

El procés de conservació, restauració i museïtzació del *Barceloneta I* (MUHBA).

The conservation, restoration and museumisation process for the Barceloneta I (MUHBA).

Lídia Font i Pagès / lfont@bcn.cat

Codi ORCID: 0000-0001-5899-4480

Conservadora-restauradora de béns culturals. Llicenciada en Belles Arts (UB) i Màster en Degradació i conservació de materials petris en monuments i edificis (UB-UAB). Cap de l'Àrea de conservació preventiva i restauració del Museu d'Història de Barcelona (MUHBA).

Conservator-restorer of cultural heritage. Graduate in Fine Arts (UB) and Master in the Degradation and Conservation of Stone Material in Monuments and Buildings (UB-UAB). Head of the Preventive Conservation and Restoration Department at the Barcelona History Museum (MUHBA).

La fase final de tractament del vaixell medieval *Barceloneta I* s'ha fet al Museu d'Història de Barcelona (MUHBA) i ha consistit en l'estabilització i neteja final (raspat de compostos metàl·lics i eliminació d'excés de PEG), la mesura del magnetisme i del pH de la fusta, el muntatge i instal·lació damunt un suport i la presentació en exposició permanent dins una vitrina climatitzada i monitoritzada. Actualment, segueix en estudi i control per garantir la seva conservació a llarg termini.

Paraules clau: *Barceloneta I*, derelict, magnetisme, pH, acidificació, museïtzació.

The final phase of the treatment of the medieval ship Barceloneta I was performed at the History Museum of Barcelona (MUHBA) and involved the stabilisation and final cleaning (scraping of metallic compounds and removal of excess PEG), measurement of the wood's magnetism and pH, assembly and installation on a support and presentation in the permanent exhibition in a climate-controlled, monitored display case. It is currently still being studied and monitored to ensure its long-term conservation.

Keywords: *Barceloneta I*, shipwreck, magnetism, pH, acidification, museumisation.



[PORTADA] Vista del *Barceloneta I* (MHCB-42412) exposat a l'avantcambra del Tinell del Museu d'Història de Barcelona (Fotografia: Enric Gracia Molina-Arxiu MUHBA).

EL PROCÉS DE CONSERVACIÓ, RESTAURACIÓ I MUSEÏTZACIÓ DEL *BARCELONETA I* (MUHBA)

El temps que ha transcorregut des de la descoberta –el divendres 9 de maig del 2008– del derelicte *Barceloneta I* al jaciment del Baluard del Migdia (Barcelona) fins a la inauguració de la seva exposició –el 26 de maig de 2021– al Museu d'Història de Barcelona a l'avantcambra del Tinell ha estat llarg, en total tretze anys.

Tenint en compte que es tracta de les restes d'un vaixell i, parlant en termes nàutics, podríem referir-nos en aquest article a la seva singladura: el camí que recorre un vaixell en una jornada de navegació. Però el camí ha estat tan llarg, ha visitat tants ports i ha tingut tantes tripulacions diferents que realment més que d'una singladura haurem de parlar d'un períple: un llarg viatge d'anada i tornada.

Durant aquests tretze anys hi ha hagut moltes institucions implicades en el procés, amb els seus professionals. Des d'un inici: el Servei d'Arqueologia de Barcelona-MHCB, el Servei d'Arqueologia de la Generalitat de Catalunya, el Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya (CASC) i el Museu Marítim de Barcelona (MMB); i posteriorment el Museu d'Història de Barcelona (MUHBA) que pren el relleu en la seva tutela, conservació-restauració i exhibició amb la col·laboració del Cercle del MUHBA i el Port de Barcelona.¹

El procés es pot dividir en cinc etapes i emplaçaments diferents:

1. Jaciment arqueològic del Baluard del Migdia (Barcelona). Excavació preventiva on apareix el derelicte batejat com a *Barceloneta I*.²
2. Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya (Girona). Es traslladen les peces de fusta al CASC per realitzar-hi el tractament de conservació.
3. Museu Marítim de Barcelona. Acabat el tractament de conservació, i gairebé el d'estabilització, es traslladen les restes al MMB, on continuarà el procés d'estabilització.
4. Laboratori del Centre de Col·leccions del Museu d'Història de Barcelona a la Zona Franca (Barcelona). Segueix el procés d'estabilització, es fa la darrera neteja i s'inicia l'estudi per a la seva museografia i conservació a llarg termini.
5. Museu d'Història de Barcelona-Plaça del Rei. Es traslladen les peces a l'avantcambra del Tinell (MUHBA) on es munta l'estructura del buc sobre un suport i es protegeix dins una vitrina climatitzada.

Atès que les primeres fases (excavació del derelicte i tractament de conservació al CASC) ja han estat explicades en els textos previs, ens centrarem a explicar les últimes fases, des de la seva arribada al Museu Marítim de Barcelona el mes de març de 2015 fins a la seva recepció al MUHBA a finals d'octubre de 2016, on es realitzen les fases

¹ L'equip tècnic de conservació i restauració anterior a l'ingrés del vaixell al MUHBA el van formar: Cati Àguar (col·laboradora del CASC), Montserrat Pugès (Servei d'Arqueologia de Barcelona), Kusi Colonna-Preti (col·laboradora del Servei d'Arqueologia de Barcelona), M. Teresa Sala, Cristina Latorre i Carme Vázquez (MMB), Maria Molinas, Sílvia Llobet, Lluïsa Matas, Irene Garcia, Esther Horno (Àbac Conservació i Restauració). L'equip de conservació-restauració al MUHBA ha estat format per: Lídia Font, Anna Lázaro i Carla Puerto (MUHBA), Julieta Cash (estudiant en pràctiques al MUHBA), Maria Molinas, Mar Valiente, Irene Garcia, Núria Deu, Lorena Andino, Gemma Torra i Laia Abelló (Àbac Conservació i Restauració, SL).

² L'excavació va ser dirigida per Mikel Soberón (Codex). En el registre i desmuntatge del fragment de buc hi van participar Xavier Nieto, Gustau Vivar (CASC) amb l'assessorament de l'arqueòleg naval Marcel Pujol, i les conservadores-restauradores d'Àbac Conservació i Restauració, SL amb la supervisió de Montserrat Pugès del Servei d'Arqueologia de Barcelona.



d'estabilització, estudi, restauració, muntatge i presentació pública a partir del 2021. ¹

En la taula següent es fa la comparativa del procés de conservació i restauració dels dos derelictes que es presenten en aquesta publicació: *Les Sorres X* i el *Barceloneta I*.

[1] Excavació del vaixell l'any 2008. Des de l'excavació fins l'exposició del derelict al Museu d'Història de Barcelona han transcorregut 13 anys de treball intens (Fotografia: Mikel Soberón).

EXCAVACIÓ	DESSALATGE	IMPREGNACIÓ PEG	ESTABILITZACIÓ
Les Sorres X Novembre – Desembre 1990: 2 mesos	Febrer – Desembre 1991: 10 mesos	Desembre 1991 – Juny 1993: 20 mesos	Juny – Octubre 1993: 3 mesos
Barceloneta I Maig 2008: 1 mes	Febrer 2009 – Novembre 2011: 33 mesos	Desembre 2011 – Desembre 2014: 36 mesos	Desembre 2014 – Novembre 2016: 24 mesos

³ AGUER, C. *Memòria del procés d'assecatge i/o estabilització de les fustes amarades d'aigua del vaixell i pou de la Barceloneta*. Codi intervenció: 096/06 (desembre 2014/ novembre 2015). Girona: Document inèdit, 2015.

⁴ Durant aquest procés es van fer els corresponents controls regulars de pes i dimensions de les peces.

MUSEU MARÍTIM DE BARCELONA

El procés d'estabilització que es va desenvolupar al Museu Marítim es va programar per fer-lo al llarg d'un any. A l'inici d'aquest tractament la fusta conservava encara el 23% d'aigua al seu interior i havia de perdre una part d'aquesta.³ L'assecatge es va fer dins una cambra on es regulaven la humitat relativa (HR) i la temperatura ambientals amb la consigna de mantenir la temperatura a 20°C i abaixar gradualment la HR des del 90 % inicial fins arribar al 58%. Els paràmetres termohigromètrics es van mesurar

amb diversos *dataloggers* i la humitat relativa desitjada s'aconseguia amb diversos humidificadors d'ultrasons flotants, que nebulitzaven aigua osmotitzada continguda dins diversos recipients plàstics i estaven regulats amb un temporitzador. A mesura que passaven els dies es van programar per funcionar menys hores diàries fins que van deixar de ser necessaris i es van desconnectar.⁴ La humitat relativa a partir d'aquell moment s'aconsellava que es mantingués entre el 55-60% i la temperatura entre 18 i 20 °C. ²

MUHBA, CENTRE DE COL·LECCIONS

Les dues últimes fases del procés, dutes a terme per part del MUHBA al laboratori del Centre de Col·leccions i a l'avantcambra del Tinell, han estat probablement en les que més s'ha innovat, s'ha experimentat i s'han aplicat les noves tecnologies i el *know-how* d'un gran equip tècnic pluridisciplinar.⁵ El MUHBA ha actuat en aspectes decisius de la conservació de l'estructura del buc del delerecte i la seva museografia: l'estabilització i estudi de les alteracions, l'assemblatge de les peces del buc, el disseny i construcció del suport i de la vitrina on s'exhibeix, així com del sistema de control ambiental.

L'estratègia

El tractament al Centre de Col·leccions del MUHBA de les peces procedents del Museu Marítim va requerir la construcció d'una nova cambra d'estabilització per mantenir la humitat relativa preestablerta.³ A partir d'aquest moment es va preparar l'estratègia de treball amb tot l'equip. En aquest context es va marcar l'objectiu final de presentar les restes del vaixell en exposició permanent acompanyades d'una maqueta a escala amb la qual es pogués comparar i localitzar el lloc exacte que ocuparia el fragment. També es va decidir exposar-lo en la posició que mantenia quan el vaixell estava sencer i operatiu per raons que s'exposaran més endavant.

