

L'ús d'imants per a l'emmagatzematge d'espècimens de ciències naturals.

Ancoratge magnètic per a aus naturalitzades.

*The use of magnets for storing natural science specimens.
Magnetic anchoring for naturalized birds.*

Marina Rull Aguilar / marinarullaguilar@gmail.com

Codi Orcid: 0009-0002-6306-4477 / **Afiliació:** Investigadora independent; Sabadell; Espanya.

Conservadora-restauradora de Béns Culturals. Especialista en conservació i restauració de col·leccions de ciències naturals.

Aquest article es focalitza en l'aplicació de nous sistemes per a l'emmagatzematge d'espècimens d'aus naturalitzades en reserves, centrant-se en exemplars que a causa de les seves característiques, requereixen materials addicionals, com bases o suports, per garantir la seva estabilitat i evitar la seva caiguda. S'ha desenvolupat un mètode que consisteix en la fixació d'imants a les bases de les peanyes dels espècimens per tal d'ancorar-los al mobiliari de les reserves. Els resultats obtinguts demostren que el sistema millora l'estabilitat dels espècimens, reduint la necessitat de material d'embalatge addicional i el seu volum. Els imants són una eina versàtil que poden servir com a metodologia preventiva i eficaç per evitar el bolcament o minimitzant els efectes de les vibracions en objectes de patrimoni cultural a les reserves.

This article focuses on the application of new systems for the storage of naturalized birds specimens in museum collection storage room, particularly addressing specimens that, due to their characteristics, require additional packaging materials, such as bases or supports, to ensure their stability and prevent tipping or falling. A new methodology has been developed involving magnets attached to the bases of the specimens to anchor them securely to the storage furniture. The obtained results significantly improve the stability of the specimens, reducing the need for additional packaging materials. Magnets prove to be a versatile tool, offering a preventive and efficient methodology to avoid fallings and minimize the effects of vibrations on cultural heritage objects in storage or exhibitions.

Paraules clau: imant, conservació, emmagatzematge, ancoratge magnètic, pells naturalitzades, ciències naturals.

Keywords: magnet, conservation, storage, naturalized birds, magnetic anchor, natural science history collections



[PORTADA] Espècimen d'au naturalitzada (MZB 2013-3196) identificada com a *Motacilla sp.* del fons del Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MCNB) procedent de la col·lecció de J.M. Bosch (Fotografia: Marina Rull).

LA CONSERVACIÓ EN ELS MUSEUS DE CIÈNCIES NATURALS

Les col·leccions de ciències naturals, com qualsevol altre bé patrimonial, es troben sota protecció i custòdia d'institucions que vetllen pel seu manteniment i preservació, seguint els estàndards establerts per les diverses institucions legislatives i de salvaguarda del patrimoni cultural com l'ICOM, l'ICCROM, o la UNESCO. És important recordar que moltes d'aquestes col·leccions són objecte d'estudi científic i serveixen com a bancs de dades insubstituïbles amb una important dimensió històrica.

La conservació del patrimoni cultural implica una sèrie de mesures i accions destinades a prevenir o minimitzar el deteriorament o la pèrdua futura dels béns.¹ La conservació preventiva es defineix com les accions i mesures preses per evitar el deteriorament o el dany dels béns culturals abans que aquests es produeixin. Aquesta pràctica implica el control i la gestió de les condicions ambientals, així com l'emmagatzematge, la manipulació i el transport dels objectes entre altres.² Les mesures preventives, com els embalatges permanents, proporcionen protecció contra factors ambientals i danys físics, mantenint la integritat dels béns culturals a llarg termini. Encara que la conservació preventiva no ha d'interferir directament amb els materials o estructures dels béns, ni modificar la seva aparença.³

Els materials recomanats per a l'emmagatzematge de béns culturals són neutres, estables i durables, que assegurin un accés segur als exemplars i redueixin els danys potencials. No obstant això, la diversitat inherent de les col·leccions de ciències naturals, amb els seus múltiples materials constitutius, formes i dimensions

dels espècimens dificulta la creació d'embalatges estandarditzats pel seu emmagatzematge definitiu. Aquest fet fa necessària la implementació de nous materials, metodologies i tecnologies que permetin optimitzar l'espai de reserva i minimitzar els riscos de deteriorament causats per plagues, oscil·lacions d'humitat i temperatura o altres factors físics com les vibracions.

Aquest article presenta els resultats d'un estudi sobre l'ús d'imants com a sistema de subjecció per a espècimens naturalitzats, en particular aus de la col·lecció del Museu de Ciències Naturals de Barcelona.⁴ La recerca parteix de la hipòtesi que l'ancoratge magnètic dels exemplars a les lleixes metàl·liques pot representar una alternativa eficient als sistemes convencionals de fixació o subjecció mitjançant suports, bases o estructures complexes, millorant-ne l'estabilitat, minimitzant les vibracions i reduint el risc de caigudes o bolcaments. Paral·lelament, s'analitza si aquesta solució pot contribuir a una gestió més sostenible, reduint l'ús de materials plàstics en suports i sistemes d'emmagatzematge i optimitzant així l'espai de reserva dels museus.

LA CONSERVACIÓ DE LES COL·LECCIONS D'AUS NATURALITZADES

La col·lecció d'aus del Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MCNB) està formada per més de 12.000 exemplars, tant d'espècies autòctones com exòtiques. Es tracta d'un conjunt en constant creixement, amb orígens diversos que inclouen el fons històric del Museu Martorell (1893) fins a ingressos contemporanis provinents de centres de recuperació de fauna, zoològics i donacions

¹ ICOM, 2008; CCI, 2018.

² ICOM, 2008; CCI, 2018.

³ Rita GIL MACARRÓN. *Protocolos de conservación y restauración aplicables a la colección de aves y mamíferos naturalizados del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (MNCN-CSIC)*. Directores: Sonia Santos Gómez, Luis Castelo Sardina i Carlos Pereira Prado. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Bellas Artes. Departamento de Pintura (Pintura y Restauración), 2016.

⁴ La recerca forma part del Treball de final de Grau del curs d'adaptació a l'ESCRBCC.

⁵ MUSEU DE CIÈNCIES NATURALS. *Vertebrats*. <https://museuciencies.cat/area-cientifica/col·leccions/col·leccions-zoologiques/vertebrats/> [Gener 2025]

⁶ Amandine PÉQUIGNOT, "The History of Taxidermy: Clues for Preservation". *Collections: A Journal for Museum and Archives Professionals*, vol. 2, núm. 3 (2006), p. 245-255.

⁷ Els materials utilitzats són diversos: filferro, cotó-fluix, teixits i fibres vegetals, guix, fang, escumes de poliuretà, poliestirè, etc.

⁸ Kevin WINKER. "Obtaining, preserving, and preparing bird specimens". *Journal of Field Ornithology*. Vol. 71, núm. 2 (2000), p. 250-297.

⁹ GIL MACARRÓN, Protocolos de conservación...

¹⁰ John E. SIMMONS, Yaneth MUÑOZ-SABA. *Cuidado, Manejo y Conservación de colecciones*

biológicas. Vol. 1. Bogotá D.C.: Conservación internacional. Serie Manuales para la Conservación, 2005. Carolyn L. ROSE; HAWKS, Catharine; GENOWAYS, Hugh H. (Eds.). *Storage of Natural History Collections: Ideas and Practical Solutions*. Pittsburgh: Society for the Preservation of Natural History Collection, 1992, p. 129-130. NATIONAL PARK SERVICE (NPS). *Museum Handbook*. Museum Management Program. Washington: National Park Services U.S, 2024. Holger FRICK; Michael GREEFF. *Handbook on natural history collections management – A collaborative Swiss perspective*. Vol 16. Núm 2. Bern: Swiss Academies Communications, 2021. [En línia]: <swisscollnet.scnat.ch/handbook> [Consulta: 10 febrer 2024].

