



Sistema Robótico de Identificación Contención y Retiro de Hidrocarburos en el Mar Peruano

PNIPA-PES-SIA-2022-00266

Informe Hito 2
Estudio Línea de Salida

Elaborado por:
Arce Cigüeñas, Diego Martin

Aprobado por:
Akamine Serpa, Claudia Maritza

Lima, Diciembre de 2022

Índice

1. Introducción	3
2. Datos generales del proyecto	4
2.1. Descripción del proyecto	4
3. Ámbito de Estudio	8
3.1. Objetivos	8
4. Marco lógico	9
5. Indicadores en la línea de investigación	11
6. Medios de verificación	14
6.1. Tesis de Pregrado	14
6.2. Tesis de Posgrado	15
6.3. Patentes	15
6.4. Artículos	16
6.5. Proyectos	17
6.6. Reportes ambientales y/o de parámetros oceanográficos	18
7. Conclusiones	19
8. Recomendaciones	20
9. Bibliografía	21

1. Introducción

El estudio de Línea de Salida tiene como propósito comparar la información final a partir de los resultados del subproyecto de innovación, específicamente de los indicadores de marco lógico de cada subproyecto, con la información recopilada al inicio de la ejecución del proyecto indicado a través del Estudio de Línea de Base.

El “*Estudio de Línea de Salida*” es un instrumento de gestión y evaluación de un proyecto que describe la situación final del contexto de un subproyecto, permitiendo que esta información pueda compararse con mediciones anteriores y de esta manera evaluar objetivamente la magnitud de los resultados logrados en virtud de la implementación de una propuesta, en este caso tecnológica. Para ello, el Estudio de Línea de Salida cuantifica los indicadores relacionados al subproyecto en cierto ámbito, el cuál puede ser a nivel empresarial, nacional o internacional y los clasifica en distintas dimensiones afectadas por el proyecto, las cuales pueden ser TECNOLÓGICA, SOCIAL, AMBIENTAL y ECONÓMICA.

El presente informe muestra el “*Estudio de Línea de Salida*” sobre el desarrollo de robots marinos para identificación, contención y retiro de hidrocarburos.

2. Datos generales del proyecto

Nombre del Proyecto:	SISTEMA ROBÓTICO DE IDENTIFICACIÓN CONTENCIÓN Y RETIRO DE HIDROCARBUROS PARA MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL EN ACTIVIDADES DE PESCA				
Contrato N°:	PESCA - SIA - SP-2022-00266	Fecha inicio:	01/07/2022	Fecha fin:	30/12/2022
Entidad Proponente:	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU				
Entidad Asociada:	4HELIX LABS S.A.C.				
Entidad Asociada:	SUSTAINABLE FISHERY TRADE SOWING THE FUTURE S.A.C. INSTITUTO DEL MAR DEL PERU - IMARPE				
Responsable del ELB:	DIEGO MARTIN ARCE CIGÜEÑAS / RODOLFO CORNEJO URBINA				
Ámbito de aplicación:	AMBIENTAL, TECNOLÓGICO Y ECONÓMICO				
Eslabón de la cadena:	INSUMOS Y EQUIPAMIENTO				
Especialidad del proyecto:	CAMBIO CLIMÁTICO, MEDIO AMBIENTE, DESARROLLO DE UN NUEVO PRODUCTO, IDENTIFICACIÓN, CONTENCIÓN Y RETIRO DE HIDROCARBUROS				

2.1. Descripción del proyecto

La pesca, junto con la acuicultura, proporciona alimentos, nutrición y una fuente de ingresos a alrededor de 820 millones de personas en todo el mundo. El 88% de la producción total de pesca, alrededor de 171 MM de toneladas, es para el consumo directo por humanos. Además, alrededor de 40 MM de personas se dedican al sector de pesca de captura. Todo esto conlleva a que se comercialicen hasta USD 143 MM en exportaciones en productos obtenidos por la pesca.

En los más de tres mil kilómetros que abarca la costa peruana el sector pesquero es ampliamente dominado por la extracción de la anchoveta (82 %), pota (8.2 %), otros invertebrados (2.0 %), el jurel (1.7 %), otros peces (1.4 %), la caballa (1.4 %), el bonito (1.0 %), la merluza peruana (1.0 %), el perico (0.9 %) y las macroalgas (0.3 %). La pesca contribuye significativamente con la economía del Perú, aportando entre 0.7 % y 1.5 % del PBI nacional. En el Perú, existe una gran diversidad de artes y métodos de pesca de recursos

marinos silvestres que son utilizados con o sin embarcación e involucran desde artes pasivas de bajo impacto ecosistémico hasta artes activas de gran impacto.