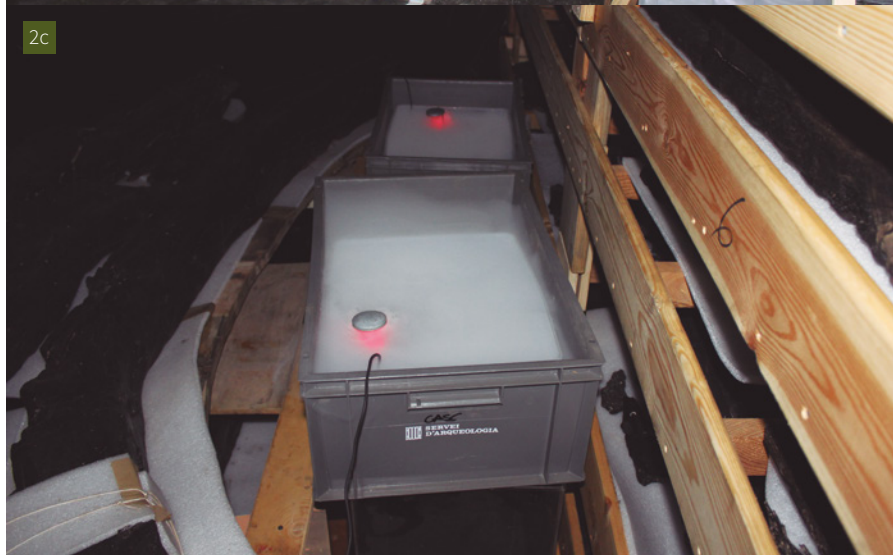
Per al bon desenvolupament del projecte era convenient que tot els membres de l'equip coneguessin les particularitats bàsiques del sistema constructiu d'aquesta tipologia d'embarcacions que els permetés aportar les millors solucions i, a tal efecte, es van compartir articles i esquemes constructius d'aquesta tipologia de buc.⁴

La documentació: procediment i arxiu

L'ingrés del *Barceloneta I* a la col·lecció del museu (MHCB-42412) va anar acompanyada del lliurament de tota la documentació recopilada fins aquell moment pel Servei

⁵ L'equip estava format pels conservadors-restauradors citats a l'inici juntament amb: Núria Miró, Ramon Pujades i Emili Revilla (conservadors del MUHBA); Mikel Soberón, Marcel Pujol i Bruno Parés (arqueòlegs); personal de l'empresa Tti (pel suport en la manipulació de quadernes); Màrius Roig i Anna Bullich (Equirò Equipament SL, pel disseny del suport) i Adelina Casanova (Udeu, dissenyadora de la vitrina).

[2] Treballs de control de l'assecatge al Museu Marítim. **a i b)** Procés d'instal·lació de la cambra d'assecatge. **c)** Interior de la cambra amb els humectadors en funcionament (Fotografies: CASC).





d'Arqueologia de Barcelona que inclou: la documentació de l'excavació, les memòries de restauració així com els informes de les anàlisis físico-químiques i els articles publicats, a més de la corresponent documentació gràfica i fotogràfica. Així doncs, el museu, amb la recepció del fragment de buc, va esdevenir el repositori de la documentació i, a partir d'aleshores, adquiria el deure d'assegurar-ne la seva tutela, incrementar-la i tenir-la a disposició i oberta a consulta com es fa amb tots els altres objectes de la col·lecció.⁶

En relació la creació de documentació nova, un aspecte que va tenir una importància vital, per diferents motius, fou la realització per encàrrec del museu d'una cobertura fotogràfica o fotogrametria de milers de preses per tal d'obtenir un model 3D de cadascuna de les prop de 80 peces que componen el buc.⁷ Les dimensions, pes (una quaderna impregnada amb PEG pesa al voltant de 75 Kg) i estat de conservació de les taules i de les quadernes dificultaven la seva manipulació;⁸ per aquest motiu, gràcies al model, es van poder estudiar al detall les diferents peces de fusta a partir de la pantalla d'ordinador i va servir, també, per fer un muntatge virtual de tot el conjunt de l'estructura del buc. Això no només va ser útil per als conservadors-restauradors, sinó també per a l'estudi del vaixell i per a la realització del model a escala 1/20,⁹ i, finalment, també va servir per dissenyar l'estructura de suport que es faria per a la seva presentació al museu.

A partir de la fotogrametria es van obtenir, així mateix, els plànols d'especejament on cada peça es representava amb les vistes (ortofotografia) de les quatre cares. Aquesta

[3] Seguiment periòdic de l'estat de les peces del derelictat realitzat al Centre de Col·leccions del MUHBA abans d'iniciar la neteja final i muntatge (Fotografia: Lídia Font-Arxiu MUHBA).

[4] Il·lustració del sistema d'unió de les taules amb claus i reblons i de les quadernes al folre mitjançant cavilles o perns de fusta (Imatge: AGOTE AIZPURUA, X. "Nuestros Barcos. Tipos de construcción. A tope y a tingladillo". A: AGOTE AIZPURUA, X. *Gure Itsasontziak*. Gipuzkoa: Diputación Foral de Gipuzkoa. Dirección General de Cultura, 2009, p. 24).

⁶ El Servei d'Arqueologia de la Generalitat custodia l'arxiu de la documentació de les excavacions i a l'Arxiu Arqueològic del MUHBA s'ha arxivat una còpia.

⁷ Aquesta tasca va ser encomanada a l'arqueòleg Bruno Parés en col·laboració amb Marcel Pujol.

⁸ Es van col·locar els elements sobre palets i s'anaven voltejant a mesura que s'avançava en la fotogrametria. Fet això les peces es van poder desmar reduint la seva manipulació.

⁹ Realitzada per Lluís Rovira Carbonell amb l'assessorament de Marcel Pujol

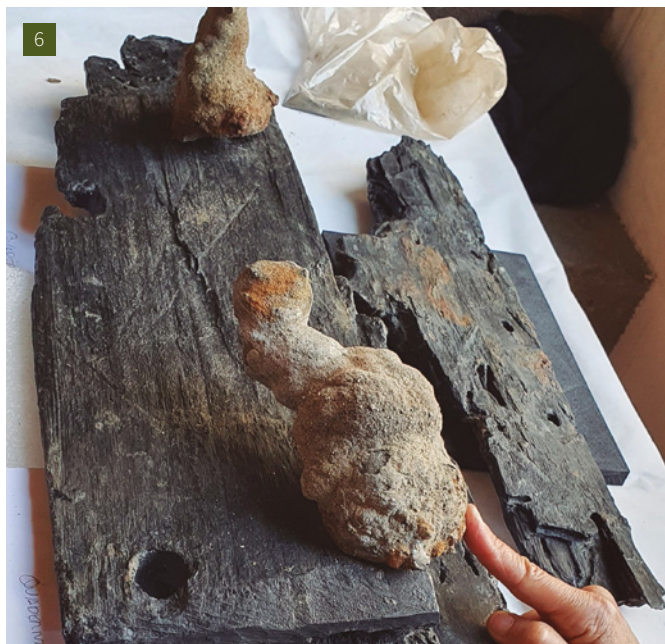
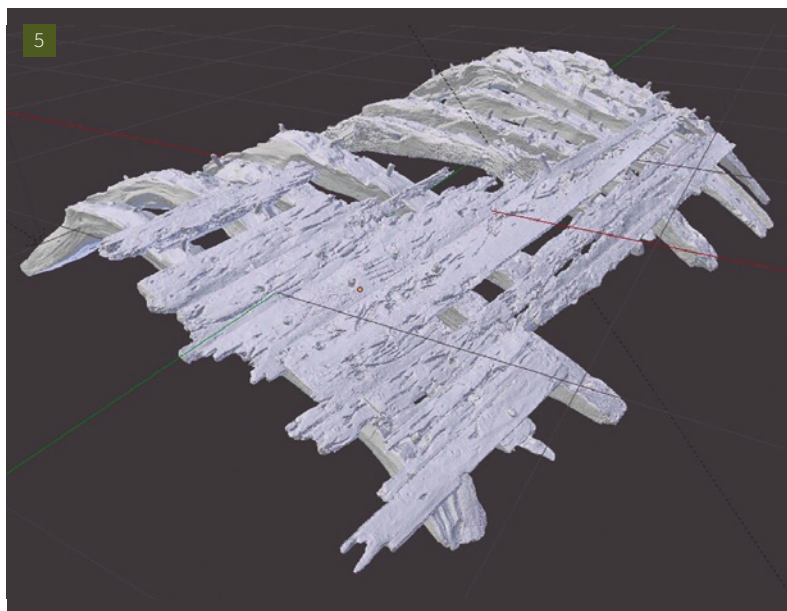
representació gràfica va permetre recollir totes les dades obtingudes en l'exploració exhaustiva en el corresponent mapa o cartografia d'alteracions. ⁵

Estat de conservació

En el medi subaquàtic, els dos materials de que està fet el buc s'havien conservat de manera ben diferent. El ferro dels claus de fixació s'havia transformat en productes de corrosió (carbonats i sulfurs) que formaven una massa voluminosa i molt sòlida d'una mescla de compostos de ferro, sediment argilós, sorra i mol·luscs marins a l'interior de la qual s'havia conservat el volum pràcticament buit del clau. Aquests elements metàl·lics es van eliminar preventivament a l'excavació a fi i efecte d'evitar les possibles interaccions amb la resina polietilenglicol PEG durant el tractament. ⁶ Malgrat tot, una part dels productes generats per l'oxidació i la corrosió dels claus havia penetrat dins la fusta essent la seva presència tan elevada que apropant-hi un imant aquest s'adheria a la fusta.¹⁰ La forta resposta magnètica es podia atribuir a la presència de compostos minerals magnètics del ferro com ara la magnetita (Fe_3O_4) o la greigita (Fe_3S_4). La primera es produeix en un medi lleugerament oxidant i la segona està associada a un procés de corrosió influenciat per l'activitat dels bacteris anaerobis que generen sulfur (bacteris sulfuroreductors). En un primer estadi es forma mackinawita (FeS) que es pot transformar, segons les condicions ambientals, en un sulfur encara més ric en sofre, la greigita (Fe_3S_4), que al seu torn pot donar pas a d'altres compostos sulfurats molt perjudicials com ara la pirita (FeS_2) i susceptibles de provocar acidificació de la fusta. La pirita a diferència dels altres compostos no presenta magnetisme.

