



Sumergidos en la Antártida

Sumergidos en la Antártida

**Alumnos:**

Garabenta, Bruno DNI: 49984927

Candia, Eros DNI: 50063944

Guzzi, Santino DNI: 50102056

Curso: 4to 1ª

Asesor docente:

Olalla, Nicolás DNI: 26101383

Institución educativa: EEST N°1 General Enrique Mosconi –Lobos- Buenos Aires

Fecha De Última Actualización: 4 / 9 / 2025

Índice

Resumen

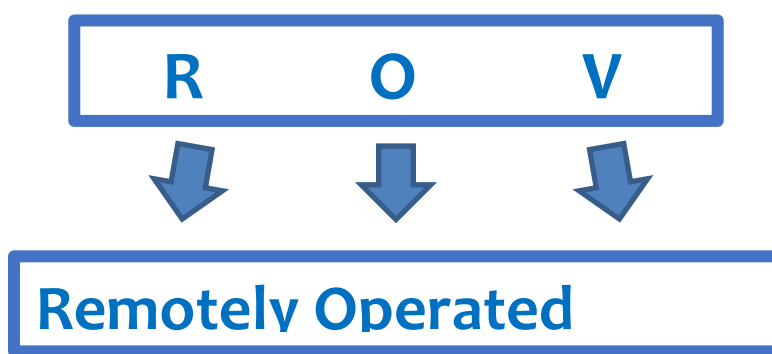
El término ROV, es una sigla en inglés que se utiliza en vehículos sumergibles operados de manera remota. Ganaron popularidad por sus ventajas como ser el acceso a zonas peligrosas o de difícil acceso, mayor tiempo de inmersión, manipulación de objetos y recolección de muestras, visualización detallada y flexibilidad operativa equipados con sensores y brazos robóticos. En la Antártida Argentina se encuentra la Base Carlini, donde funciona un centro de investigación en biología marina. Para llevar a cabo la toma de muestras se recurre a personal de buceo que trabajan en condiciones muy extremas. Debido a su tamaño, practicidad y equipamiento, el uso de un ROV facilitaría las tareas de los buzos durante los muestreos de la investigación científica. Como objetivo final este proyecto persigue diseñar, construir y donar un ROV para ser utilizado durante las tareas de investigación científica que se desarrollan en las bases argentinas del continente antártico.

Sumergidos en la Antártida



Introducción

El termino ROV, es una sigla en inglés que se utiliza en vehículos sumergibles operados de manera remota. El primer ROV se fabricó en 1953 por Dimitri Rebikoff y a partir de entonces ganaron popularidad por sus ventajas como ser el acceso a zonas peligrosas o de difícil acceso, mayor tiempo de inmersión, manipulación de objetos y recolección de muestras, visualización detallada y flexibilidad operativa equipados con sensores y brazos robóticos. Su construcción variará de acuerdo con las tareas para las cuales fue diseñado. Básicamente es un robot submarino no tripulado controlado a distancia desde la superficie.



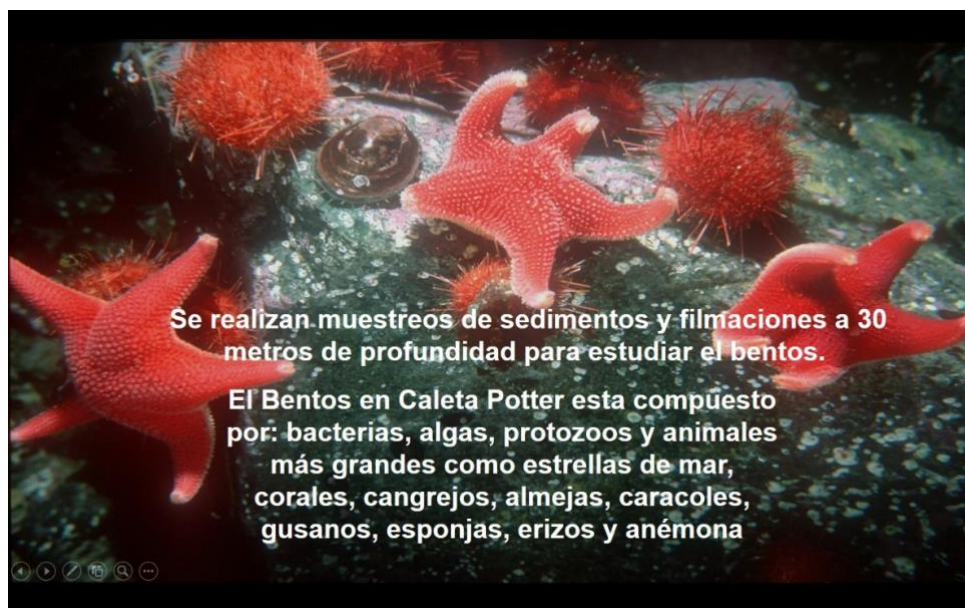
En la Antártida Argentina se encuentra la Base Carlini, donde funciona un centro de investigación en biología marina.



