales para maximizar su efectividad, con ciencia de datos y big data (Jones, 2019).

iPhone: Es una línea de teléfonos inteligentes desarrollada por Apple. Es conocido por su diseño elegante, su sistema operativo iOS y su ecosistema de aplicaciones y servicios. El iPhone ha sido un producto revolucionario en la industria de la tecnología móvil, estableciendo nuevos estándares en diseño, funcionalidad, experiencia de usuario, personalización y productividad (Pogue, 2019) y (Miser, 2020).

JSON - JavaScript Object Notation (Notación de objetos JavaScript): Es un formato de datos independiente del idioma que expresa objetos JSON como listas de propiedades legibles por humanos (pares nombre/valor). Aunque se deriva de JavaScript, el código para analizar objetos JSON en objetos equivalentes dependientes del lenguaje está disponible en muchos lenguajes de programación. El formato de datos JSON presenta un objeto JSON como una lista de propiedades delimitadas por llaves y separadas por comas. Para cada propiedad, el nombre se expresa como una cadena entre comillas dobles. La cadena de nombre va seguida de un carácter de dos puntos, seguido de un valor de un tipo JSON específico. (p.187, 202) (Friesen, 2019). Es un estándar para enviar y recibir datos entre un servidor y el navegador, que puede utilizarse para el intercambio entre dos aplicaciones, una aplicación, o dentro de una aplicación del lado del cliente, entre muchas otras cosas (Aguirre, 2022), se puede usar en desde distintos lenguajes: lenguajes de programación orientados a objetos, tecnologías del lado del servidor o, incluso, lenguajes de manipulación de base de datos. Luego estos datos se muestran en una página web (Keller, 2016).

Kotlin: Es un lenguaje de programación, conciso y seguro que se ejecuta en la máquina virtual Java (JVM). Es un lenguaje de programación oficial para el desarrollo de aplicaciones Android, y también se puede utilizar para desarrollar aplicaciones web, de escritorio y de servidor. Kotlin ofrece una serie de características que lo hacen más productivo y seguro que Java, como la inferencia de tipos, las funciones de extensión y la seguridad nula (Greenhalgh et al., 2022), (Griffiths & Griffiths, 2019), (Moskala, 2019). Ofrece ventajas de Kotlin sobre Java en el desarrollo de aplicaciones Android, como su sintaxis más concisa y su mejor soporte para la programación funcional (Laurence et al., 2022).

OAuth 2.0: Es un protocolo de delegación, un medio para permitir que alguien que controla un recurso permita que una aplicación de software (Richer, 2017) acceda a ese recurso. La aplicación solicita autorización del propietario del recurso y recibe tokens que puede utilizar para acceder al recurso. Todo esto sucede sin que la aplicación tenga que hacerse pasar por la persona que controla el recurso, ya que el token representa explícitamente un derecho de acceso delegado. OAuth 2 es un estándar para delegar autorización para acceder a recursos a través de HTTP, permitiendo otorgar derechos de acceso a la aplicación móvil sin proporcionar la contraseña, sino un token a la aplicación. Esta especificación reemplaza y deja obsoleto el protocolo OAuth 1.0 descrito en RFC 5849. (p.7) (Richer, 2017).

NoSQL: Es un lenguaje utilizado en la mayoría de los sistemas de gestión de bases de datos relacionales. El "No" en SQL significa literalmente que no se utiliza SQL en una base de datos. (p.4) [181]. A diferencia de las bases de datos NoSQL ofrecen opciones adicionales con diferentes características funcionales y de rendimiento. Este tipo de base de datos no utiliza la teoría matemática de bases de datos relacionales. Se tiende a pensar que el término NoSQL significa "No SQL", pero en realidad NoSQL significa: "No sólo SQL" para enfatizar el hecho de que la base de datos NoSQL es una alternativa a SQL y de hecho, puede aplicar conceptos de consulta similares a SQL. NoSQL cubre cualquier base de datos que no sea un sistema de gestión de bases de datos relacional tradicional (RDBMS). La motivación detrás de las bases de datos NoSQL es que están más especializadas en el tipo de datos, lo que las hacen la mayoría de los casos más eficientes y con mejor rendimiento que los servidores RDBMS. (p.6).

