

**EL CENTRO DE ARQUEOLOGÍA SUBACUÁTICA DE LA
COMUNIDAD AUTÓNOMA ANDALUZA Y LA
CONSERVACIÓN DEL MATERIAL ARQUEOLÓGICO**

Carmen GARCÍA RIVERA

Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Centro de Arqueología Subacuática
Avda. Duque de Nájera 3 -Balneario de la Palma-, 11071 Cádiz
E-mail: cas.iaph.ccul@juntadeandalucia.es

Luis Carlos ZAMBRANO VALDIVIA

Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Centro de Arqueología Subacuática
luis.zambrano.ext@juntadeandalucia.es

La necesidad de proceder a una correcta tutela del Patrimonio Arqueológico Subacuático hace que la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía se plantee la necesidad de creación de un centro especializado en esta materia.

Surge así el Centro de Arqueología Subacuática de la Comunidad Autónoma Andaluza que se integra, como un servicio especializado, en la Dirección General de Bienes Culturales a través del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, asignándole, mediante Orden de la Consejería de Cultura de fecha 29 de abril de 1997, el uso y la gestión del inmueble Balneario de la Palma y el Real de la ciudad de Cádiz, a efectos de ejercer las funciones de investigación, protección, conservación, restauración y difusión del patrimonio arqueológico subacuático.

El edificio y su restauración

El Balneario de Nuestra Señora de la Palma y del Real, conocido como Balneario de la Palma, se sitúa en la playa de La Caleta. Fue edificado en el año 1927 y responde a los conceptos estéticos del Modernismo correspondiente al primer cuarto del siglo XX, junto a rasgos eclécticos de tendencia ornamental y a claras influencias regionalistas.

Está construido en hormigón armado a base de pilares que se asientan sobre la arena y presenta planta de cuarto creciente que se estructura en un pabellón central del que parten dos alas con miradores en sus extremos. La parte superior consta de una amplia terraza con vistas al mar.

El edificio, que había tenido un uso casi continuo como balneario, se encontraba en estado ruinoso debido al abandono al que se había visto sometido en los últimos años. Por ello la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía inicia un proceso de expropiación forzosa al objeto de evitar la desaparición de un inmueble que poseía valores en sí mismo para su protección y conservación y que, debido a sus características y situación, había pasado a formar parte del paisaje de la ciudad.

Este proceso culmina en el año 1990 con la ocupación del inmueble, encargando la Dirección General de Bienes Culturales al Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico la elaboración de un Plan de Usos acorde con las nuevas funciones asignadas, que permitiera proceder a la redacción del Proyecto de Restauración.

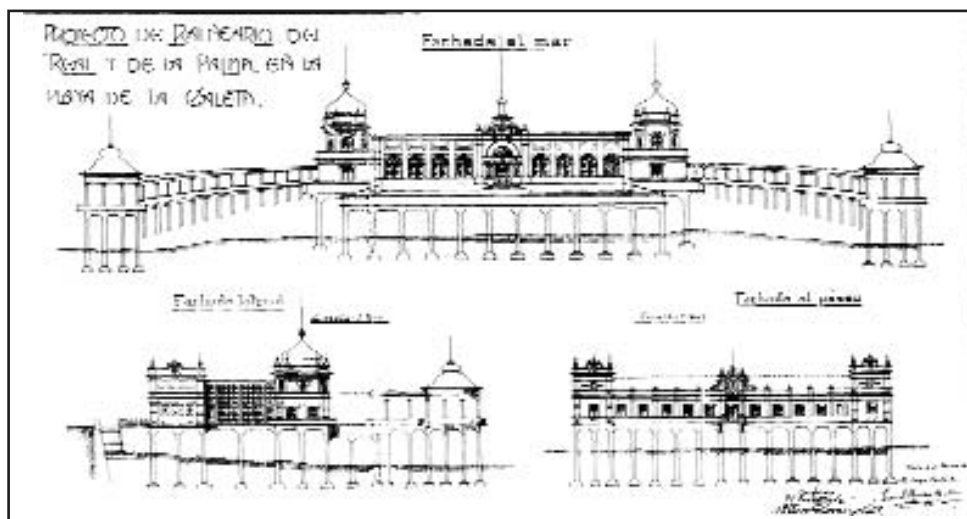


Fig. 1: Proyecto inicial del Balneario del Real y de la Palma

El Plan de Usos, redactado por el Centro de Intervención del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico con el asesoramiento de Constantino Meucci – químico del ICR de Roma –, propone un modelo integral de Centro, que abarque "el ciclo completo de acciones inherentes a los trabajos implícitos a la disciplina de la arqueología subacuática que comprende la documentación, protección, investigación, intervención y conservación y que culmina con la difusión de los resultados obtenidos a lo largo de todo el proceso. Partiendo de esta premisa se articula el centro como un brazo periférico del IAPH con una estructura integrada en este organismo central".

