

INFORME DE CAMPO

NOMBRE DEL PROYECTO: Evaluación de un Sistema de Navegación Inercial para Robots Submarinos en altas latitudes.

INVESTIGADOR: Arturo Cadena Torres

ENTIDADES AUSPICIANTES:

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Instituto Antártico Ecuatoriano (INAE)

- 1. RESUMEN EJECUTIVO:** El presente proyecto de investigación consiste en desplegar un Robot Submarino tipo Autónomo o AUV (Autonomous Underwater Vehicle) de diseño y fabricación nacional, en la Antártida con el fin de tomar imágenes submarinas para realizar un Censo de la Vida Marina y mediciones oceanográficas: muestras de temperatura, conductividad, presión hidrostática y medición de corrientes utilizando el método de Lagrange. Las áreas de estudio son la Ensenada Guayaquil y la desembocadura del Río Culebra hasta una profundidad de 50 m.
- 2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO/COMPONENTE:**

A partir del año 2007 en el país se ha venido desarrollando Robots Submarinos para aplicaciones oceanográficas y biológicas. Debido al poco presupuesto y las limitaciones de la tecnología local surgió la necesidad de desarrollar un sistema de ingeniería totalmente diferente al empleado en países desarrollados para construir Vehículos Submarinos Autónomos para ambientes polares. Uno de los propósitos de este proyecto es verificar el correcto funcionamiento de esta nueva tecnología en la Antártida para saber cuales son sus fortalezas y debilidades con el fin de mejorarla y que sirva de base para el diseño de futuros Robots Submarinos en el Ecuador. Teóricamente debe funcionar el Robot satisfactoriamente dado que se han probado todos los sistemas del Robot en temperaturas bajo cero y se solucionó el problema que causa el efecto de operar en alta latitud sobre los giroscopios con los resultados obtenidos en base a los datos recopilados durante la XIV Expedición Ecuatoriana a la Antártida.
- 3. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS DEL PROYECTO/COMPONENTE:**

Debido al cambio climático, los glaciares en la Antártida experimentan cambios, el objetivo de este proyecto es de adquirir datos científicos (imágenes submarinas, temperatura, conductividad, presión) con el fin de determinar como afecta a la vida marina estos cambios a través de la toma de imágenes submarinas y medición de parámetros físicos de la columna de agua como temperatura, conductividad y presión. Se escogieron dos áreas de estudios, la Ensenada Guayaquil y en la desembocadura

del Río Culebra para determinar si existen diferencias entre un sector y otro a través de la medición de los parámetros antes mencionados.

4. METODOLOGÍA

Viaje a la Antártida

El proceso de envío del Robot Submarino a la Antártida se lo ha dividido en dos etapas. En la primera etapa se envió en el container logístico partes del Robot, el casco del Robot Submarino, los propulsores y herramientas. En la segunda etapa, durante el vuelo Guayaquil- Punta Arenas se transportó en el equipaje los elementos más delicados del Robot Submarino como la computadora, giroscopios, acelerómetros y baterías.

Ensamblaje y puesta a punto del Robot Submarino en la Estación Maldonado

Cuando se arribó a la Base Frei, Isla Rey Jorge, se realizaron pruebas con el GPS del Robot Submarino para calibrarlo mediante caminatas.

Una vez en la Estación Maldonado se procedió a ensamblar el Robot Submarino, en el Módulo de Laboratorio, calibrar el sistema de navegación inercial y prepararlo para el mar. Se realizaron dos pruebas de inmersión para ajustar los siguientes parámetros:

- Estabilidad del Robot ante las olas del mar
- Flotabilidad
- Integridad del Sistema Eléctrico
- Funcionamiento del Propulsor de Popa
- Hermeticidad del compartimiento de la computadora
- Calibración del Centro de Masa y Centro de Flotación