Sumergidos en la Antártida



Cerca de la base, específicamente en Caleta Potter, se desarrollan investigaciones en varias áreas de interés científico como es el estudio de las comunidades biológicas que habitan el ecosistema del fondo marino.



Para llevar a cabo la toma de muestras se recurre a personal de buceo que se traslada en embarcaciones tipo semirrígido a las áreas de investigación en la caleta.



Sumergidos en la Antártida



Luego las muestras son estudiadas por personal científico en la Base Carlini.



A su vez, cuando el mar se congela, se deben continuar con las tareas de investigación en condiciones muy extremas, donde los buzos deben descender en el mar a través de perforaciones practicadas en el hielo antártico.



Sumergidos en la Antártida



Objetivos

Como objetivo final este proyecto persigue diseñar, construir y donar un ROV para ser utilizado durante las tareas de investigación científica que se desarrollan en las bases argentinas del continente antártico. Que pueda aportar información sobre el cambio climático en aguas antárticas, para lo cual podrá **fotografiar y grabar video en alta resolución, medir temperatura, salinidad, conductividad y radiactividad del agua a un máximo seguro de 55m. También podrá tomar muestras de sedimento y organismos marinos**, recolectando bacterias, algas, protozoos, estrellas de mar, corales, cangrejos, almejas, caracoles, gusanos, esponjas, erizos, anemonas y peces.

Pero, además:

- Comprender el funcionamiento de la tecnología ROV.
- Integrar los conocimientos de asignaturas de la tecnicatura en electromecánica en el desarrollo del producto tecnológico ROV.
- Reflexionar sobre la relación entre la ciencia y la producción de tecnología aplicable a tareas en contexto de clima extremo.
- Comprender la importancia del desarrollo de tecnología en respuesta a necesidades concretas.

Hipótesis

Debido a su tamaño, practicidad y equipamiento, el uso de un ROV facilitaría las tareas de los buzos durante los muestreos de la investigación científica antártica.

Materiales y métodos

Reunión preliminar con ingenieros: Se realizó una reunión informativa con Ingenieros de la Antártida y de la UTN sobre tecnologías ROV y necesidades para el uso en la Antártida.

Sumergidos en la Antártida



Confección de lista de Requerimientos: se construyó una lista preliminar con los requerimientos para el ROV BENS-A1, adaptados a las necesidades climáticas y tareas de investigación antártica. Para su elaboración se siguieron las recomendaciones de los ingenieros de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) y del Instituto Antártico Argentino (IAA).

Relevamiento de dispositivos ROV: se realizó una evaluación sobre la tecnología ROV y de materiales constructivos disponibles en el mercado y un presupuesto preliminar.

Diseño preliminar del ROV BENS-A1: se generó una primera aproximación del producto tecnológico con el programa Fusión 360.

Seguimiento y análisis del ROV SuBastian (Schmidt Ocean Institute): para observar el desempeño de un ROV en tiempo real, se hizo un seguimiento por YOUTUBE del ROV SuBastian, utilizado en la campaña oceanográfica del grupo GEMPA del CONICET en el cañón submarino de Mar del Plata, durante junio y julio del corriente.

