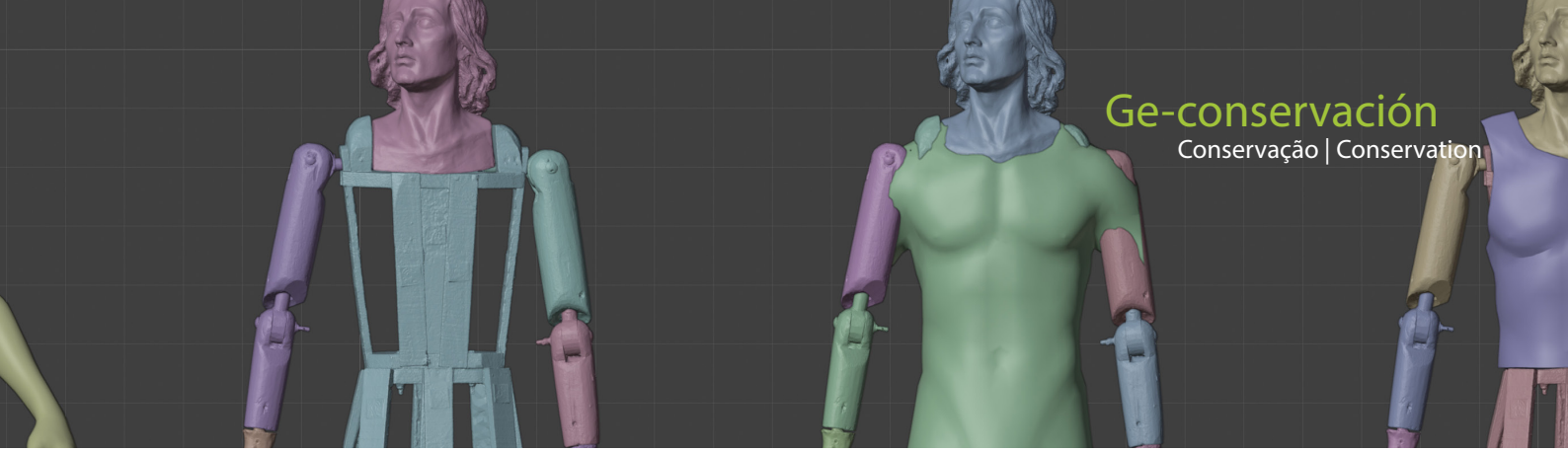


Reconstrucción anatómico-morfológica reversible en esculturas de maniquí. Un flujo de trabajo integral desde el modelado paramétrico 3D a la fabricación digital CNC

Beatriz Prado-Campos, Juan-Salvador Sanabria-Fernández

Resumen: Este artículo presenta una metodología innovadora para la reconstrucción anatómico-morfológica reversible del torso en esculturas de vestir tipo maniquí, analizando un San Juan Evangelista (Zalamea la Real, Huelva). Su problema radicaba en la insuficiencia volumétrica del armazón, resuelta tradicionalmente con materiales inestables (gomaespuma y vendas) que comprometen su conservación. La investigación integra documentación 3D mediante fotogrametría, modelado paramétrico en software de código abierto (Blender) y validación mediante prototipado. El resultado es una "coraza" funcional bipartita de espuma técnica de celda cerrada (G-CELL®™), fabricada mediante fresado CNC. Esta solución sustituye métodos artesanales perecederos por un sistema auxiliar basado en la precisión métrica y estabilidad material. Los resultados demuestran que es posible optimizar la funcionalidad y el ajuste de la indumentaria, garantizando la reversibilidad total.

Palabras clave: Escultura de vestir, maniquí, conservación, fotogrametría, modelado 3D, parametrización, fresado CNC, reversibilidad

Reversible anatomical-morphological reconstruction in mannequin sculptures. A comprehensive workflow from 3D parametric modelling to CNC digital manufacturing

Abstract: This article presents an innovative methodology for the reversible anatomical-morphological reconstruction of the torso in mannequin-type clothing sculptures, analysing a Saint John the Evangelist (Zalamea la Real, Huelva). The problem lies in the volumetric insufficiency of the frame, traditionally solved with unstable materials (foam rubber and bandages) that compromise its conservation. The research integrates 3D documentation using photogrammetry, parametric modelling in open-source software (Blender) and validation through prototyping. The result is a functional bipartite 'armour' made of closed-cell technical foam (G-CELL®™), manufactured using CNC milling. This solution replaces perishable artisanal methods with an auxiliary system based on metric precision and material stability. The results demonstrate that it is possible to optimise the functionality and fit of the garment while ensuring total reversibility.