El 15 de enero del 2022, ocurrió un derrame de más de 6 mil barriles de petróleo en la costa de Lima lo cual provocó una tragedia ecológica. La falta de contención de este derrame ha provocado que por más de dos semanas se siga esparciendo a lo largo del litoral peruano hacia el norte. Esto ha afectado directamente a muchas especies marinas y a seres humanos que viven cerca de estas zonas. También ha tenido un impacto directo en las actividades pesqueras, las cuales se han visto interrumpidas por medidas de seguridad. Se han intentado tomar acciones para remediar el derrame y limpiar el océano, pero los métodos tradicionales de limpieza manual y con embarcaciones pequeñas no han sido suficientes para contener y revertir el daño provocado.

Los derrames accidentales de petróleo han ocurrido, y ocurrirán, en diferentes áreas marítimas del mundo mientras continúen las actividades de extracción, producción y transporte de petróleo. El grado de daño de los derrames en los ecosistemas locales y la efectividad de las diferentes tecnologías de respuesta dependen en gran medida de las condiciones ambientales prevalecientes y de los recursos de respuesta a derrames de petróleo disponibles de inmediato. Cada región marina necesita métodos de evaluación de riesgos, monitoreo y respuesta más o menos adaptados a sus características específicas. Los efectos generados por estos derrames afectan directamente a los recursos y ecosistemas marinos, y afectan indirectamente al sector pesca.

El empleo de un sistema de identificación, contención y retiro de derrames de petróleo es una parte integral de cualquier plan de contingencia para derrames de petróleo. Esto reduce significativamente el potencial del impacto ambiental como el costo de las operaciones de respuesta. Para la eliminación de hidrocarburos se aplican diferentes métodos de respuesta con el fin de minimizar las consecuencias ambientales de los derrames de hidrocarburos. Las desnatadoras de petróleo (oil skimmers) son el tipo de equipo mecánico de respuesta a derrames de petróleo más utilizado. Cuando se emplea a gran

escala, el método de recuperación mecánica puede consumir mucho tiempo, es por ello que se requiere desde un principio un método de identificación del derrame y proceder inmediatamente con un mecanismo de contención. El uso de productos químicos dispersantes tiene como objetivo aumentar el potencial natural para la eliminación de hidrocarburos de la superficie del mar mediante la dispersión del hidrocarburo en la columna de agua.

A partir de esto, se plantea la adaptación de un sistema robótico de identificación, contención y retiro de hidrocarburos para mitigar el impacto ambiental en las actividades de pesca. La solución integral consta de un vehículo marino no tripulado (USV) con sistema de posicionamiento y visión de alta resolución el cual es teleoperado de forma inalámbrica, un vehículo aéreo no tripulado con sistema de visión térmico y multiespectral que puede despegar y aterrizar en el USV para obtener una mejor visibilidad de campo, un “oil skimmer” para extracción y separación de hidrocarburos que es adaptable al cuerpo del USV, un sistema para desplegar boyas de contención de hidrocarburos, y una metodología validada para el uso del sistema integrado.

La solución permite realizar la identificación, contención, y retiro de hidrocarburos vertidos en el mar, haciéndolo de forma económica, segura, rápida, y sin poner en riesgo a las personas. Se mejora la capacidad de respuesta ante desastres ambientales, y se fortalece el mercado de servicios especializados para cadena de valor. Se puede obtener evidencia y una representación digital de la variación espacial y temporal de los desastres ambientales, lo cual sirve para realizar estudios y minimizar o mitigar eventos similares en el futuro

Al finalizar el proyecto se cuenta con un (01) sistema robótico de identificación, contención, y retiro de hidrocarburos que integra un robot marino, un robot aéreo, boyas de contención y desnatadora de aceite (oil skimmer) y una (01) metodología para el uso del sistema robótico de identificación, contención, y retiro de hidrocarburos. La solución permite:

- Identificar las zonas afectadas luego de un derrame de petróleo y cuantificar los daños al realizar vuelos con robot aéreo.
- Las zonas identificadas permitirán determinar la estrategia de intervención para contener y extraer el material contaminante de manera rápida y eficiente.
- Desplegar un robot marino no tripulado equipado con boyas de contención y desnatadora de petróleo.
- Contener y extraer el petróleo derramado en las zonas identificadas mediante un robot tele operado a distancia desde una estación de control central.
- Eliminar el riesgo de contaminación a personas a cargo de limpieza de derrames con métodos manuales y tradicionales.
- Reducir el daño provocado a los recursos y ecosistemas marinos debido a los derrames, mediante una intervención rápida y eficiente para la contención y limpieza de las zonas afectadas.
- Desarrollar jornadas extensas de limpieza de zonas afectadas con el uso de robots no tripulados para casos de derrames de alto volumen.

