

PLANTILLA DE PRESENTACIÓN DE TRABAJO COMPLETO

[Ingeniería y Tecnología]

VEHÍCULO SUMERGIBLE OPERADO REMOTAMENTE CON CAPACIDAD DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA Y TOMA DE MUESTRAS DE AGUA PARA ANÁLISIS DE CALIDAD EN EL CENTRO MULTIDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS (CEMIT)

Autor: Cabrera Elias; eliascabrerapereira@gmail.com

Co-autor(es): Chamorro Tiago

Orientador/a: Manabe Ariel, Duarte Esteban

Facultad Politecnica

Resumen

El trabajo propone la construcción de un vehículo sumergible operado remotamente, diseñado para medir la temperatura y tomar muestras de agua a diferentes profundidades, manteniendo su estabilidad durante la operación. La estratificación, resultado de diferencias en temperatura y concentración de partículas en el agua, es clave en este proyecto, ya que el objetivo es obtener muestras puras de cada capa para análisis fiables. El control de la estabilidad del vehículo se logra mediante un sistema de control PD que regula una bomba peristáltica, ajustando la flotabilidad a través del reservorio de lastre. Además, el vehículo cuenta con un sensor de temperatura y presión que proporciona datos al usuario, los cuales son visualizados en una HMI. Esta interfaz permite comandar el vehículo, controlar su movimiento y gestionar el proceso de toma de muestras de agua, lo que facilita un análisis eficiente en entornos acuáticos complejos.

Palabras clave: Vehículo Sumergible Operado Remotamente, Estratificación, Control PD, HMI, Sensor de temperatura.

Introducción

La escasez de agua se ha convertido en un problema global, intensificado por el cambio climático, el crecimiento poblacional y la contaminación. En muchas regiones, la falta de acceso a agua potable

afecta directamente la salud pública, la seguridad alimentaria y la estabilidad socioeconómica. La preservación de los ecosistemas acuáticos y garantizar la potabilidad del agua se vuelven una prioridad para erradicar estos problemas,

para lo cual se recurre a la capacidad de monitorear algunos parámetros del agua. Desde su laboratorio de Análisis de Calidad de Aguas, el Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas (CEMIT) realiza análisis de aguas superficiales, subterráneas, potables, efluentes industriales y domésticas, así como de sedimentos en ellas presentes. Realiza, además, monitoreo ambiental. Esta institución reconoce la necesidad de contar con herramientas avanzadas que permitan realizar mediciones confiables en profundidad y tomar muestras de agua de manera segura y precisa. En este contexto, el presente estudio se planteó el desarrollo de un vehículo sumergible operado remotamente con capacidad específica para medir la temperatura y tomar muestras de agua a diferentes profundidades. La medición de parámetros de calidad del agua se realiza mediante un análisis en laboratorio, para el cual previamente se debe tomar muestras de agua a profundidad desde varios puntos. Para que las muestras sean lo más representativas, se requiere que el agua ingrese al reservorio recién al llegar al punto deseado. Los métodos tradicionales para tomas de muestras de agua en profundidad requieren el uso de equipos pesados y la presencia de personal capacitado para realizar las mediciones, lo que limita la frecuencia y la precisión de los datos obtenidos. Además, el proceso de toma de muestras en profundidad suele ser

largo y laborioso, lo que dificulta la obtención de datos y la toma de decisiones inmediatas en caso de detectarse anomalías en la calidad del agua. Por tanto, un vehículo con capacidad de medir la temperatura en tiempo real y tomar muestras de agua a diferentes profundidades se presenta como una solución para el monitoreo de la calidad del agua en cuerpos acuáticos de difícil acceso. Este dispositivo permitirá realizar mediciones simultáneas de manera autónoma, mejorando la eficiencia y la precisión de los datos obtenidos cuando se requiere tomar muestras a profundidades considerables y específicas, y contribuyendo así a la preservación y el uso sostenible de este recurso natural.

Objetivos

Objetivo General

Construir un prototipo de un vehículo sumergible operado remotamente con capacidad de medición de temperatura y toma de muestras de agua para posterior análisis de calidad en el CEMIT.