A la vista d'aquests indicis observàvem que les peces de fusta de roure i algunes reparacions fetes amb fusta de pi, tenien nivells diferenciats de duresa i alteració però en general mantenien consistència, volum i forma gràcies al tractament de consolidació amb PEG. No obstant, a causa dels compostos de ferro esmentats i el risc que poguessin evolucionar cap a formes àcides es va considerar necessari analitzar-les més acuradament. Així, es va mesurar la intensitat i extensió del magnetisme i es va mesurar també el pH (les quadernes Q3 i Q10 i la taula T5 es van prendre com a referents). ⁷

El mapa que recull el grau d'atracció a l'apropar-hi un imant de neodimi (0 = resposta nul·la, 1 = baixa, 2 = mitjana, 3 = alta) revela que les taules del folre, en particular la cara interna on es situen els rebllons, dona una resposta més intensa i extensa, mentre que a les quadernes els residus magnètics es localitzen a la cara que està en contacte amb el folre i també entorn els punts d'unió entre les peces



[5] Model 3D obtingut a partir de la fotogrametria amb la disposició del buc tal com va aparèixer a l'excavació (Imatge: Bruno Parés-Arxiu MUHBA).

[6] Claus de ferro presentats sobre la corresponent taula d'on es van extreure durant l'excavació (Fotografia: Lídia Font-Arxiu MUHBA).

¹⁰ S'han conservat alguns dels claus extrems i estan actualment en fase d'estudi.

¹¹ RÉMAZEILLES, C. [et. al.]. "Study of Fe (II) sulphides in waterlogged archaeological wood". *Studies in Conservation*. Vol. 58 (2013), p. 297-307. RÉMAZEILLES, C. [et. al.]. "L'épave Lyon Saint-Georges 4, un composite grand format". A: GUILMINOT, E.; GENACHTE, A. (org.). *Journé ICOM Metal France 2017*. Aubervilliers (France): ICOM, 2017, p. 12-17.



[7] Durant el desmuntatge del vaixell a l'excavació s'apreciaven clarament els òxids damunt les quadernes i la barreja de molsa, estopa, pega i òxids sobre les taules (Fotografia: Mikel Soberón).

¹² Es va comptar amb l'ajut i assessorament de Xavier Martínez, graduat en Conservació i Restauració de Béns Culturals, en l'especialitat de Béns Arqueològics, a l'Escola Superior de Conservació i Restauració de Béns Culturals de Catalunya (ESCRBCC), el qual va realitzar una estada Erasmus-pràctiques al laboratori Nucléart de Grenoble, especialitzant-se en el tractament de materials procedents de jaciments arqueològics subaquàtics. Actualment és tècnic contractat del Laboratori Nucléart.

¹³ Laboratorio Artelab. Ref 12D_2018. *Estudio de los Materiales presentes en dos micromuestras de madera de roble de un pecio medieval*. Informe inèdit. Arxiu MUHBA. 2019. Les mostres van ser analitzades amb: microscòpia òptica amb llum polaritzada, incident i transmesa; microscòpia electrònica d'escombrat i microanàlisi mitjançant espectrometria per dispersió d'energia de raigs X (SEM-EDX).

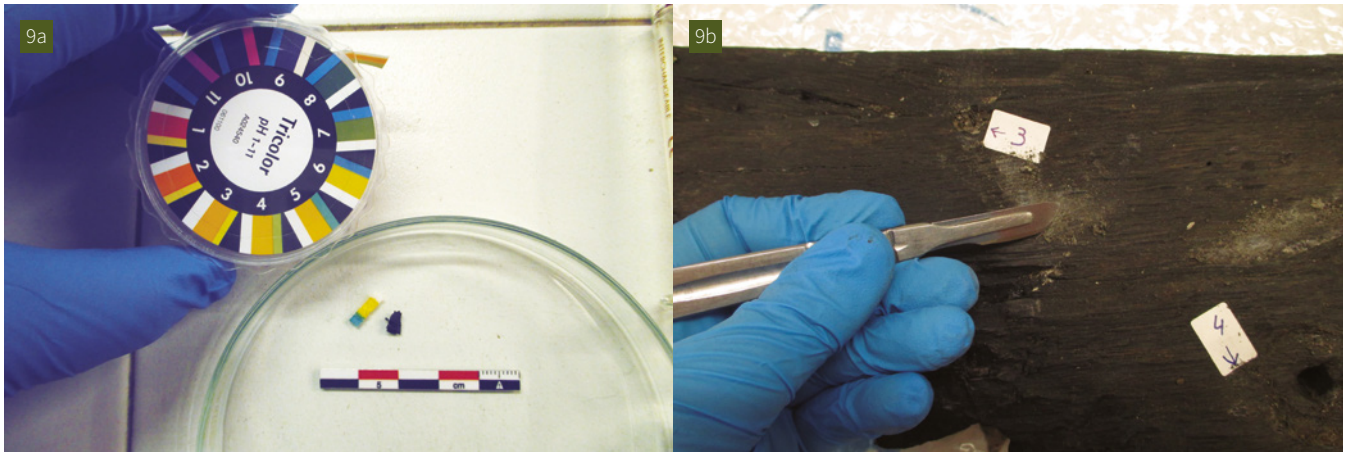
que configuren una mateixa quaderna (entre el medís i l'estamenera) que són unions reforçades amb claus i, per tant, amb major presència de ferro. ⁸

La mesura de l'acidesa es va fer segons el protocol empleat al laboratori Nucléart de Grenoble.¹² En primer lloc, es va explorar la superfície de tots els elements

mirant de detectar zones amb concrecions blanquinoses pulverulentes, especialment aquelles que desprenen una olor desagradable que es pot relacionar amb la presència de sofre. ⁹ En aquestes zones, després de mesurar el magnetisme, es va extreure un petit bocí de concreció mineral o de fusta que s'impregnava per un instant en aigua destil·lada i passats uns 30 segons es mesurava el pH amb una tira indicadora de paper. Tot seguit, es netejava a fons la superfície de la fusta i s'extreia una segona mostra acompanyada d'una nova mesura de resposta a l'imant. Els resultats es van cartografiar i de la seva avaluació es conclou que el pH més àcid no coincideix exactament amb la ubicació del clau de ferro sinó que hi ha un cert desplaçament dels compostos cap a les zones del seu entorn. La majoria de mesures volten el pH 5-5,5. No obstant, hi ha valors molt localitzats més àcids en els extrems de la quaderna Q3 amb un pH entre 2 i 3 i a la quaderna Q10 amb pH entre 3 i 4,5. Aquestes són les zones d'unió entre les estameneres on s'havien utilitzats claus de reforç suplementaris. Així mateix, hi ha resultats de pH entre 3 i 4,5 a la T5 en zones on s'han fet diverses reparacions del buc amb ús abundant de claus que explicarien els resultats obtinguts i ajuden a localitzar les zones més susceptibles d'acidificació. ¹⁰ i ¹¹ Paral·lelament, es van extreure dues mostres de fusta corresponents als extrems de les quadernes Q1 i Q2 que van ser analitzades al laboratori amb un mesurador de pH digital amb el resultat de 3,94 i 4,81, respectivament, mentre les anàlisis SEM-EDX van detectar la presència de pirita en ambdues mostres.¹³



[8] Procés de mesura del magnetisme de la fusta d'una quaderna (Fotografia: Maria Molinas).



[9] **a)** Mesura del pH. **b)** Raspat de concrecions per ser analitzades (Fotografies: Maria Molinas).

10



ABAC
 CONSERVACIÓ-
 RESTAURACIÓ, S.L.

DADES GENERALS

Ubicació: Pl/ Pau Vila, C/ de la Marquesa, C/ Doctor Aiguader
 Projecte: 096/06 Intervenció arqueològica Plaça Pau Vila
 Data: Estiu 2018

PLÀNOL SITUACIÓ

DADES ESPECÍFIQUES CARTOGRAFIA

Títol: Estudi de Magnetisme i Acidesa
 Localització: UE 658
 Referència: Q10
 Objecte: Quaderna
 Tècnica:
 Cronologia: s. XV