Kit de desarrollo de software (SDK): Es una colección de herramientas y bibliotecas reutilizables que se utilizan para el desarrollo rápido de aplicaciones. El SDK podría contener una amplia gama de herramientas que los desarrolladores pueden utilizar para crear varios módulos dentro de una aplicación. Un SDK normalmente contendría bibliotecas de códigos (que son códigos reutilizables bien escritos), ejemplos de códigos (que son ejemplos de códigos para diversas funciones que los desarrolladores pueden consultar como guía), un entorno de desarrollador integrado (IDE, que es un entorno para escribir códigos). en varios idiomas), depuradores (que ayudan a identificar y corregir errores menores en la sintaxis del código) y documentación (que proporciona instrucciones sobre cómo usar el SDK). (p.160).

R: Es un lenguaje de programación y entorno de software libre diseñado para el análisis estadístico y gráfico de datos. Es ampliamente utilizado en la investigación científica, la educación y la industria, y cuenta con una gran comunidad de usuarios y desarrolladores. R ofrece una amplia gama de herramientas y funciones para la manipulación, análisis y visualización de datos, así como para la creación de modelos estadísticos, modelado lineal (Wickham, 2017), análisis de datos (Wickham & Grolemund, 2017) y aprendizaje automático. Cuenta con herramientas de depuración y prueba (Wickham, 2017).

Redes sociales: Son plataformas digitales basadas en Internet que permiten a las personas conectarse, comunicarse, mostrar ideas, experiencias, generar y compartir contenido con otras personas que comparten intereses similares. Estas plataformas han transformado la forma en que las personas interactúan entre sí y con las marcas, y han tenido un impacto significativo en la sociedad y la cultura. También disponen de herramientas de análisis para medir el éxito de las campañas de marketing en redes sociales y la ética en el marketing digital, además de aumentar la visibilidad de la marca, generar ventas y gestionar la reputación en línea. Las redes sociales han cambiado la forma en que las personas se comunican, aprenden, trabajan y consumen. Las empresas y organizaciones pueden aprovechar el poder de las redes sociales para lograr sus objetivos. Se debe considerar examina los riesgos y desafíos asociados con las redes sociales como la privacidad, la seguridad y la adicción.

SDK - Kit de desarrollo de software (Software Development Kit): es una colección de herramientas y bibliotecas reutilizables que se utilizan para el desarrollo rápido de aplicaciones. Puede contener una amplia gama de herramientas (Castro et al., 2017) que los desarrolladores pueden utilizar para crear varios módulos dentro de una aplicación. Un SDK normalmente contendría bibliotecas de códigos (que son códigos reutilizables bien escritos), ejemplos de códigos (que son ejemplos de códigos para diversas funciones que los desarrolladores pueden consultar como guía), un entorno de desarrollador integrado (IDE, que es un entorno para escribir códigos). en varios idiomas), depuradores (que ayudan a identificar y corregir errores menores en la sintaxis del código) y documentación (que proporciona instrucciones sobre cómo usar el SDK).

SOAP: Es un protocolo basado en XML destinado a intercambiar información estructurada en un entorno de aplicaciones distribuidas (Yang, 2024). SOAP es un medio por el cual se pueden comunicar diferentes sistemas, basado en el estándar web HTTP. Especifica cómo codificar un encabezado de Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP) y un archivo XML para que diferentes aplicaciones que se ejecutan en diferentes sistemas, puedan compartir datos. SOAP define un protocolo de mensajería entre objetos solicitantes y proveedores, de modo que los objetos solicitantes puedan realizar una invocación de método remoto en los objetos proveedores en una programación orientada a objetos (Kale, 2020), (Satapathy et al., 2019).