Keywords: Dressing sculpture, mannequin, conservation, photogrammetry, 3D modeling, parameterization, CNC milling, reversibility

Reconstrução anatómico-morfológica reversível em esculturas de manequins. Um fluxo de trabalho abrangente desde a modelação paramétrica 3D até à fabricação digital CNC

Resumo: EEste artigo apresenta uma metodologia inovadora para a reconstrução anatómico-morfológica reversível do torso em esculturas de vestir do tipo manequim, tendo como caso de estudo um São João Evangelista (Zalamea la Real, Huelva). O problema residia na insuficiência volumétrica da armação, tradicionalmente compensada com materiais instáveis (espuma de poliuretano e ligaduras), que comprometem a sua conservação. A investigação integra documentação 3D através de fotogrametria, modelação paramétrica em programas de código aberto (Blender) e validação através de prototipagem. O resultado consiste numa «carapaça» funcional bipartida, em espuma técnica de célula fechada (G-CELL®™), produzida através de fresagem CNC. Esta solução substitui métodos artesanais perecíveis por um sistema auxiliar baseado na precisão métrica e na estabilidade dos materiais. Os resultados demonstram ser possível otimizar a funcionalidade e o ajuste da indumentária, garantindo simultaneamente a total reversibilidade da solução.

Palavras-chave: Escultura de vestir, manequim, conservação, fotogrametria, modelação 3D, parametrização, fresagem CNC, reversibilidade

Justificación teórica y planteamiento del problema: la dialéctica entre función y conservación

La escultura sacra se define, ante todo, como una manifestación artística supeditada a los preceptos religiosos y espirituales, encontrándose indisolublemente ligada a su función litúrgica y, especialmente en el contexto andaluz, a sus valores culturales y de uso (López Rey et al. 2025). Este lenguaje plástico entronca con la tradición barroca española, y la relevancia de sus manifestaciones las sitúan como una de las grandes aportaciones a la Historia del Arte Internacional (Echevarría Goñi 1992; Fernández Paradas 2016).

La producción artística de carácter devocional —transmisora del mensaje espiritual y articulada en torno a su dimensión inmaterial y performativa — se adapta, se transforma y pervive hasta nuestros días. Dicha capacidad de resiliencia se hace patente tras el descrédito decimonónico, derivado del predominio academicista, periodo tras el cual la disciplina recupera progresivamente su presencia a finales del siglo XIX para consolidarse durante el primer tercio del XX. A pesar de que los desastres bélicos y la posguerra afectaron a su continuidad, experimentó un nuevo impulso en el último tercio del siglo XX, manteniendo una notable vitalidad en la actualidad (Ríos Moyano 2016).

Las imágenes de vestir se conciben como entes cuya naturaleza cultual, que engloba tanto la función litúrgica oficial como la práctica devocional de la piedad popular, condiciona de forma directa su preservación. La dimensión inmaterial y performativa implica que la obra no solo es materia, sino que sucede a través del rito. Es precisamente esta exigencia de operatividad de uso, la que acaba por comprometer su integridad física y material. Se configura así una servidumbre funcional derivada de la manipulación reiterada durante los procesos de vestido y desvestido, en respuesta al calendario litúrgico, así como de los traslados motivados por requerimientos cultuales. Estas intervenciones conllevan un progresivo deterioro material y favorecen la introducción de modificaciones recurrentes en la fisonomía y en los sistemas estructurales de la obra. En consecuencia, se produce una afección sistemática tanto de sus elementos anatómicos —articulaciones y candelero— como de sus estratos policromos.

Históricamente, los criterios técnicos se han centrado en asegurar la "funcionalidad" inmediata —vestimenta o procesión—, priorizando la movilidad articular y refuerzo estructural, desechando elementos originales y asumiendo modificaciones estructurales sustanciales que, en última instancia, han desvirtuado la lectura material y la autenticidad histórica de las obras, aunque no tienen un impacto social al ser elementos ocultos por las vestimentas. El presente trabajo se plantea precisamente desde la dialéctica entre función y conservación, proponiendo una alternativa metodológica fundamentada en la documentación 3D y el modelado paramétrico. El objetivo es la materialización de un modelo físico mediante fabricación digital, y la obtención de un volumen anatómico reversible diseñado para subsanar la carencia volumétrica del torso, garantizando así la permanencia de la estructura del torso original, sin comprometer su autenticidad mediante sustituciones y adiciones definitivas.

El objeto de estudio es una escultura de vestir que representa a San Juan Evangelista, obra del escultor Manuel Domínguez, perteneciente a la Hermandad de Penitencia de Zalamea la Real, Huelva. La imagen, de maniquí y tamaño natural, presenta una fisonomía característica de la producción neobarroca andaluza de mediados del siglo XX. Los objetivos de la investigación son:

- Analizar el sistema constructivo y funcional de la obra como caso de estudio de imaginería de mediados del siglo XX, evaluando la singularidad de su arquitectura interna y su eficiencia operativa ante los requerimientos de uso cultual.
- Profundizar en la caracterización técnica del "maniquí de vestir" como tipología singular dentro de la escultura polimatérica, contribuyendo a la documentación y análisis de modelos poco frecuentes en la historiografía técnica.
- Desarrollar un protocolo de reconstrucción anatómico-morfológica mediante tecnologías 3D, que permita la generación de volúmenes virtuales precisos a partir de las coordenadas físicas y las necesidades funcionales del soporte.
- Validar la viabilidad de la fabricación digital de elementos auxiliares físicos en materiales de alta estabilidad, optimizando el proceso de vestimenta y garantizando la preservación de la obra al sustituir rellenos higroscópicos e inadecuados.