"Para optimizar su viabilidad se vio conveniente contar con dos equipos físicos diferentes: un núcleo central ubicado en el Balneario de la Palma, donde se lleve a cabo la gestión, planificación documentación, investigación, conservación, etc; en síntesis aquellas funciones propias del CAS. Y un polo periférico de apoyo a las actividades del centro, ubicado en el exterior y bien comunicado con el mar, que sirva de almacén de la maquinaria e instrumental necesario para desarrollar los trabajos de campo. Actualmente, esta área no está ejecutada, aunque sí definidas su función, instalación y equipamiento (MEUCCI *ET ALII*, 1999).

El proyecto de restauración, redactado por los arquitectos Antonio Martín Molina, Montserrat Díaz Recasens y José M^a Prieto Gracia, procuró en todo momento respetar la imagen original del edificio adaptándola a las características funcionales que requería el CAS. Para ello resolvió las instalaciones en zonas bien diferenciadas:

- La zona central, en su planta baja, alberga las áreas de lavado y los talleres de cerámica, metal y madera. Se organizaron las dependencias interiores intentando conseguir la máxima flexibilidad, acotándose tan sólo las áreas que precisaban unas condiciones térmicas especiales

En la planta alta, la dirección, archivos y un aula de conferencias completan la administración del centro.

- Las alas del edificio se destinan al departamento de intervención y al departamento de documentación, difusión y formación.

- El pabellón de entrada alberga la maquinaria necesaria para el buen funcionamiento de las complejas instalaciones que posee el centro y que, por sus características, debían estar "en tierra".

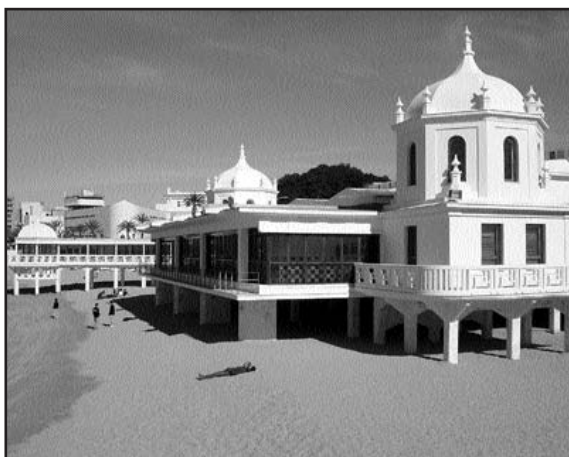


Fig. 2: Vista general del edificio desde la sala de reuniones del ala sur



Fig. 3: Detalle del azulejo sevillano que corona el cuerpo de entrada al Balneario

Funciones y estructura

El Centro de Arqueología Subacuática desempeña, en el medio subacuático, funciones de investigación, protección, conservación-restauración y difusión del patrimonio arqueológico, así como de formación de técnicos especialistas en esta materia.

Para ello, y de acuerdo con los criterios definidos en el Plan General de Bienes Culturales de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, se plantea:

- Identificar el patrimonio arqueológico subacuático y sistematizar su información, reconociendo su diversidad y distribución espacial, determinando el grado de riesgo a que está sometido y transmitiendo su valor y vulnerabilidad a la sociedad.

- Mejorar la eficacia de los instrumentos de protección desde una nueva visión más integral de la misma y desde la comprensión de nuestro patrimonio como un factor para la estructuración territorial y el desarrollo social y económico de Andalucía.

- Desarrollar y ejecutar programas de investigación histórico-arqueológica del patrimonio subacuático, con el fin de perfeccionar su conocimiento y los criterios, métodos y técnicas para una correcta intervención en el medio subacuático.

- Adoptar medidas para evitar o minimizar los problemas de conservación del patrimonio arqueológico subacuático, actuando sobre las causas que provocan su degradación.