¹¹ SIMMONS I MUÑOZ, *Cuidado, Manejo y Conservación...* ROSE et al., *Storage of Natural...* NPS, *Museum Handbook...* FRICK I GREEFF, *Handbook on natural history...*

¹² SIMMONS I MUÑOZ, *Cuidado, Manejo y Conservación...* NPS, *Museum Handbook...* CCI, *Preventive conservation guidelines...*

¹³ NPS, *Museum Handbook...* FRICK I GREEFF, *Handbook on natural history...*

¹⁴ ROSE et al., *Storage of Natural...*

diverses. El museu disposa d'un laboratori especialitzat en preparació zoològica, on es duen a terme processos de preparació d'espècimens.⁵

Aquesta col·lecció presenta una gran diversitat de tipologies d'objectes i formats de preservació: espècimens naturalitzats, esquelets, pells d'estudi, ales, nius o ous, entre d'altres. Els materials que la conformen poden ser orgànics (pells, plomes, ossos, ceres, etc.) i inorgànics (metall, vidre, pedra, etc.), i la seva conservació pot requerir tant condicions en sec o en líquid conservant (alcohol, formaldehid, etc.). Per tant l'emmagatzematge d'aquestes col·leccions requereix una comprensió de les seves propietats físiques i químiques, així com els processos de degradació als que poden estar sotmesos com atacs biològics, oscil·lacions de les condicions ambientals o l'exposició a factors acceleradors de la degradació.⁶

Els exemplars naturalitzats són espècimens que conserven la morfologia externa de l'animal, incloent-hi la pell amb el plomatge i, alguns ossos de les extremitats. La seva preparació és una tasca complexa que comporta diverses etapes: dissecció, neteja i curació de la pell; construcció d'una estructura interna per donar forma al cos;⁷ cosit i muntatge de la pell; i, finalment, incorporació d'elements artificials com ulls de vidre o ceres, amb l'objectiu de recrear fidelment l'aspecte de l'animal en vida.⁸ La presentació final sovint inclou bases de fusta, peanyes, branques o altres elements que reproduïen l'hàbitat natural de l'espècie. Habitualment, els exemplars es fixen al suport mitjançant les extremitats posteriors, utilitzant un filferro que travessa les potes i s'uneix a l'estructura interna del cos. No obstant això, alguns exemplars poden conservar-se sense peanya, especialment si aquesta ha estat retirada o s'ha dissociat amb el pas del temps. Cal destacar que és comú en aquesta tipologia de col·leccions que les peanyes tradicionals, concebudes principalment amb finalitats expositives, hagin sigut progressivament substituïdes per altres sistemes o models.

Degut a les finalitats científiques de la col·lecció actualment la realització de pells naturalitzades és menys freqüent i la tendència és la realització de pells planes o d'estudi amb o sense farciment. Aquestes no pretenen reproduir l'aparença de l'animal en vida; només se'n conserva la pell, amb o sense farciment (cotó fluix, buata sintètica, encenalls de fusta, etc.), reduint el seu volum i pes, facilitant el seu emmagatzematge i permetent gestionar un nombre molt més gran d'exemplars.

Els exemplars naturalitzats solen ocupar més volum a les reserves degut a la seva complexitat estructural, postures delicades o peanyes de diversos formats. També cal destacar que al llarg del temps alguns d'aquests muntatges han estat desarticulats i dissociats perdent així el seu context històric i debilitant les estructures o desproveint-los de suport.⁹

Les guies de referència per a la conservació de col·leccions zoològiques, elaborades per diverses institucions internacionals¹⁰ i avalades per un ampli conjunt de publicacions especialitzades,¹¹ estableixen recomanacions per a l'emmagatzematge i defineixen els criteris bàsics de conservació preventiva. Aquests inclouen garantir l'accessibilitat als espècimens, l'estabilitat climàtica i l'ús de materials neutres, inerts i duradors, així com la utilització de mobiliari adequat. En el cas d'un embalatge permanent en reserves, si s'escau, es recomana la incorporació de materials d'amortiment, la protecció dels exemplars de la pols mitjançant barreres físiques o contenidors tancats, i la prevenció d'agents biològics com insectes, fongs o rosegadors.¹²

En el MCNB, els exemplars naturalitzats d'aus de petites dimensions són encapsulats individualment amb plàstic de polietilè per tal de proporcionar una barrera contra la pols i insectes i, col·locats en prestatgeries. També es realitzen suports amb escuma de polietilè al voltant de l'exemplar per evitar deformacions i danys a zones fràgils o per estabilitzar l'espècimen i evitar bolcaments.¹³

Els sistemes d'emmagatzematge aplicats a diversos museus proposen conservar els exemplars amb i sense peanya, fixats individualment sobre planxes d'escuma de polietilè adaptades a calaixos, lleixes o caixes. Els espècimens s'asseguren per encaix o mitjançant cintes de cotó, filferros amb aïllament, brides o altres elements.¹⁴ Aquest sistema també permet fixar o situar en la seva posició original espècimens sense peanya. També s'utilitzen complements com bases o plataformes de suport per a exemplars amb cues llargues o peanyes petites i inestables, així com marcs perimetrals que protegeixen el plomatge del contacte

amb cobertes plàstiques.¹⁵ Tanmateix, l'ús de materials addicionals incrementa el volum de l'exemplar i pot dificultar la seva visibilitat o accés.

El mobiliari d'emmagatzematge ha de complir una sèrie de requisits per garantir la conservació dels exemplars. Si el mobiliari de les reserves no està adequadament dissenyat o instal·lat, pot amplificar o transmetre vibracions provinents de fonts internes (com manipulacions, trànsit de persones o sistemes mecànics) o externes (com el trànsit rodat o moviments estructurals de l'edifici). Això pot provocar danys mecànics per la caiguda dels exemplars,¹⁶ compactació o esclafament.¹⁷ Un estudi realitzat per Torres et al. (2014) al Museu de Ciències Naturals de Barcelona, va analitzar el nivell de vibracions la qual estava sotmesa la col·lecció a diferents espais de reserva i exposició, destacant com aquestes poden ser especialment perilloses per a peces petites o inestables, ja que poden causar danys físics. Per mitigar-ho, es recomana adaptar el mobiliari amb mesures mitigadores de la propagació de les vibracions.¹⁸

Les vibracions poden generar efectes mecànics de dues formes. D'una banda, les vibracions puntuals, breus i d'alta intensitat poden actuar com a impactes, provocant moviments sobtats que poden fer caure o bolcar exemplars, especialment si aquests reposen sobre suports estrets o inestables. D'altra banda, les vibracions de baixa intensitat però persistents poden tenir efectes acumulatius. L'exposició prolongada a moviments repetitius pot generar fatiga estructural als materials, superant amb el temps l'indurícia de resistència i provocant deformacions, fissures o desprendiments progressius.¹⁹ Aquest tipus de

degradació és sovint difícil de detectar a curt termini, però pot comprometre seriosament la integritat dels exemplars a mitjà i llarg termini.¹

El present estudi se centra en la cerca de metodologies que minimitzin els efectes de les vibracions com a desencadenant de la inestabilitat dels espècimens, i sofreixin risc de bolcament o caiguda. No s'hi analitzen aspectes com l'origen o la intensitat de les vibracions, ni els efectes de la fatiga o degradació progressiva derivats d'una exposició prolongada, ja que, en el cas de les col·leccions d'aus naturalitzades petites, el principal perill prové de moviments bruscos o impactes.

ELS IMANTS I EL SEU ÚS EN CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

ELS IMANTS I LA UNIÓ MAGNÈTICA

Els imants permanents són materials capaços de generar un camp magnètic constant sense necessitat d'una font externa d'energia. La seva capacitat magnètica depèn de la seva microestructura metal·logràfica, la qual els fa molt

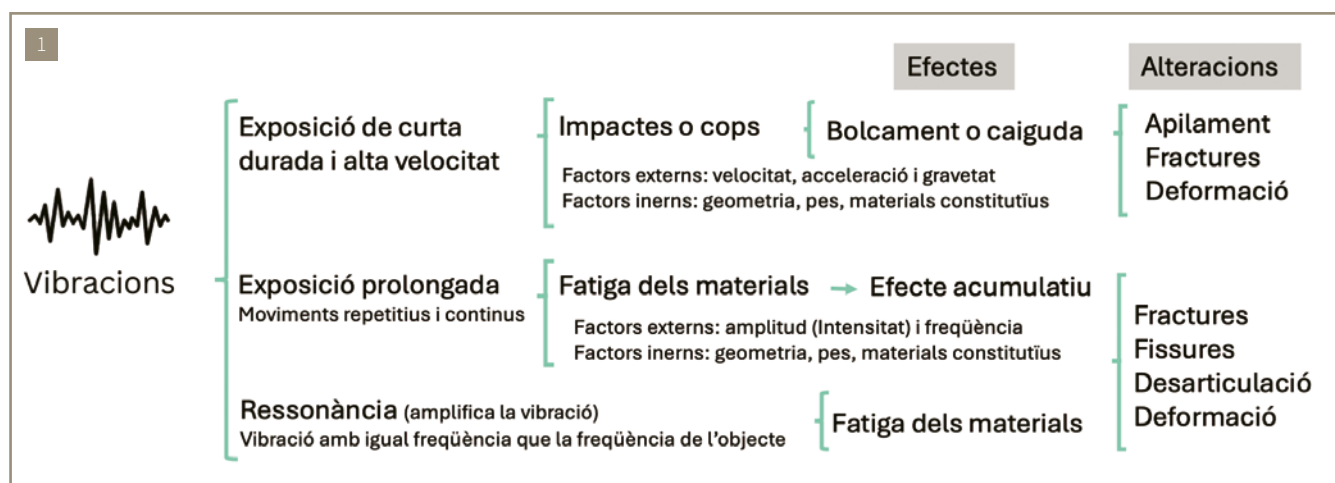
¹⁵ FRICK I GREEFF, *Handbook on natural history...*

¹⁶ Ian GODFREY; David GILROY. *Conservation and Care of Collections*. Western Australian Museum: Department of Materials Conservation, 2017.