La presente propuesta se inscribe en una intervención más amplia, en la que se evaluó la problemática de la escultura en todas sus dimensiones: polimatérica, funcional y de uso cultual. Sin embargo, dado que el análisis integral excedería la extensión de este trabajo, el artículo se circunscribe a la ausencia de volumetría del torso y su conservación, quedando fuera del alcance tanto los apéndices cerámicos —cabeza, manos y pies— como el resto de los elementos de la obra, igualmente significativos.

La escultura de maniquí de Manuel Domínguez: entre la formación autodidacta y la experimentación técnica

La escultura de San Juan Evangelista, procedente de la Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción de Zalamea la Real, Huelva -templo declarado Bien de Interés Cultural (BIC) el 18 de enero de 1994-, constituye un testimonio singular de la imaginería onubense de mediados del s. XX. Su autor es el escultor y orfebre Manuel Domínguez Rodríguez (1924–2010), quien la realizó en 1959 bajo los cánones del neobarroco andaluz. Bajo esta misma estética, realizó otros dos titulares para la citada corporación: N.º Padre Jesús Nazareno y M.ª Sma. de los Dolores.



Figura 1.- Imagen de San Juan Evangelista: a) Antes de la intervención; b) Posterior a la intervención; c) Expuesta en un altar creado ex profeso fuera de la iglesia.

El artista, oriundo de Zalamea la Real, mostró desde joven un gran interés por el modelado en barro, lo que motivó su traslado a Sevilla para iniciar sus estudios. Sin embargo, las carencias económicas le obligaron a interrumpir la enseñanza reglada para desarrollar una trayectoria autodidacta. Esta se fraguó en diversos talleres sevillanos, donde el oficio de la carpintería y la orfebrería condicionó su práctica escultórica y la particular materialidad de sus tallas (Vázquez Zarza y Rodríguez Romero 2014).

La imagen de San Juan Evangelista es una imagen de vestir de 175 x 52,3 x 46,2 cm. Se presenta erguida, con el pie derecho ligeramente adelantado en un leve contrapposto respecto al izquierdo. La cabeza, punto de mayor carga expresiva, se dispone con un suave giro hacia la derecha y una inclinación ascendente, en actitud contemplativa. El tratamiento anatómico del cuello se prolonga hasta la línea de las clavículas, las cuales aparecen claramente definidas en el modelado del busto. Por su parte, el cabello se representa más plano y ceñido en el cráneo, y alcanza una mayor densidad y relieve plástico en su caída hacia los hombros [Figura 1].

La obra se inscribe en la tipología de imágenes de vestir, concretamente en la subclasificación de maniquí, una de las tres descritas por Triguero Berjano (2022). A pesar de que el término "candelero" suele emplearse de forma genérica para las imágenes de vestir en su conjunto, la historiografía técnica define dicho sistema como un armazón esquemático compuesto por una base superior e inferior y travesaños de listones lignarios, con una función puramente estructural (González-López et al. 2024). El maniquí se diferencia del candelero por poseer un alma que, aunque simplificada, mantiene una correspondencia anatómica completa con el cuerpo humano.

En lo que se refiere a su devenir cultual y funcional, la imagen no se concibió para el uso procesional; ello justifica la presencia de elementos cerámicos cuyo peso dificulta dicho acto. No obstante, la corporación zalameña decidió procesionarla durante algunos años. Esta práctica, sumada a un sistema constructivo definido por la heterogeneidad de materiales y el excesivo peso de ciertos elementos —especialmente las manos—, terminó por comprometer su conservación. Debido a estas circunstancias, su participación en las estaciones de penitencia se redujo al mínimo, quedando la obra relegada a una función expositiva y de culto in situ, en su templo o en el exterior en un altar creado ex profeso en las fiestas de San Juan [Figura 1c].

—*Análisis del sistema polimatérico: estructura y componentes*

La arquitectura interna de la obra se organiza mediante una dualidad estructural compuesta por un núcleo portante o maniquí y un conjunto de elementos desmontables [Figura 2]. El maniquí constituye la base estable y se define por un armazón hueco de madera de pino con una singular silueta de "reloj de arena", configurado mediante dos conos truncados que se unen por sus secciones más estrechas, correspondientes a la cintura y delimitado por doce tablillas equidistantes que conforman el contorno. Esta estructura esquemática prioriza la ligereza frente a la fidelidad anatómica. El resultado es un armazón hueco que, especialmente de perfil, evidencia la carencia del volumen necesario para la vestimenta litúrgica [Figura 2]. El sistema se completa con un soporte inferior simplificado que recrea la morfología de las piernas y una peana que garantiza el equilibrio del conjunto.