- Difundir el patrimonio arqueológico subacuático y las acciones de tutela que sobre él se realizan, fomentando, entre los ciudadanos, actitudes de participación en la defensa y disfrute de este patrimonio.

- Perfeccionar técnica y científicamente a los profesionales, generando una oferta formativa de calidad.

La estructura propuesta para este centro, de acuerdo con el Plan de Usos redactado por el Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, es funcional en el sentido de que comprende un ciclo de producción completo, y a tal efecto el CAS se articula en secciones separadas estrechamente interconectadas entre ellas en las diferentes fases de la secuencia lógica de sus acciones y del desarrollo de sus proyectos:

- Director de Centro: es el encargado de coordinar las acciones, investigaciones y proyectos del Centro, de acuerdo con la dirección del IAPH y con su política de actuación.

- Departamento de Administración: es el encargado de gestionar y administrar los recursos del Centro.

- Departamento de Documentación, Difusión y Formación: es el encargado de tratar, normalizar y sistematizar la información generada por las diferentes áreas del Centro, difundir los resultados de los trabajos y organizar cursos de formación de profesionales en esta disciplina. Este departamento se complementa con los siguientes servicios: Biblioteca especializada en arqueología subacuática y Archivo del Centro.

Área de Documentación: la línea de actuación en este campo se centra principalmente en la localización y sistematización de la información relativa al patrimonio cultural sumergido, de cara a atender tanto las necesidades internas como aquellas solicitudes que se plantean a nivel externo.

Área de Difusión: dentro de esta área se viene trabajando en dos campos diferentes: Difusión especializada, con la inclusión en la revista del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico (Boletín PH) de una sección destinada a la problemática que plantea la tutela del patrimonio arqueológico subacuático, y difusión genérica, impartiendo conferencias en diferentes instituciones y diseñando un programa de visitas para atender a colectivos de estudiantes.



Fig. 4: Vista del ala norte del edificio donde se localiza el departamento de documentación, difusión y formación

Área de Formación: el programa de actividades formativas se inició en el año 2001 diseñando y desarrollando, en colaboración con la Delegación Provincial de Cultura de Cádiz, las 1ª Jornadas Técnicas de Protección del Patrimonio Arqueológico, dirigidas a los Cuerpos de Seguridad del Estado. Asimismo está prevista la realización de un curso sobre Conservación-Restauración de Objetos Arqueológicos de Procedencia Subacuática, dirigido a técnicos especialistas en esta materia, que se incluye en la oferta formativa del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico.

- Departamento de Intervención: es el encargado de proponer y ejecutar proyectos y actuaciones encaminados a la protección, investigación y conservación-restauración del patrimonio arqueológico subacuático, en el marco de los recursos y programas establecidos por la Dirección General de Bienes Culturales de la Consejería de Cultura. Se estructura en torno a las siguientes áreas:

Área de Protección: una de las misiones encomendadas al Centro es el asesoramiento, a instancia de los organismos competentes, de aquellos proyectos que puedan afectar al patrimonio arqueológico subacuático. En este sentido se han realizado labores de asesoramiento técnico dirigidas tanto a las Delegaciones Provinciales de Cultura y Dirección General de Bienes Culturales como a particulares. Este asesoramiento se ha producido principalmente como consecuencia de la llegada de proyectos de obras -dragados, regeneraciones de playas, construcción de espigones, gaseoductos, oleoductos, centrales térmicas, etc.- que pudieran afectar al patrimonio arqueológico sumergido.

Área de Investigación: es la encargada de planificar y ejecutar las acciones necesarias para la localización e identificación de los yacimientos arqueológicos subacuáticos que se localizan en aguas andaluzas, así como de planificar y desarrollar proyectos específicos con el fin de mejorar los métodos, técnicas y herramientas aplicados a la investigación en el medio subacuático. En este sentido ha desarrollado, desde su puesta en marcha en el año 1997, diferentes proyectos. En la actualidad el CAS ha optado por centrar sus esfuerzos en un proyecto único encaminado a la localización, identificación y evaluación del patrimonio arqueológico subacuático andaluz. El objetivo que se persigue con este proyecto es disponer de un catálogo de



Fig. 5: Interior del ala sur en la que se localiza el Departamento de Intervención

yacimientos, lo más exhaustivo posible, que pase a integrarse en la Base de Datos de Yacimientos Arqueológicos de Andalucía y que permita establecer los mecanismos necesarios para proceder a una correcta protección y conservación de los mismos, así como diseñar estrategias futuras de investigación.

