



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

PNIPA-PES-SIA-2022-00266

Pruebas en condiciones de campo del sistema robótico de identificación, contención y extracción

Elaborado por:

Arce Cigüeñas, Diego Martin

Jara Rios, Jose Alonso

Aprobado por:

Akamine Serpa, Claudia Maritza

Lima, Diciembre del 2022

## Introducción

La solución propuesta en el subproyecto consiste en el empleo de un Vehículo Acuático No Tripulado (USV) y un drone aéreo con sus respectivos módulos de sensores y actuadores para la identificación, contención y retiro de hidrocarburos. El presente documento detalla las pruebas en condiciones de campo del sistema robótico de identificación, contención y extracción. La identificación se realiza mediante un drone que visualiza la mancha o cuerpo de aceite en el entorno controlado; posteriormente, se realiza la contención con las barreras o un entorno controlado. Para finalmente realizar las pruebas con el Mini Skimmer<sup>(1)</sup> de la empresa Elastech y plantear las pruebas del oil skimmer hidráulico con diversos tipos de aceite pesado.

(1) El Mini Skimmer solamente tiene la capacidad de extraer aceites ligeros, como diesel.

## Pruebas

La realización de las pruebas fueron en una piscina grande de 400 cm de largo, 211 cm de ancho y 81 cm de alto, con una capacidad máxima de 5700 litros de agua. Adicionalmente el uso de varios sistemas robóticos como un drone, un USV-Auxiliar y el Mini Skimmer. En la Figura 1, se observan los componentes que integran este proceso. Cada uno tiene una función específica: El drone Mavic 2 Enterprise Advanced hace la identificación de la mancha y el USV-Auxiliar va hasta el punto en conjunto con el extractor de aceite.

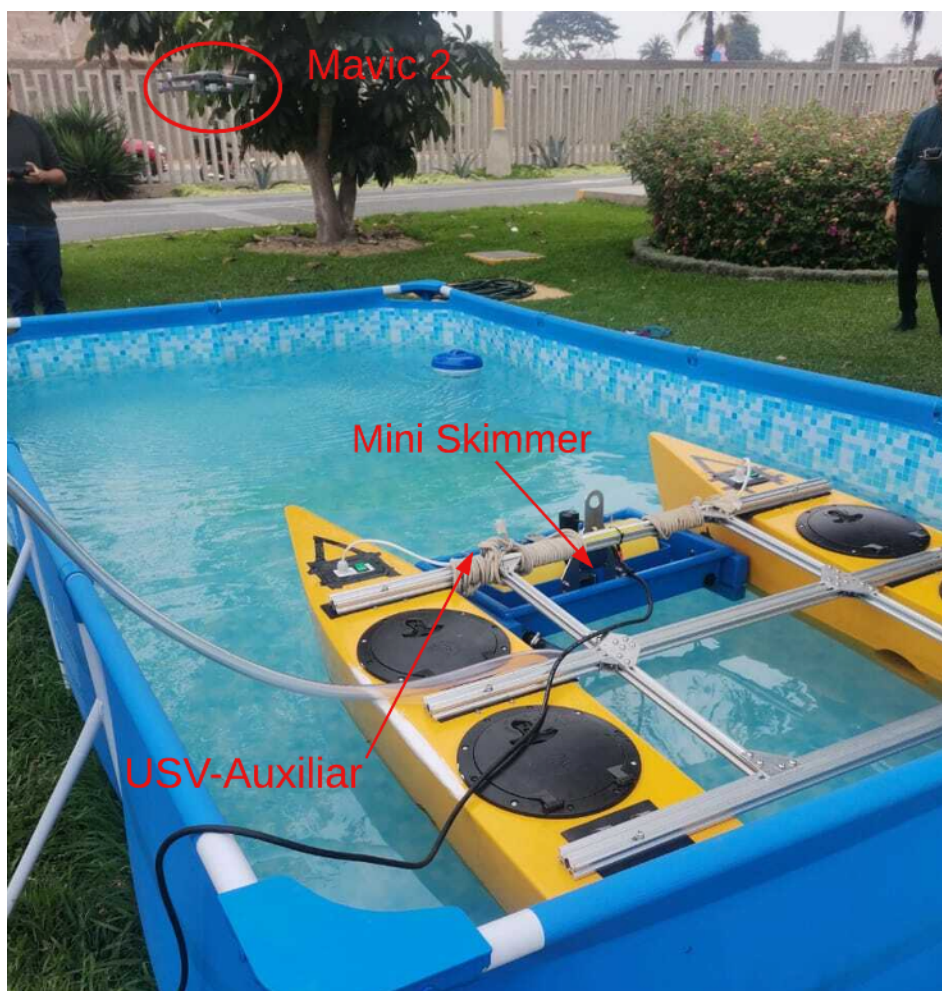


Figura 1: Composición del sistema: Drone, Extractor de aceite y embarcación menor. (Elaboración propia)

Para realizar las pruebas se derrama un aceite ligero, diesel B5 S-50 en la piscina desde el centro hasta el extremo contrario a USV-Auxiliar. En la Figura 3, se aprecia

cómo se coloca con cuidado y dentro del espacio el aceite, considerando que no habrá ninguna filtración. Luego de ello despegó el drone y se coloca encima de la zona para proceder con la identificación.