Completando este núcleo, la escultura integra diversos elementos independientes de gran relevancia. Destaca el

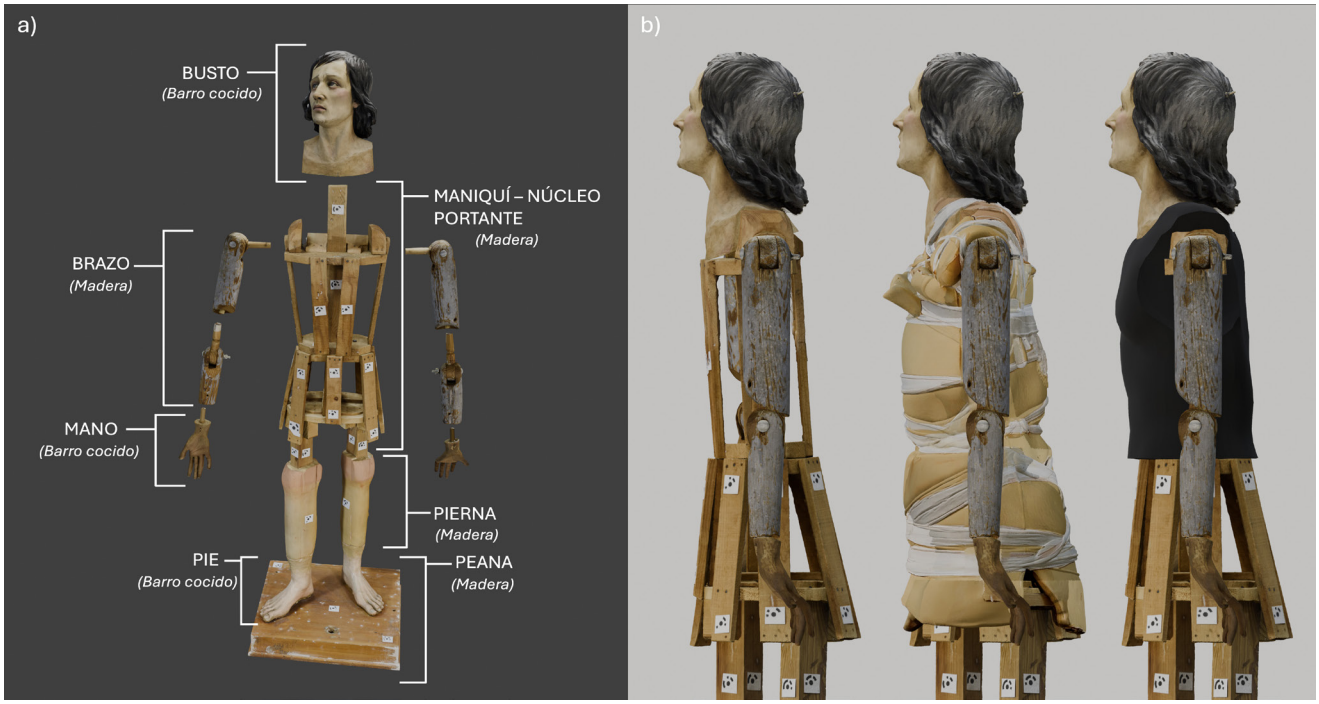


Figura 2.- Arquitectura interna de la obra: a) Estructura y naturaleza material de los elementos constitutivos; b) Vista de perfil de las tres etapas de la obra -sin relleno, con relleno de gomaespuma y vendas y neotorso.

busto de terracota policromada, una pieza exenta que se ensambla mediante inserción directa en el vástago del torso. Este sistema presenta una deficiencia de ajuste, generando una holgura perimetral de aproximadamente dos centímetros que, al carecer de un tope de fijación o sistema de bloqueo, propicia el empleo de soluciones provisionales, tales como el uso de vendajes textiles. Asimismo, la imagen dispone de brazos articulados mediante sistema de charnelas o "galleta" y apéndices en barro cocido policromados (manos y pies) que, si bien facilitan el rito del vestido, presentan una notable descompensación de peso frente a la ligereza del armazón lignario [Figura 2 y 3].

Diagnóstico de conservación y planteamiento metodológico

La escultura ingresó en el laboratorio universitario ataviada con su indumentaria habitual: túnica, camisa y enagua [Figura 3]. Tras desvestirla, se confirmó la insuficiencia volumétrica que presentaba el maniquí, lo que originaba una figura antropométricamente incoherente. Dicha carencia se había intentado solventar mediante un recubrimiento de gomaespuma (espuma de poliuretano) y vendajes textiles tipo malla (hilos de algodón) [Figura 2]. Estos últimos cumplían una doble función: por un lado, buscaban inmovilizar las articulaciones y el bloque superior del cuello, compensando la holgura mecánica existente entre el busto y los hombros; por otro lado, actuaban como elemento de contención de la gomaespuma, utilizada esta última como lecho acolchado para acrecentar la volumetría del armazón [Figura 3]. Ambos materiales, aunque moldeables y ligeros, son inestables desde la perspectiva de la conservación. La gomaespuma tiende a degradarse químicamente, lo que provoca pérdida de elasticidad, pulverulencia y un amarilleamiento severo derivado del proceso de oxidación (Shashoua 2008; Liébana Molina 2021), factores que pueden afectar tanto al soporte como a la policromía. Asimismo, las vendas textiles tienden a ceder, perdiendo su capacidad de sustentación. Estas deficiencias obligaban a realizar sustituciones periódicas de mantenimiento, lo que conllevaba una manipulación recurrente que ponía en riesgo la integridad del bien (Molina Liñán y López Rey 2025).

