



I+D+i **GIZC** GESTIÓ INTEGRADA DE LA ZONA COSTANERA

Investigació per a la Sostenibilitat de la Zona Costanera de les Illes Balears



Nous tallers de tecnologies marines a l'IMEDEA

TECNOLOGÍA MARINA

Resumen

Introducción

El medioambiente marino es un sistema extremadamente complejo, caracterizado por fuertes interrelaciones entre sus procesos físico-químicos y su población biológica y su fuerte variabilidad espacio-temporal. La importancia de las interacciones entre distintos campos físicos, químicos y biológicos y su gran variabilidad espacio-temporal, dificultan el estudio del ecosistema marino: primero, porque implica la necesidad de medir simultáneamente los parámetros físicos, químicos y biológicos de la zona y segundo, porque impone que estas medidas se realicen con una alta resolución espacial y temporal.

Además de su interés científico, la observación del sistema marino constituye un reto tecnológico debido a las condiciones hostiles de este medio. La presión, el carácter corrosivo del agua marina, la acción biológica y la gran variabilidad espacio-temporal del medio, son los principales factores que limitan las observaciones en este sistema. Desde un punto de vista técnico, las observaciones en el Océano se basan principalmente en sensores y plataformas de observación. De los sensores, depende el carácter interdisciplinario de las medidas realizadas. Durante los últimos años, ha existido un gran avance en el desarrollo de sensores capaces de medir importantes propiedades físicas, químicas, ópticas, biológicas y acústicas del mar [Dickey, 1991]. Ejemplos de variables que se pueden medir en el mar son la concentración de nitratos, el oxígeno disuelto, la presión parcial del dióxido de carbono, irradianza, fluorescencia y el tamaño y distribución de partículas y sedimentos. Esta capacidad de muestreo ha permitido el estudio de procesos como el ciclo del carbono, el papel de la biología en el calentamiento de la superficie oceánica, la productividad del fitoplankton, las dinámicas de poblaciones y la resuspensión de sedimentos [Tokar and Dickey, 2000]. Muchos de estos nuevos sensores son de pequeño tamaño y consumo, lo que facilita su integración en distintas plataformas de observación.

La resolución espacial y temporal de las observaciones oceánicas depende en gran medida de las características de la plataforma de observación empleada. La observación oceanográfica del medioambiente marino costero ha sido llevada a cabo tradicionalmente por buques oceanográficos y anclajes. Ambas plataformas de observación oceanográfica pueden realizar medidas interdisciplinarias del océano, pero no con la resolución espacio-temporal requerida. Así, los buques oceanográficos pueden proporcionar información sobre los diferentes campos oceanográficos con una alta resolución espacial, pero pobre en la dimensión temporal debido al alto coste de su movilización. Contrariamente a los buques oceanográficos, el anclaje de instrumentos proporciona datos de las distintas variables oceanográficas con una altísima resolución temporal. Actualmente, el tiempo de operación de estos sistemas es de seis meses a dos años aunque existen ya prototipos de anclajes con períodos de mantenimiento de cinco años [Hogg, 1998].

Recientemente se han desarrollado nuevas plataformas de observación oceanográfica, capaces de realizar medidas interdisciplinarias con una alta resolución espacial y temporal simultáneamente. Nacen así las plataformas de observación denominadas

Gliders, los *Autonomous Underwater Vehicles* (AUVs) y los *Autonomous Surface Vehicles* (ASVs). Todas estas nuevas plataformas de observación se enmarcan en la idea de que una red de plataformas de observación pequeñas, inteligentes y baratas constituye la forma más económica y eficiente de muestrear el Océano [Kunzig, 1996].