Área de Conservación: es la encargada de planificar y ejecutar las acciones necesarias para evitar o minimizar los problemas de conservación de los materiales arqueológicos, orgánicos e inorgánicos, que se localicen en el medio subacuático o procedan de él.

El área de conservación del C.A.S. cuenta con un equipamiento técnico adaptado al desarrollo de una serie actividades que pueden englobarse en dos apartados; 1/ los proyectos de investigación pertenecientes a la planificación anual del Centro, y 2/ la prestación de los servicios propios que le son encomendados por la Administración Autonómica.

El citado equipamiento se distribuye a través de los diferentes espacios funcionales en que se organiza el área de conservación.

Los cuatro talleres de restauración dedicados a madera (2), cerámica y metales cuentan con la siguiente instalación básica: doble acceso de amplias dimensiones para la recepción de piezas voluminosas, grupos de climatización independientes y regulables (14 - 40 ° C de temperatura y 25 - 100% de humedad relativa), salida de agua osmotizada (conductividad 12 mS/cm²), conexión de aire comprimido -herramientas neumáticas-, aspiración de aire -vacío-, instalación eléctrica trifásica, desagües para material corrosivo, iluminación exenta de radiaciones ultravioleta y banco de trabajo diáfano en acero inoxidable.

La zona común de restauración destinada al lavado, consolidación e impregnación de grandes piezas constituye el mayor espacio hábil del Centro -352 m²-. La dotación de esta zona es similar a los talleres, estando las tomas de servicio fijadas en el techo sobre diez brazos articulados que se distribuyen a lo largo del espacio rectangular.

Otras instalaciones anexas y diseñadas con una función específica son:

- taller de electrolisis destinado al tratamiento estabilización de objetos metálicos mediante técnicas electrolíticas.
- zona de liofilización para el tratamiento de materiales orgánicos.
- cámara frigorífica, -dim. 8 m²- regulable hasta 4 °C, para el mantenimiento preventivo de materiales orgánicos (madera, cuero, fibras, ...).
- congelador industrial, -dim. 8 m²- regulable hasta -30 °C, para tratamientos específicos de los materiales orgánicos.
- almacén de obras restauradas acondicionado para la exhibición y el mantenimiento temporal de los materiales arqueológicos.
- almacén de materiales arqueológicos en espera de tratamiento acondicionado para el mantenimiento preventivo de los objetos.
- almacén de materiales de restauración donde se conservan los productos químicos necesarios para la aplicación de los diferentes tratamientos de conservación.

En el desarrollo de sus funciones, la ordenación de proyectos y servicios permite una planificación racional de los cometidos que se establecen en el plan de usos del Centro de Arqueología Subacuática del IAPH. De forma resumida, se expone una relación de las principales actuaciones en curso agrupadas en los dos apartados; servicios y proyectos.



Fig. 6: Zona de informática y análisis físico-químico en el ala norte del edificio

Servicios

Los servicios prestados por el área de conservación del C.A.S. pueden clasificarse en medidas prácticas y asesoramiento técnico. El apartado práctico comprende las medidas de conservación preventiva, curativa y restauración aplicables sobre:

- Objetos recuperados por el Centro de Arqueología Subacuática en el desarrollo del proyecto "Localización y evaluación del patrimonio arqueológico subacuático del litoral andaluz".
- Objetos recuperados por el Centro de Arqueología Subacuática en el desarrollo de actuaciones no-programadas por situaciones de expolio, obras públicas y hallazgos casuales en el Patrimonio Arqueológico Subacuático.
- Objetos requisados por los cuerpos de seguridad del estado y procedentes del expolio arqueológico.

En cuanto al asesoramiento técnico, las actuaciones más habituales realizadas por el área de conservación son el examen diagnóstico y la propuesta de conservación, tanto de objetos individuales como de conjuntos *in situ*, frecuentemente relacionados con situaciones de expolio, obras públicas y hallazgos casuales en el Patrimonio Arqueológico Subacuático. Debido a la progresiva concienciación de la sociedad



Fig. 7: Zona común de restauración con el laboratorio de cerámica y el expositor de materiales restaurados al fondo

respecto de esta parcela del patrimonio cultural, la demanda de asesoramiento técnico es un servicio en aumento, dirigido tanto a empresas del sector cultural como a la propia administración.