Frente a la praxis histórica y aún vigente en intervenciones en la imaginería andaluza, de realizar sustituciones invasivas en elementos estructurales ocultos (devanaderas, brazos o articulaciones), lo que conlleva una pérdida irreversible de información histórica y autenticidad, el presente proyecto adopta un posicionamiento conservativo. Además, el reemplazo de piezas a menudo no queda documentado, aunque resulta evidente en las inspecciones técnicas. Sirva de ejemplo documentado el caso de la Virgen de Cuatrovitas de Bollullos de la Imitación, Sevilla, en cuya memoria final de intervención se menciona: "La actual imagen de la Virgen ha sido objeto de diversas restauraciones y modificaciones estando documentada al menos una de ellas, realizada en 1973 por el imaginero Francisco Buiza Fernández. Consistió en el cambio de parte del busto, el candelero y los brazos articulados, conservando la cabeza, la parte superior del busto y las manos." (Real Palma *et al.* 2008: 6)

Bajo una ética de respeto por la integridad de la materia original y sus añadidos históricos, esta propuesta rechaza las "sustituciones de facto" (Triguero Berjano 2022). En su lugar,



Figura 3.- Escultura y materiales; a) Proceso de desvestido -enagua-; b) La imagen una vez desvestida; c) Materiales inestables retirados.

el criterio rector se fundamenta en la no reinvención formal, renunciando a cualquier interpretación artística en favor de los principios de mínima intervención, compatibilidad, reversibilidad, discernibilidad, autenticidad y legibilidad (Gómez Villa y Moreno Moreno 2023). El objetivo es restituir la continuidad anatómico-morfológica y funcional del maniquí, mediante la creación de un volumen anatómico exento y desmontable, diseñado mediante tecnologías digitales y fabricado en materiales estables. Esta solución antepone la salvaguarda de la estructura original frente a sus requerimientos de uso, favoreciendo su conservación.

Para la materialización de este nuevo soporte, se han seguido las directrices de Brandi (2002) y Muñoz Viñas (2003), buscando que el elemento añadido sea claramente identificable como una adición contemporánea, pero integrándolo armónicamente en el conjunto original. Esta estrategia se concreta en tres premisas operativas:

— Neutralidad formal: se optó por el uso de volúmenes geométricos básicos, priorizando el carácter funcional frente a una intención artística.

—Adaptación proporcional: los parámetros antropométricos se derivaron de un análisis riguroso de las piezas originales (longitud de brazos, distancia entre hombros y ángulos de inserción).

— Reversibilidad y compatibilidad estructural: se proyectó un sistema de unión mecánica mediante encastre machihembrado que permite el acople estanco de las piezas sin necesidad de fijaciones permanentes. Al evitar una estructura fija o definitiva, se garantiza su desmontaje integral y la total reversibilidad de la intervención, facilitando su conservación.

Metodología de documentación y digitalización 3D: del registro al modelado paramétrico

Para abordar la reconstrucción volumétrica del torso, el primer paso consistió en una documentación geométrica exhaustiva de la escultura. Dada la complejidad técnica derivada de la diversidad de piezas, (busto, torso, piernas, brazos, manos y dedos), materiales (madera y terracota policromada) y dimensiones (de 39.487,00 cm^3 del maniquí a 20,93 cm^3 de los dedos), se estableció una metodología específica de levantamiento y documentación 3D basada en protocolos validados en experiencias previas (Sanabria-Fernández y González-López 2018).

Se seleccionó la fotogrametría digital de objeto cercano (*Close-range Photogrammetry*) como técnica principal, atendiendo a la disponibilidad de equipamiento y licencias, así como a su solvencia en la captura de la información cromática superficial. Esta elección se apoya en su probada complementariedad y ventajas competitivas frente al escaneado de luz estructurada en contextos de conservación-restauración (Melendreras Ruiz *et al.* 2022; Hernández-Muñoz *et al.* 2023), permitiendo obtener nubes de puntos de alta densidad y texturas de alta resolución sin contacto físico con la obra.

El equipo de captura incluyó una Nikon D5600 con objetivo AF-S Nikkor 18–55 mm y lente polarizadora, empleando pulsador remoto y trípode para evitar micro-movimientos que pudieran comprometer la nitidez del registro. Se definieron una serie de unidades de digitalización coherentes con la morfología de la obra: cabeza, cuerpo, brazos, antebrazos, manos y falanges fragmentadas. Para la gestión de la información, se estableció un sistema de siglado especifico en la nomenclatura de los archivos; este paso resulta

crucial, puesto que supone establecer un orden coherente y sistemático para todo el procesado posterior y los trabajos de modelado tridimensional [Figura 4].

