

UN ROBOT ACUÁTICO PARA LA EXPLORACIÓN, LA EDUCACIÓN Y EL CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE

**Jorge L. Lamprea Barragán, Daniel A. Alvarez Vanegas, Ana S. Miranda Ramírez,
Valentina Perea Márquez y Santiago Usme Martínez**

Universidad de los Andes

Bogotá, Colombia

Resumen

A lo largo del 2021 se llevó a cabo el proyecto ROV por la iniciativa estudiantil Robocol de la Universidad de los Andes. Esta iniciativa está conformada y liderada por estudiantes de diversas disciplinas como ingeniería mecánica, electrónica, sistemas, industrial, administración y diseño, que decidieron mejorar sus capacidades y conocimientos con el proyecto ROV. Este consiste en el diseño y manufacturado de un robot subacuático, el cual deberá contener las tecnologías necesarias para satisfacer los siguientes dos objetivos. Primero, el cumplimiento de los requerimientos propuestos por la competencia de MateROV. Segundo, enfocarnos en el estudio e implementación de instrumentos para la mitigación de problemáticas en ambientes marítimos.

Abstract

Throughout 2021, the ROV project was carried out by the Robocol student initiative of the Universidad de los Andes. This initiative is made up of and led by students from various disciplines such as mechanical, electronic, systems, industrial, administration and design engineering, who decided to improve their skills and knowledge with the ROV project. This consists of the design and manufacture of an underwater robot, which must contain the necessary technologies to meet the following two objectives. First, compliance with the requirements proposed by the MateRov competition. Second, focus on the study and implementation of instruments for the mitigation of problems in maritime environments.

1. Introducción

Somos un grupo interdisciplinario de la Universidad de los Andes que nació en la mente de un pequeño grupo de 5 personas de diferentes carreras en el año 2010. Poco a poco por más de 10 años fue creciendo hasta llegar a ser lo que es hoy: el grupo de ingeniería más grande de la Universidad de los Andes con más de 100 de integrantes en más de 12 carreras y con una sola pasión: ¡la robótica! En el 2010, precisamente en los inicios, se participó en la competencia Lunabotics, una competencia dirigida por la Nasa en estados unidos. Después de obtener el 3er puesto de la competencia se cerró para futuras ocasiones la entrada a la competencia para equipos latinoamericanos. Así fue como llegamos a las competencias en las que participamos actualmente: URC (University Rover Challenge), ERC (European Rover Challenge) y MateROV. En el año 2020 obtuvimos nuestro lugar en el podio de ERC con un tercer lugar en la competencia, un logro que nunca olvidaremos. El objetivo principal del grupo es dar la oportunidad a los estudiantes de vivir la experiencia de trabajar en proyectos complejos de forma interdisciplinaria

durante sus años de formación en la universidad que permitan reforzar de manera práctica los temas vistos en sus clases.

¿Qué es el Submarino y cómo nació?

Lo que busca Robocol con este proyecto es enfocar sus esfuerzos en el desarrollo de tecnologías avanzadas pero que estén más acordes a las necesidades del país así lograr un impacto significativo en la sociedad e industria colombiana.

Como es bien sabido, el espacio marítimo de Colombia corresponde a un 45% del territorio nacional. Esto representa oportunidades de desarrollo de tecnologías enfocadas a la exploración y aprovechamiento de recursos marinos. Los robots subacuáticos han revolucionado la exploración del fondo marino, permitiendo realizar operaciones en aguas profundas sin la necesidad de enviar un vehículo tripulado.

¿Qué es Robocol?

Una de nuestras grandes motivaciones es con nuestra comunidad universitaria ya que podemos tener un impacto social presentando y compartiendo esta línea de proyecto a diferentes comunidades en el país, también poder trabajar en conjunto con los departamentos de biología y geociencia. Por último, vamos a participar en una competencia internacional llamada MATE rov Competition, donde competiremos con universidades de otros países.