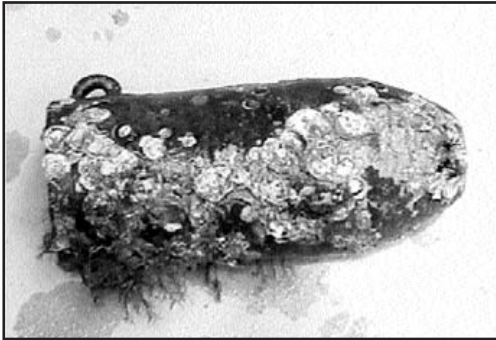


Fig. 8: Ánfora púnica requisada por el Servicio Marítimo de la Guardia Civil en la zona de la Bahía de Cádiz

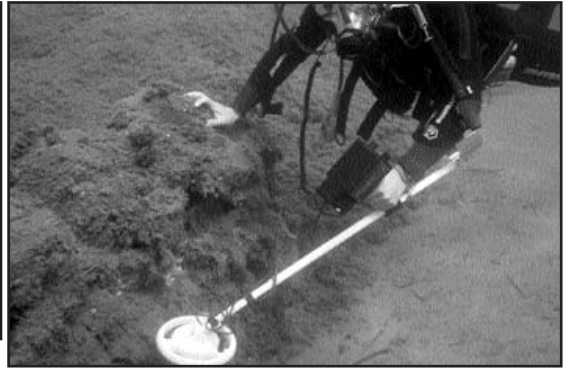


Fig. 9: Inspección subacuática en la zona de Cabo de Gata, Almería

En este sentido, cabe destacar la participación de este área, junto con la de Protección y Formación del CAS, en un proyecto de la Dirección General de Bienes Culturales de la Junta de Andalucía denominado "La protección del patrimonio arqueológico contra el expolio". El objetivo de este proyecto dirigido a las fuerzas de seguridad del estado (Servicio Marítimo de la Guardia Civil, SEPRONA y Policía Autónoma) es el de proporcionar las "herramientas" teórico-prácticas –marco jurídico, definición, reconocimiento, medidas administrativas de protección y conservación preventiva- para desarrollar con eficacia la lucha contra el expolio patrimonial.

Dentro del Programa de Formación del IAPH, el Centro de Arqueología Subacuática participa en el curso "Taller de conservación preventiva en excavaciones arqueológicas *in situ*" (26-28 de marzo, 2003) y organiza el curso "Tratamiento preventivo de objetos arqueológicos en yacimientos húmedos y salinos" (21-23 de mayo, 2003).

Proyectos

El apartado de proyectos incluye de una parte los que son directamente promovidos por el área de conservación (Tratamiento de fondos museísticos, Registro documental y conservación preventiva, Optimización del método electrolítico...), y aquellos otros donde se participa de forma eventual (Localización y evaluación del patrimonio arqueológico subacuático del litoral andaluz).

Tratamiento de fondos museísticos de la Comunidad Autónoma de Andalucía

La existencia en los museos de la Comunidad Autónoma de Andalucía de restos arqueológicos de procedencia subacuática en riesgo de alteración es el

motivo de actuar mediante un proyecto sistemático de conservación sobre dichos materiales para detener los procesos de alteración existentes. Las condiciones de degradación observadas en estos materiales se derivan principalmente de la falta de estabilización necesaria para la transición de los objetos entre el medio acuático-marino y el atmosférico-terrestre. Por otra parte, se comprueba asimismo la necesidad de actuar sobre las medidas de conservación preventiva en el embalaje y acondicionamiento individual de los objetos.

Los objetivos generales que se han marcado para este proyecto son:

- Actuar sobre los procesos de degradación de los objetos de procedencia subacuática no-estabilizados con posterioridad a su extracción del medio arqueológico.

- Contribuir a la salvaguarda del patrimonio arqueológico procedente de yacimientos submarinos que se halla depositado en Museos de la Comunidad Autónoma de Andalucía cuyo estado reviste un riesgo inmediato de destrucción.