SONAR (*Sound Navigation and Ranging*): Una definición de sonar es: el método o equipo que detecta la existencia, localiza la posición e identifica un objeto submarino mediante ondas acústicas submarinas. En un sentido amplio, cualquier sistema que utilice energía acústica submarina para observar o comunicarse se denomina sistema de sonar. Se puede considerar al sonar como una especie de radar submarino que utiliza sonido en lugar de ondas de radio para interrogar su entorno. Las ondas de radio viajan libremente en el aire, mientras que la energía sonora se absorbe con relativa rapidez. En el agua ocurre lo contrario: la baja absorción y la presencia de ondas oceánicas naturales se combinan para permitir la propagación del sonido a lo largo de miles de kilómetros, mientras que el mar es opaco a la mayor parte del espectro electromagnético. La palabra sonar es un acrónimo de “sound navigation

and ranging” (navegación y alcance por sonido). El objetivo principal del sonar es la detección o caracterización (estimación de posición, velocidad e identidad) de objetos sumergidos, flotantes o enterrados. El sonar emite un “ping”, los famosos sonidos de todas las películas de submarinos, y un sensor recoge el eco (Pedrós-Alió, 2017).

Tablet: Una tableta es un tipo de dispositivo móvil que se caracteriza por su pantalla táctil y su diseño delgado y portátil. A diferencia de los teléfonos inteligentes, las tabletas ofrecen una pantalla más grande y una mayor potencia de procesamiento, lo que las hace ideales para consumir contenido multimedia, navegar por Internet y realizar tareas de productividad. También para el uso de aplicaciones educativas. Permiten el acceso a recursos digitales y programas de desarrollo en habilidades digitales.

UI - User Interface - Interfaz de usuario: La interfaz de usuario (UI) es el medio a través del cual un usuario interactúa con un sistema de software, aplicación web o dispositivo. Incluye elementos visuales como botones, menús, iconos y ventanas, así como elementos interactivos como campos de entrada, controles deslizantes y gestos táctiles. Una UI bien diseñada es intuitiva, fácil de usar y permite al usuario realizar tareas de manera eficiente. Se debe considerar la claridad, la simplicidad y la facilidad de uso.

Wikis: Las herramientas wikis, a diferencia de los blogs son herramientas creadas para una participación activa en la red, de tal forma que todo el mundo pueda participar libremente, y aportar lo que conoce. Las aplicaciones wikis están pensadas para publicaciones colaboradoras. Los Wikis permiten la edición de páginas web de forma muy fácil. Están pensados para que varios usuarios creen un documento en conjunto, disponen de plantillas y permiten gestionar permisos de usuario a nivel del sitio (M. del P. U. López, 2018). Los usuarios pueden leer un wiki como consumidores de contenido, utilizar un wiki como organizador de contenido personal o unirse a un wiki multiusuario y formar parte de una comunidad de colaboradores, creadores de contenido, revisores y editores. El hecho de que cualquiera pueda editar páginas Wiki a menudo se cita como una razón para no utilizarlas en actividades de

aprendizaje. Sin embargo, esta es en realidad una buena razón para usarlos (Liebowitz & Frank, 2016).

XML - Extensible Markup Language - Lenguaje de Marcado Extensible: Es un formato de texto flexible y ampliamente utilizado para representar datos estructurados. Su capacidad para definir etiquetas personalizadas y organizar la información de manera jerárquica lo convierte en una herramienta poderosa para el intercambio de datos entre sistemas, la publicación web, servicios web, aplicaciones empresariales, configuración de software y muchas otras aplicaciones. un lenguaje de propósito general que puede ser utilizado para representar cualquier tipo de datos estructurados". Posee una estructura jerárquica. Permite representar relaciones complejas entre los datos.

ANEXOS

ANEXO A – Instrumento de recolección de datos

Figura 7:

Formato de encuesta

Encuesta

Modelo de enrutamiento para la mejora de la sostenibilidad de la pesca artesanal mediante geolocalización satelital

Fecha:

Entrevistado:

Años de experiencia:

Cargo:

Profesión:

Grado académico:

Consentimiento informado: Los investigadores informan que su participación en la presente encuesta es libre y voluntaria, no están obligados a iniciar o culminar su desarrollo.

El investigador que elaboró la presente investigación garantiza que la información recibida será utilizada únicamente con fines de investigación académica.

La continuidad del desarrollo de la encuesta es indicación de su consentimiento.