Entrando más en materia, el Submarino de Robocol es un robot subacuático tipo ROV (Remotely Operated Vehicle), estos se caracterizan por no ser del todo autónomos, sino que su fuente de energía y el set de mando se encuentran en la superficie, conectado a través de un cable de potencia y comunicación. El Submarino puede moverse en 6 grados de libertad gracias a sus motores, tiene un brazo subacuático para poner manipular y recoger objetos, también puede hacer análisis de imágenes de entornos acuáticos que le permite identificar objetos, realizar mapeos y tener navegación autónoma dependiendo de la tarea a desarrollar. En esta documentación hablaremos en detalle sobre los componentes y subsistemas que hacen parte de este proyecto.

¿Por qué nació?

El proyecto submarino nace con el objetivo de ampliar nuestro enfoque como grupo de investigación en robótica y el deseo de adentrarnos en el creciente campo de vehículos de exploración acuática.

A medida que fuimos adentrándonos en este campo de investigación observamos que el mundo está siendo afectado por muchas problemáticas tanto sociales como ambientales entre ellos resalta la contaminación de los océanos que amenaza la diversidad de los ecosistemas marinos y que contribuye a la creación de micro plásticos que acarrearán daños tanto a los océanos y mares como a los seres humanos.

De ahí que, fuese relevante el impacto del proyecto submarino en el contexto biodiverso y hasta hace poco considerado relevante de Colombia, además, de la necesidad de enfocar nuestro proyecto de investigación en el campo de la robótica subacuática y nuestro foco de desarrollo en ingeniería y tecnología en la resolución de las problemáticas que impactan a la sociedad y el medio ambiente.

Con todo lo anterior y teniendo en cuenta siempre nuestro único objetivo como miembros de esta sociedad deseamos contribuir como ingenieros y organización estudiantil a resolver estas problemáticas que afectan actualmente los escenarios acuíferos dada nuestra mala interacción como sociedad en estos ambientes para garantizar a las futuras generaciones un mundo en el que podamos convivir con la naturaleza.

El impacto del submarino en los puntos ACOFFI

“Nuevas realidades para la educación en ingeniería: currículo, tecnología, medio ambiente y desarrollo”

Este proyecto ha tenido como enfoque principal aprovechar la hidro riqueza colombiana (¡sin mencionar que tenemos dos océanos a nuestro alcance!) para desarrollar un robot capaz de servir como una herramienta para las comunidades científicas y ambientales colombianas dedicadas a dicho enfoque de investigación.

Es sumamente necesario tener en cuenta la situación que vive actualmente el país y el mundo, la contaminación de fuentes hídricas es algo real y se debe tratar con la prioridad que representa. El desarrollo integral de las tecnologías de exploración y limpieza acuática ayudan a cuidar nuestra biodiversidad y mantener nuestros vastos cuerpos de agua limpios. Hoy por hoy muchas instituciones están enfocando su trabajo en buscar solución para las problemáticas ambientales que trae la contaminación y pérdida del ecosistema acuático. Este es el caso de nuestra iniciativa estudiantil “Robocol”, un grupo de investigación de la Universidad de los Andes, enfocado en el desarrollo e investigación en robótica espacial y subacuática. Para dar una descripción más detallada de nuestro enfoque y la relación que tenemos con las nuevas realidades, planteamos los siguientes puntos:

- Sistema de análisis químicos de pruebas acuáticas

Todos los cuerpos de agua están expuestos a amenazas ya sea por parte de alguna naturaleza de determinado ambiente o por malas prácticas del ser humano, día a día se observan diversos desastres naturales, además suelen presentarse casos donde no hay una causa conocida, esto crea la necesidad de desarrollar herramientas que provea soluciones estratégicas para estudiar a fondo el foco del problema. Como respuesta a dicha problemática el prototipo ROV, tiene la posibilidad de implementar sistemas de análisis químicos y de entorno, por medio de distintos sensores que le dan la posibilidad de cuantificar los datos más relevantes en un estudio de ambiente subacuático. El submarino podrá contar en un futuro con múltiples sensores para la caracterización de los diferentes ecosistemas acuáticos. Al explorar y tomar muestras, el submarino será capaz de medir el PH del agua en la que se mueve al igual que la temperatura y presión en todo momento. Esto hará parte de la misión del robot y es viable implementarlo a largo plazo.