Sumergidos en la Antártida



Cálculos de flotabilidad teórica: para los cálculos de flotabilidad se siguieron los pasos propuestos por sciencienotes.org y seamor.com, considerando el peso y volumen del cilindro del ROV BENS-A1 y la densidad del agua marina en la Antártida.

Modelización de la flotabilidad: para estudiar el fenómeno de flotabilidad positiva, negativa y neutra se construyeron varios modelos. Inicialmente se comenzó con la construcción de un modelo propio que consistió en una botella cargada con agua, tapón y una burbuja de aire en su interior, colocado en una pecera (modelo 1). Para intentar conseguir la flotación neutra se hizo variar el peso de la botella con pequeñas cargas y descargas de agua mediante un gotero, lo que aumentaba o reducía el espacio que contenía aire.

Posteriormente y con la finalidad de continuar profundizando se construyeron dos modelos adicionales recomendados por la bibliografía: el Diablillo de Descartes y de vejiga natatoria o submarino (Fernandez Aguilar, 2012), modelos 2 y 3 respectivamente.

El modelo llamado Diablillo de Descartes se construyó con una botella de gaseosa limpia con tapa de 1,5 litros a la que se llenó con agua y en cuyo interior se colocó un tubo de ensayo abierto, invertido y con una burbuja en su interior, que ocupó aproximadamente $\frac{1}{4}$ del volumen del tubo.

El modelo de vejiga natatoria o submarino se elaboró con una botellita perforada de 600 cc, un globo y una manguera a través de la cual se insufla aire a presión. En este caso la fuente de aire a presión es la persona que insufla el aire, que en un submarino correspondería a los tanques de aire comprimido. El conjunto botella-globo-manguera representaría a los tanques de lastre que son llenados y vaciados con agua mediante la entrada de aire a presión. Las perforaciones practicadas en la botella corresponderían a las válvulas que comunican los tanques de lastre con el exterior. Se utilizó además una pecera, una jeringa 60 cc y azul de metileno como colorante para estudiar el fenómeno de llenado y vaciado de agua durante el ascenso y descenso de la botella.

Análisis de rango de pesos de ROVs: se indagó en la web el rango de pesos de los ROVs pertenecientes a la categoría “pequeños o de inspección”.

Construcción de un pequeño prototipo de prueba de flotación del ROV BENS-A1 (en proceso): se está trabajando en el desarrollo de un prototipo a pequeña escala para probar un sistema de tanques de lastre con

Sumergidos en la Antártida

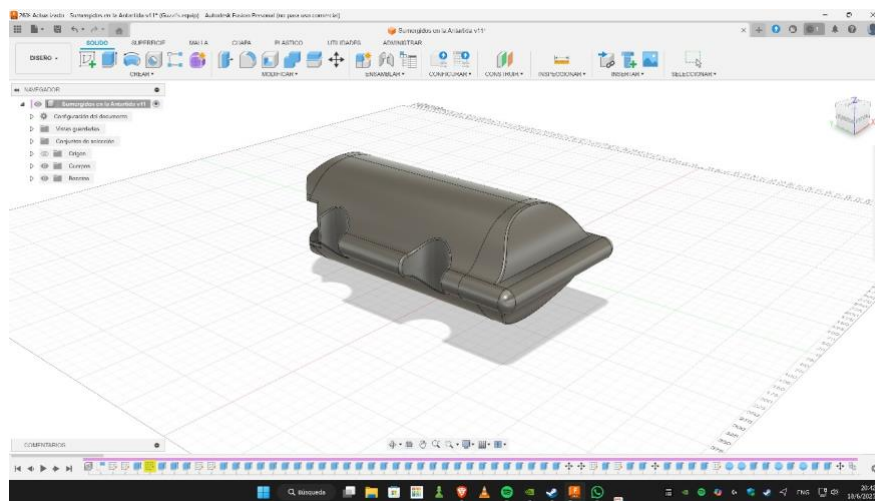


pistón, palancas y servomotor. Par la construcción se están utilizando jeringas de 60 cc, táper, pequeñas palancas de madera, servomotores MG990, cableado, Rasberry Pi Pico w, lenguaje Python, placa Python y programa Visual Studio Code.