N°	Característica	Descripción	Prioridad (Alto, Medio, Bajo)
1.	Algoritmos	Se utilizan para calcular rutas óptimas considerando distancia, consumo, clima y ubicación de cardúmenes.	
2.	Almacenamiento de datos	Almacenar información en bases de datos locales o en la nube, incluyendo datos históricos, ubicación de cardúmenes y regulaciones.	
3.	Análisis de tendencias	Identificar patrones en datos históricos para predecir la ubicación de cardúmenes y optimizar rutas.	
4.	Compatibilidad con software de terceros	Se debe integrar con software como Google Maps o plataformas de gestión pesquera para compartir información.	
5.	Costos	Incluye costos de dispositivos GPS, desarrollo de software, y entrenamiento de usuarios.	
6.	Escalabilidad	Se adapta al crecimiento de usuarios y embarcaciones, incorporando nuevas funciones y datos.	
7.	Experiencia de usuario	Interfaces intuitivas y tutoriales interactivos facilitan su uso para pescadores con distintos niveles de alfabetización digital.	
8.	Exportación de datos	Transferir y recibir información en varios	

1

		formatos con otros sistemas para análisis, reportes o colaboración.	
9.	Fuente de datos confiable	Utilizar datos precisos y actualizados de IMARPE, sensores en tiempo real, y otras fuentes confiables.	
10.	Hardware	Requiere dispositivos GPS, smartphones, tabletas y sensores para su funcionamiento.	
11.	Herramientas	Complementado con software de mapas, comunicación y pronóstico del tiempo.	
12.	Informes y visualizaciones	Reportes (mapas de calor, gráficos de consumo) para la toma de decisiones y análisis.	
13.	Infraestructura	Requerimiento de servidores, redes de comunicación y almacenamiento de datos para su funcionamiento.	
14.	Integración con datos externos	Acceder a información de otras fuentes mediante APIs o intercambio de archivos.	
15.	Licenciamiento	Sujeto a licencias GPL o comerciales, con términos de uso que especifican la propiedad intelectual.	
16.	Mapeo de actividades pesqueras	Registro y visualización para la ubicación de capturas, rutas pesqueras en mapas.	
17.	Métricas de movilidad	Indicadores de movilidad como velocidad promedio y tiempo en zonas de pesca.	
18.	Optimización del modelo	Mediante un plan de mejora continua para la eficiencia, precisión e impacto en la sostenibilidad.	
19.	Precisión	Implementar la validación de datos y la calibración de sensores para mantener la precisión.	
20.	Precisión del modelo	Generar rutas óptimas que minimizan el consumo y maximizan la eficiencia de la pesca.	
21.	Privacidad de los datos	Proteger la información mediante encriptación y anonimización de datos.	
22.	Protocolos de comunicación	Uso de protocolos de comunicación como Bluetooth para el intercambio de datos a corta distancia y protocolos TCP/IP (ej. HTTP, MQTT) para la comunicación con el servidor.	
23.	Sensores	Incorporación de sensores de temperatura, profundidad u otros para obtener información del entorno.	
24.	Tecnología de Cliente	Empleo de smartphones con sistema operativo Android y software de desarrollo in house.	
25.	Tecnología de direccionamiento	Guiado de embarcaciones mediante GPS diferencial o sistemas de navegación.	
26.	Tecnología de Programación	Desarrollado con lenguajes como Java, Kotlin o Python.	
27.	Tecnología de Seguridad	Mediante firewalls y sistemas de detección de intrusos para la protección de datos.	
28.	Tecnología de Servidor	Utiliza bases de datos en la nube y servidores web para almacenar y procesar información.	

ANEXO B – Encuestas Desarrolladas

Tabla 7

Resumen de encuestas desarrolladas por los expertos

N°	Característica	Descripción	Expertos												Puntaje Asignado
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
3	Análisis de tendencias	Identificar patrones en datos históricos para predecir la ubicación de cardúmenes y optimizar rutas.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	34
16	Mapeo de actividades pesqueras	Registro y visualización para la ubicación de capturas, rutas pesqueras en mapas.	M	M	A	A	A	A	A	A	A	A	A	M	33
9	Fuente de datos confinable	Utilizar datos precisos y actualizados de IMARPE, sensores en tiempo real, y otras fuentes confiables.	M	A	A	A	M	A	B	A	A	A	A	A	32
13	Infraestructura	Requerimiento de servidores, redes de comunicación y almacenamiento de datos para su funcionamiento.	A	A	M	M	A	A	A	A	A	A	M	M	32
18	Optimización del modelo	Mediante un plan de mejora continua para la eficiencia, precisión e impacto en la sostenibilidad.	M	M	A	A	M	A	A	A	A	A	A	M	32
19	Precisión	Implementar la validación de datos y la calibración de sensores para mantener la precisión.	A	M	A	A	M	A	A	A	A	A	A	B	32
21	Privacidad de los datos	Proteger la información mediante encriptación y anonimización de datos.	A	A	M	M	A	A	A	A	M	A	A	M	32