Los Gliders son vehículos submarinos autónomos diseñados para observar el interior de amplias zonas oceánicas a un coste mucho menor que los buques oceanográficos y anclajes [Stommel, 1989; Davis et al., 1992]. Estructuralmente, los Gliders utilizan su forma hidrodinámica y pequeños alerones para inducir movimientos horizontales controlando su flotabilidad. Este control de flotabilidad le permite además movimientos verticales en la columna de agua. Resumiendo, el cambio de flotabilidad y la estructura hidrodinámica, permiten al Glider hacer movimientos de zig-zag entre la superficie y el fondo marino, con un recorrido horizontal neto [Simonneti, 1998]. El uso de Gliders está bastante limitado en aquellas zonas marinas como el litoral, caracterizadas por procesos relativamente energéticos y de fuerte variabilidad espacio-temporal. Para realizar muestreos interdisciplinarios y sostenidos en estas zonas, se han desarrollado los denominados *Autonomous Underwater Vehicles* (AUVs). Éstos son robots submarinos que integrando distintos instrumentos de medida [Bales and Levine, 1994], son capaces de realizar campañas oceanográficas de forma autónoma [Curtin et al., 1993]. Su forma hidrodinámica, sus sistemas de propulsión eléctrica, navegación y localización le permiten trasladarse en el mar mientras realizan medidas de diversos campos oceanográficos en modo continuo. Finalmente, los *Autonomous Surface Vehicles* (ASVs) han recibido una menor atención que Gliders y AUVs. En principio los ASVs poseen ciertas ventajas en comparación con los AUVs. Así, los ASVs pueden disponer de sistemas de propulsión distintos a los eléctricos, traducándose en una mayor autonomía; los sistemas de navegación y comunicación son muy simples; los costes de construcción son muy bajos; y las velocidades que estas plataformas pueden alcanzar son mayores que las obtenidas en AUVs. En contrapartida, desde estas plataformas sólo se pueden realizar medidas relativamente superficiales.

Actualmente el instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados-IMEDEA dispone de una variada gama de sensores y plataformas de observación marina. Como infraestructuras tecnológicas más relevantes cabe destacar un pequeño barco oceanográfico, un anclaje de instrumentos de medida autónomo en la Bahía de Palma, dos pequeños AUVs y dos Gliders entre otros. El mantenimiento y correcto funcionamiento de esta capacidad tecnológica de observación marina requiere de unas infraestructuras técnicas de apoyo adecuadas. Estas infraestructuras técnicas deben constituir el entorno tecnológico para la reparación, limpieza y mantenimiento de piezas tanto mecánicas como de componentes electrónicos de los diversos sensores y plataformas de medida. Además, estas instalaciones deben proporcionar la capacidad de desarrollo de nuevas tecnologías marinas que solucionen problemas tecnológicos específicos de la investigación marina realizada en las Islas Baleares. Por tal motivo, el objetivo de este proyecto ha sido el dotar al IMEDEA de una unidad de tecnología marina capaz de dar una respuesta tecnológica adecuada a las necesidades generadas en el instituto.

Bales, J. and Levine, E. R., 1994, Sensors for oceanographic applications of autonomous underwater vehicles. Proc. Of the Association for Unmanned Vehicles Systems'21 Annual Technical Symposium and Exhibition, AUVs'94.

Curtin, T., Bellingham, J., Catipovic, J., and Webb, D., 1993, Autonomous oceanographic sampling networks. *Oceanography*, 6(3).

Davies, R. E., Webb, D. C., Regier, L. A. and Dufour, J., 1992, The autonomous lagrangian circulation explorer (ALACE), *J. Atmos. Ocean Tech.*, 9, 264.

Dickey, T., 1991, Concurrent high resolution physical and bio-optical measurements in the upper ocean and their applications, *Rev. Geophys.*, 29, 383.

Hogg, N., Frye D. and Wunsch, 1998, ULTRAMOOR, An ultra-long life, low-cost mooring system, Proposal N° 2510 to NSF by Woods Hole Oceanographic Institution.

Kunzig, R., 1996, A Thousand Diving Robots. *Discover Magazine*, April 1996, p. 60.

Simonetti, P., 1998, Low-Cost, Endurance Ocean Profiler, *Sea Technology*, February 1998, 17.

Stommel, H., 1989, The SLOCUM Mission, *Oceanography*, April 1989, pp. 22.