Contacto con investigadora candidata para usar el desarrollo: a través de los ingenieros, se tomó contacto con una bióloga marina especializada en biología reproductiva de peces, con experiencia en el manejo de tecnología ROV, generando un canal para trabajar en el diseño del ROV BENS-A1.

Producto tecnológico

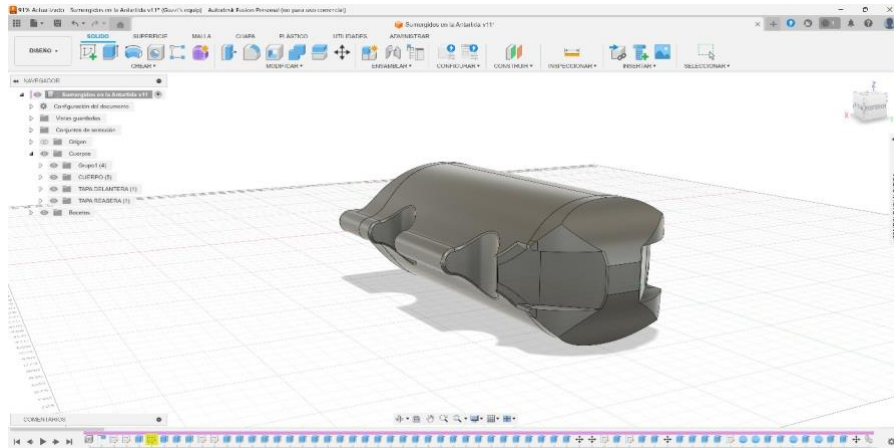
ROV BENS-A1 (Fusion 360) vista lateral, detalle frente.



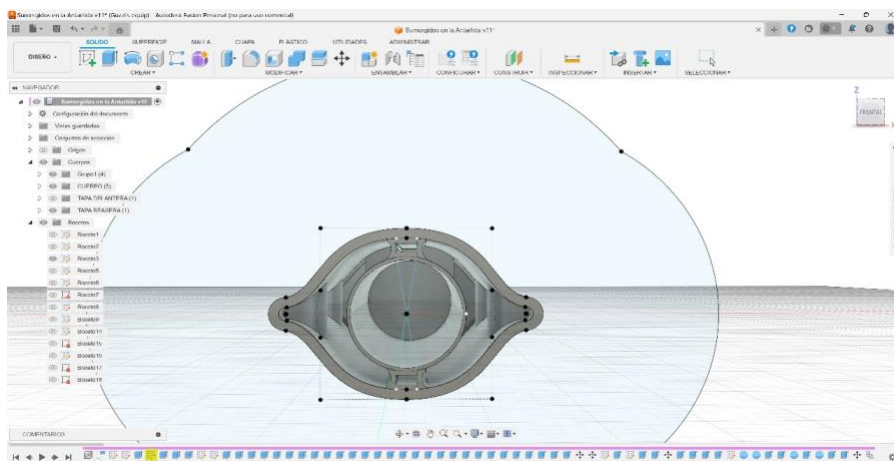
Sumergidos en la Antártida



ROV BENS-A1 (Fusion 360) vista lateral, detalle posterior.



ROV BENS-A1 (Fusion 360) corte transversal



Debido que en este punto del proyecto nos encontramos trabajando en los requerimientos para las condiciones antárticas, solo podríamos establecer ciertas prestaciones indispensables que tendría el ROV BENS-A1. Entre ellas podemos nombrar:

.

Temperatura y presión de trabajo del ROV

- -2°C
- Debe aguantar 7,5 psi. El valor indicado ya considera el margen de error, de valor 2.

Sumergidos en la Antártida



Dimensiones aproximadas

- 500 mm x 500 mm x 500 mm (largo, ancho y alto) aproximadamente, transportable sobre bote semirrígido junto a equipamiento de buceo y 3-4 personas a bordo.