Objetivos Específicos

- a) Especificar los requerimientos mecánicos y eléctricos de un vehículo sumergible usado en la recolección de muestras de agua.
- b) Diseñar la estructura mecánica y circuitos electrónicos con capacidad de operación en un rango de 10 metros de radio en aguas calmas.
- c) Proporcionar una interfaz gráfica de monitoreo y control.
- d) Evaluar el desempeño del prototipo bajo

condiciones límites de diseño y operación establecidos

Materiales y Métodos

El presente trabajo tiene un enfoque de diseño, por lo que no se recogieron datos de un contexto particular a modo de diagnóstico, sino más bien se fue estableciendo el producto mediante un proceso de toma de decisión en función a metas de diseño determinadas por los investigadores y restricciones propias del proceso de toma de agua. El diseño y construcción del vehículo sumergible operado remotamente se llevaron a cabo en varias etapas, siguiendo una metodología de diseño que incluye el análisis de requerimientos, el diseño, la implementación, y las pruebas del prototipo. En la primera etapa, se definieron los requerimientos técnicos y operativos del vehículo sumergible. Se identificó la capacidad de operar hasta un radio de 10 metros, medir la temperatura del agua y tomar muestras de agua en ubicaciones específicas y estables como necesidades funcionales. Se establecieron también los requerimientos de diseño, teniendo en cuenta la hermeticidad necesaria, la estabilidad, la maniobrabilidad, y la capacidad de transmisión de datos. En una siguiente fase, se consideraron las diferentes configuraciones de forma y tamaño para optimizar la estabilidad y la flotabilidad. Se definieron las especificaciones técnicas de los componentes electrónicos, como el microcontrolador principal, el sensor de

presión y temperatura y las bombas a utilizar para la entrada y salida de agua al sistema. Luego se desarrollaron los esquemas de conexión eléctrica y el diseño del circuito impreso (PCB). Tras la construcción y el ensamble del prototipo, se realizaron pruebas de funcionamiento en entornos controlados para validar el diseño del vehículo sumergible. Estas pruebas incluyeron la evaluación del funcionamiento del sensor de presión y temperatura, el cual iba mostrando en pantalla los datos medidos; la eficiencia en el tiempo de toma de muestras de agua, para el cual se realizaron pruebas de flotabilidad y estabilidad y se tomó como dato el tiempo que le tomó al vehículo alcanzar la estabilidad dentro de un umbral de 1 cm más o menos de la profundidad establecida; la estabilidad bajo diversas condiciones de profundidad, en cuyas pruebas se cargaba el reservorio del vehículo sumergible la muestra de agua y se analizaba que no pierda la estabilidad; y la transmisión de datos efectiva y correcta. Los resultados de las pruebas se analizaron para identificar posibles mejoras en el diseño y optimizar el rendimiento del vehículo.

Requerimientos mecánicos y electrónicos de un vehículo sumergible capaz de tomar muestras de agua.

El primer objetivo de este trabajo fue investigar los requisitos mecánicos y electrónicos para llevar a cabo la construcción de un vehículo sumergible, operado remotamente y con un radio de

comunicación de 10 metros. Para ello, se realizó la revisión de la literatura sobre trabajos a nivel nacional e internacional. Se debe tener en cuenta el ambiente al que se someterá el sumergible: agua sin turbidez (transparente) y sin turbulencia (estanca). En cuanto a la física aplicada para un cuerpo sumergido en agua, se rige más que nada el principio de Arquímedes, por el cual la fuerza del peso del cuerpo debe ser mayor que la fuerza de empuje generada por el fluido. En base a la revisión bibliográfica, para tener un prototipo con la capacidad de ser operado remotamente en un radio de 10 m, se tiene que, el PVC, resulta ser un material de bajo costo, fácil adquisición y uso, que proporciona suficiente hermeticidad con el debido tratamiento, se realizaron pruebas de presión hasta una profundidad de 1.65 m, correspondiente a la profundidad de la piscina utilizada para las pruebas. Para la comunicación se utilizó un Cable USB Activo de 10m de longitud, que permitió la comunicación entre computadora y sumergible en la distancia requerida.