25	Tecnología de direccionamiento	Guiado de embarcaciones mediante GPS diferencial o sistemas de navegación.	B	A	M	A	M	A	A	A	A	A	A	A	32
27	Tecnología de Seguridad	Mediante firewalls y sistemas de detección de intrusos para la protección de datos.	M	A	A	A	A	A	A	A	M	A	A	B	32
28	Tecnología de Servidor	Utiliza bases de datos en la nube y servidores web para almacenar y procesar información.	M	A	M	A	A	A	A	A	A	A	A	B	32
10	Hardware	Requiere dispositivos GPS, smartphones, tabletas y sensores para su funcionamiento.	A	A	M	A	M	A	B	A	A	A	A	M	31
11	Herramientas	Complementado con software de mapas, comunicación y pronóstico del tiempo.	A	M	A	M	M	A	A	A	A	M	A	M	31
12	Informes y visualizaciones	Reportes (mapas de calor, gráficos de consumo) para la toma de decisiones y análisis.	A	A	A	M	M	A	B	A	A	A	A	M	31
26	Tecnología de Programación	Desarrollado con lenguajes como Java, Kotlin o Python.	M	M	M	A	M	A	A	A	A	A	A	M	31
1	Algoritmos	Se utilizan para calcular rutas óptimas considerando distancia, consumo, clima y ubicación de cardúmenes.	M	A	M	A	A	A	B	B	A	A	A	A	30
2	Almacenamiento de datos	Almacenar información en bases de datos locales o en la nube, incluyendo datos históricos, ubicación de cardúmenes y regulaciones.	A	A	M	A	A	A	C	M	A	A	A	M	30
4	Compatibilidad con software de terceros	Se debe integrar con software como Google Maps o plataformas de gestión pesquera para compartir información.	M	M	A	B	M	A	A	M	A	A	A	A	30
7	Experiencia de usuario	Interfaces intuitivas y tutoriales interactivos facilitan su uso para pescadores con distintos niveles de alfabetización digital.	A	M	B	M	M	A	A	A	A	A	M	A	30

17	Métricas de movilidad	Indicadores de movilidad como velocidad promedio y tiempo en zonas de pesca.	M	B	M	A	M	A	A	A	A	M	A	A	30
23	Sensores	Incorporación de sensores de temperatura, profundidad u otros para obtener información del entorno.	A	A	A	M	M	A	B	A	A	A	M	M	30
8	Exportación de datos	Transferir y recibir información en varios formatos con otros sistemas para análisis, reportes o colaboración.	M	A	M	B	M	A	A	A	A	A	M	M	29
14	Integración con datos externos	Acceder a información de otras fuentes mediante APIs o intercambio de archivos.	M	M	M	M	B	A	A	A	A	M	A	A	29
15	Licenciamiento	Sujeto a licencias GPL o comerciales, con términos de uso que especifican la propiedad intelectual.	M	M	M	M	M	A	A	A	A	A	B	A	29
20	Precisión del modelo	Generar rutas óptimas que minimizan el consumo y maximizan la eficiencia de la pesca.	A	M	M	A	A	A	A	M		A	A	M	29
6	Escalabilidad	Se adapta al crecimiento de usuarios y embarcaciones, incorporando nuevas funciones y datos.	M	B	M	A	M	A	A	B	A	A	A	M	28
22	Protocolos de comunicación	Uso de protocolos de comunicación como Bluetooth para el intercambio de datos a corta distancia y protocolos TCP/IP (ej. HTTP, MQTT) para la comunicación con el servidor.	M	B	A	M	A	A	A	A	A	M	B	M	28
24	Tecnología de Cliente	Empleo de smartphones con sistema operativo Android y software de desarrollo in house.	M	M	M	M	M	A	A	M	A	M	A	M	28
5	Costos	Incluye costos de dispositivos GPS, desarrollo de software, y entrenamiento de usuarios.	M	M	A	A	M	A	C	A		A	A	A	27