- Mejora de las condiciones de mantenimiento para los materiales arqueológicos de procedencia subacuática en depósito y exposición dentro de los museos de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Dentro del año 2002 se ha atendido el conjunto del material cerámico recuperado en el yacimiento de la Ballenera; presenta muchas de las alteraciones características de este material en el medio marino. Como alteración más evidente hay que destacar la fractura de los objetos iniciada en el hundimiento y prolongada en el fondo marino a causa de las corrientes y el peso de la cubrición, que se traduce en 1856 fragmentos, de los cuales, finalizado el proceso de restauración, se obtendrán un número todavía indeterminado de piezas reconstruidas.

El tipo de cerámica encontrado en "la Ballenera", englobado genéricamente bajo la denominación "mayólica", observa distintos problemas de conservación sobre el revestimiento de decoración vidriada que lo caracteriza. Brevemente resumidos; estos problemas son: depósitos minerales de hierro procedente de la corrosión del material metálico adyacente, sulfuros metálicos, concreciones calcáreas de origen biológico y exfoliación del recubrimiento decorativo por cristalización de las sales solubles.

Dentro del proyecto de conservación y restauración desarrollado por el C.A.S. se ha trabajado sobre el citado conjunto para devolver la consistencia física al material mediante la consolidación y desalación de las piezas, así como para ofrecer una visión legible de los objetos a través de su limpieza y reintegración. De forma resumida, las actuaciones desarrolladas sobre este



Fig. 10: Jarra policroma de procedencia italiana

conjunto han sido: 1/ la clasificación, diagnóstico y proyecto de conservación del material, 2/ el tratamiento de conservación curativa consistente en: a) consolidación del soporte, b) fijación de vidriado, c) extracción de sales solubles, d) eliminación de concreciones calcáreas, e) eliminación de productos de corrosión, f) eliminación de sulfuraciones, y 3/ el tratamiento de restauración consistente en: a) reintegración del soporte, b) reconstrucción del soporte, y c) reintegración de la policromía.

Registro documental y conservación preventiva

El área de Conservación del Centro de Arqueología Subacuática está desarrollando un proyecto de investigación aplicada para el registro documental y la conservación preventiva de grandes cañones de hierro localizados en los bajos rocosos próximos al Castillo de San Sebastián



Fig. 11: Cañones de hierro semi enterrados en el lecho marino

Para la investigación arqueológica, éstos y otros cañones son muchas veces el único material conservado de un determinado acontecimiento histórico. Sin embargo, las fuertes concreciones marinas generadas por el hierro en ambiente submarino dificultan su estudio. La desconcreción con fines arqueológicos comporta indefectiblemente una intervención completa de conservación sobre el objeto extraído.

Esto es así debido a los mecanismos particulares de la corrosión metálica en el medio marino donde los objetos se estabilizan protegidos por gruesas capas de concreción impermeables al oxígeno y al agua. De esta circunstancia se deriva que ante la imposibilidad de extraer y conservar todos los cañones localizados, la documentación arqueológica del hallazgo se limita a unas mediciones someras efectuadas sobre las concreciones del objeto.

El proyecto tiene por objeto realizar trabajos *in situ* de desconcreción puntual y controlada sobre los citados cañones. Esta operación se desarrolla junto con los arqueólogos del dpto. de intervención utilizando medios mecánicos para remover la concreción externa de las zonas señaladas con mayor interés documental. El siguiente paso consiste en registrar tridimensionalmente las zonas "limpias" mediante moldes flexibles de silicona.

Concluida esta operación se comienza a trabajar sobre los procesos de corrosión en el objeto metálico a través de dos sistemas: instalación de ánodos de sacrificio conectados al núcleo metálico del objeto y aplicación de resinas epoxy formuladas para su aplicación bajo agua y efecto anticorrosión. Finalmente es preciso verificar la ausencia de corrosión contrastando las medidas periódicas de pH y Eh sobre los diagramas de equilibrio electroquímico.

Proyecto de optimización del método electrolítico de conservación.