Diseñar funcionalidades mecánicas y electrónicas del vehículo

En base a la revisión bibliográfica, para tener un prototipo con la capacidad de ser operado remotamente en un radio de 10 m, se tiene que, el PVC, resulta ser un material de bajo costo, fácil adquisición y uso, que proporciona suficiente hermeticidad con el debido tratamiento, se realizaron pruebas de presión hasta una profundidad de 1.65 m, correspondiente a

la profundidad de la piscina utilizada para las pruebas. Para la comunicación entre el sumergible y la computadora se utilizó un cable USB activo de 10m de longitud, que permitió la transmisión y recepción de datos en la distancia requerida. Para el diseño de las partes mecánicas que cumplan con los requerimientos identificados en la fase de investigación, se tomó como referencia el proyecto del sumergible, del blog de CPSdrone. En dicho proyecto, para asegurar la hermeticidad de las tapas que sellan el reservorio que contiene la electrónica, se utilizó impresión 3D. Las tapas fueron diseñadas en dos cuerpos separados, impresas con un relleno del 100%, y posteriormente unidas mediante la aplicación de resina epoxi, formando una única pieza y corrigiendo las imperfecciones inherentes a la impresión 3D

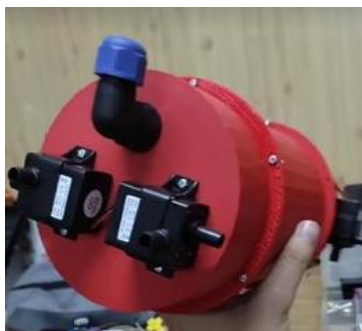


Resina epoxi en las tapas.

En la fase de diseño de las partes mecánicas del vehículo sumergible, se realizaron varias iteraciones hasta llegar al diseño definitivo del casco del prototipo. El primer prototipo, fue hecho completamente mediante impresión 3D, consta de un cuerpo principal que alberga toda la electrónica, y dos tapas que cierran dicho cuerpo principal. En una tapa se

encuentran dos aberturas para la toma de muestras y otra para el reservorio de lastre. En la otra tapa se sitúan los conectores de comunicación del sumergible y el conector de alimentación, además del sensor de presión y temperatura.

En la fase de diseño de las partes mecánicas del vehículo sumergible, se realizaron varias iteraciones hasta llegar al diseño definitivo del casco del prototipo. El primer prototipo, fue hecho completamente mediante impresión 3D, consta de un cuerpo principal que alberga toda la electrónica, y dos tapas que cierran dicho cuerpo principal. En una tapa se encuentran dos aberturas para la toma de muestras y otra para el reservorio de lastre. En la otra tapa se sitúan los conectores de comunicación del sumergible y el conector de alimentación, además del sensor de presión y temperatura.

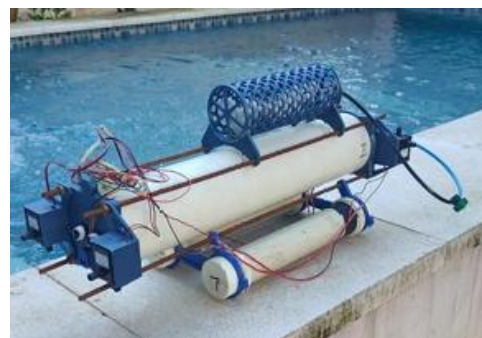


Como segundo prototipo, se empleó acrílico para el cuerpo principal y se limitó

el uso de la impresión 3D a las tapas, las estructuras externas que sirven de soporte para el reservorio de muestras, soportes de las bombas y soportes de los contrapesos.



Después de varias pruebas, se encontraron nuevamente dificultades a la hora de cerrar el cuerpo principal con las tapas. Ya que el tubo de acrílico era considerablemente rígido y no era un cilindro perfecto y al ensamblar y desarmar el sumergible, era sometido a un gran estrés mecánico, lo que a que al cabo de un tiempo generó una fisura en el cuerpo principal. Como solución, se substituyó el cuerpo principal por una tubería de desagüe de 100 mm de diámetro interior y un espesor de pared de 1.4 mm. Dado que el caño de PVC no presenta grandes diferencias en cuanto a dimensiones con respecto al acrílico, todos los diseños pudieron ser reutilizados para el caño de PVC.