Tokar, J. M., and T. D. Dickey, 2000, Chemical sensor technology - Current and future applications, chapter in: *Chemical Sensors in Oceanography*, ed. M. Varney, Gordon and Breach Scientific Publications, Amsterdam, 303

Metodología

Se han realizado las siguientes acciones para obtener el objetivo anteriormente propuesto:

1 Establecimiento de un taller electrónico

El laboratorio de electrónica ha realizado toda una serie de proyectos y colaboraciones (ver siguiente apartado) que han dado como fruto todo un conjunto de publicaciones y conferencias científicas, así como productos comerciales en la actualidad. Se han implementado soluciones a requerimientos científicos utilizando tecnologías de posicionamiento (GPS), comunicaciones (GSM/GPRS/RadioModem), control (Microcontroladores/Algoritmos de control y filtrado), visión (Grabación de Imagen/Transmisión de Imagen/Video Compuesto/OSD) y de software (control remoto/Monitorización y Captura/Integración en GIS/Procesamiento de Audio).

Para poder realizar todos estos proyectos, el laboratorio cuenta con material para el diseño e implementación de circuitos impresos, reparación de circuitos, así como de software para la programación de dispositivos y entornos de desarrollo de aplicaciones.

El principal material utilizado para estas tareas es el siguiente:

- Soldador AM6500 Advanced de la empresa JBC para la soldadura y desoldadura de componentes electrónicos, incluidos SMD.
- Osciloscopio digital 100 MHz TDS 224 de Tektronic.
- Osciloscopio analógico 10 MHz OD-512 de Promax
- Fuente de Alimentación Regulada IPS-3610D de ISOTECH
- SAI Back-UPS C S 350 de APC
- Programadora multifunction ALL-11 de HILO-Systems

- Borradora por ultravioleta SE11 de STAG
- Taladro Dremel 30.000 rpm con soporte.
- Multimetro PD-185 de Promax
- Insoladora a doble cara con válvula de vacío
- Kit de ataque ácido de tres baños para creación de PCB PA-310 de MEGA-Electronics
- Mesa de Apoyo de circuitos
- Flexo-lupa
- Soldadores varios
- Maleta de herramientas metálica
- Herramientas varias
- Componentes y dispositivos varios de electrónica (también en SMD)
- 1 Ordenador PC de sobremesa
- 2 Ordenadores Portátiles

2 Establecimiento de un taller mecánico

Este proyecto específico se ha diseñado para colaborar en la instalación y montaje de un taller mecánico para fabricación de instrumentación en el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados – IMEDEA (CSIC-UIB).

Para el establecimiento de un sistema integrado de gestión de la zona costera, es necesaria la correcta monitorización de las variables medioambientales asociadas. Para ello en el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados se ha construido un taller mecánico para fabricación de instrumentación adecuada para la monitorización de estas variables.

El objetivo del proyecto de un taller mecánico de instrumentación es dotar al Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados de la infraestructura necesaria para diseñar y fabricar nuevos instrumentos mejor adaptados para la monitorización de variables medioambientales que influyen en la toma de decisiones y comprensión de los modelos de gestión de la zona costera. El taller estará situado en una construcción modular y contará con todo tipo de maquinaria que posibilite la fabricación de cualquier instrumento:

- Centro de mecanizado de 4 ejes control numérico



- Torno manual de precisión con visualizador digital



- Fresadora, torno manual pequeño y máquina de soldar MIG



- Sierra de cinta



- Cámara de presión hiperbárica para ensayo de calidad de los instrumentos hasta 10 bares para instrumentos de hasta 1500mm x diámetro 350mm.



- Otra maquinaria manual



Resultados y Discusión

Se procede a relatar las diversas actividades de apoyo técnico realizadas por los distintos talleres:

- **Proyectos Realizados en el Laboratorio de Electrónica**

1. Prototipo URMS (Underwater Remote Monitoring System) IMEDEA -UIB

Descripción: Proyecto final de carrera de la Ingeniería Técnica en Telecomunicaciones, especialidad Telemática, finalizado en Septiembre 2003 por Miguel Martínez.

Nota obtenida: Matrícula de Honor.

Premios: Ganador del 1er Premio Proyecto Final de Carrera MAPFRE 2003.

2. Proyecto CORMORAN IMEDEA

Descripción: Diseño de un Submarino autónomo para el estudio del litoral.