Una vez obtenida la información de estos parámetros se efectuaron pruebas en un estanque de agua localizado en el Módulo de Generadores para constatar el correcto funcionamiento de la computadora del Robot y de la Cámara Digital Submarina. A partir de ese momento el Robot estuvo operativo para ser desplegado. Con fines de exploración, desde el Zodiac se desplegó el Robot Submarino en los siguientes puntos: Ensenada Guayaquil, Punta Orión, Punta Hermosilla, Isla Dee e Isla Barrientos. Durante estas misiones se obtuvieron imágenes submarinas y datos oceanográficos y de funcionamiento del Robot. Por motivos de seguridad se conectó el Robot Submarino a un flotador en la superficie para conocer cuál es su posición. Antes de una misión, en base a la Carta Náutica se definió la trayectoria que debe seguir el Robot Submarino, acción que es ejecutada por el Robot de forma totalmente autónoma. Culminadas las misiones se procedió a dar mantenimiento al Robot en el Módulo de Laboratorios.



Fig. 1. Maniobra de despliegue del Robot Submarino



Fig. 2 Boya que indica la posición del Robot Submarino



Fig. 3 Imagen Submarina, Punta Orión, Isla Greenwich

5. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

Objetivo general:

Desplegar un Robot Submarino, desarrollado en el país, en la Antártida con el fin de realizar un Censo de la Vida Marina, medir corrientes en la superficie empleando el método de Lagrange y tomar mediciones de la temperatura, conductividad y presión hidrostática a lo largo de la trayectoria que recorra el robot, hasta 50 m de profundidad, en la Ensenada Guayaquil y en la desembocadura del Río Culebra.

Objetivos específicos:

1. Poner en estado operacional al 100% el Robot Submarino, en la Estación Maldonado, para ser desplegado en aguas Antárticas.
2. Recolectar información sobre el funcionamiento de los diferentes sistemas del Robot Submarino en ambiente polar que servirá para el desarrollo de vehículos submarinos polares en el Ecuador.
3. Almacenar información de datos científicos en la memoria Flash del Robot Submarino sobre temperatura, conductividad, presión y tomar imágenes submarinas durante el recorrido del Robot a lo largo de la trayectoria predefinida hasta profundidades de 50 m.

6. ÁREA DE ESTUDIO.-

Primera Prueba de Inmersión: Zona de despliegue de los Zodiacs. Punto de inicio de la inmersión: 62°26'56.06'' S 59°44'35.49'' W.

Segunda Prueba de Inmersión: Zona de despliegue de los Zodiacs. Punto de inicio de la inmersión: 62°26'56.06'' S 59°44'35.49'' W.

Tercera Prueba de Inmersión: Isla Dee. Punto de inicio de la inmersión: 62°25'52.29'' S 59°47'11.40'' W.

Cuarta Prueba de Inmersión: Ensenada Guayaquil y Punta Orión. Punto de inicio de la inmersión: 62°26'38.07'' S 59°44'32.38'' W.

Quinta Prueba de Inmersión: Isla Barrientos. Punto de inicio de la inmersión: 62°25'01.32'' S 59°44'54.72'' W.

Sexta Prueba de Inmersión: Punta Hermosilla. Punto de inicio de la inmersión: 62°26'36.99'' S 59°43'08.31'' W.

7. CRONOGRAMA DEL TRABAJO DE CAMPO EFECTUADO

FECHA	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
28 de Febrero	Calibración del GPS del Robot	El GPS funciona normalmente
5 de Marzo	Prueba de inmersión: Playa	Se obtuvieron datos sobre el Centro de Masa y Centro de Flotación
7 de Marzo	Prueba de Inmersión: Playa	Se constato la correcta calibración del Centro de Masa y Centro de Flotación
11 de Marzo	Prueba en estanque	Funcionaron correctamente los sistemas del Robot Submarino
11 de Marzo	Prueba de Inmersión: Isla Dee	Se constato la estabilidad del Robot Submarino en la columna de agua y su eficiencia hidrodinámica
12 de Marzo	Ensenada Guayaquil y Punta Orión	El Robot encalló cerca de Punta Orión, pero logro salir por su cuenta. Se averió el propulsor de babor
14 de Marzo	Isla Barrientos	El Robot opero sin novedad
16 de Marzo	Punta Orión	La Cámara Digital

		Submarina presento problemas de funcionamiento
16 de Marzo	Punta Hermosilla	Avería de la Cámara Digital Submarina impidió la toma de imágenes submarinas
17 de Marzo	Base Arturo Prat	Exposición sobre resultados del despliegue del Robot Submarino en la Antártida