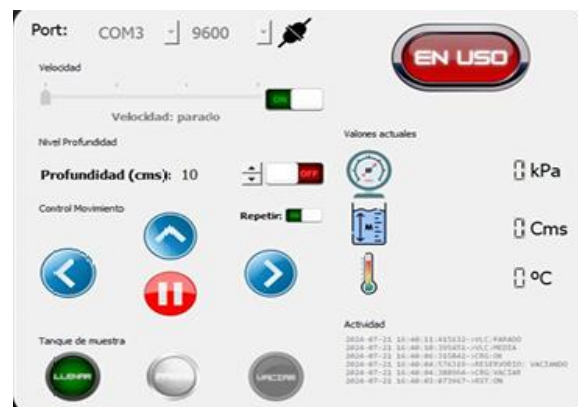


Para el diseño del reservorio de toma de muestras de agua removible, se tuvo en cuenta la necesidad de integrarse de manera eficiente con la estructura del

vehículo y permitir la extracción segura y precisa de muestras de agua durante las operaciones subacuáticas. Para ello se optó por un sistema utilizado en prototipos estudiados, en el que se hace uso de una bolsa de suero fisiológico con el micro gotero incluido, mediante el cual se puede conectar y desconectar según necesidad la bolsa a utilizar como reservorio. Se diseñó un contenedor para la bolsa de suero fisiológico de tal manera a garantizar la estabilidad del reservorio unido al casco mediante unos soportes impresos en 3D con el material PLA. En cuanto a la selección de componentes para el diseño. El análisis se centra en cuál será el microcontrolador encargado de las funciones como la lectura de sensores, activación de bombas y comunicación con la interfaz para visualizar y ejecutar acciones. También se analiza el tipo de sensor adecuado para medir la profundidad y temperatura, así como las bombas y sus controladores óptimos para la toma de muestras, carga del lastre y movimiento del sistema. Como microcontrolador principal, evaluamos dos opciones: Arduino Nano y ESP32. Optamos por el Arduino Nano debido a su versatilidad, amplio soporte de comunidad y facilidad de uso. Además, ofrece suficientes pines de entrada/salida y una amplia variedad de bibliotecas para sensores y controladores, lo que facilita la implementación de nuestro proyecto. Su tamaño

Interfaz Gráfica de Usuario para el monitoreo y control.

En el proceso de diseño de la HMI (Interfaz Humano Máquina) para el vehículo sumergible, se utilizó la librería PyQt5 de Python, que proporciona herramientas robustas y flexibles para el desarrollo de interfaces gráficas de usuario. Empleamos Qt Designer para diseñar visualmente la interfaz, permitiendo una integración intuitiva de los elementos gráficos necesarios. Las imágenes y componentes de la interfaz se importaron y organizaron eficientemente en el programa mediante el uso de Qt Designer, lo que facilitó la creación de una interfaz atractiva y funcional. Posteriormente, se generó el código correspondiente en Python utilizando PyQt5, donde se definieron las funcionalidades interactivas, como el control remoto del sumergible, la visualización en tiempo real de los datos de los sensores y la gestión de las operaciones de toma de muestras.

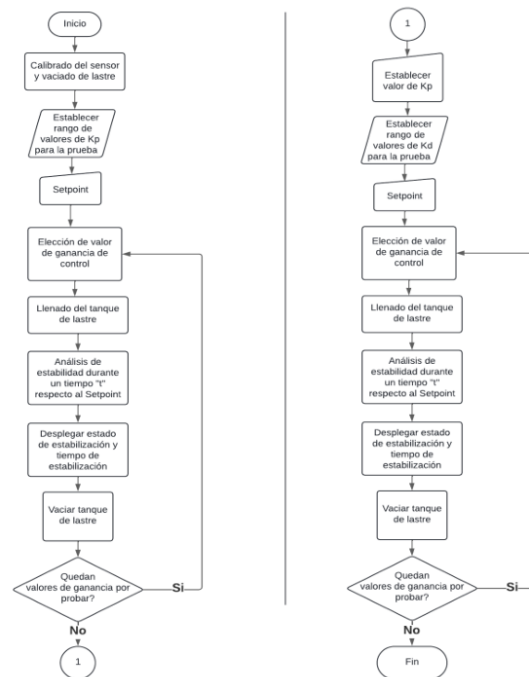


Resultados y Discusión

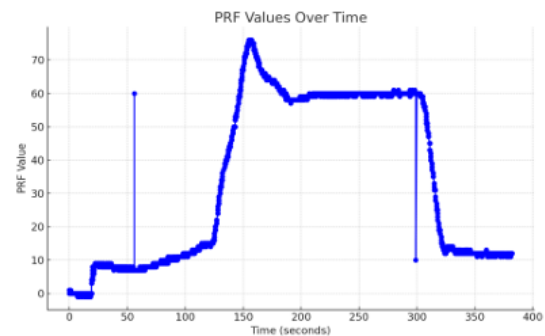
Para evaluar el desempeño del vehículo sumergible operado remotamente, se llevaron a cabo una serie de pruebas en una piscina a manera de tener un ambiente controlado. Durante las pruebas se evaluaron la hermeticidad del casco, la