Posición, propulsión, ascenso y descenso

- Seis motores Blue robotics T200, 4 para el ascenso y descenso del ROV y dos para propulsión horizontal.
- Debe de igualar el empuje del agua con su peso y volumen antes de la inmersión, con la posibilidad de un ligero cambio de peso previo al descenso en la columna de agua, por lo que para modificar el volumen deberían incluirse bloques de espuma incompresible. También estará equipado con tanques de lastre con sistema de pistón para ascenso, descenso y lograr la flotabilidad neutra.
- Posibilidad de giroscopio digital y el control vertical y de sentido de giro de sus cuatro motores, debe mantener el ROV estable en la posición que le sea indicada, de lo contrario mantenerse horizontal.

Autonomía

- Baterías, celdas de 3000 MA y 3,3 V.
- Debe tener una autonomía mínima de 2 hs y una máxima de 5 hs.

Cámaras e iluminación

- Debe contener una cámara submarina frontal y su cobertor. Con una resolución mínima de 1920 x 1080 px, una latencia de máximo 12 ms y capturar el video a una frecuencia de mínimo 60 fps.
- Debe iluminar todo el rango de enfoque normal de la cámara. Seis luces submarinas con máxima potencia.

Equipamiento específico (sensores, brazos de muestreo, plataforma)

- Sensor multiparámetro para medir salinidad, presión, radioactividad, temperatura y conductividad del agua.
- Debe estar preparado para albergar un brazo y un corer para la toma de muestras.
- Debe contar con alguna plataforma donde se puedan almacenar las muestras marinas.

Sumergidos en la Antártida



Entradas y salidas de cables, accesorios para cableado

- Cable de fibra óptica (señal de cámara y sensores) que ingresa por la parte posterior (tapa perforada) del cilindro de montaje de la electrónica y baterías.
- Anti cortante
- Entradas de cables aisladas

Cilindro comercial para montaje de equipamiento interno

- Cilindro de 150 mm de diámetro por 500 mm de largo, con tapa posterior perforada para cableado de alimentación y provisto de cúpula plástica frontal transparente. Equipado con placas adicionales para el montaje de baterías, fuentes, computadora y cámaras.

Seguimiento del ROV SuBastian y el trabajo del personal científico del CONICET



Durante el seguimiento del ROV SuBastian del buque oceanográfico FALKOR, se pudo observar en tiempo real como trabaja un ROV y los desafíos a los que enfrenta este tipo de vehículo en las profundidades del mar. Particularmente se observaron imágenes de video durante las tomas de muestras para su estudio por científicos del CONICET. Se pudo constatar la importancia de contar con lugares propicios para el almacenamiento de muestras durante su colecta y el funcionamiento de componentes específicos del ROV SuBastian para realizar las tareas.

Sumergidos en la Antártida



Cálculos de flotabilidad teórica:

Para el cilindro de electrónica y considerando una densidad del agua de mar de 1028 kg/m³:

Volumen del cilindro (V_r) = $\pi \times h \times r^2$

$V_r = 3,14 \times 0,5 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}^2 = 0,04 \text{ m}^3$

Flotabilidad neutra (F_b)

F_b (flotabilidad neutra) = P (peso del objeto)

$\delta \times V \times g = m \times g$

donde:

δ =densidad del agua de la antártida

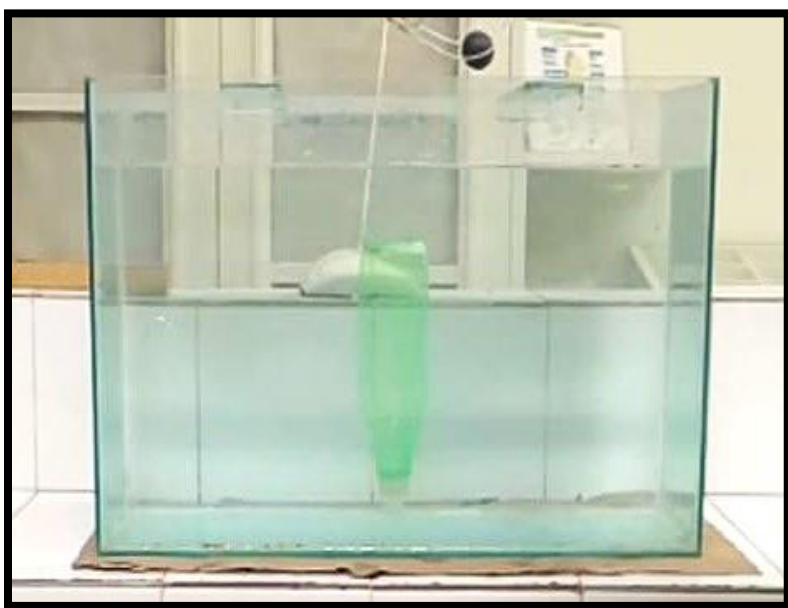
V =volumen del ROV

g = aceleración de la gravedad

m = masa del ROV/agua de lastre

$1028 \text{ kg/m}^3 \times 0,04 \text{ m}^3 \times 9,81 \text{ m/seg}^2 = 12592,8$

0,4 kg = 12,6 k



Observación del fenómeno de flotabilidad con modelos:

Modelo 1 (botella con agua, burbuja de aire y tapón)

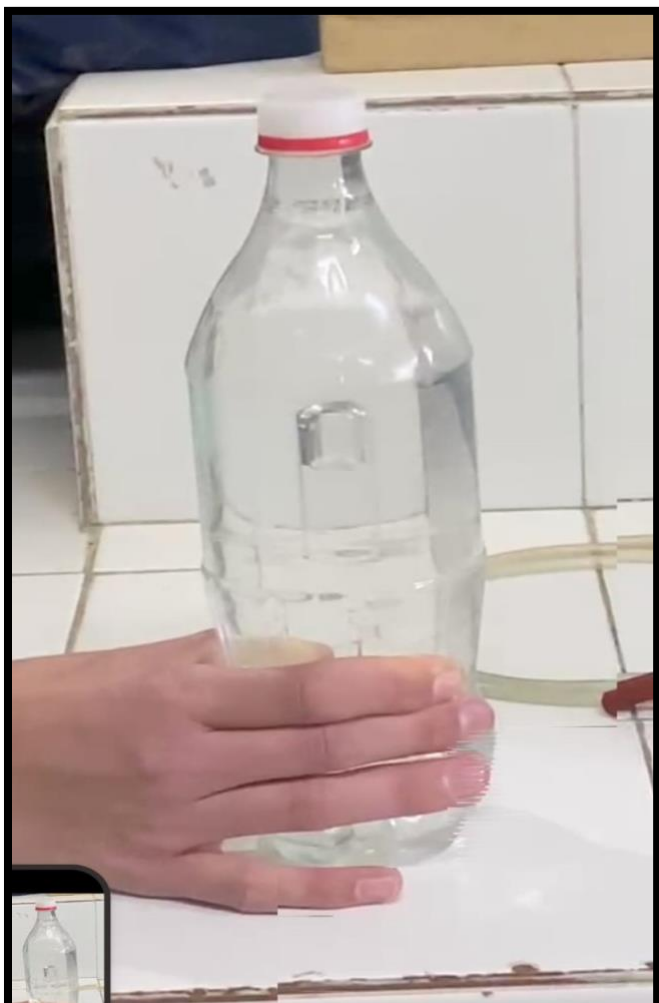
Pudimos observar que, en el límite cercano para lograr flotabilidad neutra, una mínima variación en la proporción aire/agua del objeto afectaba su densidad y por lo tanto el ascenso o descenso del mismo o lo que es lo

mismo que flote o se hunda.

.

.

Sumergidos en la Antártida



Modelo 2 (Diablillo de Descartes) Al

aumentar la presión de la botella por compresión, se transmite la misma en todos los puntos del líquido según el principio de Pascal, reduciendo el volumen de la burbuja de aire del tubo, aumentando su densidad, generando el descenso del tubo de ensayo. Al reducir la presión en las paredes, aumenta el volumen de la burbuja de aire, por lo que se reduce la densidad, produciendo el ascenso del tubo de ensayo.