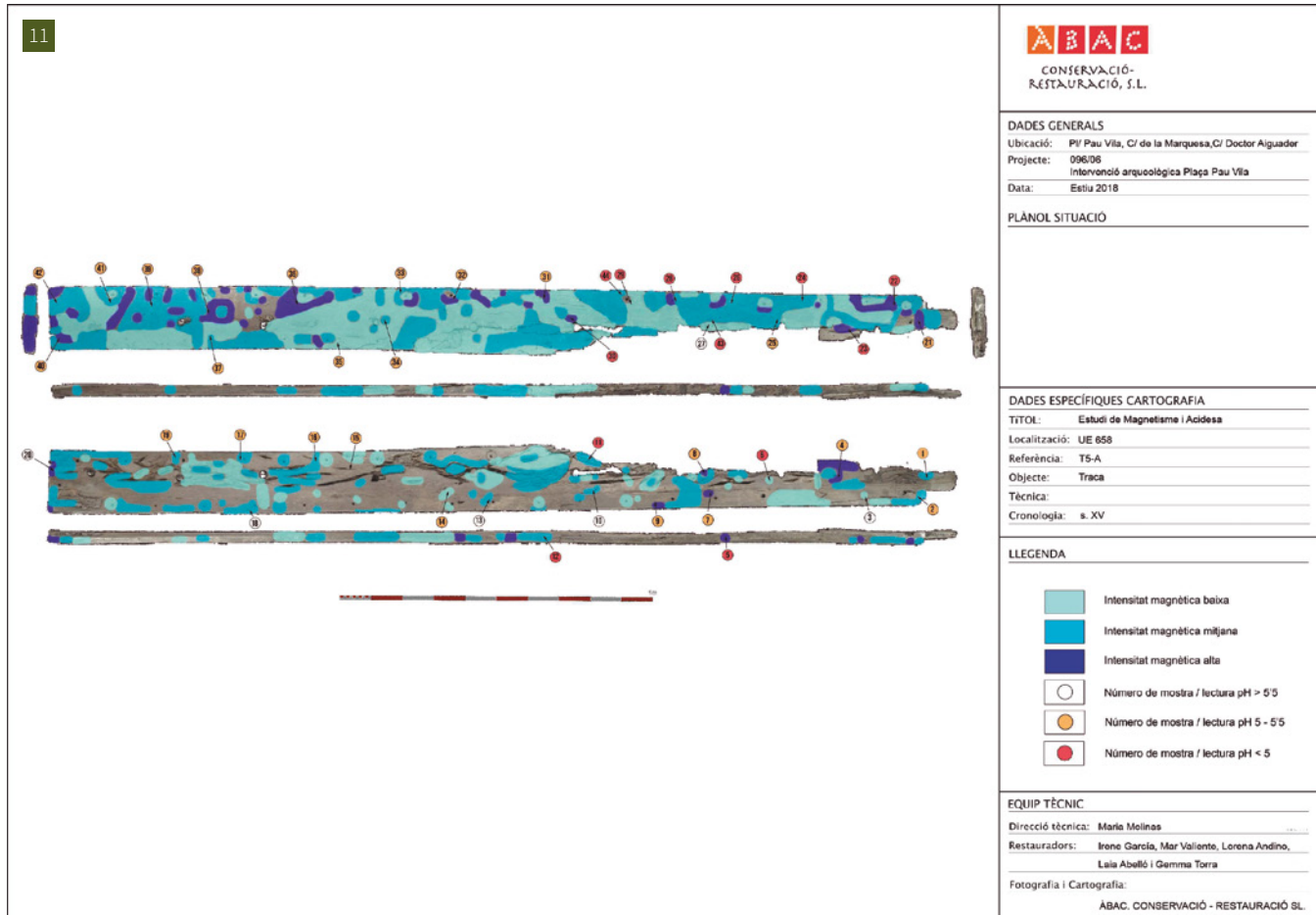
LLEGENDA

- Intensitat magnètica baixa
- Intensitat magnètica mitjana
- Intensitat magnètica alta
- Número de mostra / lectura pH > 5.5
- Número de mostra / lectura pH 5 - 5.5
- Número de mostra / lectura pH < 5

EQUIP TÈCNIC

Direcció tècnica: Maria Molinas
 Restauradors: Irene Garcia, Mar Valente, Lorena Andino,
 Laia Abelló i Gemma Torra
 Fotografia i Cartografia:
 ABAC, CONSERVACIÓ - RESTAURACIÓ S.L.

[10] Cartografia del magnetisme i resultats de les mesures de pH de la quaderna 10 (Imatge: Maria Molinas, Àbac-Arxiu MUHBA).



[11] Cartografia del magnetisme i resultats de les mesures de pH de la taula 5 (imatge: Maria Molinas. Àbac-Arxiu MUHBA).

¹⁴ SOBERÓN, M. "El port baixmedieval de la ciutat de Barcelona: Una visió des de l'arqueologia. L'escullera de 1457 i la troballa d'un vaixell tinglat". *Quarhis*. Barcelona: (2010), 6, p. 134-163. RIERA, S.; JULIÀ, R. "Usos del sòl i activitats productives a Barcelona a partir de l'anàlisi paleoambiental de la llacuna litoral medieval del Pla de Palau". *Quarhis*. Barcelona: (2010), 6, p. 165-177.

¹⁵ RIERA, S.; JULIÀ, R.: "Memòria sobre l'estudi dels sediments lacunars localitzats al solar del Baluard del Migdia". A: *Memòria de la Intervenció 09606 Pla de Palau, Plaça Pau Vila 12-13b; C.D. Aiguadé 1.27 / C de la Marquesa* 2009, p. 173.

La valoració correcta dels resultats obtinguts fins la data és encara en fase d'estudi atès que requereix analitzar les condicions que oferia la fusta en origen, caracteritzar-ne l'estat actual, posar els resultats en concordança amb l'ambient i el sediment marí on s'ha conservat durant tots aquests segles, així com amb els productes presents i les condicions ambientals posteriors a l'excavació. En conseqüència, per tal d'intentar recompondre i analitzar el procés d'alteració i preveure la seva evolució futura en el temps s'hauran de seguir estudiant aspectes molt diversos. Per començar, i atès que la fusta de roure té un grau d'acidesa natural caldrà concretar quin era. També conèixer quin pot haver estat el paper i l'acció de la pega (substància viscosa que s'obté per la destil·lació del quitrà vegetal d'algunes coníferes) i la molsa emprades en el calafatejat que han impermeabilitzat la superfície externa. Després, s'hauran de valorar factors produïts durant la vida útil de l'embarcació.

En relació l'etapa de permanència del buc sota l'aigua, ja disposem d'algunes dades rellevants dels estudis fets fins ara que confirmen algunes de les hipòtesis. El fons de llims va proporcionar un llit que es caracteritza per la seva plasticitat i absència d'oxigen. El vaixell concretament es va trobar en la zona del port on hi havia hagut una llacuna d'aigua més tranquil·la protegida per la *Tascha* o barrera de sediments procedents del riu Besòs,¹⁴ per tant, una zona en que hi havia ocasionalment aigua dolça. Els resultats de les anàlisis de mostres de sediment per difracció de raigs X.¹⁵ detecten les fases minerals majoritàries següents: quars, calcita, il·lita i clorita i, ocasionalment, apareix dolomita, piritita i feldespat, amb menor concentració. Aquests resultats ens remetent a un ambient gairebé anaerobi apropiat per la conservació de la fusta, però les fases que s'hi detecten, especialment la piritita, alerten sobre el risc d'acidificació. Al seu torn, els sediments posteriors que van cobrir el derelict estaven

formats per graves i sorres aportades pel riu Besós que es relacionen amb temporals de mar i devien causar una certa erosió, exercir pressió i ocasionar deformacions. Així mateix, l'aigua de mar seria responsable de la hidròlisi de la fusta alterant els components cel·lulòsics de la mateixa.

12

Però com explicar la formació i presència de pirita? En termes generals, en el medi subaquàtic marí, la baixa concentració d'oxigen, la foscor, les baixes temperatures de l'aigua, la protecció que proporcionen els sediments i la salinitat fa que els bacteris siguin els principals agents de degradació del derelict. Els bacteris sulfato-reductors anteriorment esmentats poden metabolitzar la matèria orgànica del fons marí reduint els ions sulfat de l'aigua de mar i produir sulfur d'hidrogen dissolt (H_2S) que es difon a la fusta.¹⁶ Segons l'estudi dels sediments del jaciment del Baluard del Migdia, el buc estava colgat per sorres i, per damunt d'aquestes, per restes de posidònia que podrien haver aportat la matèria orgànica necessària per aquest desenvolupament; també s'ha de considerar la presència de la molsa i l'estopa utilitzades per calafatar.

D'altra banda, i seguint amb els processos subaquàtics, l'oxidació dels claus produeix ions solubles de ferro (FeII) que poden interactuar amb el sulfur d'hidrogen aportat pels bacteris i generar sulfurs de ferro, entre aquests, la pirita (FeS_2), com la que es va detectar en l'entorn del *Barceloneta I*.¹⁷ Tot i així, podrien haver-n'hi molts d'altres que no haguem identificat encara, com la mackinawita (FeS) o la greigita (Fe_3S_4), per citar-ne alguns dels més freqüents.

Un cop fóra de l'aigua, a partir de l'excavació i l'exposició de la fusta a concentracions d'oxigen superiors a les que es mantenien fins aquell moment i en cas d'humitat relativa elevada, hi ha risc que els sulfurs de ferro es converteixin en àcid sulfúric i/o efloroscències salines que causen danys químics i mecànics irreversibles a la fusta que expliquen el risc de l'acidificació.

El procés posterior de neteja i dessalatge del buc amb aigua dolça i el tractament per impregnació a saturació amb PEG 4000 a 55-60 °C de temperatura o l'aplicació de biocides a l'aigua¹⁸ són també factors que caldrà afegir a l'historial clínic i tenir presents en l'avaluació de l'evolució de la conservació a llarg termini. El PEG, actua com a catalitzador de les reaccions que produeixen els compostos de sofre per la seva afinitat de captar electrons. La formació dels ions Fe (II) indueix, així mateix, a la descomposició de les molècules de PEG, inhibint la seva funció de consolidació i suposant un perill per la conservació a llarg termini.

Neteja

Paral·lelament a l'estudi dels processos d'alteració, la primera tasca corresponent al tractament que es va fer al nostre museu consistí en retirar l'excés de PEG que hi havia en la superfície, que aflorava a mesura que les peces de fusta s'estabilitzaven. Aquesta operació convenia fer-la amb la mínima aportació d'humitat per tal de no reactivar les reaccions anteriorment descrites. La neteja es va fer tamponant amb esponja natural amarada d'aigua calenta però molt escorreguda i a continuació s'absorbien les restes de cera amb paper cel·lulòsic.¹³

Tot seguit, es va fer la neteja i raspat exhaustius de possibles compostos de ferro insistint especialment en la neteja del forats dels claus per mirar de reduir al màxim les possibilitats d'acidificació. De moment, es va descartar qualsevol acció addicional més dràstica com ara l'eliminació de la fusta alterada a l'espera de poder controlar l'evolució dels compostos a través de sistemes passius que s'exposen més endavant.