8. DATOS OBTENIDOS

Los datos recolectados se clasifican en dos grupos: Datos científicos y Datos de funcionamiento interno. Los Datos científicos son las imágenes submarinas junto con las coordenadas geográficas de donde se las tomaron y mediciones de temperatura, conductividad, presión hidrostática y dirección de corrientes submarinas. Los Datos de funcionamiento interno son parámetros que describen el desempeño del Robot Submarino durante la misión. Hasta el momento solo están disponibles las imágenes submarinas que en total suman aproximadamente 1h 30 min.

No fue posible realizar mediciones del caudal del Río Culebra debido a problemas técnicos del Robot y retrasos que causo el mal clima en el cronograma de inmersiones.

9. TRABAJOS PENDIENTES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

Culminada la expedición se procederá a analizar los Datos de funcionamiento interno del Robot y luego los Datos científicos.

10. CONCLUSIONES:

- El Robot Submarino presento problemas en los sistemas electrónicos debido a la corrosión y acumulación de electricidad estática lo cual produjo un retraso de 8 días en el cronograma presentado en el perfil de proyecto.
- Se consiguió exitosamente calibrar el Centro de Masa y Centro de Flotación del Robot Submarino, consecuentemente el Robot presento un comportamiento estable en la columna de agua.
- Se logro grabar imágenes submarinas y medir parámetros oceanográficos.
- El Sistema de Navegación Inercial y el Sistema de Inteligencia Artificial del Robot Submarino funcionaron de forma satisfactoria.
- La Arquitectura del Robot resulto difícil de manipular debido al tamaño de los propulsores.

11. RECOMENDACIONES

- Diseñar un nuevo Robot Submarino que tenga mayor capacidad de supervivencia ante la corrosión y electricidad estática.
- Se recomienda que se mantenga el peso y se reduzcan las dimensiones del Sistema de Propulsión del futuro Robot Submarino para exploración Antártica.
- Analizar si es viable desarrollar un Robot Submarino con funcionamiento “Todo Tiempo” con el fin de desplegar un Robot Submarino con vientos menores a 30 nudos en la Estación Maldonado.

12. BIBLIOGRAFIA

- [1] C. Summerhayes, "AUVs in the Context of Global Climate Change," *Proceedings of the International Workshop on Autonomous Underwater Vehicle Science in Extreme Environments held at the Scott Polar Research Institute, Cambridge*, 11-13 April 2007. London: Society for Underwater Technology, pp. 8-9.
- [2] S. McPhail, "Autosub6000- A Long-Range and Deep Diving AUV," *Proceedings of the International Workshop on Autonomous Underwater Vehicle Science in Extreme Environments held at the Scott Polar Research Institute, Cambridge*, 11-13 April 2007. London: Society for Underwater Technology, pp. 123-128.
- [3] L. Campos. "Proyecto Regional / API 2007-2008 Censo de la Vida Marina" / *Simposio Ecuatoriano de Ciencia Polar*. [en línea]. pp. 4. Disponible en: http://www.inae.gov.ec/php_uploads/Boletin-Simposio-INAEE3.pdf.
- [4] Arturo Cadena, D. Paillacho, "Design and Construction of an Autonomous Underwater Vehicle prototype", Book Chapter in SCAR/IASC IPY Open Science Conference 2008, Vol. 1 pp. 371, ISBN 978-5-98364-013-09, St. Petersburg, Russia. July 2008.
- [5] Arturo Cadena, D. Paillacho, "Development of an Autonomous Underwater Vehicle for scientific data recollection", I SIMPOSIO ECUATORIANO DE CIENCIA POLAR 2008, La Libertad, Ecuador. July 2008.
- [6] Arturo Cadena, "Development of a hybrid Autonomous Underwater Vehicle for scientific data recollection" SIMPOTAR 2009. La Libertad, Ecuador. September 2009.
- [7] Arturo Cadena, "Design and construction of an autonomous underwater vehicle for the launch of a Small UAV". IEEE TEPRA 2009. Woburn, MA, United States. November 2009.

13. Fecha: 22/03/2011