lectura de la temperatura en la interfaz diseñada, la velocidad y la dirección del vehículo, la estabilidad y flotabilidad del sumergible a la profundidad deseada, así como la calidad de las muestras de agua recogidas y el tiempo de operación. Se utilizó el plotter del Arduino IDE para visualizar los datos de profundidad y temperatura durante la fase de sintonización de las ganancias del PID, y cuando ya se ajustaron todos los valores, se utilizó la interfaz desarrollada para visualizar los mismos datos durante cada prueba. La prueba inicia con la calibración del sensor de presión fuera del agua, debido a que se debe cuantificar la presión atmosférica existente en esa locación, para que ese valor obtenido sea restado de las mediciones que va teniendo el sensor dentro del agua, con siguiendo así que las medidas de la profundidad no se vean alteradas por la presión que ejerce la atmósfera. Esto se realiza antes de cada inmersión, además de un vaciado del reservorio de lastre. Se diseñó un algoritmo de iteración para automatizar las pruebas de rendimiento de los parámetros del PID en cuanto a la estabilidad debido a cada combinación. El algoritmo realiza la iteración entre valores predeterminados y comanda al vehículo sumergible a llegar a una misma profundidad para cada caso, con la configuración de ganancia establecida en dicha iteración. Luego analiza la estabilidad en el tiempo del vehículo y despliega el resultado obtenido, es decir, si se estabilizó o no, y el tiempo

transcurrido hasta alcanzar la estabilidad, en caso de haberla obtenido.



Se realizaron múltiples pruebas en el mismo entorno para encontrar los valores correctos para la calibración de la flotabilidad, y a diferentes condiciones de temperatura y operación para evaluar la confiabilidad y la optimización del vehículo sumergible.



La combinación de $K_p=1.8$ y $K_d=2$ genera una respuesta de estabilización en un tiempo de 157.844 segundos, y es aproximadamente 1 segundo más rápido, respecto a la combinación de $K_p=1.8$ y $K_d=0$.

Conclusiones

La fiabilidad en el proceso de toma de muestras de agua es un aspecto muy importante para un buen análisis de las condiciones del agua y una buena gestión de los recursos hídricos. La construcción de un vehículo sumergible operado remotamente, que tenga la capacidad de medir la temperatura del agua y tomar muestras en un reservorio removible, a profundidades elegidas por el usuario, propone una solución para mejorar la fiabilidad y la practicidad a la hora de tomar las muestras de agua de un recurso hídrico. La movilidad y la capacidad de estabilizarse del vehículo sumergible son características pensadas para contrarrestar el problema que supone la variabilidad espacial de la calidad del agua a la hora de tomar muestras significativas que lleven a un análisis más completo del estado del recurso hídrico, teniendo mayor alcance que un vehículo superficial, ya que permite explorar las capas de agua formadas por la estratificación a diferentes profundidades. Se delimitaron los requerimientos mecánicos y electrónicos necesarios para la construcción de un vehículo sumergible operado remotamente. Se vio la necesidad de utilizar materiales robustos y resistentes al agua como el PVC para el casco y componentes electrónicos fiables como el Arduino Nano, Attiny85, bombas sumergibles y peristálticas además del respectivo sensor de presión y

temperatura. Estos elementos son cruciales para garantizar la hermeticidad y durabilidad del sumergible, así como para permitir un control de las funciones del vehículo. El diseño de las partes mecánicas incluyó el desarrollo de un casco cilíndrico que inicialmente fue hecho en PLA mediante impresión 3D que dio resultados insatisfactorios en cuanto a la hermeticidad. Se sustituyó posteriormente el casco por un cilindro acrílico, que luego de tener dificultades entre ensamblados del sumergible que fue generando un desgaste en el material, sufrió varias fisuras debido a su rigidez. Finalmente se optó por el material PVC para asegurar la hermeticidad, y resistencia debido a las propiedades elásticas del material dando así durabilidad al casco del sumergible. Aparte de las ventajas en cuanto al proceso de ensamblado con el PVC, se encuentra una gran ventaja que pasa por la accesibilidad al material, ya que se encuentra ampliamente disponible en el mercado local. También se diseñó un reservorio de muestras utilizando una bolsa de suero fisiológico extraíble, que facilita el flujo de trabajo y la fiabilidad de las muestras de agua entre prueba y prueba. Se desarrollaron circuitos electrónicos y la estructura mecánica del vehículo, con capacidad para operar en un rango de 10 metros de radio en aguas calmas. Para la propulsión y toma de muestras, se seleccionaron bombas sumergibles y bombas peristálticas respectivamente, optimizando así la velocidad y precisión en