- Análisis de biodiversidad

La diversidad que tenemos en nuestro planeta es inmensa y gran parte de esta es desconocida para la especie. Es hora de que observamos el vasto mundo que hay por explorar. El proyecto ROV busca ampliar las posibilidades en investigación sin la necesidad de exponer a ningún ser humano dentro de un ecosistema desconocido, pero manteniendo el principio de respeto por la

naturaleza, pues nuestro prototipo está enfocado en ser amigable con las diversas especies de un determinado ecosistema.

- Manejo de contaminación

La falta de conciencia ambiental que el ser humano ha tenido a lo largo de la historia es imprescindible. Hoy por hoy, “Los científicos calculan que la densidad media de los residuos plásticos arrojados en el mar es de 8 mil millones de kilos, una cantidad tan grande que podría cubrir 34 veces el tamaño de la isla de Manhattan en Estados Unidos, la cual mide 87 kilómetros cuadrados, señala Roland Geyer” (Pacto global Red Chile, 2015), esto nos plantea un gran reto a nosotros como generación joven, buscar alternativas para este fuerte problema de contaminación. Este proyecto ROV, esta direccionada a ayudar con dicha labor, la implementación de sistemas mecánicos, como garras, para darle la funcionalidad de agarrar objetos, esto permitiría utilizarlo como extractor de objetos, siendo una gran herramienta para contribuir con la labor de descontaminación de cuerpos de agua.

- Una herramienta para la educación

La importancia de enfocar a la educación de nuestra población joven a el desarrollo de habilidades de entendimiento y resolución de problemáticas actuales, haciendo uso de la tecnología es uno de los puntos más importantes para nuestro desarrollo como país biodiverso. Es por ello que creemos en el gran impacto positivo que tendrá este proyecto en la población estudiantil. Una de las estrategias que tenemos como proyecto a futuro, es implementar campañas para promover la investigación acuática en lugares con conexión directa a océanos y cuerpos de aguas, que pueden brindar grandes avances para la biología.

- Identificación de amenazas a la biodiversidad

La importancia de conocer cuáles son las especies nativas y la identificación de especies extranjeras que afecten el buen desarrollo de un ecosistema, es una de las claves para la preservación de medio ambiente. Los sistemas de análisis de visión que tiene el prototipo ROV le permiten hacer un exhaustivo análisis de especies en un entorno acuático. Esto permite realizar un control de distintos ecosistemas contenidos en aguas colombianas, de esta forma podremos proteger nuestras especies nativas.

- Tecnologías desarrolladas

Por subsistemas asociados:

Hardware

En la construcción del Submarino implementamos nuevas tecnologías que trabajan juntas para el movimiento y flotabilidad del submarino. Entre estos dispositivos se encuentran un microcontrolador STM32 para sensores y temporizadores, un procesador Jetson Nano para el procesamiento de imágenes y múltiples conversores de potencia para la distribución y alimentación de cada componente. En el esquema a continuación podrá ver estos componentes de manera más detallada.