Remuntatge

El remuntatge de les peces del buc obligava a replicar el procés constructiu original. Això volia dir, muntar primer el folre començant per col·locar la taula més propera a la quilla i, després, superposar-hi la següent unint-les entre si amb una renglera de claus que va d'un extrem a l'altra i seguir amb la resta de taules. Un cop muntat el folre, s'havien d'encaixar les quadernes al folre utilitzant com element d'unió les cavilles de fusta que travessen, de cap a cap, taula i quaderna.

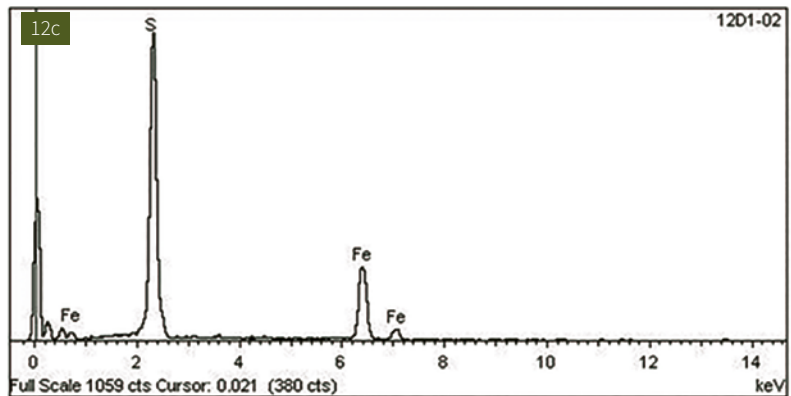
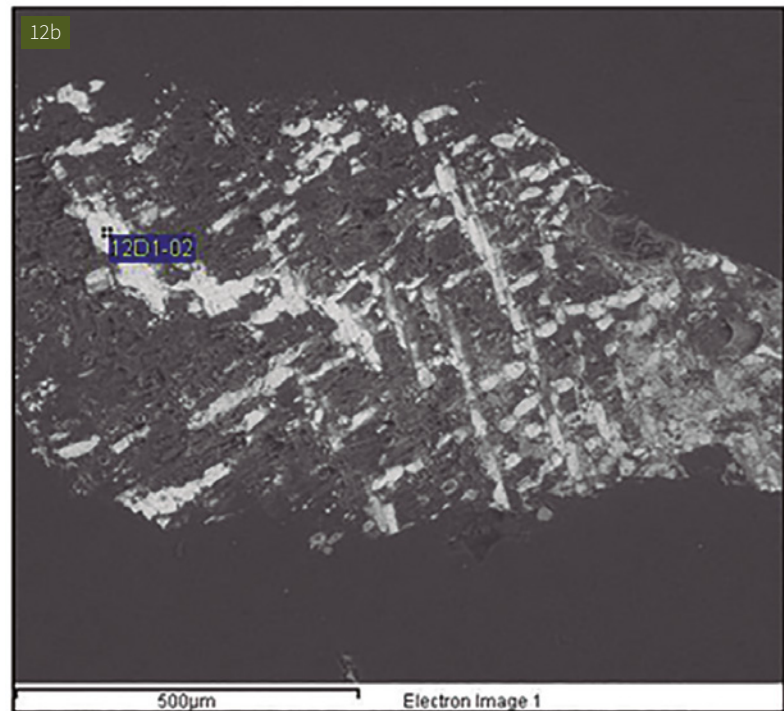
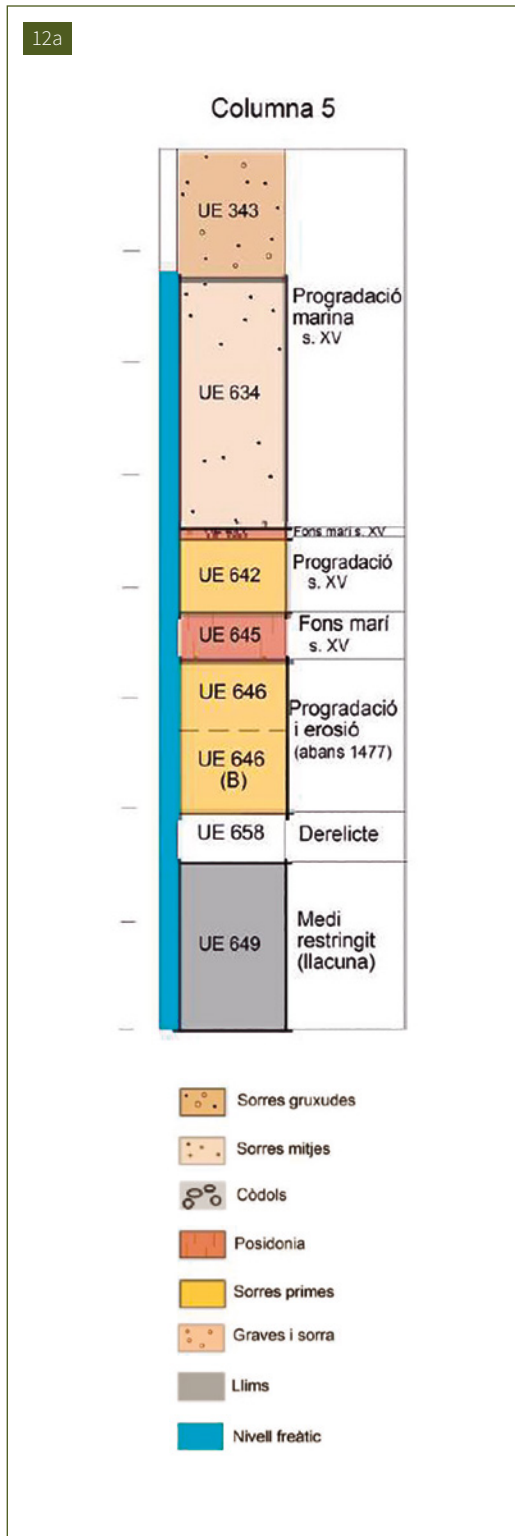
Per poder fer-ho així, hi havia dos aspectes importants a resoldre. D'una banda, s'havia de muntar un bon entramat d'elements d'apuntament per suportar i mantenir el folre i les pesants quadernes al seu lloc, tal i com ho fan els mestres d'aixa durant el procés de construcció d'un buc. De l'altra, calia idear un sistema específic d'unió entre quaderna i folre complementari al de les cavilles originals, atès que a l'excavació moltes d'aquestes es van haver de tallar arran per poder desmuntar el derelict i són encara dins el corresponent forat de la quaderna obturant-lo i impeding el pas d'una cavilla nova. També es veia difícil que les cavilles conservades senceres i ben travades dins la quaderna, de la que sobresurten uns centímetres, encaixessin de nou en el corresponent orifici de la taula del folre i es temia que més aviat suposarien un inconvenient pel bon assembletatge.

Mentre es resolien aquestes qüestions, es va avançar amb el muntatge del folre. Primer de tot, amb l'ajut dels calcs fets a l'excavació es va fer el plantejament general de

¹⁶ FORS, I.; SANDSTRÖM, M. "Sulfur and iron in shipwrecks cause conservation concerns". *Chemical Society Reviews*. (2006), núm. 35, p. 399-415 i p. 402. GARCIA BOULLOSA, L. *Bildumaren kontserbazioa: 10 urte ondarea kontserbatzen. La conservación de la colección. 10 años conservando patrimonio*. Bilbao: Bizkaiko Foru Aldundia - Diputació Foral de Bizkaia, 2020, p. 35.

¹⁷ Els ions ferro també poden iniciar i catalitzar la degradació i oxidació del contingut cel·lulòsic.

¹⁸ En aquest cas s'ha usat el fungicida ATN JB 48, un agent biocida sense fenol ni metalls pesants de la casa ATN Difussion, S.A.



[12] **a)** Columna estratigràfica de la zona de l'excavació on es va localitzar el *Barceloneta I*. Damunt el derelictes hi ha més d'un metre de sorres primes i sobre aquestes una capa vegetal de posidònia (imatge: SOBERÓN, M. *Memòria de la intervenció arqueològica a la plaça de Pau Vila, 12-13b / Carrer del Dr. Aiguader, 1-27 / carrer de la Marquesa, 2-6. Barcelona 096-06: excavació Còdex*, 2009, p. 131). **b)** Identificació de la pirita en una mostra de fusta. Imatge obtinguda del microscopi electrònic d'escombrat amb detector d'electrons retrodispersats (BSE) de la zona on s'ha realitzat l'anàlisi EDX (Fotografia: Arte-lab, S.L.). **c)** Espectre EDX de l'anàlisi obtingut de l'àrea delimitada a la imatge anterior (imatge: Arte-lab, S.L.).

col·locació de les taules. Això va servir per comprovar que les alteracions de mida i forma havien estat mínimes i que els forats on havien existit elements de fixació –claus de ferro i cavilles de fusta– coincidien. A continuació, sobre les taules del folre es van estendre cordills que marcaven la ubicació de cada quaderna i servien de guia per col·locar bé les peces. Tot seguit, amb l'ajut de palets de fusta llargs es comprovava que els orificis d'unió entre les taules eren oberts i que els de les dues taules que es volien acoblar coincidien i s'hi podria fer passar un clau. ¹⁴ i ¹⁵

Fet això i verificada també la bona consistència de la fusta de les taules, es va determinar muntar el folre amb l'ajut de claus d'acer inoxidable de mides similars als originals però amb una forma diferent i funcional per tal que els elements nous fossin clarament identificables.¹⁹ Els claus dissenyats tenen la cabota formada per un disc pla amb una peça rectangular central que sobresurt i facilita l'acció d'enroscar, perquè la nova tija té rosca a diferència dels claus de forja usats en la construcció original. El rebló es va fer lleugerament més petit per deixar a la vista l'empremta conservada sobre la fusta de la peça original i aquest s'enrosca al clau de forma que es pot ajustar la pressió que exerceix. A fi i efecte d'evitar el contacte directe entre el metall i la fusta que pugui provocar una interacció química, la tija es va folrar amb tub termoretràctil de poliolefina i a la zona de contacte de la fusta amb la cabota o el rebló s'hi va intercalar una fina làmina de silicona de qualitat alimentària. ¹⁶