3. Ámbito de Estudio

Con el fin de contabilizar los valores iniciales de los indicadores descritos posteriormente, se considera como ámbito de estudio los trabajos de investigación y desarrollo tecnológico realizados por la entidad Proponente y las entidades asociadas. Solo se tomará en cuenta la información relacionada directamente con la línea de investigación del proyecto, identificación, contención y retiro de hidrocarburos.

3.1. Objetivos

El objetivo principal del presente “*Estudio Línea de Salida*” (ELS) es determinar, identificar y cuantificar el estado final de los indicadores pertinentes al desarrollo de un vehículo autónomo para identificación, contención y retiro de hidrocarburos, a través de la determinación de valores de las variables claves resumidas a través de los indicadores del marco lógico, permitiendo una comparación en relación con los cambios generados al finalizar el subproyecto.

Objetivos Secundarios

- Revisión del número de publicaciones relacionadas a robótica de los empleados de la empresa 4HELIX LAB.
- Cuantificar el nivel de involucramiento de la empresa 4HELIX LAB con el área de investigación (alianzas, inversiones, clientes, etc.).
- Revisión del número de tesis relacionadas con robótica marina asesoradas por los investigadores de 4HELIX LAB.
- Revisión de la existencia de reportes ambientales, calidad de agua o monitoreo oceanográfico presentados por el INEI, IMARPE y MINAM.

4. Marco lógico

En esta sección se definirán los indicadores del propósito e indicadores de resultado del proyecto, los cuales han sido definidos durante la etapa de postulación y fueron validados por la entidad financiadora durante la etapa de negociación. Esta información será utilizada al finalizar el proyecto para verificar que se hayan cumplido con los indicadores establecidos desde un inicio.

Indicadores de propósito

DIMENSIÓN	NOMBRE DEL INDICADOR	Unidad de medida	INDICADOR BASE*	META	INDICADOR FINAL	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Recurso tecnológico	Vehículo aéreo no tripulado con sensores.	Prototipo Desarrollado e Implementado	0	1	1	Informe técnico de desarrollo de sistema robótico del vehículo aéreo
Metodología	Metodología de uso de sistema robótico de identificación, contención, y retiro de hidrocarburos validada en campo.	Metodología desarrollada y validada	0	1	1	Informe técnico con desarrollo de metodología para inspección de recursos oceánicos y meteorología marina.
Recurso tecnológico	Oil skimmer y boyas de contención adaptados para despliegue desde vehículo marino no tripulado.	Prototipo Desarrollado e Implementado	0	1	1	Informe técnico de desarrollo de sistema de identificación y retiro de hidrocarburos
Recurso tecnológico	Vehículo marino no tripulado con sensores.	Prototipo Desarrollado e Implementado	0	1	1	Informe técnico de desarrollo de sistema robótico marino no tripulado

Indicadores de resultado

DIMENSION	NOMBRE DEL INDICADOR	Unidad de medida	INDICADOR BASE*	META	INDICADOR FINAL	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Recurso tecnológico	Vehículo marino no tripulado con sensores.	Prototipo desarrollado e implementado	0	1	1	Número de tecnologías desarrolladas
Metodología	Metodología de uso de sistema robótico de identificación, contención, y retiro de hidrocarburos validada en campo.	Metodología desarrollada y validada	0	1	1	Número de metodologías desarrolladas para identificación, contención y retiro de hidrocarburos

5. Indicadores en la línea de investigación

En esta sección se definirán los indicadores relacionados directamente a la línea de investigación que serán evaluados para el presente proyecto, asimismo se clasificará en una de las cuatro dimensiones y modalidad de obtención de la información para la futura cuantificación de estos.

DIMENSIÓN	NOMBRE DEL INDICADOR	INDICADOR BASE*	INDICADOR DE SALIDA*	UNIDAD	DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Recursos Humanos	Personal capacitado	0	5	N° de estudiantes / profesores / investigadores capacitados en el país	Investigadores que fueron capacitados por medio de cursos, talleres, pasantías de investigación, etc. (con una duración mayor a 24 HH) en la línea de investigación del proyecto o programa, y con entidades nacionales	Sección 6.7 - Capacitaciones en cursos
		0	0	N° de estudiantes / profesores / investigadores capacitados en el extranjero	Investigadores que fueron capacitados por medio de cursos, talleres, pasantías de investigación, etc. (con una duración mayor a 24 HH) en la línea de investigación del proyecto o programa, y con entidades nacionales	
	Estudiantes en proyectos de investigación	11	11	N° de tesis de pregrado	N° de tesis de pregrado con tesis presentadas relacionadas a la línea de investigación del proyecto	Sección 6.1 – Tesis de pregrado
		7	7	N° de tesis de maestría	N° de tesis de maestría con tesis presentadas relacionadas a la línea de investigación del proyecto	Sección 6.2 – Tesis de maestría
		0	0	N° de tesis de doctorado	N° de tesis de doctorado con tesis presentadas relacionadas a la línea de investigación del proyecto	