Figura 2: Derrame controlado. (Elaboración propia)

La identificación se realiza mediante un drone que usa la visión que brinda una cámara térmica tal como se muestra en la Figura 3. Se empleó este aceite ligero debido a las limitaciones del Mini Skimmer. Ya que no puede retirar aceites demasiado densos que podrían dañar el motor y los tambores.

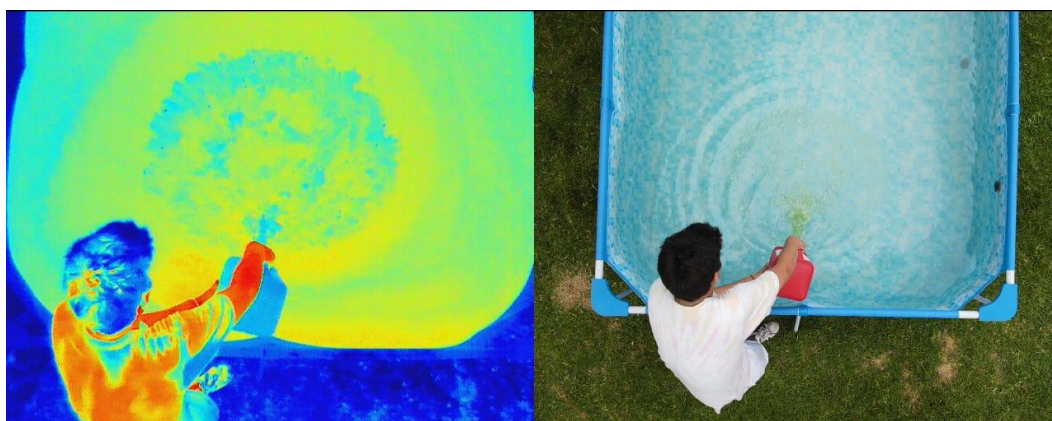


Figura 3: Identificación del aceite ligero - Diesel B5 S-50.

La contención del aceite se consigue limitando el espacio del campo en una piscina cerrada en al cuál se podrá hacer un derrame controlado sin perjudicar un entorno



en el cual interactúan especies o personas que sobrevivan por ese medio. En la Figura 3 se muestra la piscina en su totalidad. Sin embargo, para espacios más abiertos se emplearán las barreras que atraparán la mancha de aceite.



Figura 3: Piscina para contención del aceite y pruebas con el sistema de recolección. (Elaboración propia)

Una vez realizado el derrame controlado, como se observa en la Figura 2, el vehículo superficial operado remotamente o USV-Auxiliar se trasladó hasta el punto del derrame tal como se realizaría en un espacio abierto en el mar; en la Figura 4 se aprecia el sistema en el punto de interés.



Figura 4: Traslado del USV-Auxiliar hasta la zona de interés. (Elaboración propia)

Posterior a ello, se enciende el Mini Skimmer para comenzar la recolección. Mientras los tambores captan el aceite y lo almacenan dentro de su propia estructura, la bomba Viking Power 16 mediante mangueras transparentes lo succiona hasta un balde para facilitar la extracción, en un entorno real se debe contar con un contenedor de aceite más grande y flotante como una vejiga marina. En la Figura 5 se observa el pre almacenamiento del aceite en la estructura, esta se almacena hasta llenar por completo los orificios a usar para la extracción.

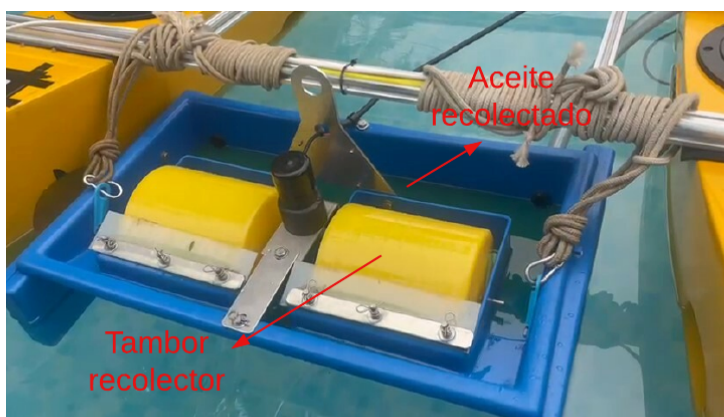


Figura 5: Recolección por tambores y pre almacenamiento del aceite. (Elaboración propia)

En la Figura 6, se muestra la bomba Viking Power 16 que puede funcionar en vacío o sin líquido a gran potencia. Se evidencia que existe una gran diferencia entre la capacidad de extracción y de recolección del aceite; por ello, la bomba sólo funciona por tramos breves mientras los tambores trabajan a su 100% de capacidad. Cabe resaltar, que el USV-Auxiliar se puede conducir hasta otro punto de recolección u otro lugar donde aún se evidencian sobrantes de aceite.