El principal fin de todo tratamiento de hierro arqueológico de origen marino es eliminar los cloruros de los productos de corrosión. Si esto se realiza

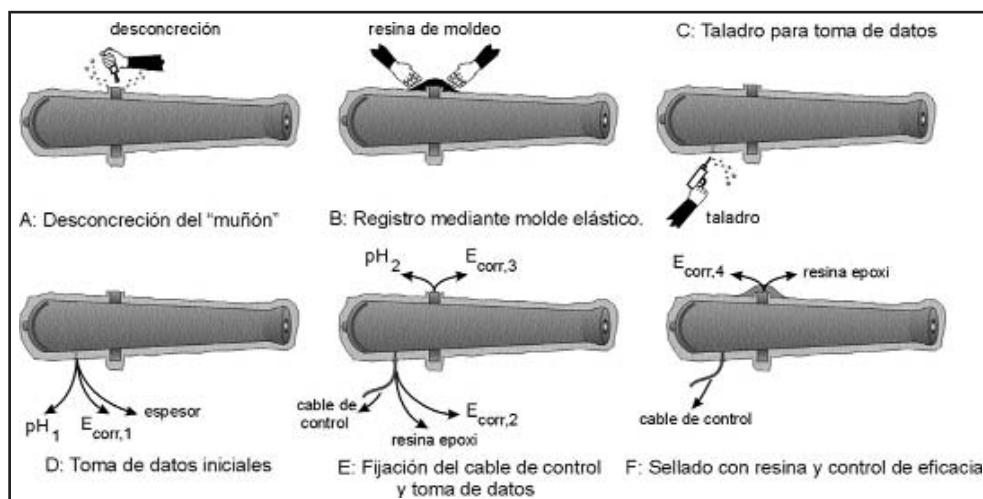


Fig. 12: Descripción gráfica del proceso completo de desconcreción, registro arqueológico y protección *in situ* de grandes objetos de hierro concrecionados

con éxito, el desarrollo del proceso de corrosión debido a los cloruros cesa y la velocidad de corrosión se reduce a niveles más razonables, donde los métodos "convencionales" contra la corrosión pueden operar de forma eficiente.

Un examen de diferentes técnicas de limpieza de cloruros ha mostrado que el paso limitante en la liberación de los mismos está en la difusión hacia fuera de los productos de corrosión de los iones Cl^- . Por tanto, la velocidad de liberación de Cl^- de los artefactos marinos hacia la disolución de limpieza sigue las leyes de difusión. El conservador sólo puede alterar uno de los términos de esta ecuación con el fin de aumentar la velocidad de extracción de cloruros: el coeficiente de difusión del ion Cl^- en el producto de corrosión. La difusión del Cl^- se produce a través de los poros llenos de disolución, y cuanto más espacio haya entre los poros presentes en la película de corrosión los iones serán transportados más rápidamente.

El método más efectivo para aumentar la difusión de Cl^- en los productos de corrosión será aquel que consiga incrementar la porosidad de éstos. Esto se puede llevar a cabo por conversión de los compuestos de hierro en un estado denso. La reducción de los compuestos de hierro se realiza por varios medios, siendo la electrólisis uno de los más comúnmente empleados. Con este método se consigue un gran aumento del coeficiente de difusión del ion Cl^- en los productos de corrosión.

En el método de electrólisis, la principal reacción que ocurre en la película de corrosión del hierro es la reducción de $\text{FeO}(\text{OH})$ al estado denso de magnetita Fe_3O_4 . Básicamente, el funcionamiento es el de una pila electrolítica, consistente en un recipiente con una disolución conductora o electrolito, un cátodo (el objeto de hierro) y un ánodo. Los electrones requeridos para esta reacción son proporcionados por la aplicación de un voltaje externo desde una fuente de alimentación.

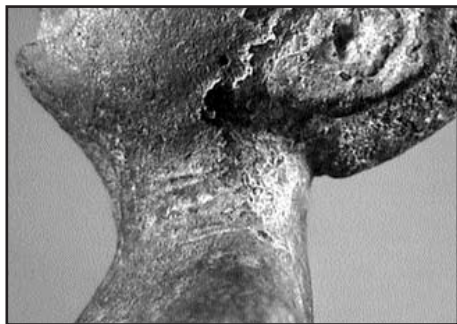


Fig. 13: Detalle de una escultura de bronce afectada por la corrosión "selectiva" de cloruros