Una tasca de restauració necessària per preparar el remuntatge del folre fou la d'unir els fragments que formaven una taula per obtenir andanes el més senceres possible. En aquest cas, en comptes d'adhesiu es van utilitzar varetes molt fines, tant de fibra de vidre i polièster com de fibra de carboni, que s'introdueixen al cantell del fragment, fent prèviament un petit orifici de poc més d'un centímetre de profunditat, i servien per unir dos fragments entre si i cosir-los. En algunes zones molt fragmentades, a més

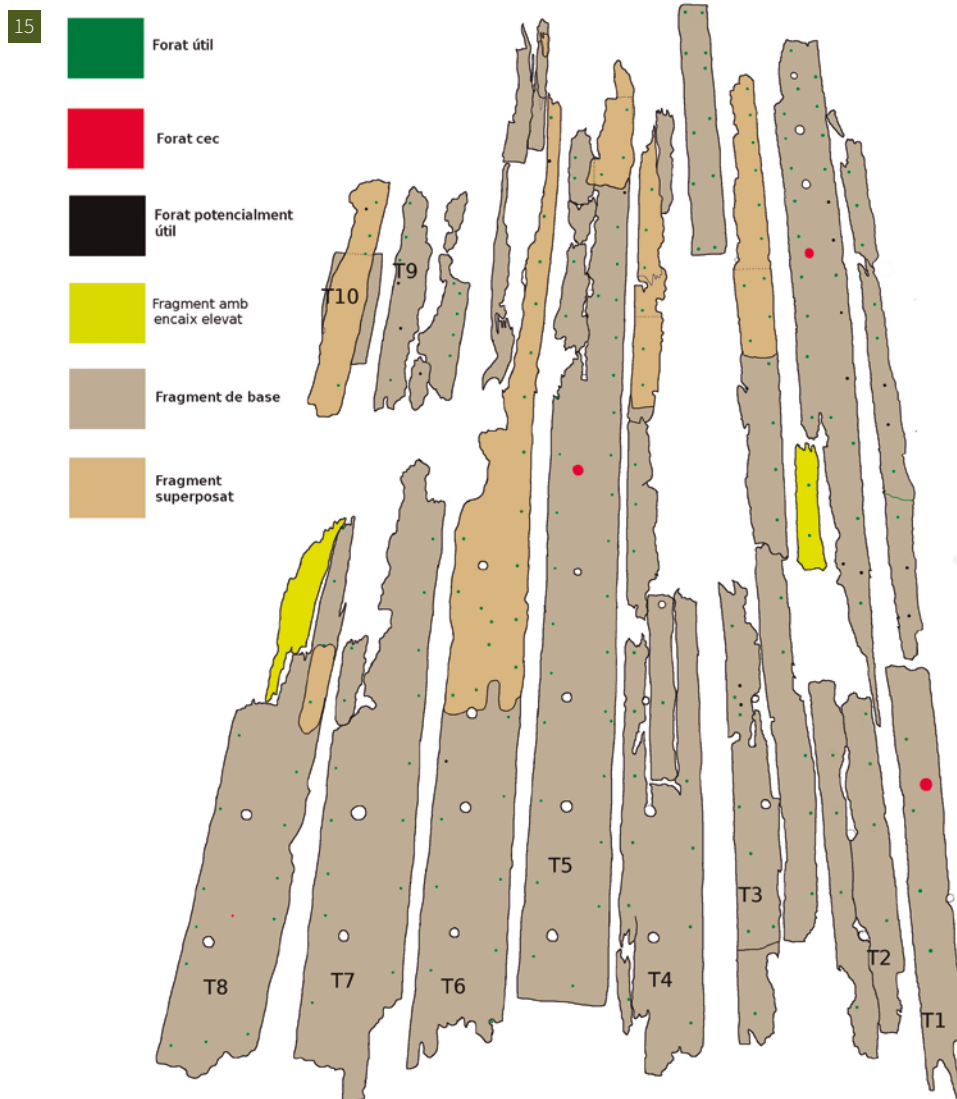
¹⁹ Agraïm a Toby Jones, conservador del Newport Ship, a qui vam fer una consulta sobre les característiques dels claus originals i els de substitució que utilitzen, els seus comentaris i l'advertiment de valorar el pes que es podia afegir a l'estructura amb els claus d'acer inoxidable.,

[13] Procés de neteja del PEG que havia aflorat a la superfície (Fotografia: Maria Molinas. Àbac).

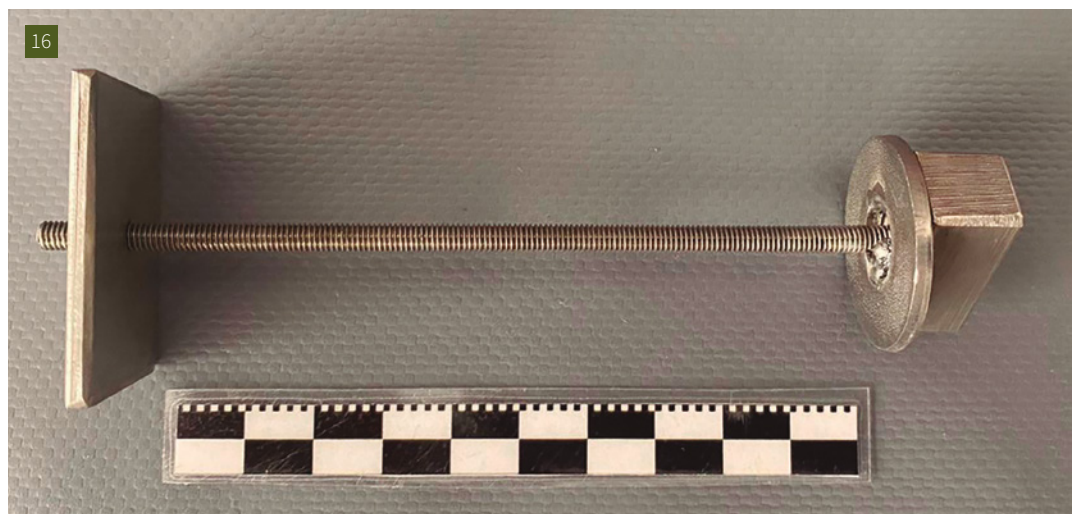
[14] Preparació del muntatge del vaixell (Fotografia: Lídia Font-Arxiu MUHBA).



[15] Cartografia dels forats de claus i cavilles amb indicació dels que estaven lliures o els cecs (Imatge: Maria Molinas. Àbac).



[16] Clau nou d'acer inoxidable. La cabota fa 3,2 cm de diàmetre i 2 mm de gruix; el rebló fa 4 x 3,5 cm i 3 mm de gruix i la tija fa 12 cm. Les empremtes de les cabotes originals tenien la mida següent: entre 3 i 5 cm de diàmetre la cabota i entre 4 o 3,5 x 4,5 cm. el rebló (Fotografia: Lídia Font-Arxiu MUHBA).



a més, es va enfundar la part malmesa en malla tubular de fibra de vidre extensible o amb reixeta de polièster negra. Així, s'aconseguia una correcta unió mecànica i que les taules quedessin enllestides pel seu trasllat a la sala d'exposicions i muntatge, sense necessitat de cap adhesiu que pogués generar una reacció química inadequada. ¹⁷

L'assemblatge del folre i les quadernes

Arribats a aquest punt calia abordar l'assemblatge entre el folre i les quadernes. Després de valorar diverses possibilitats per fer aquesta operació es va determinar de construir una estructura que servís tant per suportar les peces al seu lloc durant l'operació d'assemblatge com de suport definitiu per a la presentació en exposició.

A partir d'aquí, es va començar el disseny d'aquest suport en una estreta col·laboració amb el metal·lista.²⁰ Pel disseny de la mateixa es va fer servir, com s'ha comentat, el remuntatge virtual del buc en 3D i també una reproducció a petita escala en 3D de cada quaderna i de les taules del folre. Totes dues realitzacions van servir per a assegurar que l'estructura tindria la forma adequada, que les peces encaixarien perfectament i que la seva estructura fos el menys invasiva possible atès que el folre amb les taules acoblades pesa i requereix molts punts de recolzament. Això va estalviar haver de construir plantilles o altres elements provisionals de recolzament com es fa en ocasions. ¹⁸

L'elecció del suport: tipus i característiques

Per arribar a la definició del suport es va fer un petit estudi d'altres exemples de suports, especialment de vaixells tinglats i en particular de fragments de buc com el *Barceloneta I* als quals els hi manca la quilla i només conserven un dels costats.

El resultat és una estructura de suport sòlida (per suportar els 700 Kg de pes del buc) però lleugera, innòcua i fàcil de moure gràcies a les rodes neumàtiques, essent possible desplaçar el suport amb les peces col·locades entre dues persones. Consisteix en un grup barres amb la curvatura i perfil del casc del buc, separades entre elles de manera desigual per intercalar-hi i adaptar-hi perfectament la forma particular de cada quaderna. És d'acer inoxidable, desmuntable per poder-la transportar i entrar més fàcilment a la sala expositiva, amb elements regulables també d'acer que fan de topall i permeten una millor subjecció de les taules i quadernes. El fragment, tal com es va proposar inicialment, es presenta en la seva disposició original i elevat uns 70 cm del terra que és la distància que manca fins la quilla que, de conservar-se, descansaria sobre el terra de la sala. ¹⁹



[17] Procés d'unió mecànica de fragments mitjançant una vareta de fibra de vidre i polièster (Fotografia: Lídia Font-Arxiu MUHBA).