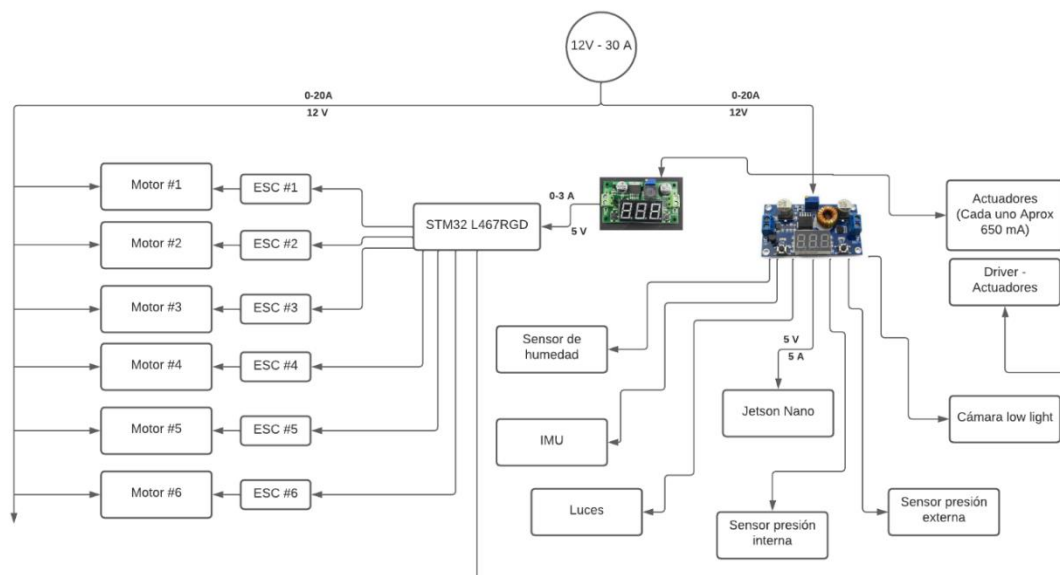


Ilustración 1 Distribución de potencia y control en el submarino

Microcontrolador STM32

Para el control de los motores y señores del submarino se eligió una opción en hardware programable multifuncional. Actualmente los sistemas STM32 manejan las tecnologías de control más rápidas y avanzadas del mercado. Esta tecnología posee las características de ADC necesarios y estas características son vitales a la hora del manejo de sensores y temporizadores (timers). Estos temporizadores se encargan tanto de la comunicación como el control de motores y hasta la recepción de información mediante todos los sensores del submarino ya que controlan los tiempos de recepción de datos y control de voltajes internos.

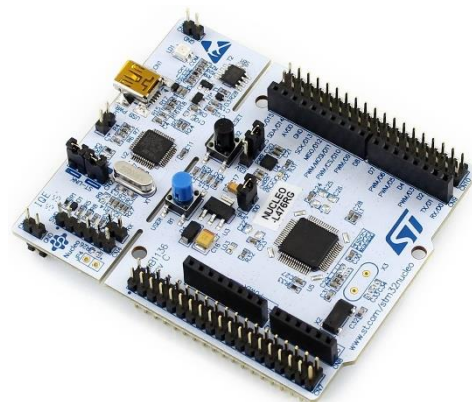


Ilustración 2 Microcontrolador STM32 Núcleo L476RG

NVIDIA Jetson Nano

En el submarino es muy importante tener un “cerebro central”, un computador capaz de procesar imágenes, comunicaciones y tener acceso por interfaz es necesario para el control total y rápido del submarino, así como del uso de todas sus funciones. Los microprocesadores de NVIDIA dominan el mercado en el área de redes neuronales y procesamiento de imágenes. Tanto para MaterOV como para la exploración marina que se planea como proyecto es necesario un procesamiento de imágenes que implica una alta carga de procesamiento, esto solo lo podría realizar un computador con cierto nivel de RAM. También se debe tener en



Ilustración 3 NVIDIA JETSON NANO

cuenta que la mayoría de los microcontroladores no tienen incluido un sistema de conversión para protocolos de comunicación de largo alcance (como cable LAN) por lo que hace más complejo su uso sin un computador. Una de las mayores ventajas de este computador es su tamaño. Su forma es tan compacta que entra sin ningún problema al tanque y no ocupa mucho espacio.