ANEXO C – Simulación de Enrutamiento

Tabla 8

Ejemplo de enrutamiento simulado sin GPS vs enrutamiento real con GPS

VIAJE_ID	Embarcación	Lugar zarpe (puerto más cercano)	Lugar arribo	LATITUD GPS	LONGITUD GPS	Distancia GPS (Millas Náuticas)	Factor de Búsqueda (Aleatorio 0% a 100%)	Distancia Simulada (Millas Náuticas)	R: Nuevo Rumbo (Radianes)	LATITUD SIMULADA	LONGITUD SIMULADA
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.772222	-77.202411	0.95	0.520060008	1.444057008	4.11548638	-11.78575	-77.222745
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.76876	-77.205987	0.916666667	0.689985337	1.549153226	4.40870169	-11.776481	-77.231154
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.765774	-77.222237	0.966666667	0.142418714	1.104338091	4.44360828	-11.770662	-77.240363
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.768525	-77.24387	0.966666667	0.389426184	1.343111978	4.19926218	-11.779514	-77.263791
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.772944	-77.266259	0.883333333	0.915394484	1.691931794	3.63552083	-11.797772	-77.279915
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.778539	-77.273922	0.916666667	0.293122293	1.185362102	4.21671547	-11.787935	-77.291674
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.784171	-77.281447	0.9	0.175646143	1.058081529	3.59363293	-11.800034	-77.289316
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.793347	-77.286196	0.933333333	0.133302945	1.057749415	3.28994564	-11.810783	-77.288858
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.802222	-77.29291	0.95	0.84843327	1.756011606	1.03323492	-11.787236	-77.267228
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.79337	-77.288463	0.95	0.239362412	1.177394292	1.12922803	-11.784984	-77.270339
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.804229	-77.295832	0.216666667	0.303201071	0.282360232	6.0859631	-11.799614	-77.296774
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.802632	-77.297494	0.216666667	0.976576283	0.428258195	6.34601716	-11.795508	-77.297036
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.801825	-77.296715	0.166666667	0.873941801	0.312323634	-0.3909538	-11.797012	-77.298741
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.798697	-77.29622	0.183333333	0.513630997	0.277499016	1.26536371	-11.797306	-77.291714
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.799982	-77.294638	0.2	0.624376329	0.324875266	0.88139127	-11.796538	-77.29037
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.797345	-77.29229	0.183333333	0.486199932	0.272469987	1.71740398	-11.798008	-77.287701
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.797797	-77.291527	0.166666667	0.98216359	0.330360598	2.20609617	-11.801064	-77.287
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.797931	-77.29047	0.183333333	0.164064269	0.213411783	1.43640597	-11.797454	-77.286869
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.799303	-77.287523	0.183333333	0.727067222	0.316628991	1.55857902	-11.799239	-77.282132