Modelo 3 (Vejiga natatoria o submarino)

En este modelo observamos que, al insuflar aire a presión dentro del globo, este aumenta de volumen desplazando el agua contenida en la botella a través de las perforaciones, al igual que en los tanques de lastre, reduciendo la densidad del objeto y provocando el ascenso o flotación positiva. Al

SANTINOSALVADORGUZZI@GMAIL.COM

OLALLA@ABC.GOB.AR

Sumergidos en la Antártida



dejar de insuflar, el volumen del globo se reduce, entrando agua nuevamente en la botella a través de las perforaciones (válvulas), aumentando su densidad y generando el descenso o flotación negativa. El proceso de salida de agua durante la insuflación de aire se pudo visualizar claramente con tinción de azul de metileno.

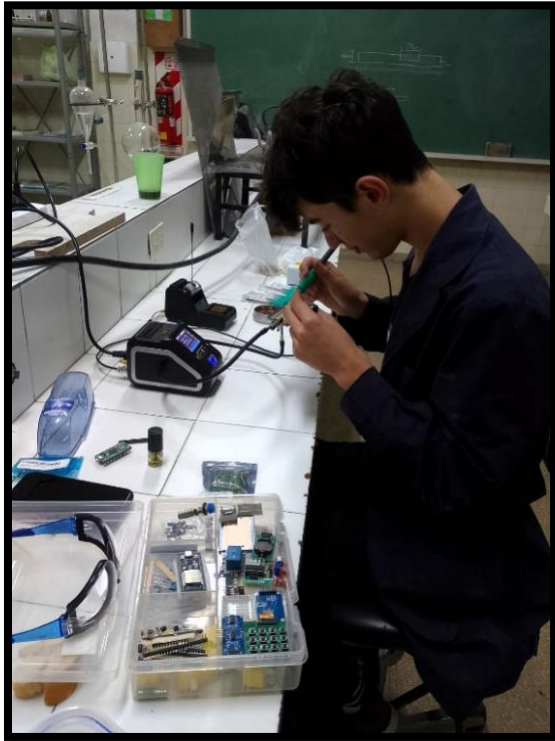
Análisis de rango de pesos de los ROV

Se encontró que los rangos habituales se encuentran entre los 10 a los 100 kg de peso para la categoría “pequeños o de inspección”.

-
-

Construcción de un pequeño prototipo de prueba de flotación del ROV BENS-A1 (en proceso):

Sumergidos en la Antártida



..
.
.
.
...
.



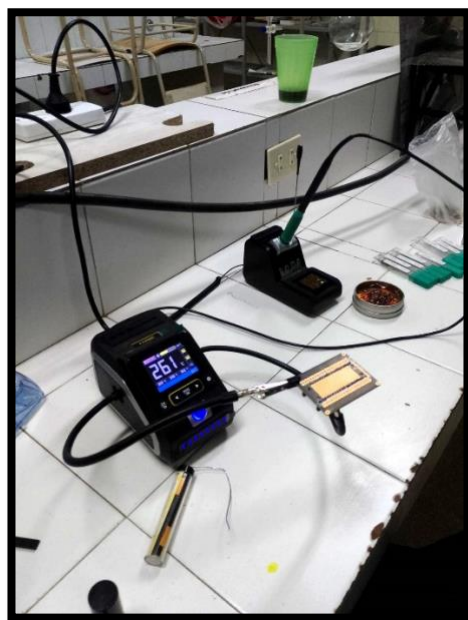
SANTINO SALVADOR GUZZI

NICOLAS OLALLA

SANTINOSALVADORGUZZI@GMAIL.COM

OLALLA@ABC.GOB.AR

Sumergidos en la Antártida



Raspberry pi pico W

Soldadora y soldadura en uso

Discusión de los resultados

El problema de la flotabilidad es una temática central en el diseño de los submarinos y de los ROVs en particular. Analizando los sitios web especializados en submarinos, particularmente en relación a como resuelven en la práctica el fenómeno de flotabilidad neutra, se encontró que la información disponible describe lo difícil que es conseguir este estado de la nave. Respecto a ello la información disponible plantea que normalmente los submarinos quedan con algo de flotabilidad positiva o negativa y que este problema se contrarrestaría con el movimiento del submarino y el efecto del agua al pasar por el casco en las distintas profundidades. Para el caso particular de los ROVs se propone en general considerar la flotabilidad neutra como punto de partida para su diseño, aunque algunos fueron desarrollados con cierta flotabilidad positiva y el empleo de fuerza de motor para el descenso a las profundidades marinas.