Tareas: Diseño hardware de todo el sistema, incluyendo un software de captura de datos en tiempo real.

3. Prototipo ROV Poquet IMEDEA

Descripción: Remotely Operated Vehicle de bajo coste y sencillo manejo a través de PC para la visualización de fondos marinos.

Tareas: Diseño software y hardware de todo el sistema, incluyendo un software de captura de video y control de la plataforma.

4. Prototipo Boya de Deriva Lagrangiana IMEDEA

Descripción: Boya que deriva con las corrientes superficiales indicando la fuerza y dirección de las mismas.

Tareas: Diseño software y hardware de todo el sistema, incluyendo un software de captura de datos en tiempo real.

5. Proyecto MERSEA (Programa GLIDAT) IMEDEA

Descripción: Software de representación de datos obtenidos por Gliders (planeadores submarinos) en tiempo real.

Tareas: Diseño de software de captura de datos en tiempo real.

6. Proyecto Visualizador de Fondos IMEDEA

Descripción: Software de grabación de imágenes y videos del fondo marino para el estudio y valoración de tipos de fondos.

Tareas: Diseño de software de captura de video en tiempo real.

7. Proyecto ROV IMEDEA - Albatros

Descripción: Colaboración del IMEDEA con la empresa Albatros Marine Technologies S.L. para el diseño de un prototipo de ROV de menor tamaño y coste que los actuales en el mercado.

Tareas: Diseño software y hardware de todo el sistema.

8. Proyecto Boyas de Deriva IMEDEA - Albatros

Descripción: Colaboración del IMEDEA con la empresa Albatros Marine Technologies S.L. para el diseño de un modelo de boya de deriva comercial.

Tareas: Diseño software y hardware de todo el sistema, incluyendo un software de captura de datos en tiempo real.

9. Proyecto COOL (Boyas de Deriva de elevada duración) IMEDEA

Descripción: Diseño de un nuevo tipo electrónica de boya de deriva de menor tamaño y coste y mayor duración que las actuales en el mercado.

Tareas: Diseño software y hardware de todo el sistema, incluyendo un software de captura de datos en tiempo real con Automatización en GIS.

10. Proyecto Tracking Automático de Peces IMEDEA - Albatros

Descripción: Colaboración del IMEDEA con la empresa Albatros Marine Technologies S.L. para el diseño de un sistema de seguimiento de peces en tiempo real basado en localización acústica.

Tareas: Diseño software y hardware de todo el sistema, incluyendo un software de captura de datos en tiempo real.

11. Proyecto Boyas Radioenlazadas IMEDEA

Descripción: Diseño de una red de boyas radioenlazadas que permita el muestreo de una zona costera aumentando la robustez de la red con respecto a la pérdida de sus nodos.

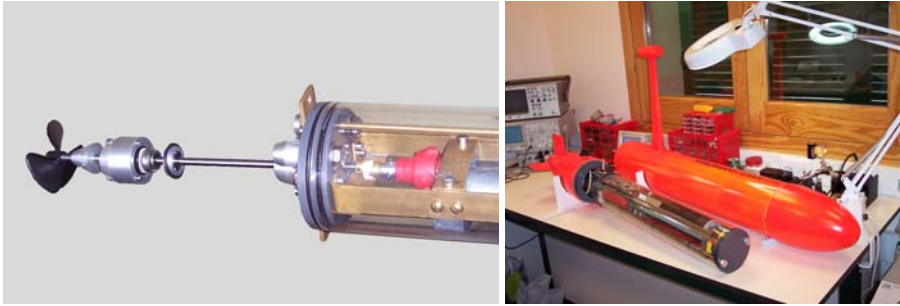
Tareas: Diseño software y hardware de todo el sistema, incluyendo un software de captura de datos en tiempo real.

- **Proyectos realizados en el taller de mecánica.**

1. Proyecto AHV3 - Cormorán

Descripción: AHV3-CORMORÁN es la denominación de un proyecto financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología para el desarrollo de una nueva plataforma de observación oceánica móvil y autónoma para monitorización de la zona litoral. La solución desarrollada es un vehículo híbrido autónomo que navega en superficie y realiza inmersiones en los puntos planificados para realizar el perfil de medidas.