¹⁷ Medina Azahara RODRÍ-GUEZ. *Análisis de sistemas magnéticos aplicados a uniones de fragmentos: Exposición a intemperie*. Director: Xavier Mas i Barberà i Lucas Pérez García. Tesis doctoral. València: Universitat Politècnica de València, 2017.

¹⁸ William WEI, Esther DONDORP. "Testing to determine allowable vibration limits at a Natural History Museum in the Netherlands". *Association for Preservation Technology (APT) Bulletin. The Journal of Preservation Technology*. Washington, DC. Vol. 51, núm. 4 (2020), p. 21-27. GODFREY I GILROY, *Conservation and care...*; NPS, *Museum Handbook*; William WEI, Leila SAUVAGE, Jenny WÖLK. "Baseline limits for allowable vibrations for objects". A: 17th ICOM-CC Triennial Meeting, (15-19 September 2014, Melbourne, Australia). Paris: International Council of Museums. Committee for Conservation, 2014, p. 1-7. Constantine SPYRAKOS, Charilaos MANIATAKIS, Ioannis TAFLAMPAS. "Application of predictive models to assess failure of museum artifacts under seismic loads". *Journal of Cultural Heritage*, núm. 23 (2017), p. 11-21.

¹⁹ WEI et al., "Baseline limits...", p. 1-7.



[1] Esquema sobre l'efecte i les alteracions que provoca l'exposició a les vibracions als béns culturals (Imatge: Marina Rull).

(Font: esquema realitzat a partir de les dades de Wei, W.; Krumpelman, N.; Delissen, N. 2011).

²⁰ Compostos per un material ceràmic, òxid de ferro i altres metalls, poden ser tous o durs.

²¹ F. VERBERNEKHURSHID, I. SMIT, N. VAN DER STERREN. "The attraction of magnets as a conservation tool". A: *ICOM 13th Triennial Meeting (Rio de Janeiro, 22-27 September 2002)*. London: ICOM-CC Committee for Conservation Preprints; James & James, 2002, p. 363-369.

²² RODRÍGUEZ, Análisis de sistemas... CALABRIA SALVADOR, Irene. *Las pinturas murales de la ciudad ibero-romana de Cástulo, Linares (Jaén): Estudio técnico y propuesta de diferentes sistemas de anclaje para su musealización*. Directores: M. Pilar Soriano i M. Antonia Zalbidea. Treball final de màster. València: Universitat Politècnica de València, 2013.

²³ Gwen SPICER. "The principles of creating a magnetic mounting system: the physics every conservator needs to know". A: *ICON Textile Group Forum. From Boxes to Buildings: Creative Solutions for the Storage of Textiles and Dress (Bath, UK, March 2017)*. London, 2017, p. 59-75.

²⁴ FRICK i GREEFF, *Handbook on Natural History...*

potents però que es desmagnetitzen fàcilment a altes temperatures (80°C) o per la influència de camps magnètics intensos o similars propers. Els imants permanents més utilitzats són els d'AlNiCo, ferrita²⁰ i els fabricats a partir de terres rares com el Samari-Cobalt (Sm-Co) o Neodimi (NdFeB). Tot i que ofereixen diferents avantatges, els de ferrita i AlNiCo presenten baixa força magnètica i els de Samari-Cobalt són fràgils i limitats de formes i mides.²¹ Actualment els imants de Neodimi són dels més utilitzats perquè tenen una força magnètica elevada i presenten gran varietat de formes i mides. Aquests imants, tot i portar un recobriments protector compost per capes de Níquel-Coure-Níquel per evitar la seva degradació, són fràgils i propensos a degradar-se en condicions d'humitat elevada (>60%), temperatures elevades (>80°) o per agents corrosius com l'aigua o substàncies bàsiques o àcides.²²

Per aconseguir una unió magnètica efectiva, és crucial conèixer la força de l'imant. Aquesta informació, proporcionada pel fabricant i disponible a diverses pàgines web, inclou la força de tracció i el gruix adequat per a cada aplicació. Al mateix temps però existeixen diversos factors que afecten la unió magnètica com la forma de l'imant, la disposició a l'espai, la superfície de fixació i la distància del camp magnètic.²

Els camps magnètics poden estar representats per línies contínues de força (intensitat) i flux magnètic (direcció). Aquestes línies emergeixen del pol magnètic nord fins al pol magnètic sud (en imants axialment magnetitzats) formant un bucle de flux extern. La densitat de les línies indica la magnitud del camp magnètic. Als pols d'un imant el camp magnètic és més intens i les línies de flux

es concentren, mentre que a les zones més allunyades dels pols, la intensitat disminueix i les línies es dispersen. La força d'un imant es determina segons el nombre i densitat de línies de camp magnètic. Per aquest motiu, la geometria de l'imant condiciona la distribució del camp magnètic com per exemple en un imant de forma circular, les línies tendeixen a concentrar-se a les vores, mentre que en un imant en forma d'anell, la màxima intensitat del camp es concentra al centre.²³

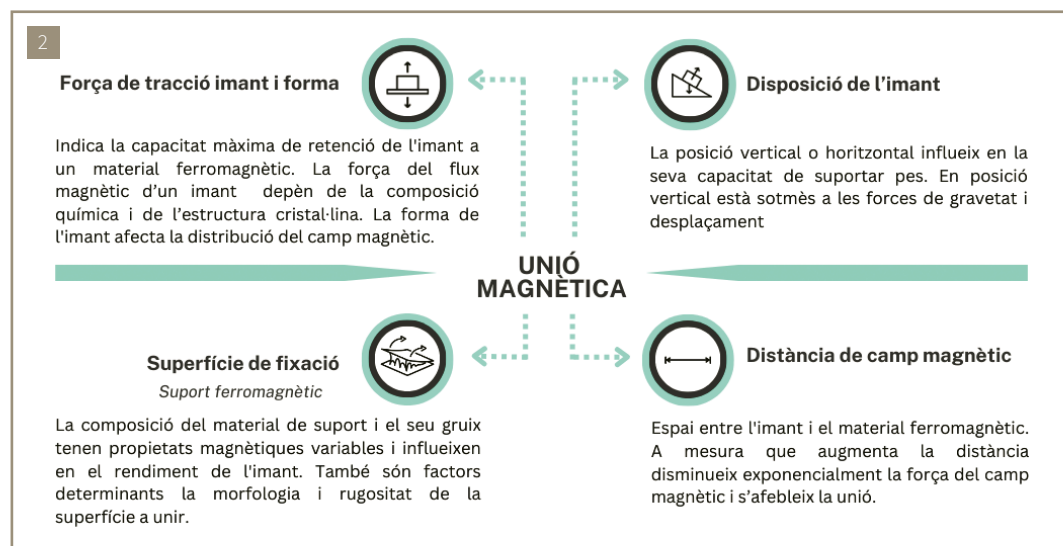
L'ÚS DELS IMANTS EN CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Els sistemes de subjecció amb imants són una opció per a fixar elements restituïts o reintegracions per a la restauració d'objectes artístics tridimensionals o bidimensionals. Es troba referenciat en els camps de la Conservació-Restauroació d'escultures, objectes arqueològics, document gràfic o pintura i el seu ús en sistemes expositius o per a la realització d'embalatges.

L'ús d'imants en Conservació i Restauració és encara limitat, i no s'ha integrat com una possible eina habitual en els diferents processos. Segons Rodríguez (2017), els imants es poden classificar en diverses categories en funció de la seva utilitat.³

Les referències sobre l'ús d'imants en col·leccions de ciències naturals són molt escasses i generalment no es descriuen aplicacions específiques. Es recomana evitar-los en col·leccions geològiques i sobretot amb meteorits, atesa la seva composició metàl·lica.²⁴

En els darrers anys, s'ha observat una creixent popularització de l'ús dels imants en els diferents camps



[2] Factors que influeixen en la unió magnètica (Imatge: Marina Rull).