Según los cálculos realizados, el cuerpo principal del ROV BENS-A1 pesaría 12,6 kg entrando dentro de la categoría de ROVs pequeños o de inspección. Este peso, sin cambios adicionales de diseño, supera la fuerza de flotación o flotabilidad generada por el agua de mar en la Antártida y por lo tanto provocando una flotabilidad negativa o hundimiento. En este punto sería conveniente, para lograr alcanzar la flotabilidad neutra, aumentar el volumen del ROV con el agregado de bloques de espuma incompresible.

Sumergidos en la Antártida



Explorando el funcionamiento de los modelos pudimos verificar que, realizando pequeños cambios en el volumen de aire contenido, se generan cambios en la densidad del objeto, dando como resultado final, cambios en la flotabilidad del mismo (ascenso y descenso). Debido a esto sería conveniente sumar algún dispositivo tipo tanque de lastre con pistón para gobernar y equilibrar el ROV durante los momentos de ascenso, descenso y toma de muestras, reduciendo además el consumo de baterías por parte de los motores.

Las imágenes de video YOUTUBE del ROV SuBastian han servido de base para repensar el diseño del ROV BENS-A1 y considerar la posibilidad de incorporar una plataforma donde se puedan almacenar las muestras tomadas ya sea por el mismo ROV, mediante un brazo mecánico, así como por el personal de buceo antártico.

Conclusiones

Con los requerimientos generales ya resueltos, los cálculos iniciales de flotabilidad teórica y las pruebas con modelos, sumado a la experiencia de observar en vivo como trabajó el ROV SuBastian, nos encontramos trabajando en la construcción de un prototipo de prueba de flotabilidad del ROV BENS-A1. Además, estamos evaluando la posibilidad de conseguir donaciones y patrocinios para llegar a comprar los motores y otros materiales necesarios para el armado del mismo.

Seguimos en contacto con los ingenieros (Antártida y UTN), quienes reciben semanalmente consultas particulares y avances sobre el proyecto.

El proyecto se encuentra en estado de avance, todavía falta mucho camino por recorrer con la construcción y pruebas del prototipo. Aun así, continuamos trabajando para que algún día el ROV BENS-A1 pueda llegar a la base argentina en la Antártida, sumergirse y dar las primeras imágenes del fondo marino.

Agradecimientos

Al profesor Pablo San Román de Máquinas eléctricas y automatismo por su ayuda respecto a los pasos fundamentales en los desarrollos y Juan Pablo Pippo de Física por la orientación en cuestiones de ascenso y descenso del submarino. A Héctor A. Ochoa del Instituto Antártico Argentino (IAA), al Ing. Naval Agustín Serra

Sumergidos en la Antártida



(UTN) y al estudiante avanzado en Ingeniería en Sistemas Sr. Catriel Miceli, por la orientación, colaboración y acompañamiento permanente.

Bibliografía

Trabajos de grado

- Carrasco Robles G. & A. Viedma Robles (2014). Diseño y estudio hidrodinámico de un submarino autónomo no tripulado AUV. Universidad Politécnica de Cartagena, Escuela Técnica Superior Ingeniería Industrial grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos.
<https://repositorio.upct.es/server/api/core/bitstreams/855ea00e-51ec-41b5-887e-b0ad286896f4/content>

Páginas webs

- <https://seamor.com/blog-rov-history/>
- Cálculos de flotabilidad neutra
<https://seamor.com/neutral-buoyancy-for-rovs/>
https://sciencenotes.org/buoyancy-in-physics-definition-formula-examples/#google_vignette
- <https://www.u-historia.com/uhistoria/tecnico/articulos/lastre/lastre.htm>
- Blue Robotics store
<https://bluerobotics.com/>
- EEMB
<https://www.eemb.com/>