Conversión, distribución y uso de potencia, protecciones varias y protocolos de seguridad

Dado a la complejidad de los sistemas y la necesidad de protección en el agua se han tomado medidas para proteger los sistemas internos y los usuarios que manipulan el submarino, así como las especies de animales marinos que en un futuro puedan rodear al robot. Entre estos sistemas de protección se comprenden varios mecanismos de conversión de voltaje, diferentes protocolos de seguridad, sensores y fusibles. Cualquier transformador o controlador de motores se encuentra dentro del tanque protegido por los múltiples sellos que impiden la entrada del agua. El submarino está diseñado de esta forma para que no tenga que llevar baterías que se puedan ver afectadas por cambios en presión y/o temperatura. Especialmente cuando las baterías pueden ser explosivas y contaminantes.

Voltaje nominal

El voltaje nominal de distribución del submarino es de 12V DC y se distribuye a través de una regleta diseñada para aguantar alto amperaje (hasta 45 amperios). La mayoría de las conexiones internas tiene conectores tipo Anderson powerpole para el uso continuo de alto amperaje.



La principal entrada de potencia se encuentra a través del cable de 50 metros de potencia que tiene una capacidad de 35 amperios. La máxima potencia que le debe llegar al submarino es de 30 amperios a 12 voltios DC, es decir, 360 watts. Esta potencia llega desde una toma de luz de 120V AC o 240V AC y se convierte mediante una fuente de voltaje constante a los 12V DC que recibe el submarino.

Ilustración 4 Anderson Powerpole conectores

Fusibles

Los fusibles tienen la función de interrumpir el flujo de corriente al sistema (o desde el sistema hacia la superficie) para evitar daños al robot o al usuario. Tanto a la entrada de la fuente como a la salida hay fusibles para proteger al usuario y a los circuitos internos del submarino.

Sensores medidores de voltaje

Dentro del tanque también se encuentran múltiples reguladores de voltaje que protegen constantemente al computador central y al microcontrolador. Estos no solo tienen la función de regular el voltaje, sino que lo miden constantemente para controlarlo y si en debido caso es peligrosamente más alto o bajo de lo que debería, apagar el sistema.

Respecto a protocolos de seguridad

El submarino maneja una potencia suficiente que podría ocasionar daños al usuario o a las especies acuáticas que lo rodeen. Entre otros peligros esta también el riesgo por atrapamiento con los motores. Por esto es que se diseñaron diferentes protocolos de seguridad que se llevan a cabo a la hora de utilizar el submarino.

Protocolo de revisión electrónica

Antes de sumergir el robot se debe revisar internamente las conexiones de potencia y las uniones de los cables lejos del agua. Una vez este sistema es debidamente revisado y cumple con un buen estado, se conecta la potencia principal y se revisa el nivel de voltaje que llega al interior del tanque, así como que ningún componente electrónico se esté sobrecalentando sin hacer uso del robot.

Protocolo de sellado y presión

Después de la revisión y visto bueno por parte de la electrónica, se pasa al proceso de sellado y verificación. El submarino se debe someter a una despresurización de hasta 15 mmHg y debe mantener esta presión mínimo 20 minutos. Una vez se logra esto, se puede presurizar nuevamente el tanque, sellar el orificio de la válvula y proceder con sumergir el robot.

Protocolo de inmersión

Se debe energizar el robot afuera del agua y cuando se confirme encendido se deja dentro del agua y se espera a la confirmación de la interfaz de control. La interfaz de control es un dispositivo o varios a los que va a estar conectado el robot y desde donde se va a manejar este de forma remota. Cuando haya confirmación de interfaz de control se puede proceder a las pruebas de movimiento. Solamente habrá confirmación de interfaz cuando se reciba correctamente la información de las cámaras y sensores. Para iniciar el movimiento del robot se deben probar todos los movimientos básicos para comprobar su correcto funcionamiento y se debe verificar que cada movimiento este acorde con la orden dada y la información de las cámaras y sensores.