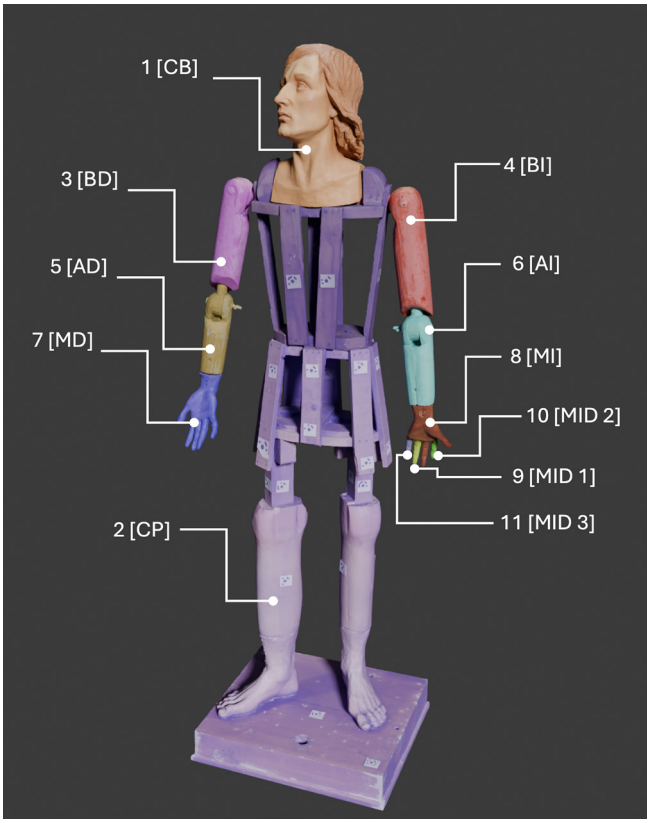


Figura 4.- Sistema de enumeración de unidades para el Modelo 3D, cada color responde a una unidad de digitalización.

La iluminación se realizó con focos modificados ex profeso para contar con iluminación polarizada, siguiendo los protocolos expuestos por el autor (Sanabria-Fernández 2024), con el fin de evitar reflectancias especulares. Para el registro de elementos pequeños (falanges, manos, antebrazos, brazos y cabeza), se empleó una softbox de 80x80x80 cm con un esquema de tres puntos de iluminación: dos laterales y uno cenital Leds de 40W (Alverlamp). La captura se ejecutó mediante una toma orbital sobre plataforma circular, incorporando en cada set una carta X-Rite ColorChecker para la gestión del color y escalas gráficas rígidas para garantizar el correcto escalado y la precisión dimensional del modelo posterior.

La unidad de mayor complejidad fue la estructura central, compuesta por el torso, vástagos de piernas, piernas, pies y peana; esto requirió un planteamiento específico debido a los desafíos de solapes y profundidades de campo. Al tratarse de superficies mayoritariamente lígneas, se colocaron marcadores espaciales de georreferenciación mediante dianas en papel mate (radio interno 5 mm). Se utilizaron un total de 40 dianas numeradas, las cuales se fijaron con masilla reutilizable de composición viscoelástica a base de poliisobutileno, aceites minerales y cargas inertes, garantizando así una fijación estable sin riesgo de dejar residuos químicos sobre la madera.

El procesado fotogramétrico se realizó en un iMac Retina 5K 27" (finales 2015), (Intel Core i5 4 núcleos 3,3 GHz, 16 GB RAM), utilizando el software Agisoft MetaShape (versión 2.1). Se siguió un flujo de trabajo estándar que comprendió la orientación de cámaras, generación de nube dispersa, nube densa, malla por triangulación y mapeo de textura. Durante el proceso, se aplicó un escalado métrico mediante la detección automática de dianas y el uso de máscaras para la eliminación de fondos, procedimiento necesario al realizarse los trabajos en un aula sin plató fotográfico específico. De esta forma, para los objetos de mayor complejidad geométrica que carecían de planos de apoyo inferiores, se empleó la fusión de submodelos, garantizando así el cierre completo de la malla. Una vez obtenidos los levantamientos definitivos, se procedió a la exportación de los modelos en formato OBJ junto a sus archivos de textura asociados. Con este material se elaboró un dossier individual por unidad, compuesto por metadatos y ortofotos de precisión (alzados, perfiles y planta), constituyendo una base documental exhaustiva para las fases posteriores del proyecto [Tabla 1].