3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.799247	-77.287078	0.216666667	0.636668626	0.354611536	2.27241869	-11.803062	-77.282466
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.800841	-77.286272	0.216666667	0.141369703	0.247296769	2.11533905	-11.802976	-77.28267
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.803556	-77.286154	0.166666667	0.749788618	0.291631436	2.98625835	-11.808358	-77.285386
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.805627	-77.28588	0.166666667	0.220149345	0.203358224	4.19053553	-11.807317	-77.288882
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.806087	-77.286815	0.2	0.127205391	0.225441078	3.5081118	-11.809595	-77.288191
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.806618	-77.288631	0.183333333	0.199970017	0.219994503	3.9618974	-11.809119	-77.291371
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.807781	-77.291531	0.166666667	0.75753303	0.292922172	4.48375085	-11.808888	-77.296389
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.808793	-77.292707	0.216666667	0.175969055	0.254793295	4.16959158	-11.810986	-77.296422
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.807928	-77.293852	0.216666667	0.277452958	0.276781474	5.82590904	-11.803789	-77.295933
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.806464	-77.294335	0.183333333	0.463238218	0.26826034	5.42448332	-11.803543	-77.297793
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.804937	-77.296646	0.216666667	0.268107726	0.274756674	5.28311165	-11.802463	-77.300583
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.783443	-77.282676	0.883333333	0.31839189	1.164579503	1.04021623	-11.773621	-77.265575
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.776305	-77.256295	0.916666667	0.126319009	1.032459091	1.36135682	-11.772727	-77.239101
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.772343	-77.230657	0.883333333	0.315786811	1.16227835	1.37706478	-11.768614	-77.21124
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.769054	-77.20368	0.916666667	0.527804632	1.400487579	1.63711884	-11.770601	-77.17989
3	Embarcacion_183	ANCON	ANCON	-11.772222	-77.176389	0	0.067026517	0	0.19198622	-11.772222	-77.176389
16	Embarcacion_28	CALLAO	CHORRILLOS	-12.054167	-77.177118	0.766666667	0.536057606	1.177644165	4.24987673	-12.062925	-77.195079
16	Embarcacion_28	CALLAO	CHORRILLOS	-12.058634	-77.170396	0.783333333	0.229093878	0.962790204	4.87819526	-12.055986	-77.18658
16	Embarcacion_28	CALLAO	CHORRILLOS	-12.05946	-77.189629	0.766666667	0.182398161	0.906505256	4.49596815	-12.062704	-77.204718
16	Embarcacion_28	CALLAO	CHORRILLOS	-12.065003	-77.202139	0.733333333	0.091509714	0.800440457	3.97236938	-12.073999	-77.212213

Tabla 9*Resumen de recorrido simulado sin GPS, vs enrutamiento real con GPS*

VIAJE_ID	Distancia Original Total GPS (NM)	Distancia Simulada Total (NM)	Impacto de Recorrido Simulado (%)	Tiempo Extra Estimado (Horas)
1	23.76666667	35.78091863	50.55%	6.01
2	24.05	35.98712105	49.63%	5.97
3	16.78333333	24.56732332	46.38%	3.89
4	28.75	40.81060976	41.95%	6.03
5	26.8	41.71071968	55.64%	7.46
6	27.61666667	41.96479634	51.95%	7.17
7	25.3	36.47340446	44.16%	5.59
8	38.33333333	56.04622921	46.21%	8.86
9	29.15	42.16226795	44.64%	6.51
10	24.9	38.44018057	54.38%	6.77
11	23.56666667	35.66415207	51.33%	6.05
12	23.68333333	35.50347507	49.91%	5.91
13	23.81666667	36.14768974	51.77%	6.17
14	17.41666667	25.78158524	48.03%	4.18
15	27.26666667	39.42513561	44.59%	6.08
16	25.26666667	37.16296621	47.08%	5.95
17	21.65	33.94248586	56.78%	6.15
18	16.73333333	25.26588731	50.99%	4.27
19	17.31666667	25.64651352	48.10%	4.16
20	19.01666667	27.91290868	46.78%	4.45
21	15.88333333	23.38924697	47.26%	3.75
22	19.35	29.40569837	51.97%	5.03
23	13.98333333	19.49231722	39.40%	2.75
24	25.46666667	36.43938118	43.09%	5.49
25	18.73333333	28.33454328	51.25%	4.80
26	20.73333333	31.08333061	49.92%	5.17
27	36.15	54.014209	49.42%	8.93
28	35.33333333	52.26150334	47.91%	8.46
29	29.61666667	44.92859713	51.70%	7.66
30	34.7	53.68505301	54.71%	9.49
31	29.78333333	47.68696131	60.11%	8.95
32	23.01666667	37.40656131	62.52%	7.19
33	25.21666667	37.8433069	50.07%	6.31
34	26.18333333	38.39434836	46.64%	6.11
35	21.28333333	34.01592024	59.82%	6.37
36	19.03333333	28.64840699	50.52%	4.81
37	20.8	32.13875774	54.51%	5.67
38	27.56666667	40.30411363	46.21%	6.37