Software

El sistema de software está basado en el acople de diferentes interfaces de programación a través del ambiente ROS Melodic (Robot Operative System), cuantificando de forma adecuada las mediciones provenientes de los sensores de aceleración, presión, digitales, junto con el control de turbinas. Se incluye el próximo uso de redes neuronales de bajos recursos (en microcontroladores) con el fin de realizar preprocesamiento de datos, mejorando la navegación y control del proyecto.

Todo esto bajo la distribución ARM de Ubuntu 18.04, conectando los subsistemas a través de protocolos como I2C, rosserial, ethernet, ssh, entre otros, optimizándolos según su alcance y propiedades de transmisión de datos.

Chasis y Tanque Modelado

Hemos diseñado el chasis del submarino con el objetivo de mantener un sistema y todos sus componentes de forma compacta sin sacrificar la modularidad de este para permitir un fácil mantenimiento y actualización de componentes en un futuro. Se incorporó una geometría que nos diera rigidez estructural y materiales que crearan un chasis duradero. Otro requisito que

tuvimos al diseñar este chasis fue que pudiéramos balancear todos los componentes del submarino teniendo en cuenta las líneas de inercia y la flotabilidad neutra de todo el sistema, así como mantener el modelo con una geometría hidrodinámica para permitir una dinámica de maniobrabilidad más sencilla y suave que permita simplificar y hacer más eficiente el control.

Este chasis consta de 4 piezas independientes que dan la posibilidad de albergar todos los componentes del submarino (Tanque, motores, flotadores, etc.). Después de realizar una investigación seleccionamos el PMMA o acrílico con el material para el cuerpo de nuestro chasis, debido a que tiene una alta resistencia al impacto y un esfuerzo de tensión axial mayor a los 25 MPa.

Se realizaron unas simulaciones por elementos finitos en inventor con este material, aplicando una carga de 30kg al chasis con un factor de seguridad de 2 sobre las partes más cargadas del submarino. Analizar los resultados arrojados por nuestro análisis de elementos finitos nos damos cuenta de que nos encontramos con que la selección de material realizada fue exitosa para estos resultados obtenemos un desplazamiento menor a una décima de milímetro junto con un estrés máximo de 1 Mpa por Von Mises en las uniones de tornillería, esto es de esperarse sin embargo nos da un factor de seguridad de 15 lo cual es bastante provechoso.

Actualmente estamos prototipando el brazo del submarino para hacer tareas como manipular y recoger objetos. El brazo se compone de un end effector que se abre angularmente, el cual le hemos añadido unos dedos adaptativos que se deforman para tener mejor agarre a objetos de diferentes formas, utilizando el concepto de soft robotics.

Los dedos adaptativos fueron manufacturados por impresión 3D en TPU NinjaFlex que es un filamento flexible. Se realizaron simulaciones para estos dedos en Autodesk Inventor, utilizando el TPU, aplicando fuerzas a las caras laterales.