DIMENSIÓN	NOMBRE DEL INDICADOR	INDICADOR BASE*	INDICADOR DE SALIDA	UNIDAD	DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Investigación e Innovación	Vinculación con entidades (Alianzas, convenios, colaboraciones o redes académicas para realizar investigaciones o movilizaciones de estudiantes del programa)	1	2	N° de vinculaciones con entidades nacionales	Vínculos con universidades o institutos de investigación nacionales. Ejemplo: Alianzas estratégicas, convenios, colaboración o redes de investigación a nivel nacional para realizar investigaciones en la línea de investigación del proyecto	Sección 6.5 – Proyectos (IMARPE y University College London)
		1	1	N° de vinculaciones con entidades extranjeras	Vinculaciones con universidades o institutos de investigación internacionales. Ejemplo: Alianzas estratégicas, convenios, colaboración o redes de investigación a nivel internacional para realizar investigaciones en la línea de investigación del proyecto.	
		0	1	N° de vinculaciones con empresas nacionales	Vinculación con empresas nacionales	
		0	0	N° de vinculaciones con empresas extranjeras	Vinculación con empresas extranjeras	
	Propiedad intelectual	2	2	N° de solicitudes de propiedad intelectual	N° de solicitudes de invención, modelo de utilidad, registro de autos, etc. Presentadas por los docentes del programa a la entidad competente	Sección 6.3 - Patentes
	Tecnologías generadas	0	0	N° de tecnologías generadas o derivadas del proyecto o introducidas	N° de teorías o técnicas ordenadas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico y se derivan en un producto, objeto o proceso.	
	Productos desarrollados	2	3	N° de nuevos productos desarrollados con valor agregado para el mercado	N° de nuevos productos o servicios creados en un mercado, sean éstos totalmente nuevos para el público objetivo de destino, o mejorados con algún valor adicional para el mismo mercado	Sección 6.3 - Patentes Informe técnico del sistema desarrollado

DIMENSIÓN	NOMBRE DEL INDICADOR	INDICADOR BASE*	INDICADOR DE SALIDA	UNIDAD	DESCRIPCION DEL INDICADOR	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Bibliométrica	Artículos en revistas indexadas	1	1	N° de artículos científicos presentados o publicados en revistas indexadas	Artículos científicos presentados o publicados en revistas indexadas en los que figure al menos uno de los investigadores como autores o coautores y que figure la entidad como filiación de autores	Sección 6.4 – Artículos
	Ponencia en eventos internacionales	4	4	N° de ponencias internacionales	Ponencias internacionales derivadas de investigaciones realizadas por los investigadores y que figure la entidad como filiación de autores	Sección 6.4 – Artículos
	Ponencia en eventos nacionales	0	0	N° de ponencias nacionales	Ponencias nacionales derivadas de investigaciones realizadas por investigadores y que figure la entidad como filiación de autores	
	Libros o capítulos de libro	0	0	N° de libros o capítulos de libros	Libros o capítulos de libros científicos o de investigación publicados por lo menos uno de los investigadores del equipo de investigación	
	Tesis de pregrado	11	11	N° de tesis de pregrado presentadas o publicadas	N° de tesis de pregrado relacionadas a la línea de investigación del proyecto	Sección 6.1 – Tesis de pregrado
	Tesis de maestría	7	7	N° de tesis de maestría presentadas o publicadas	N° de tesis de maestría relacionadas a la línea de investigación del proyecto	Sección 6.2 – Tesis de maestría
	Tesis de doctorado	0	0	N° de tesis de doctorado presentadas o publicadas	N° de tesis de doctorado relacionadas a la línea de investigación del proyecto	

DIMENSIÓN	NOMBRE DEL INDICADOR	INDICADOR BASE*	INDICADOR DE SALIDA	UNIDAD	DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Económico	Fondos recibidos	4'025,180.40	4'025,180.40	S/. (Soles recibidos por entidades nacionales)	Importe recibido para proyectos con fondos provenientes de entidades nacionales	Sección 6.5 – Proyectos
		0	0	S/. (Soles recibidos por entidades internacionales)	Importe recibido para proyectos con fondos provenientes de entidades internacionales	
	Proyectos ganados	6	6	N° de proyectos concursables adjudicados	N° de proyectos ganados por miembros de la alianza estratégica en la línea de investigación	
Ambiental	Reportes ambientales	2	2	N° de reportes ambientales o reportes de medición	N° de reportes ambientales o reportes de medición de parámetros oceanográficos	Sección 6.6 – Reportes ambientales y/o de parámetros oceanográficos.
	Metodologías de inspección	0	1	N° de metodologías desarrolladas	N° de metodologías para monitoreo de parámetros oceanográficos	
	Zonas monitoreadas	2	2	N° zonas monitoreadas	N° de zonas monitoreadas con robots marinos para inspección de parámetros oceanográficos.	Informe de metodología de recuperación de hidrocarburos

6. Medios de verificación

Se procede a detallar la información recolectada a partir de bases de datos en donde se tiene almacenada la información requerida para justificar los indicadores previamente descritos.