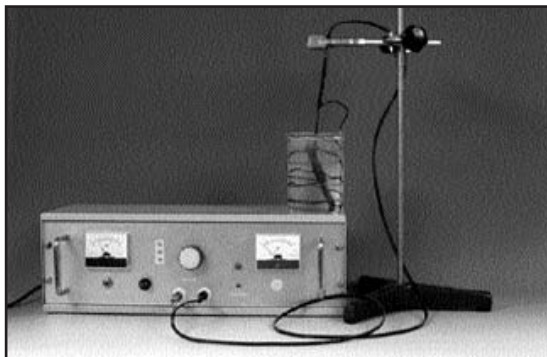


Fig. 14: Ejemplo de pila electrolítica

En este Proyecto se pretende actuar sobre aquellos parámetros del sistema que permitan optimizar el método electrolítico para la conservación de objetos de hierro de origen subacuático, adaptándolo a las necesidades del Departamento de Conservación del C.A.S. Estas actuaciones se acometerán sobre: 1/ las variaciones en las densidades de corriente: bajas (1 a 5 mA/cm²), moderadas (rangos en el entorno de 10 mA/cm²) y altas densidades de corriente (rangos en el entorno de 50 mA/cm²), y 2/ la eficiencia de distintos electrolitos y a diferentes concentraciones: NaOH, NaSO₃-NaOH, Na₂CO₃.

Desarrollo de una técnica de consolidación de fases minerales sobre objetos de hierro de procedencia subacuática

En colaboración con la Universidad de Cádiz y a partir de los trabajos de investigación realizados sobre "la optimización de los tratamientos de estabilización de objetos metálicos de procedencia submarina" se derivan una serie de conclusiones de gran utilidad en el tratamiento de dichos objetos, a saber: 1/ las transformaciones en las fases mineralógicas como indicador del proceso de decloruración, 2/ la verificación de la eficacia de bajas intensidades de polarización y 3/ el establecimiento de una técnica de análisis mediante electrodo selectivo para controlar el proceso de estabilización.

El desarrollo de esta investigación ha propiciado nuevas posibilidades de actuación en la optimización de estos tratamientos. Así, la consolidación de las fases minerales grafitizadas que retienen la capa externa de los objetos arqueológicos es el objetivo de este proyecto que pretende demostrar la eficacia y compatibilidad de esta consolidación con el posterior tratamiento de decloruración electrolítica.

Los objetivos generales marcados para este proyecto son:

- Determinar un sistema eficaz de consolidación de las fases minerales grafitizadas en los objetos metálicos de hierro de procedencia marina a través de la capa de concreción externa.
- Establecer un sistema estándar de tratamiento para la conservación curativa y restauración de objetos de hierro de procedencia marina.
- Determinar un sistema de consolidación de las fases minerales grafiti-

zadas en los objetos de hierro compatible con la desconcreción y el tratamiento de decloruración electrolítica.

En el desarrollo de estos objetivos generales se han realizado las siguientes actuaciones: 1/ recopilación bibliográfica sobre la técnica descrita en el proyecto "Desarrollo de una técnica de consolidación de fases minerales sobre objetos de hierro de procedencia subacuática", 2/ recogida de material de hierro de procedencia marina susceptible de ser tratado y puesta en práctica de un sistema de consolidación de las fases minerales con silicato de etilo, 3/ Ensayos de impregnación del material seleccionado con silicato de etilo en campana de vacío, 4/ ensayos de impregnación del material seleccionado con silicato de etilo a presión ambiente, 5/ ensayos de impregnación del material seleccionado con silicato de etilo por aspersión, 6/ ensayos de desconcreción electrolítica del material consolidado, 7/ ensayos de desconcreción mecánica del material consolidado, y 8/ ensayos de decloruración electrolítica del material consolidado.



Fig. 15: Ensayo de impregnación con silicato de etilo a presión ambiental sobre una amalgama de materiales silíceos y metálicos

Como resultado de estas actuaciones, se trabaja actualmente en el estudio de los objetivos parciales centrados en valorar: a) la compatibilidad del tratamiento consolidante y el proceso de difusión necesario para la estabilización mediante baja polarización del objeto metálico, b) el grado de penetración y la consiguiente eficacia del producto consolidante mediante diferentes técnicas analíticas aplicadas sobre una serie de objetos tratados, y c) las posibilidades de desconcreción mecánica o electrolítica de los objetos metálicos consolidados.

Bibliografía

MEUCCI, C., GALLARDO, M., GONZÁLEZ, M. J. (1999): "Plan de Usos del Centro de Arqueología Subacuática (CAS) del IAPH", *PH Boletín* 32, 110-115.