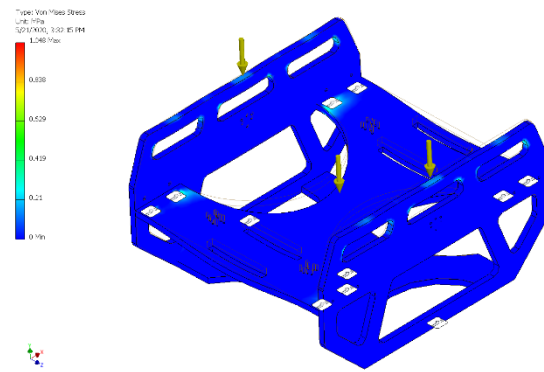


Ilustración 5 Modelado de Chasis

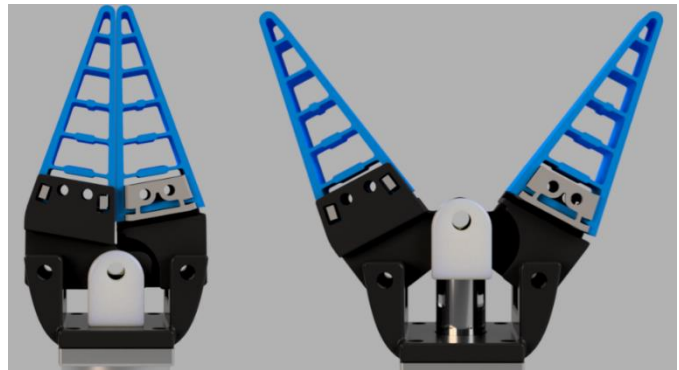


Ilustración 8 Modelado de garra para brazo

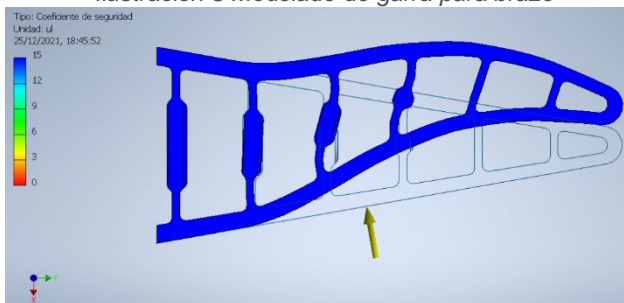


Ilustración 6 Simulación del coeficiente de seguridad.



Ilustración 7 Ensamble completo del prototipo

A través de los resultados nos damos cuenta de que la geometría y la elección del material de los dedos fue exitosa. Probamos los dedos ya impresos agarrando objetos con diferentes formas y los resultados fueron muy satisfactorios.

Para mover esta garra estamos utilizando un actuador lineal, el cual se metió en un tanque para protegerlo del agua que funciona igual que el tanque de la electrónica principal.

Visión y Reconocimiento

Atendiendo a las diferentes problemáticas expuestas y a las competencias MateROV, se planea la inclusión un sistema de visión autónoma de reconocimiento de fauna marina, cumpliendo con las tareas de identificación de biomasa de especies, de condición física de estado vivo o muerto. Cabe aclarar que este sistema realiza la identificación dinámica a través del análisis de una familia de tramas de video, todo esto ayudados con el sistema hardware y algoritmos de inteligencia artificial ya diseñados, como OpenCV, NeRF, Keras entre otras, que fortalecen la robustez de los algoritmos de visión, para cumplir con las necesidades del concurso y la posible identificación de amenazas marinas.

- Resultados

Se obtuvieron dos resultados principales del proyecto.

Como primer resultado se logró obtener flotabilidad neutra, esto permite que el robot pueda desempeñarse libremente en ambientes acuáticos por sus propios medios, es decir que la gravedad del planeta no afecta su posición y dinámica. En consecuencia, son los motores los encargados de generar el movimiento del robot, esto nos permitió tener una gran maniobrabilidad a la hora de desarrollar distintas tareas, dándonos la capacidad de interactuar amigablemente con el entorno en cuestión. El resultado se logró, luego de un exhaustivo análisis mecánico de nuestro robot como cuerpo rígido, por medio de simulaciones. Seguidamente, el manejo de compatibilidad entre la densidad del cuerpo y del fluido, se regulo por medio de compartimentos PVC los cuales se llenaron con 950 grs de arena cada uno, esto le permite al submarino tener una navegación controlada y ahorrar la potencia de los motores a la hora se sumergirse.