Trasllat i muntatge al museu

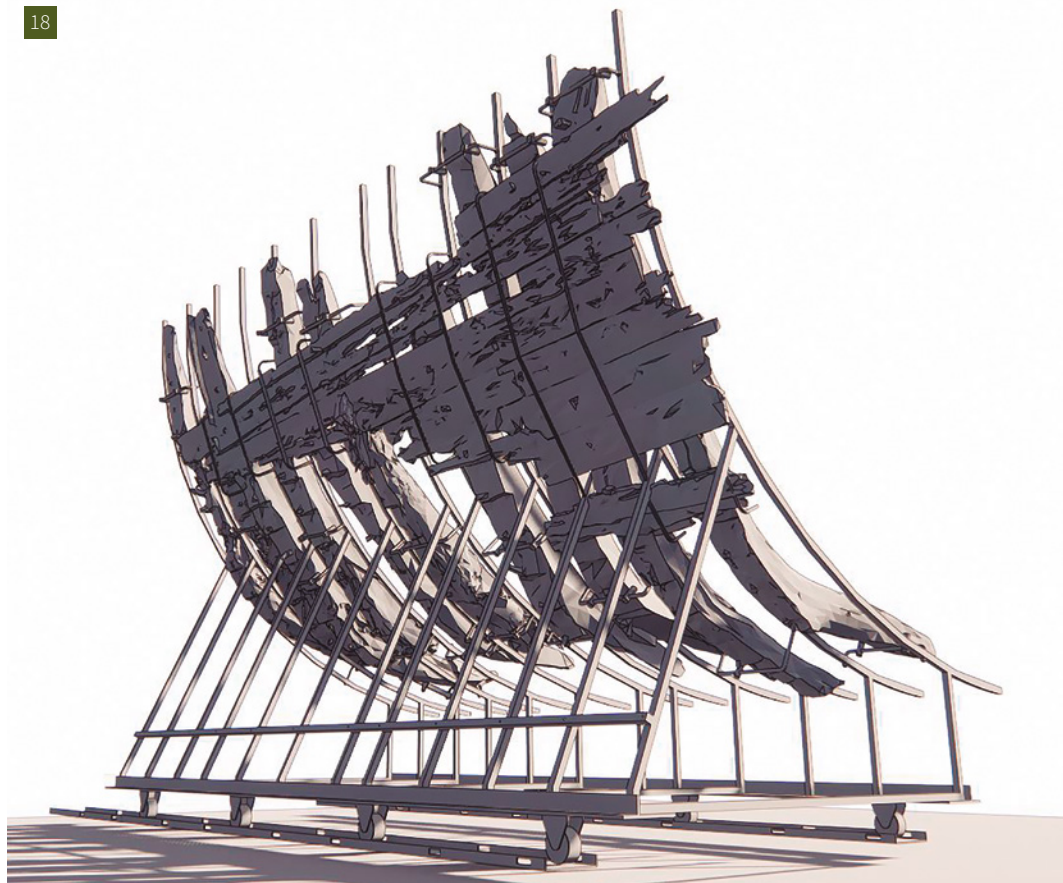
Un cop foren traslladades les peces de fusta al museu, i emmagatzemades a la capella de Santa Àgata, es procedí a muntar l'estructura metàl·lica de suport a l'avantcambra del Saló del Tinell. Muntada l'estructura, es comença per col·locar primerament les taules del folre, des de l'inferior, la més pròxima originalment a la quilla, i anar posant successivament la resta d'andanes, en part sobreposades a les inferiors. El procés de col·locació va seguir l'ordre del procés de construcció original, tal i com s'havia previst, seguint el principi constructiu de folrat primer, des de la quilla en direcció a l'orla, i amb les taules tinglades superposant-se sempre l'andana superior sobre l'inferior, i un cop posat tot el folre, s'inicià la segona fase, de col·locació de les quadernes, en que originalment tenien una funció sobretot de donar solidesa l'estructura, com a reforç però no la de donar forma al buc. El muntatge, amb les taules del folre ja preparades, va ser força àgil i es va poder acabar en una setmana. ²⁰

Quan es manipulen tantes peces alhora, tenir present el sistema constructiu és molt important i útil. Les marques dels reblons ens indicaven que estàvem mirant la cara interior de les taules i les de la cabota que estàvem mirant la cara externa, i aquestes marques i els orificis del clau corresponen a la part superior de l'andana.

²⁰ Va ser dissenyat per Màrius Roig i Anna Bullich de l'empresa Equiro SL i la seva construcció va ser encarregada a Grop - Tallers Meca-Soriano.

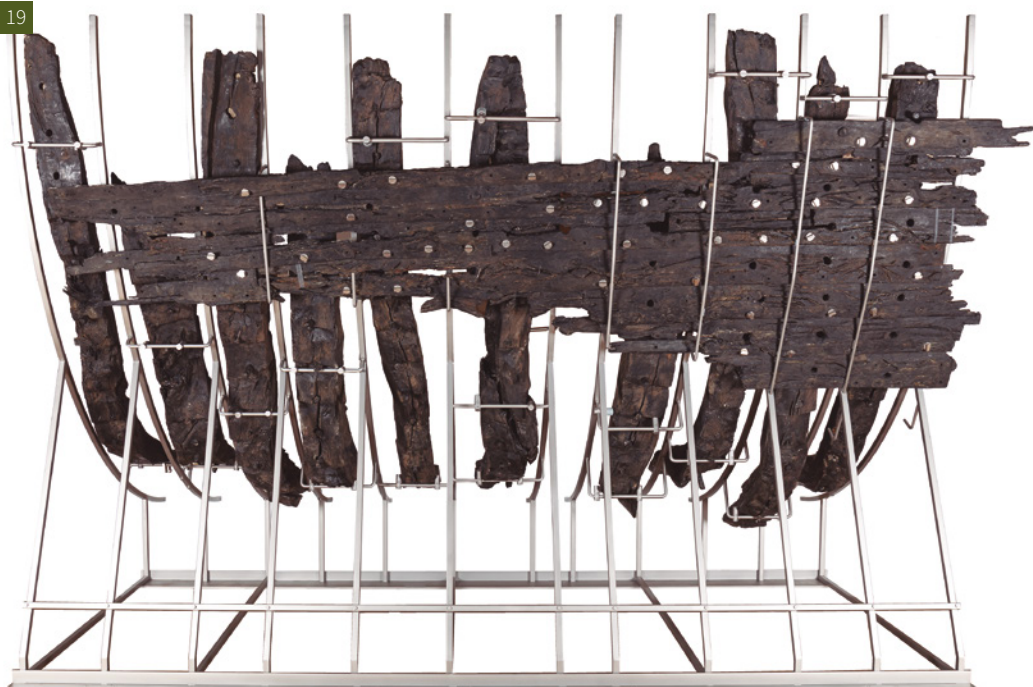
[18] Una de les vistes del model 3D del suport i del vaixell que van servir per comprovar l'ajust de les peces originals (Imatge: Equiro SL).

18



[19] Vista exterior del buc muntat sobre l'estructura de suport (Fotografia: Jordi Puig-Arxiu MUHBA).

19





[20] Un dels moments de la instal·lació del folre i de les quadernes (Fotografia: Lídia Font)

La vitrina i el sistema de control microclimàtic

El buc s'exposa dins una gran vitrina dissenyada *ex profeso* que manté un ambient d'humitat relativa (55-60%) recomanada per contenir l'elevada higroscopicitat del PEG i pels riscos d'acidificació de la fusta, al mateix temps que protegeix de l'acumulació de pols o colonització de microorganismes.²¹ Malgrat l'espai expositiu de l'Avantcambra està climatitzat, igualment és necessària la protecció de la vitrina per amortir les oscil·lacions

termohigromètriques que es produeixen a la sala amb les aportacions d'aire extern a través de la porta d'entrada. La temperatura durant l'estiu és manté, de moment, pel damunt dels 20°C recomanables perquè això suposa forçar la maquinària en excés i per ser insostenible en estius cada vegada més calorosos.

La vitrina és de vidre i la base és de fusta lacada a l'aigua. Té un volum de 35 m³ i està climatitzada amb quatre

²¹ Les mides del fragment de derelict són: 2,18 m d'alçada x 3,8 m d'ample i 1,9 de fondària. Un cop damunt l'estructura fa 3,1 m d'alçada. La vitrina medeix: 4 m x 3,5 m x 2,5 m. Es va estudiar de regular la HR interior amb la incorporació de gel de sílice i requeria uns 120 kg de gel de sílice amb acció tampó i es va desestimar per les dificultats de regenerar periòdicament aquesta quantitat de producte.

²² Climatitzadors: *Preservatech-Mini One*.

²³ HOCKER, E. "Maintaining a Stable Environment: Vasa's New Climate-Control System" *APT Bulletin: The Journal of Preservation Technology*. Vol. 41 (2010), núm. 2/3, p. 3-9.

²⁴ CABELLO BRIONES, C. "Conservación preventiva de barcos de madera extraídos de ambientes subacuáticos marinos. Estado de la cuestión". *Pátina*. Madrid, (2011), núm. 16, p. 59-68.

JESSEN, V.; PEARSON, C. "Environmental conditions for storage and display of marine finds" A: PEARSON, C. (ed). *Conservation of Marines Archaeological Objects*, London: Butterworths, 1987, p. 268-270.

climatitzadors compactes²² –tres treballant en sèrie i un de recanvi- els quals aporten aire al 55% d'humitat relativa cap a l'interior. L'aparell de recanvi és a punt per a posar-se en marxa en cas que algun dels altres pugui fallar.²³ Les màquines estan allotjades en un compartiment a tocar la vitrina i cadascuna llença l'aire tractat a través d'un tub de silicona que travessa el vidre de la vitrina, arran de terra i genera una lleugera sobrepressió a l'espai interior. La pressió positiva fa que l'aire sigui expulsat fora de la vitrina lentament a través dels petits orificis situats en la part alta del vidre oposat al d'entrada, de manera que es genera un lleuger i constant moviment d'aire. Aquesta renovació es fonamental perquè proporciona una alta protecció front la contaminació microbiològica i de partícules que puguin alterar la fusta i, alhora, és útil per dissipar les emanacions que pot emetre la pròpia fusta del buc i enrareixin l'aire interior.²⁴

En aquesta vitrina es mesura la humitat relativa i temperatura, interiors i exteriors, a diferents alçades mitjançant diversos sensors *datalogger*, els climatitzadors es monitoritzen per control remot i un sistema d'alarmes alerten en cas que hi hagi alguna disfunció.