6.1. Tesis de Pregrado

En esta sección se presentan todas las tesis de pregrado asesoradas por los investigadores pertenecientes a la entidad proponente respecto a sistemas robóticos marinos e identificación, contención y retiro de hidrocarburos. La información fue recopilada del Repositorio de la PUCP (<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7>), que es de acceso público. Como resultado se obtuvieron 11 tesis de pregrado relacionadas a la línea de investigación del proyecto, las cuales se listan en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1: Tesis de pregrado relacionadas con la línea de investigación
Fuente: Repositorio Tesis PUCP

Título de Tesis	Autor	Año	URL
Diseño de plataforma de acople y miniROV para vehículos marinos de superficie	Ramírez Chávez, Jorge Luis Isaac	2018	http://hdl.handle.net/20.500.12404/9931
Diseño de un USV para el monitoreo de calidad de agua y toma de muestras en lagos	Balbuena Galván, José Guillermo	2018	http://hdl.handle.net/20.500.12404/9934
Diseño de los módulos de electrónica de potencia para un prototipo de vehículo anfíbio	Amaya Solís, Juan Miguel	2018	http://hdl.handle.net/20.500.12404/12507
Vehículo autónomo de superficie para realizar estudios batimétricos	Tejada Arce, Erick Gonzalo	2017	http://hdl.handle.net/20.500.12404/8174
Diseño de un manipulador hápticoteleoperado para la exploración marina	Ángeles Dávila, Miguel Adolfo	2017	http://hdl.handle.net/20.500.12404/8121
Diseño e implementación de un sistema amplificador para tres hidrófonos con filtrado y digitalización de señal	Osada Mochizuki, José Antonio	2016	http://hdl.handle.net/20.500.12404/7331
Diseño de un sistema de estabilización para un vehículo submarino autónomo	Zevillanos Begazo, Christian Giovanni	2015	http://hdl.handle.net/20.500.12404/6453
Análisis de imágenes microscópicas para la determinación de la cantidad y el tamaño de larvas de concha de abanico	López Quiliano, Jean Paul	2011	http://hdl.handle.net/20.500.12404/221
Diseño de un sistema de monitoreo submarino por video para el estudio científico de artes de pesca pasivos de poca profundidad en el Perú	Hidalgo Herencia, Franco	2011	http://hdl.handle.net/20.500.12404/260
Desarrollo de la electrónica de control para una pequeña embarcación de expediciones científicas impulsada por energía solar	Pérez Vásquez, Benny Hammer	2011	http://hdl.handle.net/20.500.12404/900
Estudio de un sistema de generación de imágenes acústicas aplicable a la supervisión submarina de las conchas de abanico	Cucho Padín, Gonzalo Augusto	2011	http://hdl.handle.net/20.500.12404/278
Desarrollo conceptual de sistema modular de lanzamiento y recuperación con gestión de correa para vehículos operados remotamente (ROV) y jaula flotante	Jara Rios, Jose Alonso	2021	http://hdl.handle.net/20.500.12404/19563

6.2. Tesis de Posgrado

En esta sección se presentan todas las tesis de posgrado asesoradas por los investigadores pertenecientes a la entidad proponente respecto a sistemas robóticos marinos e identificación, contención y retiro de hidrocarburos. La información fue recopilada del Repositorio de la PUCP (<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/740>), que es de acceso público. Como resultado se obtuvieron 7 tesis de pregrado relacionadas a la línea de investigación del proyecto, las cuales se listan en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2: Tesis de posgrado relacionadas con la línea de investigación
Fuente: Repositorio Tesis PUCP

Título de Tesis	Autor	Año	URL
Desarrollo de un sistema de control avanzado para un vehículo submarino autónomo tipo planeador con actuadores internos	Quiroz Velásquez, Diego Eduardo	2020	http://hdl.handle.net/20.500.12404/15588
Modelling and essential control of an oceanographic monitoring remotely operated underwater vehicle	Rojas Mendoza, Jorge Enrique	2017	http://hdl.handle.net/20.500.12404/9516
Control de vehículos marinos de superficie subactuados basado en filtros planos lineales	Bardalez García, Luis	2016	http://hdl.handle.net/20.500.12404/6946
Generación y control de trayectoria para embarcaciones marinas en aguas poco profundas y espacios confinados	Cáceres Mendoza, Cayetano Juan	2016	http://hdl.handle.net/20.500.12404/6947
Diseño y simulación de un sistema de control de formación de vehículos autónomos marítimos de baja velocidad	Durand Cárdenas, José Alfredo	2016	http://hdl.handle.net/20.500.12404/6936
Diseño de un sistema de navegación autónomo para robots móviles usando fusión de sensores y controladores neuro difusos	Enciso Salas, Luis Miguel	2015	http://hdl.handle.net/20.500.12404/6191
Sistema automático de estabilización para un vehículo submarino operado remotamente utilizando visión por computadora	Hidalgo Herencia, Franco	2013	http://hdl.handle.net/20.500.12404/1752