Figura 6: Almacenamiento del aceite ligero hasta el contenedor. (Elaboración propia)

En base a la prueba, se hace un análisis comparativo de los tipos de aceite que puede recolectar el Mini Skimmer según su datasheet e información brindada por la empresa Elastech; adicionalmente, se indica que hay ciertas sustancias que pueden afectar considerablemente el funcionamiento de estos tambores o motores que los impulsan, sobre todo sustancias abrasiva. En la Tabla 1 se aprecia el comportamiento del Mini Skimmer con algunos aceites ligeros.

Tabla 1: Comportamiento de Mini Skimmer con Aceites ligeros. (Elaboración propia)

Nombre	Diesel B5 S-50	HD Motor Oil 40	HD Motor Oil 50	Gasolina 95 Octanos
Densidad (15°C)	850 g/L	876 g/L	881 g/L	720 g/L
Viscosidad (40°C)	1.9 - 4.1 mm <sup>2</sup> /s	101 mm <sup>2</sup> /s	167 mm <sup>2</sup> /s	-
Precio	S/ 16.05/galón	S/ 115/galón	S/ 94/galón	S/ 25/galón
Efectividad con Mini Skimmer	A pesar de su bajo nivel de viscosidad, es posible su recolección.	Dado su alto nivel de viscosidad, es más efectiva su recolección.	A mayor viscosidad, es más sencillo su captación por los tambores.	Dado que tiene muy poca viscosidad, puede ser difícil su captación.

Existe una gran variedad de aceites ligeros, tanto los sintéticos como naturales o derivados del petróleo. La viscosidad juega un papel vital para la facilitación en la recolección mediante los tambores y el rango de velocidad máxima generado por los motores que lo impulsan; la extracción de un aceite muy viscoso podría a su vez afectar el funcionamiento de la bomba Viking Power 6, se requeriría de una bomba mucho más potente. Por ende, existen limitantes en cuanto a la viscosidad para poder emplearse correctamente el sistema de pruebas indicado.

De Igual forma, se espera tener una similar respuesta para los aceites pesados al ser empleados con el Oil Skimmer Hidráulico TDS 118, de la empresa Elastech. Específicamente el crudo que suele transportarse por embarcaciones u oleoductos, se distingue en 3 tipos o niveles según su grado de azufre y API (API es el indicador si es liviano o pesado el crudo). En la Tabla 2 se aprecia el posible comportamiento del Oil Skimmer Hidráulico TDS 118 con aceites pesados. Las pruebas a realizar en una piscina olímpica o de grandes dimensiones serán con uno de los siguientes aceites; tener en cuenta la facilidad de recolección siendo Marine Fuel 180 el ideal.

Tabla 2: Comportamiento de Oil Skimmer Hidráulico TDS 118 con Aceites pesados. (Elaboración propia)

Nombre	Petróleo Industrial N°6	Petróleo Industrial N°500	Diesel Marino N°2	Marine Fuel 180	Marine Fuel 380
Densidad (15°C)	-	-	890 kg/m <sup>3</sup>	991 kg/m <sup>3</sup>	991 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad cinemática (40 - 50 °C)	81 - 640 mm <sup>2</sup> /s	641 - 1060 mm <sup>2</sup> /s	2000 - 6000 mm <sup>2</sup> /s	180 mm <sup>2</sup> /s	380 mm <sup>2</sup> /s
Punto de Inflamación	60°C	65°C	60°C		
Azufre total	3.5% de la masa		0.5% de la masa		
Efectividad con TDS 118	A pesar de poseer gran variedad de viscosidad, si es posible su extracción con el sistema adquirido.	Tiene el mayor grado de viscosidad, por ende la bomba a emplear debe tener la más alta potencia admisible.		De baja viscosidad, puede dificultar su captación pero de densidad aceptable para visualizarse en la superficie marina.	



## Bibliografía

Diesel B5 S-50, PETRO PERÚ ->

<https://www.petroperu.com.pe/productos/combustibles/diesel-ultra/>

HP Motor Oil 40 y 50, CASTROL ->

[https://msdspds.castrol.com/msdspds/msdspds.nsf/CastrolResults?OpenForm&c=Peru%20\(PE\)&l=Spanish%20\(ES\)&p=HD&n=&b=All&t=PDS&autosearch=No&autoload=No&sitelang=EN&output=Full&spu=Lubricants&unrestrictedmb=No&cols=0](https://msdspds.castrol.com/msdspds/msdspds.nsf/CastrolResults?OpenForm&c=Peru%20(PE)&l=Spanish%20(ES)&p=HD&n=&b=All&t=PDS&autosearch=No&autoload=No&sitelang=EN&output=Full&spu=Lubricants&unrestrictedmb=No&cols=0)

Gasolina 95 Octanos , PETRO PERÚ ->

<https://www.petroperu.com.pe/productos/combustibles/gasolina-super-plus/>

Petróleos industriales, PETRO PERÚ ->

<https://www.petroperu.com.pe/productos/combustibles/petroleos-industriales/>

Combustibles marino, PETRO PERÚ ->

<https://www.petroperu.com.pe/productos/combustibles/combustibles-marinos/>