Ilustración 9 Desarrollo de pruebas en el robot

Control

Se logró el control del ROV, a través de 6 turbinas distribuidas en la geometría tridimensional del mismo, otorgando multidireccionalidad. Lo anterior, basados en la integración del hardware y software, junto con el control por PWM de las turbinas, con corrección de navegación por medio del sistema de sensores como acelerómetro-giroscopio. Así pues, como la rápida frecuencia de muestreo de los conversores analógicos digitales (ADC). Aunque por ahora, se sigue teniendo

un error dinámico en términos de control, se siguen investigando soluciones para la reducción de este (posibles soluciones redes neuronales, preprocesamiento, etc.).

Sistema de Aprendizaje en Ingeniería

El conocimiento es inherente a la existencia misma de un proyecto, es decir, no es necesario tener experiencia ni saber de un tema específico para poder realizar un proyecto. En nuestro caso, los proyectos son importantes pero lo más importante no son los resultados ni las medallas. Eso solo es un reflejo de nuestro esfuerzo, sin embargo, para este proyecto se desarrollan constantemente nuevas habilidades más allá de lo que es hacer robots. Entre estas se trabajan habilidades blandas para trabajo en equipo y habilidades profesionales para las múltiples carreras involucradas. Desde la estudiante de ingeniería que desarrolla habilidades tecnológicas y se capacita para aplicarlas en un robot hasta el estudiante de diseño que desarrolla empatía y comunicación efectiva para compartir su trabajo y mostrarlo. Nuestra pasión nos lleva y empuja constantemente fuera de nuestra burbuja, nuestra zona de confort. Así, comunicándonos, organizándonos y apoyándonos mutuamente aprendemos cosas que no llegaríamos a aprender normalmente. Esa es la verdadera esencia de un grupo interdisciplinario. Normalmente se subestiman estas habilidades blandas, pero son extremadamente necesarias para nuestra vida profesional y es una gran ventaja empezar a desarrollarlas, incluso antes de la universidad.

- Lecciones aprendidas

A lo largo del desarrollo de este proyecto, el equipo ha tenido que enfrentarse a distintas situaciones tanto técnicas como sociales. En cuanto a las situaciones técnicas, los distintos subsistemas se han expuesto a escenarios donde ponen a prueba su capacidad de análisis y búsqueda de soluciones técnicas, como fue el caso en la etapa escogencia de los modelos correctos en cuanto a los diseños mecánicos implementados, a su vez la selección de los microcontroladores correctos para nuestros requerimientos como ingenieros de distintas áreas. Todo esto suma una gran experiencia en los integrantes, creando habilidades blandas en adaptación a eventos repentinos en un ambiente profesional.

Refiriéndonos ahora a la parte social, claramente el trabajo en distintas áreas, la interacción con personas de diferentes enfoques profesionales, el ambiente de trabajo duro, forjan un desarrollo integral como ingenieros, pero lo más importante personas integrales para nuestra sociedad. Aprendimos que es sumamente necesario prestar atención a mejorar la organización del equipo, y nunca subestimar cualquier tarea a realizar, somos seres humanos y es importante tener en mente que algunas veces no se pueden completar los objetivos planteados, esto nos ayuda a controlar el ánimo del equipo y estar listos para cualquier retroalimentación de determinado proceso.

Entendimos también la importancia de llevar un registro de todos los procesos en distintas áreas, pues cuando se tienen los causales de distintos problemas claros, no los volveremos a cometer nosotros ni las próximas generaciones que continúen con este proyecto. Además, logramos entender la importancia de compartir nuestro conocimiento, fue por ello que hemos venido implantando algunas capacitaciones abiertas a nuestro equipo y también a estudiantes de la universidad en general, de esta forma desarrollas en el equipo un gran rango de habilidades de todos sus integrantes.

Referencias

[1] Pacto global Red Chile, «Pacto global Red Chile,» 13 febrero 2015. [En línea]. Available: <https://pactoglobal.cl/2015/8-millones-de-toneladas-de-basura-plastica-son-desechadas-en-el-mar/>.