6.3. Patentes

En esta búsqueda se empleó la herramienta web de INDECOPI para la búsqueda de patentes (<https://servicio.indecopi.gob.pe/portalSAE/Personas/tituloOIN.jsp>). La búsqueda se realizó sobre las patentes otorgadas a alguno de los integrantes de la entidad proponente en temas relacionados a sistema robóticos marinos. Como resultados se obtuvieron 2 patentes, las cuales se presentan en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3: Patentes encontradas en la base de datos de INDECOPI
Fuente: INDICOPÍ

Título de Patente	Tipo	Responsable	N° de Expediente
ROBOT ACUÁTICO DE SUPERFICIE PARA MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS EN EL AGUA	Modelo de Utilidad	Francisco Fabián Cuellar Córdova, Diego Eduardo Quiroz Velásquez, Jorge Luis Isaac Ramírez Chávez. (INVENTORES)	001565-2017/ DIN
VEHÍCULO SUBMARINO EQUIPADO CON SENSORES OCEANOGRÁFICOS OPERADO REMOTAMENTE	Modelo de Utilidad	Francisco Fabián Cuellar Córdova, Dante Arturo Arroyo López, Franco Hidalgo Herencia (INVENTORES)	002183-2015/ DIN

6.4. Artículos

La búsqueda en la base de datos bibliográfica SCOPUS se descargaron las publicaciones presentadas por alguno de los integrantes de la entidad proponente. Solo se incluyeron los artículos presentados en revistas científicas o conferencias indizadas relacionados con la línea de investigación del proyecto. Como resultado se obtuvieron cinco publicaciones, de las cuales tres fueron presentadas en conferencias y una en revistas, tal como se muestra en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4: Publicaciones encontradas en base de datos
Fuente: SCOPUS

Autores	Título	Enlace	Tipo de publicación
Quiroz, D., Cuellar, F.	Design of a low cost AUV with Adaptive Backstepping Control System to monitor the Peruvian coastline	https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8867249	Artículo en conferencia
Song, R., Liu, Y., Balbuena, J., Cuellar, F. , Bucknall, R.	Developing an energy effective autonomous USV for undertaking missions at the highlands of Peru	https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8559261	Artículo en conferencia
Balbuena, J., Quiroz, D. , Song, R., Bucknall, R., Cuellar, F.	Design and implementation of an USV for large bodies of fresh waters at the highlands of Peru	https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8232168	Artículo en conferencia
Hidalgo, F., Mendoza, J., Cuellar, F.	ROV-based acquisition system for water quality measuring	https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7404435	Artículo en conferencia
Rojas, J., Baatar, G., Cuellar, F., Eichhorn, M., Glotzbach, T.	Modelling and Essential Control of an Oceanographic Monitoring Remotely Operated Underwater Vehicle	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896318321840	Artículo en revista
Arce, D., Rodriguez, L., Segovia, A., Vargas, M., Carranza, C., Cuellar, F.	ROV Inspection System with Vision-based Color Correction and Tracking Algorithm for High Depth and Low Light Ecosystems	https://ieeexplore.ieee.org/document/9775317/authors#authors	Artículo en conferencia

6.5. Proyectos

Para cuantificar los indicadores del ámbito económico, se consideró el número de proyectos adjudicados y fondos ejecutados en donde la entidad proponente participó como parte de la AE y que se encuentran relacionados con la línea de investigación. En total se han desarrollado seis proyectos, los cuales se detallan en la Tabla 5.5..