Pel que fa la il·luminació, el vidre de la finestra més propera té una làmina que, que juntament amb la cortina protectora, filtren la llum natural i eviten que la radiació

ultraviolada pugui desencadenar reaccions fotoquímiques (creació-destrucció d'enllaços moleculars o foto-oxidació) o que la radiació infraroja aportí escalfor que ressequi la fusta. El sistema d'il·luminació artificial es fa amb làmpades LED situades fora de la vitrina amb un nivell d'il·luminació (luminància) entorn els 300 lux, que es el que s'accepta en el cas de fusta ben conservada²⁴ i s'extrema la precaució d'apagar la il·luminació durant les hores de tancament del museu que redueixi al màxim les hores acumulades de radiació.

La museïtzació

L'objectiu d'un museu és explicar a la ciutadania d'on venim per entendre cap on anem. En aquest cas l'objecte –el fragment d'un vaixell medieval d'origen cantàbric– permet explicar la relació de la ciutat i el mar, a través de l'activitat portuària. Es una peça situada a l'avantcambra del Museu, el Tinell o la Capella de Santa Àgata, d'unes dimensions que impressionen.

La peça il·lustra la intensa activitat comercial de Barcelona fa 600 anys, amb una projecció mediterrània i atlàntica, un port que actuava de node en les grans xarxes comercials de l'època. De fet, ens explica que la importància actual de la ciutat i el seu port no són un fet recent, sinó que ve de lluny, de molts segles abans.

Es per aquest motiu que el derelictes esdevé un símbol de la història, la vitalitat i el paper en l'economia, política, societat, cultura, tecnologia i transferència del coneixement durant la Baixa Edat Mitjana a la ciutat. De fet, l'objecte transmet la importància econòmica que va tenir Barcelona en aquell moment, focalitzat en la seva àrea portuària i, alhora, el mateix objecte posa de manifest el vincle amb el lloc on s'exposa, el Palau Major, el centre polític i del conjunt de la Corona d'Aragó en el mateix període.

El fet d'explicar la història de la ciutat, del seu port i la seva principal activitat econòmica (la importació i exportació de mercaderies per via marítima) va permetre unir esforços entre diferents institucions, amb la realització d'un conjunt de projectes que finalment han estat executats en forma d'exposició, (presencial o física i virtual), llibret de sala, cicle de conferències, etc.²⁵ Activitats totes elles empreses per l'equip tècnic del MUHBA i finançades per l'Ajuntament amb el suport i col·laboració del Port de Barcelona,²⁶ juntament amb el recolzament del Cercle del MUHBA, que van facilitar la col·laboració entre empresa privada i pública.



[21] Preparació dels climatitzadors de la vitrina (Fotografia: Lídia Font).

La voluntat del Museu d'Història de Barcelona era potenciar el discurs museogràfic corresponent a la Baixa Edat Mitjana, amb un element de pes com és el fragment d'una nau mercant representativa de l'activitat comercial i marítima de la ciutat. El port com a element fonamental en l'origen, història i evolució de la ciutat de Barcelona.

Per aquest motiu no es volia reproduir l'excavació arqueològica, sinó mostrar al públic la posició original del fragment en el buc de la nau. La intenció era que el visitant pogués entendre que les restes estructurals de fusta corresponen al costat de babord d'una nau medieval.

De cara al futur, la voluntat del Museu d'Història de Barcelona és que el *Barceloneta I* reforci la vocació del museu com node de coneixement tècnic, històric i social, vinculant ciutats i mars distants. El projecte *Barcelona, capital mediterrània* aborda la trajectòria de la ciutat i el vincle amb el mar com a motor de la seva història. Fruit d'aquest projecte va tenir lloc l'any 2020 l'exposició *La metamorfosi medieval, segles XIII-XV*, al Saló del Tinell del Palau Major, dedicada a l'activitat comercial mediterrània de la ciutat, i en especial a l'elit de prohoms enriquits pels negocis de caire marítim, els quals assoliren no només un poder econòmic sinó també polític amb la Universitat dels Prohoms de Ribera (1258) i el Consell de Cent (1274).

I finalment, el mes de maig de 2021 s'inaugurava la nova sala permanent a l'avantcambra del museu dedicada a *Barcelona, port mediterrani entre oceans. El testimoni del Barceloneta I*, amb les restes del derelictes com a peça central, acompanyada pel model restitutiú, eines de barquer i calafat i plafons explicatius de la troballa i el seu context històric i geogràfic.^[22]

FUTUR DE LA CONSERVACIÓ

El repte a partir d'ara serà congregar la fruïció i ús museogràfic del derelictes amb la conservació a llarg termini. A partir de la inauguració de l'exposició, les tasques de conservació i restauració continuen amb el seguiment climàtic, el monitoratge i l'avaluació periòdica de l'estat de la fusta (control d'aspecte, possibles indicis de reaccions químiques, presència de microorganismes, etc.). En definitiva, un programa de conservació preventiva destinat a evitar, detectar i respondre a qualsevol procés d'alteració en un estadi incipient en una tasca que el museu assumeix de manera permanent. Amb tot, caldrà seguir estudiant i estar atents als nous avenços en el coneixement, especialment dels fenòmens d'acidificació i, en relació a l'ambient protector, anticipar-se a la fi de la vida útil dels climatitzadors i instal·lar sistemes alternatius el més sostenibles possible.

²⁵ Exposició a l'avantcambra del Tinell: *Barcelona, port mediterrani entre oceans. El testimoni del derelictes Barceloneta I*, comissariada per Ramon J. Pujades i Mikel Soberón. *Exposició virtual: El port. La porta oberta a Barcelona. El testimoni del Barceloneta I*.

²⁶ Vegeu el material disponible al web del Port de Barcelona: PORT DE BARCELONA. *El Port, la porta oberta a Barcelona. El testimoni del derelictes Barceloneta I*. [En línia]. <<https://derelictesbarceloneta.portdebarcelona.cat/>> [Consulta: juny 2022].



[22] El *Barceloneta I* (MHCB-42412) juntament amb el model a escala s'exposen a l'avantcambra del Tinell del MUHBA (Fotografia: Enric Gracia-Arxiu MUHBA).

BIBLIOGRAFIA

BERTRAND, F. "Étude de la contamination en sulfures de fer de l'épave Lyon Saint Georges 4". *Rapport d'activité 2013/2014*. Grenoble: ARC-Nucléart, 2014, p. 89-91.

BRODA, M.; HILL, C.A.S. "Conservation of waterlogged wood-Past, Present and Future Perspectives". *Forests*, Vol. 12 (2021), núm. 9, 1193. Disponible en línia a: <<https://www.mdpi.com/1999-4907/12/9/1193>> [Consulta: juny 2022].

CHAUMAT, G. [et. al.]. "Les techniques actuelles de conservation mises en oeuvre par ARC-Nucléart". A: BERNARD-MAUGIRON, H. [et. al.] (dirs.) *Sauvé des eaux. Le patrimoine archéologique en bois, histoires de fouilles et de restaurations*. Grenoble: ARC-Nucléart, 2007, p. 169-178.

FROMENT, C. "Conservation de vestiges en bois et métal de plus de 2000 ans". A: DINH-AUDOUI, M.-T.; OLIVIER, D. ; RIGNY, P. (coords.). *Chimie et Alexandrie dans l'Antiquité*. Paris: EDP Sciences, 2020, p. 85-104.

LEMOINE, G. [et. al.]. "Les polyéthylènes glycols en conservation des matériaux organiques archéologiques". A: LE ROY-LAFAURIE, P.; QUEIXALOS, I.; PAÏN, S. (corr.) *Cahier technique N° 24. Biographie de l'objet. Actes des Journées des restaurateurs en archéologie organisées par le laboratoire Materia Viva. Toulouse, 13 et 14 octobre 2016*. Toulouse: ARAAFU, 2019, p. 4-13.

MARTÍNEZ CARBALLAL, X. "Tractament de postliofilització per a la prevenció de l'acidificació en fusta arqueològica amarada d'aigua. El cas del vaixell gal·loromà LSG4". *Unicum* (2018), núm. 17, p. 77-84.

PUJOL, M. [et. al.] "Barceloneta I. A 15th -century clinker-built shipwreck in Barcelona" A: GAWRONSKI, J., VAN HOLK, A., SCHOKKENBROEK, J. (eds.). *13th International Symposium on boat and Ship archaeology*. Eelde (Nederland): Barkhuis Publishing, 2017, p. 283-289.

PUJOL, M.; SOBERÓN, M. "El pecio de Barceloneta I, una embarcació atlàntica del segle XV en Barcelona". A: *Actas de las jornadas de ARQUA 2011*. Cartagena: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2012, p. 117-123.

SIERRA, J.L. "La conservación de la madera arqueológica subacuática. Museo y Centro Nacional de Investigaciones Arqueológicas Submarinas". A: FERNÁNDEZ, C. PALACIO, R. (eds.) *Monte Buciero 9. La conservación del material arqueológico subacuático*. Santoña (Cantabria): Ayuntamiento de Santoña, 2003, p. 225-266.

SOBERÓN, M., PUJADES, R. *Barcelona, port mediterrani entre oceans. El testimoni del vaixell Barceloneta I*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona, 2021, p. 51. (MUHBA Llibrets de sala; 34).

SOBERON, M. [et. al.]. "El Barceloneta I. Una embarcació medieval a tingladillo en Barcelona". *Itsas Memoria. Revista de Estudios Marítimos del País Vasco* (2012), núm. 7, p. 411-422.

SOBERÓN, M. "Que en ell stara segura la maior nau del mon. Tràfic i evolució del port de Barcelona al segle XV". *Quarhis* (2012), núm. 8, p. 54-78.