Tareas: En este proyecto se ha llevado a cabo la fabricación del casco y de la estructura y componentes internos.



2. Proyecto de desarrollo de boyas de deriva

Descripción: Desarrollo de un prototipo de boya de deriva para trazar las corrientes superficiales

Tareas: Fabricación de una boya de deriva lagrangiana, compartimento estanco y encapsulado de antenas.



3. Desarrollo de nuevos instrumentos de muestreo

Descripción: Elaboración de distinto material científico de apoyo a muestreos oceanográficos de variables biogeoquímicas

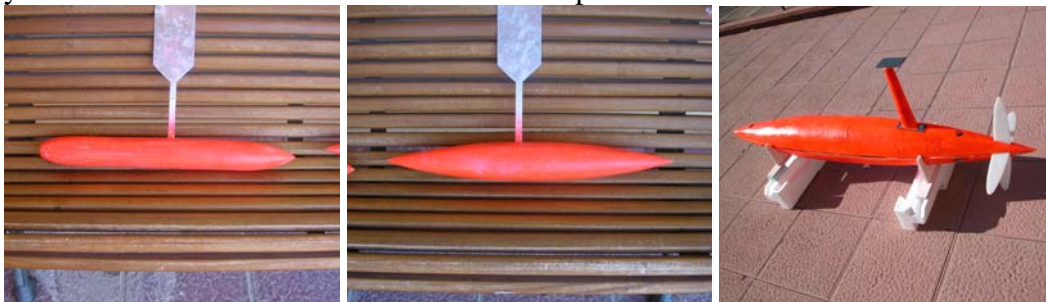
Tareas: Fabricación de un recogedor lastrado para red de pesca, un muestreador de microcapa y un torpedo de arrastre para análisis de metales.



4. Proyecto de desarrollo de un casco de vehículo submarino

Descripción: Apoyo al desarrollo de un vehículo autónomo de exploración submarina

Tareas: Fabricación de varios modelos para análisis hidrodinámico en canal de ensayos y de un casco abierto con la forma exterior optimizada.



Conclusiones

La capacidad tecnológica desarrollada en el IMEDEA ha sido fundamental en el apoyo técnico de distintos proyectos científicos. Así, las nuevas instalaciones han proporcionado una gran versatilidad tecnológica. Los investigadores del IMEDEA disponen de unas infraestructuras adecuadas para el mantenimiento y desarrollo de nuevos sistemas de observación marina. Esto da una gran ventaja científica ya que proporciona la capacidad de desarrollar distinto instrumental científico específicamente diseñado para el experimento o estudio a realizar.

Transferencia de conocimientos y actividades de divulgación

- *“Un submarino autónomo para el estudio del litoral Balear”*. Diario de Mallorca 12/12/04.
- *“Un grupo del IMEDEA desarrolla un robot para estudiar el fondo marino”*. Diario de Mallorca 18/12/04.
- *“El IMEDEA desarrolla robots autónomos para el estudio de ecosistemas costeros”*. Última Hora Baleares 18/12/04.
- *“El IMEDEA desarrolla un robot submarino para investigar el litoral de Baleares”*. El Mundo – Baleares 18/12/04.
- *El IMEDEA investigará los extraños sonidos submarinos del litoral de la Tramontana*. Part Forana 17/09/02
- *Un especialista de l' IMEDEA investigará els sons submarins detectats al fons de la Serra*. Diari de Balears 10/08/02
- *Robots per a l'exploració de la mar*. Demostración de funcionamiento de un ROV. Fira de la ciencia 2005, Mallorca 28, 29 y 30 de Abril 2005 y Menorca 17, 18 y 19 de Marzo 2005.
- *“Demostración tecnológica de boyas de deriva en tiempo real”*. Sala de seminarios IMEDEA sede en Esporles 08/02/05