Tabla 5.5: Proyectos adjudicados sobre la línea de investigación
Fuente: Propia

Título del proyecto	Contrato	Entidades	Año	Monto adjudicado
Sistema Robótico (ROV) Avanzado de Monitoreo de Grandes Profundidades para la Evaluación del Impacto de Actividades Pesqueras en Recursos Pelágicos y Bentónicos y su Ecosistema	290-2019-PNIPA-SUBPROYECTOS,	PUCP (entidad solicitante) 4 HELIX LABS (Entidad Asociada)	2020-2022	S/ 632,099.63
Desarrollo e implementación de un auv (autonomous underwater vehicle) no tripulado para mapeo de fondo marino y monitoreo de columna de agua en la costa peruana	291-2019-PNIPA-SUBPROYECTOS	PUCP (entidad solicitante) 4 HELIX LABS (Entidad Asociada) Ecocéanica (Entidad Asociada)	2020-2022	S/ 632.100,40
Implementación de Robot Catamarán (USV) no Tripulado para monitoreo en Tiempo Real de Parámetros Oceanográficos y Ecosistema Marino en Zona Costera de Huarney	273-2019-PNIPA-SUBPROYECTOS	4HELIX LABS (Entidad solicitante) ANTAMINA (Entidad asociada)	2020-22	S/ 631.000,00
Sistema de Robots Aéreo – Acuático – Terrestre para Inspección Digitalización y Diagnóstico de Infraestructura y Embarcaciones Pesqueras	265-2022-PNIPA-SUBPROYECTOS	4HELIX LABS S.A.C. (Entidad solicitante) HAYDUK (Entidad asociada)	2022	S/ 632.100,00
Implementación de robot anfíbio teleoperado para inspección y limpieza de la obra viva en las embarcaciones pesqueras	267-2022-PNIPA-SUBPROYECTOS	4HELIX LABS S.A.C. (Entidad solicitante) HAYDUK (Entidad asociada)	2022	S/ 632.100,00
Sistema Robótico de Identificación Contención y Retiro de Hidrocarburos para Mitigar el Impacto Ambiental en Actividades de Pesca	266-2022-PNIPA-SUBPROYECTOS	4HELIX LABS S.A.C. (Entidad solicitante) IMARPE (Entidad asociada) Sustainable Fishery Trade (Entidad asociada)	2022	S/ 866.880,00

6.6. Reportes ambientales y/o de parámetros oceanográficos

En cuanto a los reportes ambientales de parámetros oceanográficos se consideraron los informes relacionados a la inspección de parámetros oceanográficos elaborados durante los proyectos adjudicados descritos en la sección previa. En total se identificaron dos repotes de parámetros oceanográficos de acuerdo con el detalle mostrado en la Tabla 5.6

Tabla 5.6: Reportes de parámetros oceanográficos realizados
Fuente: Propia

Zona de inspección	Parámetros medidos	Año	Tecnología utilizada
Paracas, Ica	Calidad de agua (Ph, Conductividad, Turbidez, Oxígeno disuelto, Temperatura, Profundidad, Salinidad)	2015	Robot submarino ROV con sonda CTD
Laguna la Viuda, Canta	Calidad de agua (Ph, Conductividad, Turbidez, Oxígeno disuelto, Temperatura, Profundidad, Salinidad)	2018	Vehículo de superficie USV con sonda multiparámetro y batímetro

6.7. Capacitaciones en cursos

En cuanto a las capacitaciones en cursos, un grupo de 5 alumnos desarrollaron un curso de proyecto vinculado a las actividades del proyecto con la finalidad de desarrollar un prototipo funcional del skimmer montado sobre un USV. El curso tuvo una duracion de 4 meses (128 horas) en donde los 5 integrantes complementaron sus conocimientos en sistemas mecatrónicos, pero también en el área de oceanografía, recuperación de hidrocarburos y diseño de vehículos marinos. En la Tabla 5.7 se detalla la lista de integrantes del curso que fueron capacitados.

Tabla 5.6: Estudiantes capacitados en cursos
Fuente: Propia

Curso	Nombre de la persona	DNI	Año
MTR250 - Proyecto de Diseño mecatrónico	Diego Samir Hanco Rodriguez	76357852	2022
MTR250 - Proyecto de Diseño mecatrónico	Manuel Danilo Fabian Soto Leon	70427822	2022
MTR250 - Proyecto de Diseño mecatrónico	Jose Leonardo Bartra Segura	73674291	2022
MTR250 - Proyecto de Diseño mecatrónico	Diego Andre Loayza Mandarriaga	72170763	2022
MTR250 - Proyecto de Diseño mecatrónico	Carlos Gustavo Antonio Contreras Dionicio	75895261	2022

7. Conclusiones

Finalizada la elaboración del Estudio Línea de Salida, se concluye lo siguiente:

- En la dimensión de RECURSOS HUMANOS, se comprueba que la a partir del desarrollo de la investigación se ha podido incrementar el número de estudiantes capacitados en la línea de investigación del proyecto..
- En la dimensión de INVESTIGACIÓN / INNOVACIÓN, se han logrado reforzar las alianzas con el IMARPE y se ha podido tener una nueva alianza con una empresa privada del sector pesca. Además se logró contar con nuevo producto desarrollado a partir de las actividades del proyecto..
- En la dimensión BIBLIOMÉTRICA se observa la cantidad de publicaciones y trabajos de tesis relacionados con el monitoreo oceanográfico utilizando robótica marina. Este valor se verá incrementado mediante el desarrollo del proyecto y permitirá incrementar el interés de los estudiantes en este tipo de robótica.
- En la dimensión ECONÓMICA se incrementaron los indicadores a partir de la convocatoria a la cual pertenece el proyecto y esto permitirá poder seguir desarrollando nuevos proyectos y más inversión en la línea de investigación.
- En la dimensión AMBIENTAL, se pudo definir una nueva metodología para la recuperación de hidrocarburos haciendo uso de skimmers y USVs. Esta metodología podrá ser aplicada para su uso ante posibles situaciones de derrames futuros haciendo uso del equipamiento desarrollado.