Nº Ítem	Parte de la escultura	Siglado	Nº Imágenes	Puntos	Nº de caras	Nº de vértices	Tiempo de procesado
1	Cabeza	CB	456	240.796	604.514	302.401	4 días y 2 horas
2	Cuerpo	CP	585	378.324	797.809	399.029	9 días y 12 horas
3	Brazo Dere-cho	BD	91	79.459	80.082	40.030	2 días y 18 horas
4	Brazo Izquier-do	BI	138	85.180	94.125	47.100	2 días y 10 horas
5	Antebrazo Derecho	AD	122	101.628	129.949	65.116	3 días y 3 horas
6	Antebrazo Izquierdo	AI	151	90.936	108.723	54.542	2 días y 20 horas
7	Mano Derecha	MD	119	104.376	112.874	56.680	3 días y 14 horas
8	Mano izquierda	MI	140	113.966	120.859	60.582	3 días y 16 horas
9	Dedo Anular mano Izquierda	MID 1	128	26.293	20.353	10.213	1 día y 20 horas
10	Dedo índice mano izquierda	MID 2	90	16.073	35.170	17.633	1 día y 15 horas
11	Dedo meñique mano Izquierda	MID 3	69	11.789	48.279	24.213	1 día y 13 horas

Tabla 1.- Resumen del volumen de trabajo de captura y procesado por ítem (nº de imágenes, puntos, caras, vértices y tiempo de procesado).

— Modelado 3D del torso adaptado

El modelado se ejecutó en Blender 4.2, configurando referencias anatómicas paramétricas escaladas a partir de la anatomía que la propia escultura mostraba importando los modelos calculados. A esto se sumó un ajuste proporcional mediante módulos métricos normalizados y el establecimiento de las relaciones antropométricas promedio, basadas en los estudios clásicos de anatomía funcional (Dempster 1955; Clauser *et al*. 1969), adaptados estrictamente a las dimensiones reales dentro del ámbito virtual.

Este procesado, detectó una serie de incongruencias dimensionales intrínsecas a este tipo de estructura, sin un canon clásico ni una relación anatómica plenamente coherente. En consecuencia, la intervención requirió un esfuerzo de compatibilización volumétrica para integrar el nuevo torso con la estructura preexistente, garantizando la movilidad de las articulaciones y el ajuste de la vestimenta [Figura 5].

La solución volumétrica se concibió a modo de coraza bipartita —compuesta por una sección frontal y otra posterior—, buscando transiciones suaves que pasen desapercibidas y embutan totalmente la estructura lígnea preexistente. Para que la operación fuese lo más resolutiva posible, se empleó un modelo digital anatómico básico de proporciones racionales y neutras. A partir de este modelo básico se escaló al tamaño del modelo de la escultura y se hizo un solapamiento sobre el mismo, de manera que mediante modificaciones de la malla del modelo anatómico fuese adaptándose hasta quedar embutida dentro del modelo [Figura 5].

Una vez realizados estos ajustes se realizó un corte transversal por la cadera y dos cortes en booleanas esféricas en las articulaciones de hombros y cuello para garantizar el rango de movimiento. Con la geometría externa definida, se procedió al diseño de la estructura interna de encastre machihembrado, proyectada para ajustarse con precisión sobre los listones y vástagos del maniquí. El resultado final, fue un modelo digital paramétrico, formalmente neutro y anatómico, válido para su fabricación sustractiva [Figura 6].

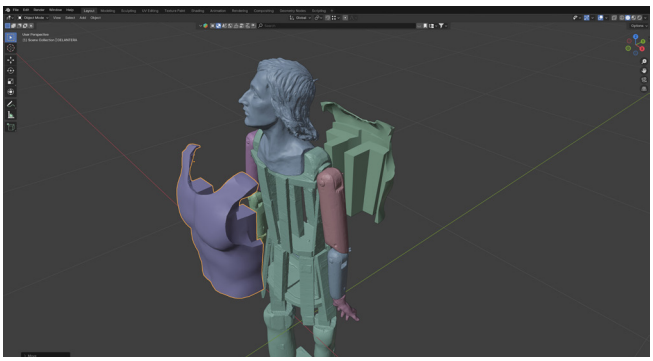


Figura 6.- Esquema virtual del despiece del neotorso bipartito y su estructura interna de encastre machihembrado.

— Prototipado y validación del modelo

Completado el diseño del torso, se realizó un prototipado físico mediante impresión 3D. Este actuó como instrumento experimental que sirvió para verificar posibles errores o fallos en el neotorso.