Publicaciones y comunicaciones a congresos

- *A GSM based real time system to monitor underwater noise pollution*, M. MARTINEZ, D. VIDAL Y RODRIGUEZ, A. ALVAREZ DIAZ, J. TINTORE SUBIRANA. Instrumentation Viewpoint N°4 PAG 18-19
- *“CORMORAN: Un submarino autónomo para el estudio de las aguas litorales de Baleares”*, M. MARTINEZ, D. ROIG, B. GARAU, G. VIZOSO, A. ALVAREZ, J. TINTORE, G. OLIVER, IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears (Sociedad d' historia natural de les Illes Balears, 2004) PAG. 210-212
- *“A low-cost autonomous vehicle for coastal sea monitoring”*, D. ROIG BROMAN, M. MARTINEZ LEDESMA, B. GARAU PUJOL, A. ALVAREZ DIAZ, J. TINTORE SUBIRANA. Instrumentation Viewpoint N°4 PAG 16-17
- *“Electronic design in a low-cost autonomous vehicle for coastal sea monitoring ”*, M. MARTINEZ LEDESMA, B. GARAU PUJOL, D. ROIG BROMAN, A. ALVAREZ DIAZ, J. TINTORE SUBIRANA. Instrumentation Viewpoint (Pendiente de publicación 15/11/2007).
- *Mersea Glider Operations in the Mediterranean Sea. Task 3.5: Glider Technology Demonstrations for Biogeochemical Data*. J. Tintoré, A. Alvarez, G. Basterretxea, B. Casas, B. Garau, M. Martínez, D. Roig, G. Vizoso, P. Testor, U. Send, P. Lherminier, T. Terre

-Evaluation of an automatic fish tracking system. Federico Cardona, Miguel Martínez, David March, Josep Alós, Daniel Roig, Alberto Álvarez, Miquel Palmer, Sergi Martino, Gabriel Donaire, Antoni M.Grau. SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TAGGING AND TRACKING MARINE FISH WITH ELECTRONIC DEVICES October 8-11, 2007 Donostia - San Sebastián

-Alvarez, A., R. Pennel, B. Garau, and J. Tintore (2007), A Fourier-transform path integral formalism to compute dispersion probability distributions in variable ocean environments, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L17605, doi:10.1029/2007GL030914.

Referencias internacionales (al menos 3 referencias esenciales)

El establecimiento de estos talleres ha seguido el esquema tecnológico desarrollado en el NATO Undersea Research Centre-NURC, La Spezia, Italia. Este es un centro científico-tecnológico que sirve de apoyo a las marinas de los distintos países que conforman la Alianza Atlántica. Se ha recibido la visita de diversos tecnólogos e ingenieros de dicho centro para supervisar la creación de los talleres en el IMEDEA. El Nacional Oceanographic Centre- NOC en Southampton, Inglaterra, ha sido otro de los centros de referencia que se han tomado para la realización de estos talleres.

RECOMENDACIONES

Se proponen las siguientes recomendaciones con el objetivo de potenciar y extender los servicios de la unidad tecnológica creada.

1. Asignación de personal

Actualmente el servicio dispone de una sofisticada infraestructura tecnológica para el desarrollo de tecnología marina. Para poder explotar al máximo toda la capacidad tecnológica generada se necesita personal cualificado que mantenga y opere las instalaciones.

2. Convenios educativos

El taller mecánico del IMEDEA dispone de una infraestructura de gran interés para la formación de nuevos técnicos en el sector tecnológico. En este sentido, sería interesante establecer convenios adecuados con la Escuela de Ingeniería de la Universidad de las Islas Baleares para que estudiantes de la licenciatura de Ingeniería Mecánica pudieran desarrollar prácticas o trabajos de fin de carrera en dicho taller. Esto les proporcionaría la oportunidad de manejar máquinas similares a las existentes en industrias del sector, adquiriendo experiencia práctica en el ámbito de la ingeniería mecánica

3. Apoyo al sector naval

Se deberían fomentar los mecanismos necesarios para que los talleres tecnológicos del IMEDEA pudieran actuar como un soporte técnico de I+D para las empresas locales que operan en el sector náutico. Dichos talleres constituirían el entorno técnico donde las empresas pudieran dirigir sus proyectos de investigación aplicada. Esto es, estos talleres podrían actuar como un servicio de I+D para el campo empresarial náutico.