8. Recomendaciones

- Se recomienda estudiar los indicadores de marco lógico presentados para evaluar el impacto que tendrá el proyecto de investigación una vez que esté concluida.
- Luego del desarrollo del proyecto, para el Estudio de Línea de Salida (ELS) se recomienda evaluar las cinco dimensiones por separado para verificar los aportes de este proyecto de investigación.

9. Bibliografía

- Diseño de plataforma de acople y miniROV para vehículos marinos de superficie. Ramírez Chávez, Jorge Luis Isaac (2018). Tesis de pregrado PUCP.
- Diseño de un USV para el monitoreo de calidad de agua y toma de muestras en lagos. Balbuena Galván, José Guillermo (2018). Tesis de pregrado PUCP.
- Diseño de los módulos de electrónica de potencia para un prototipo de vehículo anfibio. Amaya Solís, Juan Miguel (2018). Tesis de pregrado PUCP.
- Vehículo autónomo de superficie para realizar estudios batimétricos. Tejada Arce, Erick Gonzalo (2017). Tesis de pregrado PUCP.
- Diseño de un manipulador hápticoteleoperado para la exploración marina. Ángeles Dávila, Miguel Adolfo (2017). Tesis de pregrado PUCP.
- Diseño e implementación de un sistema amplificador para tres hidrófonos con filtrado y digitalización de señal. Osada Mochizuki, José Antonio (2016). Tesis de pregrado PUCP.
- Diseño de un sistema de estabilización para un vehículo submarino autónomo. Zevillanos Begazo, Christian Giovanni (2015). Tesis de pregrado PUCP.
- Análisis de imágenes microscópicas para la determinación de la cantidad y el tamaño de larvas de concha de abanico. López Quiliano, Jean Paul (2011). Tesis de pregrado PUCP.
- Diseño de un sistema de monitoreo submarino por video para el estudio científico de artes de pesca pasivos de poca profundidad en el Perú. Hidalgo Herencia, Franco (2011). Tesis de pregrado PUCP.
- Desarrollo de la electrónica de control para una pequeña embarcación de expediciones científicas impulsada por energía solar. Pérez Vásquez, Benny Hammer (2011). Tesis de pregrado PUCP.
- Desarrollo de un sistema de control avanzado para un vehículo submarino autónomo tipo planeador con actuadores internos. Quiroz Velásquez, Diego Eduardo (2020). Tesis de posgrado PUCP.

- Modelling and essential control of an oceanographic monitoring remotely operated underwater vehicle. Rojas Mendoza, Jorge Enrique (2017). Tesis de posgrado PUCP.
- Control de vehículos marinos de superficie subactuados basado en filtros planos lineales. Bardalez García, Luis (2016). Tesis de posgrado PUCP.
- Generación y control de trayectoria para embarcaciones marinas en aguas poco profundas y espacios confinados. Cáceres Mendoza, Cayetano Juan (2016). Tesis de posgrado PUCP.
- Diseño y simulación de un sistema de control de formación de vehículos autónomos marítimos de baja velocidad . Durand Cárdenas, José Alfredo (2016). Tesis de posgrado PUCP.
- Diseño de un sistema de navegación autónomo para robots móviles usando fusión de sensores y controladores neuro difusos. Enciso Salas, Luis Miguel (2015). Tesis de posgrado PUCP.
- Sistema automático de estabilización para un vehículo submarino operado remotamente utilizando visión por computadora. Hidalgo Herencia, Franco (2013). Tesis de posgrado PUCP.
- Quiroz, D., Cuellar, F. Design of a low cost AUV with Adaptive Backstepping Control System to monitor the Peruvian coastline
- Song, R., Liu, Y., Balbuena, J., Cuellar, F., Bucknall, R. Developing an energy effective autonomous USV for undertaking missions at the highlands of Peru.
- Balbuena, J., Quiroz, D., Song, R., Bucknall, R., Cuellar, F. Design and implementation of an USV for large bodies of fresh waters at the highlands of Peru.
- Hidalgo, F., Mendoza, J., Cuellar, F. ROV-based acquisition system for water quality measuring
- Rojas, J., Baatar, G., Cuellar, F., Eichhorn, M., Glotzbach, T. Modelling and Essential Control of an Oceanographic Monitoring Remotely Operated Underwater Vehicle