3	Aplicació	Descripció	Referències
Sistemes expositius	Subjecció temporal de peces exposades	Sistemes per la presentació d'objectes en paper o obra tèxtil	Derbyshire, 2005; Spicer, 2010; Stoner 2007 ; Verberne 2002
	Sistemes de fixació verticals	Sistema d'exposició de fragments de pintures murals ex-situ que mitjançant ancoratges magnètics poden ressituar-se en posicions verticals	Zincone, 2012; Calabria, 2013; Pasies et al. 2018
	Sistemes de seguretat	Subjecció o ancoratge de les peces exposades a l'abast del públic per evitar robatoris	Verberne 2002; Godfrey & Gilroy, 2017
Conservació- Restauració	Eina en processos de C-R	En intervencions de restauració s'utilitzen com a eina per l'allisat o consolidació d'obres molt fràgils, aplanat de documents o per la sujecció de muntatges temporals o en adhesions	Dignard 1992; Jordan, 2011; Spicer, 2010
	Sistemes de neteja gelífics	Sistemes gelífics amb partícules metàl·liques (ferrita) que mitjançant imants atrauen i faciliten l'eliminació del gel i partícules magnètiques	Gómez, et al. 2010; Bonini, et al. 2007
	Sistemes d'unió	Sistemes de fixació de fragments o reconstrucció de parts tridimensionals en escultures. Les reconstruccions de resines amb motlles o en impressió 3D permeten incorporar els imants en el seu interior	Rodríguez, 2017; Venegas, et al., 2002; Squires, 2017
		Unió de fragments o components metàl·lics en escultures sense necessitat d'adherir-los	Watson, 2011
Conservació preventiva	Tancaments	Alternatives per tancaments de caixes (llaços, pinces, agulles, botons o veta adhesiva) o sujecció d'elements	Schlefer, 1986; Verberne 2002; Rose et al.,1992
	Realització de sistemes amortidors de vibracions	Sistemes aplicats a pedestals d'escultures per minimitzar la propagació de vibracions o marcs per pintures que donen mobilitat a la peça	Wei et al., 2011; Paris 2008
Altres	Identificació de metalls	Detecció de pernys interns en escultures mitjançant l'atracció magnètica de l'imant	Verberne, 2002
		Localitzar nuclis metàl·lics en metalls arqueològics amb un elevat grau d'oxidació	Dignard 1992
		Per determinar el grau de mineralització del metall en funció de la reacció de l'imant	Rodríguez, 2017
		Per separar elements metàl·lics de sediment magnètics	Rodríguez, 2017

[3] Classificació de les principals aplicacions dels imants en els camps de la Conservació-Restauració i l'exposició de béns culturals. (Imatge: Marina Rull).

de la conservació que s'atribueix, en part, a les millores tècniques i a un increment de les publicacions versades en els seus usos.²⁵

Els imants utilitzats, sovint incorporen barreres físiques (làmines de plàstic, paper, silicones, etc.) entre ells i l'objecte amb què es troba en contacte, per evitar alternacions produïdes per reaccions químiques.²⁶ Tanmateix és important tenir en compte que aquestes barreres físiques augmenten la distància del camp magnètic i afebleixen l'ancoratge.²⁷

ADHESIUS UTILITZATS

Els adhesius descrits a la literatura per a adherir els imants als diferents objectes museístics varien segons les característiques del suport, la posició i les necessitats de força, especialment a la tracció o a la gravetat. Entre els més utilitzats es troben les resines sintètiques acríliques i viníliques com l'Evasol®, el Paraloid® B-72 i el Plextol B500®.²⁸ Per tal d'adquirir més resistència i força d'unió també s'utilitzen resines epoxídiques en forma líquida com l'Araldite® Standard²⁹ o en pasta Balsite®.³⁰ Els fabricants aconsellen cianocrilats per l'adhesió dels imants, ja que ofereixen una polimerització ràpida i eficaç sobre superfícies llises i sense porositat. Tot i aquest fet ofereixen una rigidesa, irreversibilitat i una composició que els fan

inadequats per al seu ús en espècimens de col·leccions de ciències naturals.

MATERIALS I MÈTODES
ESPÈCIMENS

El sistema es va aplicar a 5 exemplars d'aus naturalitzades escollits pels seus problemes d'estabilitat i susceptibles a bolcaments. Degut a la seva vulnerabilitat i per la seva conservació aquests exemplars presentaven bases o suports d'escuma de polietilè per tal de mantenir-los estables incrementant el doble del seu volum a l'espai de

²⁵ CALABRIA, *Las pinturas murales...* RODRÍGUEZ, *Análisis de sistemas magnéticos...*

²⁶ VERBERNE, "The attraction of magnets..."; RODRÍGUEZ, *Análisis de sistemas magnéticos...*; Kristen WATSON ADSIT. "An Attractive Alternative: The Use of Magnets to Conserve Homer by John Chamberlain". Western association for art conservation, WAAC Newsletter [Los Angeles]. Vol. 33, núm. 2 (2011), p. 16-21

²⁷ SPICER, "The principles of creating..."

²⁸ RODRÍGUEZ, *Análisis de sistemas magnéticos...*

²⁹ RODRÍGUEZ, *Análisis de sistemas magnéticos...*; Paola ZINCONI. *Un ensayo de mínima intervención en la aplicación de nuevo soporte en pintura mural arqueológica*. Dir.s: Jose Luis Regidor Ros i Trinidad Pasies Oviedo. Tesis de Màster. València: Universitat Politècnica de València, 2012. CALABRIA, *Las pinturas murales...*

³⁰ Trinidad PASIES, Paola ZINCONI, José Luis REGIDOR. "L'ús d'imants com a alternativa a la col·locació de nou support en pintura mural arqueològica." *Unicum*. núm. 17 (2018), p. 15-24; A.S. YAGÜE, F. MARCOS, F; DAURA, M. SANZ. "Alternativa desmontable a la reconstrucció volumètrica en fòssils. Restauración de un cráneo de uro (Bos primigenius)(Cova del Rinoceront, Barcelona)". A: *Preservando el pasado: 1a Jornada Internacional de conservación y preparación de fósiles (11,12 i 13 de marzo del 2024)*. Libro de resúmenes. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara, 2024, p. 57-58.



[4] Característiques dels espècimens escollits. Model 3D, dimensions i fotografies.

reserva. Es va escollir espècimens amb característiques morfològiques i estructurals diverses: ⁴

³¹ Ordre d'ocells de dimensions petites o mitjanes.

³² Code of Ethics for Natural History Museums: Appendix: the Art of Taxidermy and its cultural heritage importance: Code of best practice for the care of taxidermy (ICOM, 2013).

³³ Escàner 3D de mà Space Spider d'Artec3D per tal d'obtenir un model virtual mitjançant el programari Artec Studio 17 professional.

³⁴ Els graus dels imants de neodimi es representen amb lletres i números (MGOe) on el número indica la força de l'imant i la lletra el procés de fabricació (Spicer, 2017).

³⁵ <http://www.supermagnete.de/spa/>.

³⁶ <https://www.supermagnete.de/spa/physical-magnet-data>

Tres dels exemplars seleccionats eren espècimens passeriformes³¹ de petites dimensions en posició de repòs, subjectats respectivament a una base d'escuma de poliuretà extruït (Exemplar 1), una peanya de fusta balustrada amb base circular (Exemplar 2) i una branca serrada (Exemplar 3). També es escollir un exemplar passeriforme amb les ales esteses en posició de vol, muntat sobre una peanya de fusta balustrada amb base circular (Exemplar 4), i, finalment, un diorama o conjunt format per set exemplars muntats sobre una branca d'arbre amb diverses ramificacions i fixada a una base de fusta contraplacada (Exemplar 5).

Cada exemplar presentava un repte específic. Les peanyes de fusta balustrada amb base circular oferien una estabilitat limitada a causa del seu pes reduït i de l'alçada de la peanya en relació amb l'àrea de la base. Aquesta alçada, sumada a la de l'espècimen, incrementava significativament el risc de bolcament. D'altra banda, les bases amb materials com l'escuma de poliuretà podien dificultar l'adhesió dels imants. Finalment, les dimensions i la morfologia de les peanyes també condicionaven la seva estabilitat, especialment en casos amb superfícies irregulars, com ara les branques naturals o una distribució desigual del pes com el cas del muntatge de diversos espècimens sobre les branques.

Seguint el codi ètic de l'ICOM 2013,³² la intervenció es va realitzar respectant les tècniques originals del taxidermista, documentant-se tot el procés amb fotografies i escaneig 3D³³ per a crear models virtuals detallats i registrar-ne les característiques i dimensions.

IMANTS I SUPORT FERROMAGNÈTIC

Per la selecció dels imants es va tenir en compte que les dimensions fossin proporcionades a l'àrea de la peanya de cada exemplar i es va cenyir a criteris com la forma i l'àrea, la massa, i el gruix requerits segons la càrrega a suportar, en aquest cas l'espècimen. Aquests factors determinen la intensitat del camp magnètic necessària per tal de garantir una retenció proporcionada de l'imant amb el suport ferromagnètic.