la operación del vehículo. Se utilizaron controladores específicos como el DRV8825 para asegurar un control eficiente y evitar sobrecalentamientos, garantizando un funcionamiento seguro y confiable.

Se programó una interfaz gráfica de monitoreo y control que permite al usuario visualizar los datos de presión, temperatura y controlar el vehículo de manera remota. Esta interfaz es fundamental para la operación eficiente del vehículo y para asegurar que las muestras de agua se tomen en las condiciones adecuadas. Se encontraron dificultades a la hora de encontrar los valores exactos de los valores del PID pero realizando prueba y error, se analizó el comportamiento del sistema y posteriormente se procedió a ajustar dichos valores, consiguiendo un resultado aceptable en el comportamiento del sumergible. Se evaluó el desempeño del prototipo bajo condiciones límites de diseño y operación establecidos. Las pruebas demostraron la hermeticidad del vehículo, la capacidad de realizar varias funcionalidades en simultáneo, la lectura de la temperatura medida por el sensor y la carga del reservorio de muestras sin perder la estabilidad en la profundidad elegida, consiguiendo así cumplir con los objetivos propuestos de forma satisfactoria.

Referencias Bibliográficas

Amazon. Módulo de sensor de presión impermeable GY-MS5837 02BA 30BA (30BA). [Online]
<https://www.amazon.com/-/es/GY->

MS5837-02BA-30BA-presi%C3%B3n-impermeable/dp/B09MKL4G1Y?source=ps-sl-shoppingads-lpcontext&ref_=fp_lfs&smid=A3KAKSP1F9N2ZH&th=1.

Aqua Portail. 2021. Aqua Portail. [Online] 2021.

<https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/2713/stratification>.

Biblioteca y Archivo del Congreso Nacional (BACN). 2014. De los recursos hídricos del Paraguay. [Online] 29 Octubre 2014.

<https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/2724/de-los-recursos-hidricos-del-paraguay>.

Boletín Patrón. La estabilidad de la embarcación. [Online]

<https://www.boletinpatron.com/es/la-estabilidad-de-la-embarcacion/blox/11525/#:~:text=Estabilidad%20es%20la%20propiedad%20que,pesos%2C%20carenas%20I%C3%A9Dquidas%2C%20etc..>

Brick Experiment Channel. 2022. Brick Experiment Channel. [Online] 2022.

<https://brickexperimentchannel.wordpress.com/2022/07/13/rc-submarine-4-0-pid-control-9-10/>.

Cibils, and Iehisa, Miguel Angel.

2018. *Desarrollo de vehículo experimental operado remotamente con adquisición de datos para control de flotabilidad y profundidad.* Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo : s.n., 2018.

CohecitosRC. Motores Brushless Vs Motores de escobillas. Conoce las diferencias. [Online]

<https://cohecitosrc.com/blog/blog-de-cohecitosrc/motores-brushless-vs-motores-de-escobillas-conoce-las-diferencias>.

Constitución Nacional de la República del Paraguay. 1992.

Biblioteca y archivo central del congreso de la nación. [Online] 1992. [Cited: 2023.]

CPS Drone. 2022. CPS Drone. [Online] Octubre 2022.
<https://www.cpsdrone.com/>.

Design and testing of a compact inexpensive prototype remotely operated vehicle underwater vehicle for shallow water operation. **Tanveer, and Ahmad, S. M. 2023.** 2023.

Diseño mecánico de un vehículo sumergido operado remotamente para inspección subacuática. **Ramírez, et al. 2007.** Medellín : s.n., 2007.