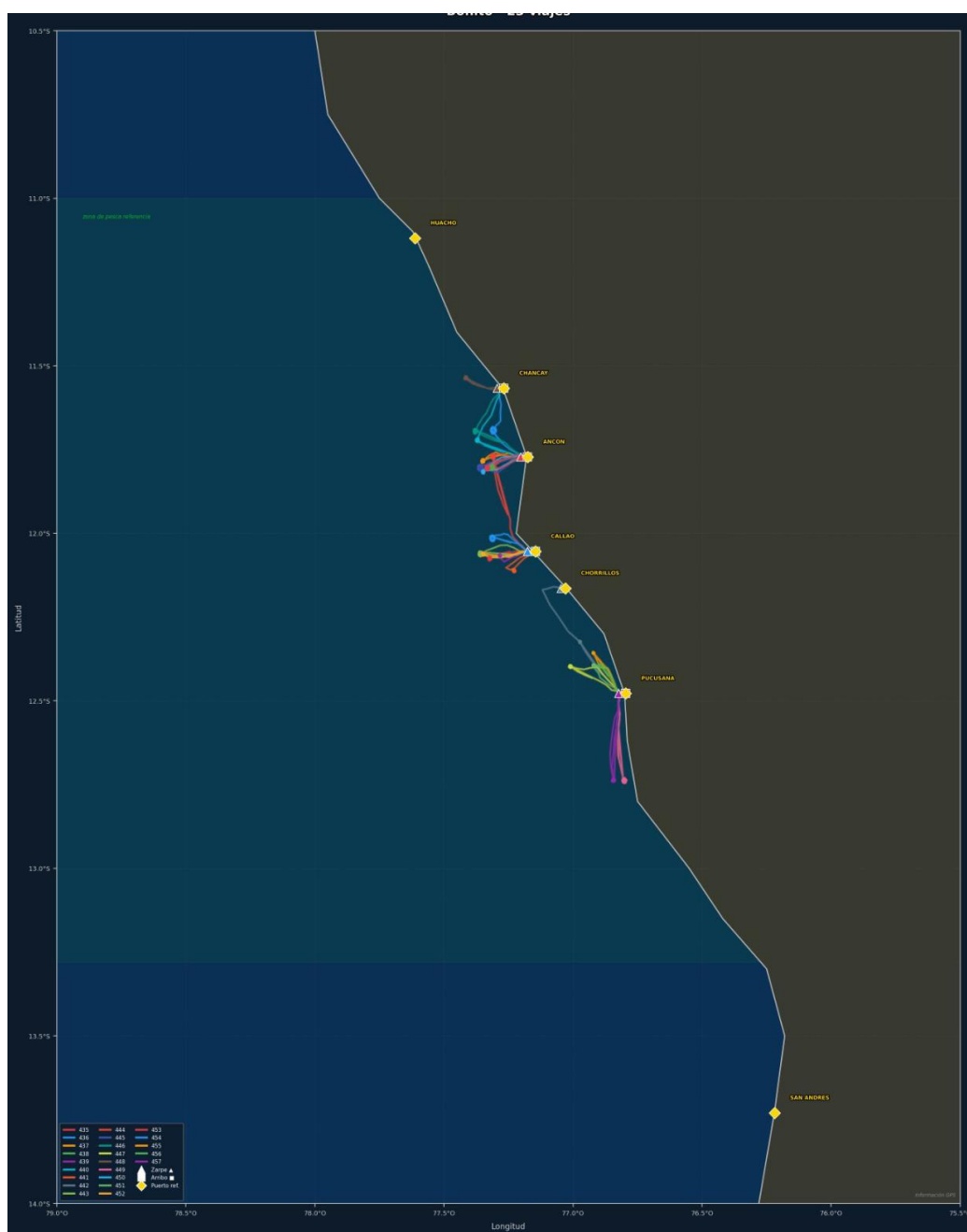
Tabla 10

Dashboard de resultados de recorrido simulado sin GPS, vs enrutamiento real con GPS

Total Distancia con Búsqueda	Total Distancia Directa	Porcentaje Global de Optimización
25116.93724	16744.9	33.33%

Figura 8:

Recorrido de ruta optima en flota industrial



Se deja esta página en blanco como fin del documento.