Es van adquirir imants de neodimi (Nd-Fe-B), en format pla circular i quadrat amb una classificació N42 i N35 (escala MGO³⁴), al proveïdor d'imants Supermagnete,³⁵ escollint els més apropiats per a cada peanya i exemplar. Aquests imants presenten un recobriments protector de níquel i coure i presenten límits d'exposició a temperatures de 80°.³⁶

El suport ferromagnètic correspon a la superfície amb propietats magnètiques sobre la qual s'ancoren els espècimens amb els imants integrats. En aquest estudi, s'utilitzaren lleixes metàl·liques del sistema de prestatgeries Mecalux®M4, amb lleixes de xapa d'acer galvanitzat

d'un gruix d'1,4 mm, un valor que supera el lllindar recomanat de 0,61 mm per garantir una força magnètica significativa.³⁷ Per analitzar teòricament la distribució del camp magnètic, es va emprar la calculadora virtual de KJ Magnetics,³⁸ generant un model digital per identificar les geometries més adequades. Es van seleccionar imants amb un camp magnètic de distribució predominantment longitudinal, per evitar concentracions puntuals de força que podrien afavorir la desestabilització de l'espècimen en cas de desconexió accidental del suport.

ADHESIUS

Per tal de determinar l'adhesiu més adequat per a fixar els imants a la peanya dels espècimens, es van prioritzar criteris com la reversibilitat, l'estabilitat del polímer, la flexibilitat i la compatibilitat amb el substrat de la base. Els resultats obtinguts en estudis previs realitzats per Rodríguez (2017) i Calabria (2013) conclouen que el Paraloid® B-72 és una bona opció per adherir imants a petites peces en interiors controlats, mentre que l'Araldite® Standard és més adequat per a unions grans o exteriors.

Les propietats adhesives es van analitzar mitjançant assajos de tracció amb un dinamòmetre digital Sauter® FC10 en un laboratori certificat. Es van preparar tres mostres per cada tipus d'imant amb els dos adhesius, i cada mostra es va sotmetre a cinc repeticions per tal d'obtenir un valor mitjà.

Finalment, es va optar per escollir la resina Paraloid® B-72 diluïda al 50% en acetona tal i com especificaven els estudis anteriors. Tot i la manca de porositat i la superfície llisa de l'imant, l'elevada viscositat de l'adhesiu permet omplir les irregularitats del suport per tal d'aconseguir el màxim de superfície d'adherència i bloquejar l'imant. L'adhesiu es va aplicar a pinzell i es van retirar l'excés amb acetona.

RESULTATS

DISSENY DEL SISTEMA D'ANCORATGE MAGNÈTIC

El disseny d'un sistema d'ancoratge magnètic es basa en l'anàlisi dels components que el conformen i les forces físiques implicades. El mètode d'ancoratge proposat utilitza imants individuals (*point fasteners*) que es col·loquen a la base de les peanyes dels espècimens de forma que quedin integrats. ⁵

El sistema consta de tres elements principals:

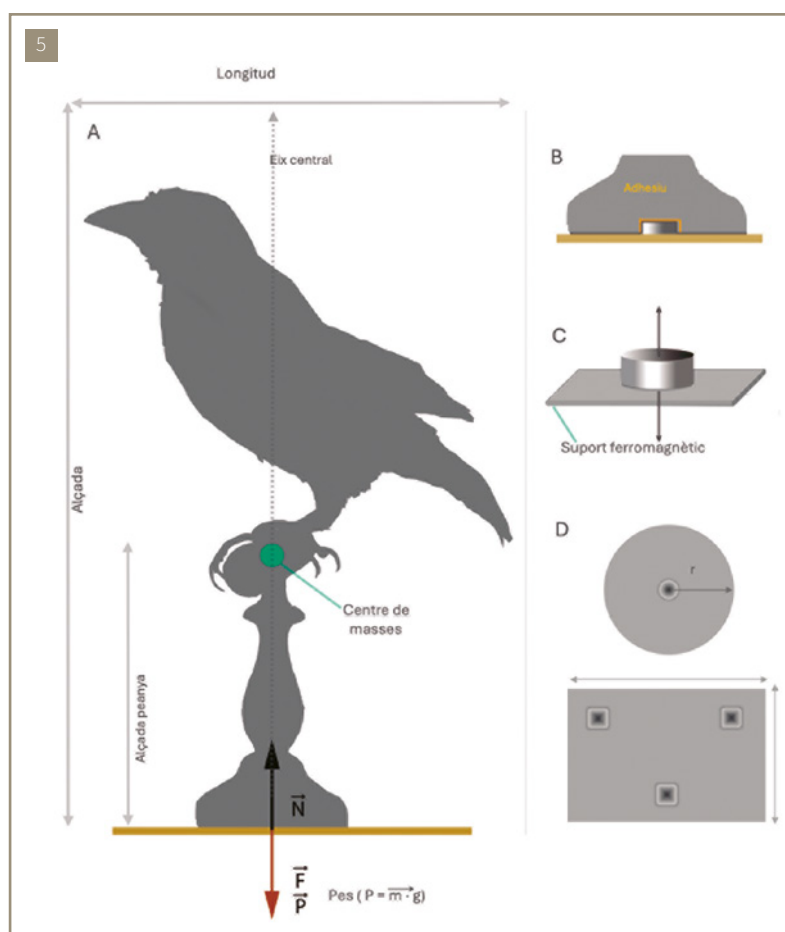
1. Espècimens: es consideren variables les dimensions (alçada i amplada màxima), la massa, el centre de masses,³⁹ l'àrea i la morfologia de la peanya

i es determinen les distribucions de les forces al sistema.

2. Imants/adhesiu: influeixen paràmetres com la força de tracció, la forma, la distància del camp magnètic i la superfície de contacte amb el suport. Aquests factors permeten determinar quants imants es requereixen per a ancorar correctament els espècimens. Les característiques de l'adhesiu utilitzat també influeixen la força de la unió magnètica.

3. Suport ferromagnètic: el gruix, la capacitat magnètica i la morfologia llisa de la superfície del suport (xapa metàl·lica) influeixen en l'eficàcia de l'ancoratge magnètic.

Per tal de garantir l'estabilitat del sistema i mantenir l'equilibri estàtic dels espècimens, la suma vectorial de totes les forces que actuen sobre l'exemplar ha de ser



[5] **A)** Diagrama del cos lliure de l'exemplar. Mesures realitzades i centre de masses. **B)** Unió adhesiva entre l'exemplar (base o peanya) amb l'imant. **C)** Forces que actuen entre l'imant i el suport ferromagnètic. **D)** Ubicació dels imants a les bases circulars i distribució dels imants a la base rectangular (Imatge: Marina Rull).

³⁷ SPICER, "The Principles of creating..."

³⁸ https://www.kjmagnetics.com/thickness_calculator.asp.

³⁹ Punt de l'espai on es pot considerar concentrada la massa d'un cos o d'un sistema. (Termcat, 2024).

6	Exemplars	Massa	Pes (m·g) g=9,81 m/s²	Àrea base (cm²)	Proposta imant (Nom/dimesions/ Escala MGO)	Àrea imant (cm²)	Força tracció imant (aprox)
1	MZB 2013-3147	11,43g (0,01kg)	0,09 N	17,34	S-05-01 (Ø5x1mm) N45	0,196	3,14 N (320g)
2	MZB 82-6432	32,9g (0,03kg)	0,29 N	13,84	S-04-02 (Ø4x2mm) N45	0,125	4,12 N (420g)
3	MZB 2013-3027	57,99g (0,05kg)	0,49 N	9,61	S-10-01 (Ø10x1mm) N35	0,785	5,3 N (540g)
4	MZB 94-0215	30,62g (0,03kg)	0,29 N	17,34	S-10-01 (Ø10x1mm) N35	0,785	5,3 N (540g)
5	MZB 8 espèimens	286,78g (0,28kg)	2,74 N	108	S-10-10-01 (Ø10x10x1mm) N35	1	5,88 N (600g)

[6] Relació d'espèimens amb els imants escollits (Imatge: Marina Rull).

[7] **1)** Realització del receptacle per a l'imant mitjançant la perforació de la base amb una eina rotatòria a l'exemplar 3. **2)** Aplicació de Paraloid B-72® al 50% amb acetona sobre l'imant. **3)** Adhesió de l'imant a la base de l'exemplar 2 i neteja de les restes de Paraloid B-72®. **4)** Realització dels receptacles per als imants quadrats de l'exemplar 5. **5)** Base de l'exemplar 5 amb els imants adherits. **6)** Ubicació final i embalatge de l'exemplar 2 amb les etiquetes per a la seva identificació taxonòmica i senyalització del camp magnètic (Fotografies: Marina Rull).

nul·la. En el cas específic del sistema que es vol dissenyar les forces simplificades que hi actuen són tres: la Força (F), és la força exercida per l'objecte contra la superfície d'unió, la Força Normal (N) que és la força de reacció de la superfície en sentit contrari a la força exercida sobre ella. I el Pes (P) Correspon a la força gravitatòria, representada com un vector des del centre de masses cap al terra, amb una intensitat igual al producte de la massa dels exemplars per l'acceleració de la gravetat. Si la superfície és horitzontal i no hi ha cap altra força actuant que la modifiqui, la força normal és igual al pes però en sentit contrari.