Electrónica Plett. BOMBA DE AGUA SUMERGIBLE 12VDC 3M 240L/H. [Online]
<https://www.electronica.com.py/producto/bomba-de-agua-sumergible-12vdc-3m-240l-h/>.

—. BOMBA DE AGUA SUMERGIBLE 12VDC 3M 240L/H. [Online]
<https://www.electronica.com.py/producto/bomba-de-agua-sumergible-12vdc-3m-240l-h/>.

—. Electrónica Plett. [Online]
<https://www.electronica.com.py/producto/driver-puente-h-motor-de-paso-l298n-5v-35v-2a/>.

Escalada, . 2014. Slide & Fun Náutica. [Online] 2014. <https://sf-nautica.com/tema-1-seguridad-en-la-mar/>.

FTVOGUE. Amazon. [Online]
<https://www.amazon.com/MS5837-Pressure-Sensor-Waterproof-Detectors/dp/B0CL59279G>.

Global O Ring. Descripción general del diseño de ranura de junta tórica. [Online]

<https://www.globaloring.com/es/o-ring-groove-design/>.

Jewett, and Serway, . 2008. *Física para ciencias e ingeniería.* México D.F. : s.n., 2008.

Kamoer Fluid Tech. 2022. *Micro peristaltic pump - Product Manual.* Shanghai : s.n., 2022.

Lamprea, and Osorio, . 2019. *Desarrollo de un prototipo modular sumergible para la medición y toma de muestras de agua.* Universidad El Bosque. Bogotá : s.n., 2019.

Montoya, . 2019. *Prototipo de robot submarino autónomo tipo torpedo para recopilación de datos oceanográficos.* Universidad Estatal Península De Santa Elena. Santa Elena : La Libertad, 2019.

NOAA Ocean Exploration. NOAA Ocean Exploration. [Online] [Cited: 30 Agosto 2024.]
<https://oceanexplorer.noaa.gov/technology/subs/subs.html>.

Oto Machay, Marco Vinicio. 2020. *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CNC ROUTER DE TRES GRADOS DE LIBERTAD UTILIZANDO ARDUINO UNO Y EL DRIVER DRV8825.* 2020.

Parker. 2021. *O-ring Handbook.* Cleveland : s.n., 2021.

Pérez Montiel, . 2015. *Física General.* México D.F. : Patria, 2015.

Pololu Robotics & Electronics. DRV8825 Stepper Motor Driver Carrier, High Current (Header Pins Soldered). [Online]
<https://www.pololu.com/product/2982/specs>.

Real Academia Española. 2024. Real Academia Española. *Real Academia Española.* [Online] 2024. [Cited: 20

Abril 2024.]

<https://dle.rae.es/submarino>.

Riera Navarro, . 2012. *Diseño y construcción de minisubmarino autónomo de inspección de tuberías sumergidas*. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena : s.n., 2012.

Sears, and Zemansky, . 2009. *Física Universitaria*. México D.F. : Pearson Educación, 2009.

Soporte Dinámico Industrial. SDI Industrial. [Online] [Cited: 31 Agosto 2024.]

<https://sdindustrial.com.mx/blog/cable-cat-5e-que-significa/>.

Submersible Dynamic Structure Sensor. **Sneck, and Gudinas, . 2020.** 2020.

Teoría del buque: flotabilidad y estabilidad. **Olivella Puig, . 1994.** Cataluña : s.n., 1994.

Todo Micro. Todo Micro - La tecnología en tus manos. [Online] <https://www.todomicro.com.ar/atmel/685-microcontrolador-attiny85-20pu.html>.

TZT-Five-Star. 2023. Aliexpress. [Online] 2023.

https://es.aliexpress.com/item/1005006942313013.html?srcSns=sns_WhatsApp&spreadType=socialShare&bizType=ProductDetail&social_params=21604449758&aff_fcid=6f83f456abe743d19f83ab60a220cf20-1725593828427-01764-_mNJoEhw&tt=MG&aff_fsk=_mNJoEhw&aff_platform=defa.

Unit Electronics. ATTINY85 20PU DIP8 Microcontrolador. [Online] <https://uelectronics.com/producto/attiny85-20pu-dip8-microcontrolador/?srsltid=AfmBOoq8czqGZNBYZEKLj8B8YA7dMonBS2BBcU8ljK0KUIDav-zUTaJb>.

Vite Terán, . Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [Online] <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n3/m4.html#refe1>.