Això significa que el pes de l'exemplar ha de ser equilibrat per la força de tracció dels imants. És important destacar que aquest model de forces no contempla altres forces i factors com la fricció, l'equilibri de moments o les forces de desplaçament, que podrien influir en un sistema d'ancoratge magnètic.

Aquest estudi de forces simplificat⁴⁰ permet establir quants imants i quina és la distribució necessària per a cada



exemplar. La disposició pot ser simètrica o no, la quantitat i ubicació depèn del pes, de la distribució de càrregues i de la forma de la peanya de l'exemplar. S'estableix que els imants no superin l'1% de l'àrea de la peanya. Aquesta limitació té com a objectiu reduir el risc de desprendiment i disminuir la superfície de contacte, ja que un imant amb una àrea d'adhesió massa gran podria generar una força excessiva i comprometre l'estabilitat del sistema.

En el cas d'una base circular, el centre de masses de l'exemplar se situa a la part central de l'eix vertical, i la distribució de càrrega es fa de manera vertical. Per a una base rectangular, la posició més estable per a l'imant sol ser proper a les cantonades. En el disseny de l'exemplar s'utilitza una distribució adaptada per tal d'equilibrar les càrregues.

Per a cada exemplar es va proposar un imant d'acord amb el seu pes, àrea de la peanya i força de tracció de l'imant. L'imant havia de quedar completament integrat a la peanya, sense sobresortir, per tal de garantir un contacte

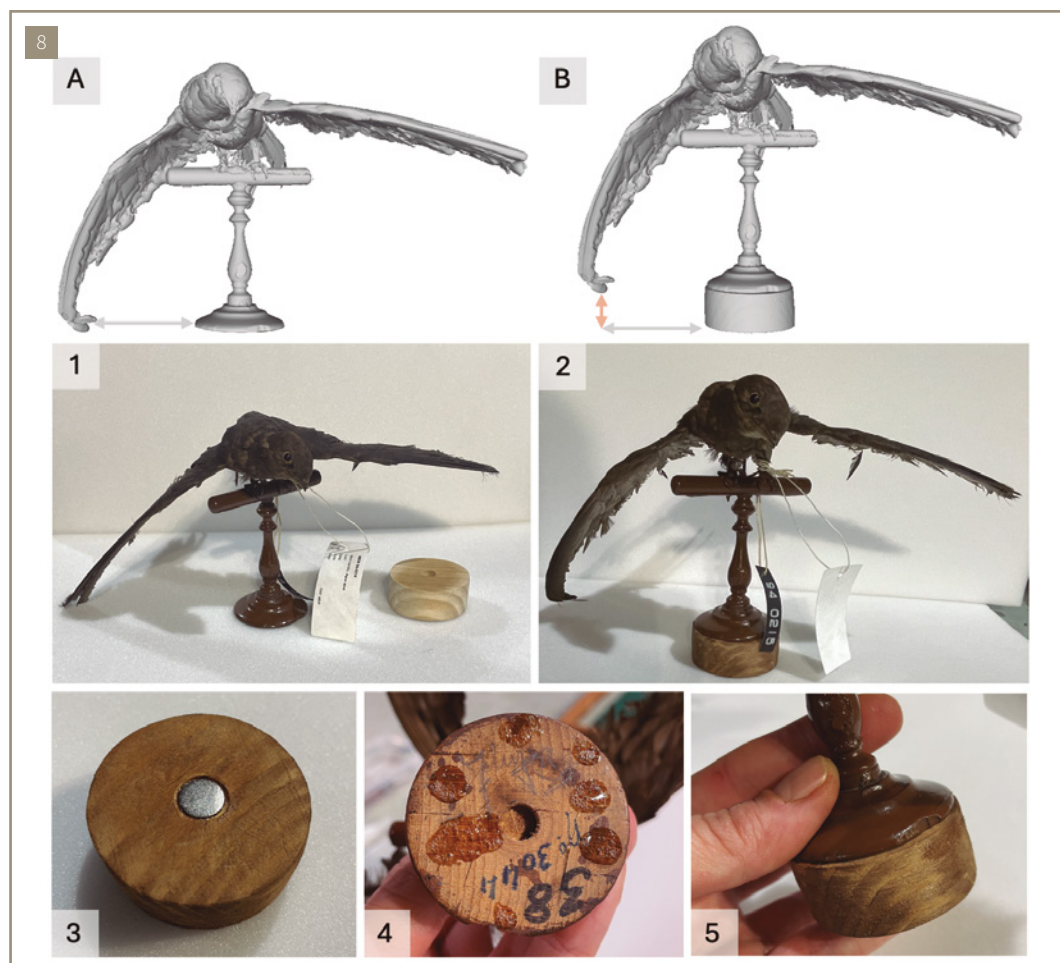
total i reduir l'espai buit (*magnetic gap*). Donada la morfologia irregular d'algunes peanyes en alguns casos va ser necessari incorporar imants amb una força de tracció més elevada per garantir un ancoratge segur. ⁶

APLICACIÓ DEL SISTEMA D'ANCORATGE MAGNÈTIC

L'aplicació del sistema a cada exemplar ha sigut el següent:

Exemplar 1: es va realitzar una perforació amb bisturí al centre de la peanya tova de poliuretà extruït per tal d'adherir un imant circular de 5 x 1 mm amb Paraloid® B-72.

Exemplar 2: es va realitzar una perforació en forma de receptacle al centre de la base de la peanya de fusta mitjançant una eina rotatòria amb un capçal abrasiu del diàmetre de l'imant. Es va aprofitar perforacions anteriors per rebaixar només l'alçada de l'imant (2 mm) i es va deixar una superfície porosa i amb rugositat per millorar l'adherència entre l'adhesiu i l'imant. Es va inserir un imant de 4 x 2 mm.



[8] Exemplar 4. **A)** Model 3D abans de l'aplicació del sistema amb l'extremitat dreta recolzant a terra. **B)** Model 3D posterior a l'aplicació del sistema de plataforma per tal d'alçar l'espècimen. **1)** Imatge de l'espècimen amb la peça de fusta preparada abans de tenyir. **2)** Imatge final de l'espècimen amb l'alça incorporada. **3)** Peça de fusta amb imant incorporat. **4)** Base de l'exemplar amb Paraloid B-72®. **5)** Adhesió de la peça a la base de l'exemplar (Fotografies: Marina Rull).

Exemplar 3: es va realitzar una perforació en forma de receptacle al centre de la peanya mitjançant una eina rotatòria amb un capçal abrasiu del diàmetre de l'imant i es va rebaixar només l'alçada de l'imant (1 mm). Es va inserir un imant de 10 x 1 mm.

Exemplar 4: aquest espècimen va requerir mesures per augmentar l'alçada de la peanya per evitar el recolzament d'una de les extremitats al terra. Per tal de solucionar l'alçada es va realitzar una peça de fusta de pi circular en forma de plataforma per incrementar 2,5 cm l'alçada de la base. Es va teñir amb nogalina per tal de donar un aspecte més en concordança amb l'aspecte de la peanya original i s'hi va adherir l'imant de 10 x 1mm. La peça, amb l'imant incorporat, es va adherir amb punts de Paraloid B-72® al 50% amb acetona a la base de l'exemplar original. ⁸

Exemplar 5: la base de fusta contraplacada de l'exemplar era molt lleugera i inestable. Degut a la seva baixa duresa es va realitzar el buidat amb bisturí per tal d'adherir tres imants quadrats de 10x10 mm amb Paraloid® B-72. El nombre d'imants i la distribució es van determinar per equilibrar les càrregues de l'exemplar que tenia tendència a bolcar cap a la direcció on tenia més massa i a on només s'hi va adherir un imant. D'aquesta manera la banda de la peanya amb els dos imants presentava més força de tracció i permetia equilibrar les forces que descompensaven l'exemplar.

L'embalatge dels espècimens va consistir en el seu encapsulament amb plàstic de polietilè segellat per tal d'aïllar-los de la pols. Es va afegir una etiqueta adhesiva amb la seva identificació taxonòmica i una etiqueta

d'alerta indicant els riscos associats als camps magnètics dels imants. És rellevant informar del perill dels imants si la col·lecció es troba en espais de reserva amb accés de personal, ja que pot ser un risc per aparells com marcapassos o per dispositius electrònics.

TRACCIÓ DELS IMANTS
Les dades obtingudes dels anàlisis de tracció dels imants amb els adhesius, han donat mitjanes similars als valors especificats pels fabricants i els valors obtinguts en estudis de tracció realitzats per Rodríguez (2017) i Calabria (2013) amb imants del mateix distribuïdor. Tot i així, els resultats mostraven diferències en alguns imants amb valors lleugerament superiors d'un newton als especificats (S-04-02 i S-05-01) i en altres casos inferiors de fins a 2 newtons (S-10-01, i el Q-10-10-01) als valors especificats a les fitxes tècniques. Aquest fet indica que, els imants són eficients, però el seu rendiment pot estar influenciat per l'adhesiu utilitzat o la metodologia emprada per a realitzar les proves.

Al mateix temps, els resultats també confirmen que presenten més força de tracció les mostres adherides amb l'Araldite Standard® que les adherides amb Paraloid® B-72. ⁹

DISCUSSIÓ
ANCORATGES MAGNÈTICS I IMANTS
Els resultats de la recerca bibliogràfica sobre els usos de sistemes d'ancoratge magnètics per a béns culturals en reserves ha sigut poc prolífica, hi ha escassa literatura disponible i se centren principalment en altres tipologies de béns patrimonials allunyades de les ciències naturals o amb finalitats expositives. Així i tot s'ha pogut fonamentar l'assaig amb la informació disponible i gràcies a l'increment de l'interès en aquest camp en els últims anys.

L'estudi de la força de tracció i l'atracció a la superfície ferromagnètica, utilitzant eines de simulació virtual, ha estat elemental per a configurar el disseny de l'ancoratge adaptant-lo a les característiques específiques d'aquesta recerca. Tanmateix, s'ha observat que un camp magnètic desproporcionat pot atraure o repel·lir altres imants propers o partícules metàl·liques, i això pot interferir en la seguretat i eficàcia del sistema. Aquest fet ha sigut comprovat durant l'aplicació dels imants on s'ha hagut de treballar en un espai net de partícules metàl·liques i sense imants propers. Les lectures variables de les forces de tracció a les mostres poden ser atribuïdes a errors en el plantejament i sistema de mesura dels imants. Els imants van ser adherits a unes bases amb ganxo que podrien haver-se mogut durant les mesures.

⁹	Imant	Mostra	Adhesiu	Resultats mesures tracció (Newtons)	Valor fabricant (Newton)
S-04-02	S1	Paraloid B-72®		5,128	4,12
	S2	Paraloid B-72®		5,064	
	S3	Araldite®S		5,472	
S-05-01	S1	Paraloid B-72®		4,208	3,14
	S2	Paraloid B-72®		5,488	
	S3	Araldite®S		4,476	
Q-10-10-01	S1	Paraloid B-72®		4,464	4,9
	S2	Paraloid B-72®		4,134	
	S3	Araldite®S		5,496	
S-10-01	S1	Paraloid B-72®		3,504	5,3
	S2	Paraloid B-72®		3,986	
	S3	Araldite®S		5,032	

[9] Resultats de les proves de tracció dels diferents imants amb els dos adhesius. En vermell mesures inferiors a les especificades pel fabricant (imatge: Marina Rull).

Els resultats obtinguts amb els exemplars 1, 2 i 3 han sigut satisfactoris i el sistema ha funcionat correctament millorant l'estabilitat i reduint l'ús d'escumes.

En alguns exemplars com l'exemplar 4 i 5, el sistema no ha complert del tot els objectius establerts ja que poden bolcar amb facilitat degut al pes del plàstic protector que els fa desestabilitzar, i encara requereixen material d'emalatge complementari per tal d'evitar l'esclafament de les plomes. A més, el sistema presenta riscos potencials si no es manipula adequadament, incloent-hi la possible interferència amb equips electrònics i la deterioració dels imants per variacions ambientals i humitat elevada. Els imants, especialment els circulars de més diàmetre, són fràgils i es trenquen fàcilment tal i com es va poder comprovar durant les proves de tracció. Les dimensions, la distribució i el nombre d'imants aplicats al sistema, poden influir en l'eficàcia de l'ancoratge i l'estabilitat de l'exemplar.

La manipulació dels espècimens amb imants requereix una extracció concreta per assegurar el seu rendiment. Els exemplars, per a ser separats de la lleixa, s'han de retirar fent-los lliscar per la superfície fins a l'extrem i sense aixecar l'exemplar de la peanya cap amunt, ja que la força que s'hauria d'exercir seria més elevada i podria provocar factures a l'espècimen o que es despregui l'imant de la base.

Finalment, també s'ha de considerar que els imants poden produir càrregues estàtiques a alguns materials a causa de l'efecte triboelèctric.⁴¹ Així doncs, la fricció de l'imant a la superfície d'aquests materials i amb valors molt allunyats,⁴² pot augmentar el poder estàtic d'aquest, potenciant l'adhesió de les plomes a la superfície del plàstic.

Durant la implementació del sistema s'han trobat limitacions com una baixa compatibilitat entre els imants i l'adhesiu que requereix una revisió periòdica per tal de comprovar la seva adherència. També s'ha observat durant l'aplicació del sistema que quan el material de la base és molt tou, fràgil o poc compacte el sistema d'adhesió amb l'imant pot no ser el més adequat. Tot i que l'adhesió de l'imant va ser possible la fragilitat del material que l'envolta pot acabar provocant el desprendiment de l'imant.

CONCLUSIONS

El sistema d'ancoratge magnètic aplicat als espècimens naturalitzats ofereix una millora significativa en les seves condicions d'emmagatzematge. El sistema redueix la necessitat de material d'emalatge addicional, estabilitza

els espècimens i en general evita el seu bolcament durant l'embolcallament amb plàstic. Addicionalment, permet una homogeneïtat en els embalatges d'espècimens amb dimensions, pes o formes similars. S'ha de tenir en compte la importància de seleccionar correctament els imants en funció de l'alçada, pes i superfície de la peanya de l'exemplar.

Així, els sistemes de subjecció mitjançant imants esdevenen una alternativa versàtil i efectiva per tal de preservar exemplars a un cost reduït.

Les futures vies d'investigació haurien de centrar-se en comprovar la reversibilitat del sistema a llarg termini i la seva capacitat per minimitzar els efectes de les vibracions provocats per factors humans o naturals. Altres estudis a desenvolupar per veure la viabilitat del sistema seria la realització de models predictius per avaluar la probabilitat de caiguda dels espècimens a causa de vibracions, utilitzant eines com l'anàlisi d'elements finits o models de probabilitat virtuals. Una millora de l'aplicació del sistema podria ser la realització de suports estandarditzats fets amb imants i exempts, no incrustats a les peanyes, més acordes amb els criteris de conservació preventiva actuals. Tot i les limitacions, el sistema presenta un potencial considerable per ser aplicat a altres tipologies de col·leccions, obrint la porta a noves aplicacions en el camp de la conservació.

⁴¹ Quan dos materials es posen en contacte, una part dels electrons de la superfície d'un dels materials passa a l'altre. La quantitat de càrrega elèctrica transferida depèn de la naturalesa del material i de la superfície de contacte. L'efecte triboelèctric es pot augmentar si es proporciona energia, per exemple, fregant ambdós materials entre si (TERMCAT, 2024).

⁴² Les series triboelèctriques són llistes de classificació dels materials segons les càrregues electroestàtiques que se'n poden derivar. Així doncs quan més allunyat es troba un material d'un altre a la sèrie hi ha més efecte electroestàtic. SPICER, "The Principles of creating..."

BIBLIOGRAFIA

BONINI, Massimo; LENZ, Sebastian; GIORGI, Rodorico; BAGLIONI, Piero. "Nanmagnetic Sponges for the Cleaning of Works of Art". *Langmuir*. Núm. 23 (2007), p. 8681-8685.

CALABRIA SALVADOR, Irene. *Las pinturas murales de la ciudad íbero-romana de Cástulo, Linares (Jaén): Estudio técnico y propuesta de diferentes sistemas de anclaje para su musealización*. Directors: M. Pilar Soriano i M. Antonia Zalbidea. Treball final de màster. València: Universitat Politècnica de València, 2013.

CANADIAN CONSERVATION INSTITUTE (CCI). *Preventive conservation guidelines for collections*. (2018). [En línia].<<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/preventive-conservation/guidelines-collections.html>>[Consulta:12 juny 2024].

DERBYSHIRE, Alan; TALLIAN, Timea. "The new miniatures gallery". *Victoria and Albert Museum. V&A Conservation Journal*, núm. 51 (2005), p. 2-4, [En línia]: <<http://www.vam.ac.uk/content/journals/conservation-journal/issue-51/the-new-miniatures-gallery/>>. [Consulta: 25 març 2024].

DIGNARD, C.; MANSON, J. *Caring for leather, skin and fur. Preventive conservation guidelines for collections*. Ottawa: Canadian Conservation Institute publications. (2018). [En línia]: <<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/preventive-conservation/guidelines-collections/caring-leather-skin-fur.html>> [Consulta: 3 novembre 2024].

FRICK Holger; GREEFF Michael. *Handbook on natural history collections management – A collaborative Swiss perspective*. Vol 16. Núm 2. Bern: Swiss Academies Communications, 2021. [En línia]: <[swisscollnet.scnat.ch/handbook](https://www.sciencemuseum.ch/handbook/)> [Consulta: 10 febrer 2024].

GIL MACARRÓN, Rita. *Protocolos de conservación y restauración aplicables a la colección de aves y mamíferos naturalizados del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (MNCM-CSIC)*. Directors: Sonia Santos Gómez, Luis Castelo Sardina i Carlos Pereira Prado. Tesi doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Bellas Artes. Departamento de Pintura (Pintura y Restauración), 2016. [En línia]: <<https://produccioncientifica.ucm.es/documentos/5d1df63029995204f7663e36>> [Consulta: 3 maig 2024].

GODFREY, Ian; GILROY, David. *Conservation and Care of Collections*. Western Australian Museum: Department of Materials Conservation, 2017. [En línia]: <<https://manual.museum.wa.gov.au/book/export/html/1/>> [Consulta: 8 juny 2024].

INTERNATIONAL COUNCIL OF MUSEUMS (ICOM). *Code of ethics for Natural History Museums. Ethics Working group*, 23rd General Assembly of ICOM (Rio de Janeiro, 16 Agost de 2013). França, 2013. Disponible a: <https://icom.museum/wp-content/uploads/2018/07/nathcode_ethics_en.pdf> [Consulta: 3 maig 2024]

INTERNATIONAL COUNCIL OF MUSEUMS (ICOM)– CONSERVATION COMMITTEE (CC). *Terminology to characterize the conservation of tangible cultural heritage*. Resolution. 15th Triennial Conference. New Delhi, 22-26 September, 2008.

JORDAN, Tammy. "Using Magnets as a Conservation Tool: A New Look at Tension Drying Damaged Vellum Documents". *The Book and Paper Group Annual*. Núm. 30 (2011), p. 47-55. [En línia]: <<https://cool.culturalheritage.org/coolaic/sg/bpg/annual/v30/bpga30-06.pdf>> [Consulta: 3 de juny 2024].

K&J MAGNETICS, Inc. *Magnetic pull force calculator*. [En línia].<<https://www.kjmagnetics.com/calculator.asp>> [Consulta:15 gener 2024].

NATIONAL PARK SERVICE (NPS). *Museum Handbook. Museum Management Program*. Washington: National Park Services U.S, 2024. [En línia]: <<https://www.nps.gov/museum/publications/handbook.html>> [Consulta: 17 gener 2024].

NATSCA (Natural Sciences Collection Association). *Care and Conservation of Natural History Collections*. [En línia].<<https://natsca.org/care-and-conservation>> [Consulta: 16 març 2024].

PARIS, Mariablanca; JERVIS, Anna Valeria; RISSOTTO, Lidia. "The Restoration of a gilt leather portiere of the 16th century: study of the magnet-based suport structure". Vol.1. A: *15th ICOM-CC Triennial Meeting (22-26 September 2008, New Delhi, India)*. Paris: International Council of Museums. Committee for Conservation. 2008, p. 332-339.

PASIES, Trinidad; ZINCONE, Paola; REGIDOR, José Luis. "L'ús d'imants com a alternativa a la col·locació de nou support en pintura mural arqueològica". *Unicum*. núm. 17 (2018), p. 15-24.

PÉQUIGNOT, Amandine. "The History of Taxidermy: Clues for Preservation". *Collections: A Journal for Museum and Archives Professionals*. University of Michigan, vol. 2, núm. 3 (2006), p. 245-255.

RODRÍGUEZ, Medina Azahara. *Análisis de sistemas magnéticos aplicados a uniones de fragmentos: Exposición a intemperie*. Directors: Xavier Mas i Barberà i Lucas Pérez García. Tesi doctoral. València: Universitat Politècnica de València, 2017.

ROSE, Carolyn L.; HAWKS, Catharine; GENOWAYS, Hugh H. (Eds.). *Storage of Natural History Collections: Ideas and Practical Solutions*. Pittsburgh: Society for the Preservation of Natural History Collection, 1992.

SIMMONS, John E.; MUÑOZ-SABA, Yaneth. *Cuidado, Manejo y Conservación de colecciones biológicas*. Vol. 1. Bogotá D.C.: Conservación internacional. Serie Manuales para la Conservación, 2005.

SPICER, Gwen. "The principles of creating a magnetic mounting system: the physics every conservator needs to know". A: *ICON Textile Group Forum. From Boxes to Buildings: Creative Solutions for the Storage of Textiles and Dress (Bath, UK, March 2017)*. London, 2017, p. 59-75.

SPYRAKOS, Constantine; MANIATAKIS, Charilaos; TAFLAMPAS, Ioannis. "Application of predictive models to assess failure of museum artifacts under seismic loads". *Journal of Cultural Heritage*, núm. 23 (2017), p. 11-21.

STONER, J. *Mending tears vertically on large paintings using magnets*. Richmond, Virginia: The American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. AIC Paintings Specialty Group, Postprints, 2007.

SUPERMAGNETE. [En línia]. <<https://www.supermagnete.es/>> [Consulta:15 gener 2024].

THE SOCIETY FOR THE PRESERVATION OF NATURAL HISTORY COLLECTIONS (SPNHC). *Collection Forum*. [En línia]<<https://spnhc.org/collection-forum/>> [consulta: 10 gener 2024].

TORRES, Rafael; CARDONA, Joan; GARCIA, Eulàlia; VILA, Maria. "Causas, efectos y soluciones de vibraciones en ejemplares de museos expuestos en vitrina". A: *Actas del 45 Congreso Español de Acústica*, Murcia, 2014.

VERBERNE-KHURSHID, F.; SMIT, I.; VAN DER STERREN, N. "The attraction of magnets as a conservation tool". A: *ICOM13th Triennial Meeting (Rio de Janeiro, 22-27 de setembre de 2002)*. London: ICOM-CC Committee for Conservation Preprints; James & James, 2002, p. 363-369.

WATSON ADSIT, Kristen. "An Attractive Alternative: The Use of Magnets to Conserve Homer by John Chamberlain". *Western association for art conservation, WAAC Newsletter* [Los Angeles]. Vol. 33, núm. 2 (2011), p.16-21.

WEI, William; DONDORP, Esther. "Testing to determine allowable vibration limits at a Natural History Museum in the Netherlands". *Association for Preservation Technology (APT) Bulletin. The Journal of Preservation Technology*. Washington, DC. Vol. 51, núm. 4 (2020), p. 21-27. [En línia]: < <https://apt.memberclicks.net/assets/Publications/Bulletin/2020/51.4/51.4%20Wei%20Article.pdf> > [Consulta: 20 agost 2024]

WEI, William; KRUMPERMAN, N.; DELISSEN, N. "Design of a vibration damping system for sculpture pedestals: an integral object-based approach". A: *16th ICOM-CC Triennial Conference (19-23 September 2011, Lisboa, Portugal)*. Paris: International Council of Museums. Committee for Conservation, 2011, p. 1-10.

WEI, William; SAUVAGE, Leila; WÖLK, Jenny. "Baseline limits for allowable vibrations for objects". A: *17th ICOM-CC Triennial Meeting, (15-19 September 2014, Melbourne, Australia)*. Paris: International Council of Museums. Committee for Conservation, 2014, p. 1-7.

WINKER, Kevin. "Obtaining, preserving, and preparing bird specimens". *Journal of Field Ornithology*. Vol. 71, núm. 2 (2000), p. 250-297.

YAGÜE, A; MARCOS, F; DAURA, J; SANZ, M. "Alternativa desmontable a la reconstrucción volumétrica en fósiles. Restauración de un cráneo de uro (Bos primigenius)(Cova del Rinoceront, Barcelona)". A: *Preservando el pasado: 1a Jornada Internacional de conservación y preparación de fósiles (11,12 i 13 de marzo del 2024). Libro de resúmenes*. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara, 2024, p. 57-58.

ZINCONI, Paola. *Un ensayo de mínima intervención en la aplicación de nuevo soporte en pintura mural arqueológica*. Directors: Jose Luis Regidor Ros i Trinidad Pasies Oviedo. Tesi de Màster. València: Universitat Politècnica de València, 2012. [En línia]: <<https://riunet.upv.es/handle/10251/18328> > [Consulta: 2 febrer 2024].