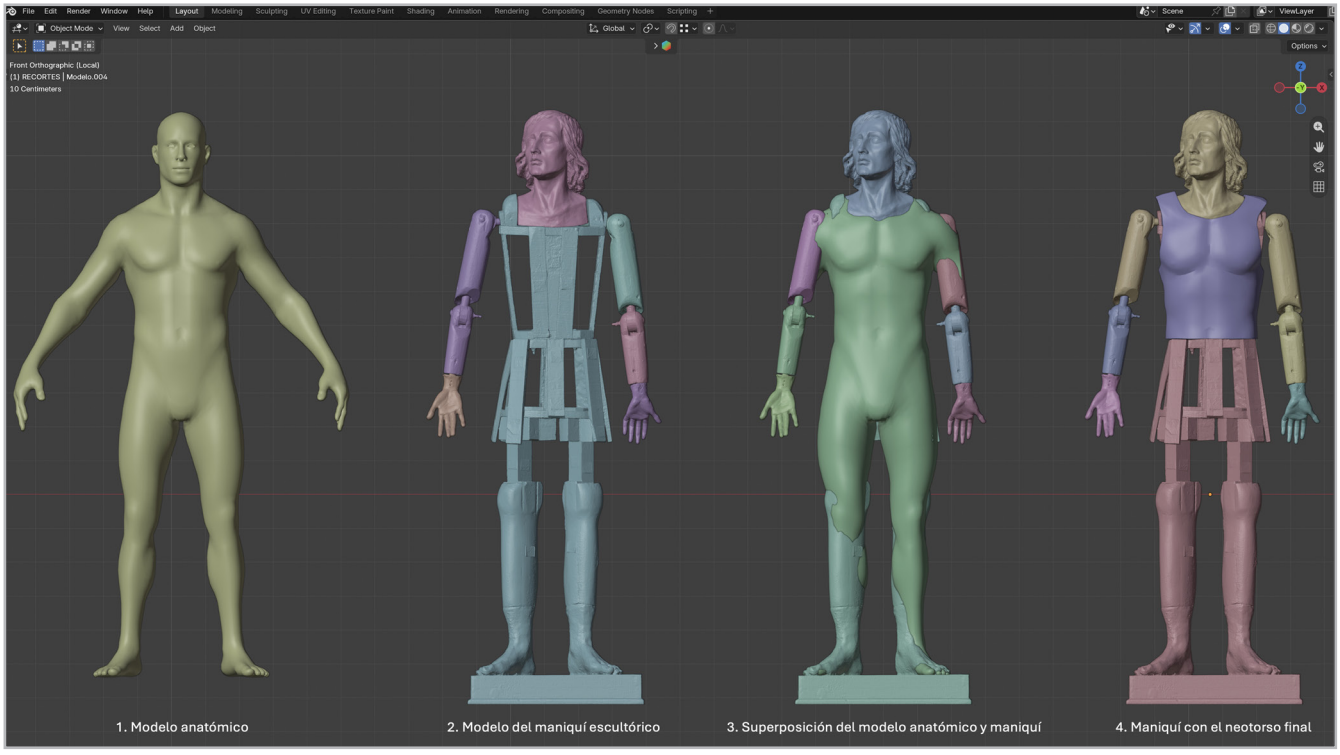


Figura 5.- Adaptación virtual de un modelo anatómico al modelo del maniquí.

El prototipado se ejecutó con impresora de resina Elegoo Saturn 4, basada en tecnología con LCD-MSLA con una resolución de 35 µm de XY. El modelo se segmentó en módulos equivalentes a unidades estructurales, y se imprimió a escala 1:5. Esta reducción permitió ensayar el ensamblaje y montaje, comprobando uniones y comportamiento espacial de la pieza respecto al maniquí. La elección de la impresión en resina se justificó por la mayor definición y precisión de las aristas. El post-procesado se ejecutó a través de un lavado acuoso, curado UV durante 15 min y la eliminación de soportes, manteniendo una estabilidad dimensional con un margen de error <0,2 %.

A partir de los prototipados físicos [Figura 7], se llevó a cabo la validación dimensional mediante comparación métrica directa usando calibres electrónicos (precisión ±0,01 mm), pudiendo aprobarse el correcto diseño de la estructura.

— *Mecanizado mediante fresado CNC del torso y montaje final*

Con el modelo 3D del nuevo torso resuelto en dos secciones (frontal y posterior), se procedió a su materialización mediante fresado CNC (Control Numérico por Computadora), proceso encomendado a la empresa externa, Planchas Aislamientos y Embalajes S.L., especializada en el mecanizado de espumas técnicas. Se suministraron los archivos digitales definitivos con el fin de obtener ambas piezas, diseñadas a escala real, garantizando que estas pudieran ser embutidas en la estructura lígnea del maniquí sin necesidad de intervenirla ni modificarla.

El torso definitivo se ejecutó en espuma de polietileno reticulada de célula cerrada, G-CELL®™ SILKEN so45xl, empleada para la fabricación de cajas de embalaje y transporte museístico. Este material presenta: densidad 46 ± 5 kg/m^3, dureza Shore A ≥ 60, tamaño celular medio 0,22 mm y absorción máxima de agua del 1% (Vol%) a 28 días, además de una temperatura máxima de empleo de 100 ºC (Plaesa, s.f.).

Tras la recepción del neotorso en los laboratorios de restauración, se procedió a una fase de presentación directa sobre la estructura original, para verificar el encaje real y detectar posibles desviaciones vinculadas al propio proceso de mecanizado o a la elasticidad del material [Figura 8]. Si bien el ajuste general resultó satisfactorio, se observaron pequeñas deformaciones puntuales y espesores optimizables. Estas diferencias se corrigieron mediante microajustes manuales, trabajando de forma controlada con bisturí y elementos de precisión, hasta conseguir un encaje homogéneo. Esta etapa fue determinante ya que, permitió depurar el resultado final evitando generar estrés mecánico o tensiones sobre la obra.

Aunque el ajuste milimétrico entre el maniquí y el neotorso garantizaba un acople estable y sin riesgo de deslizamiento,

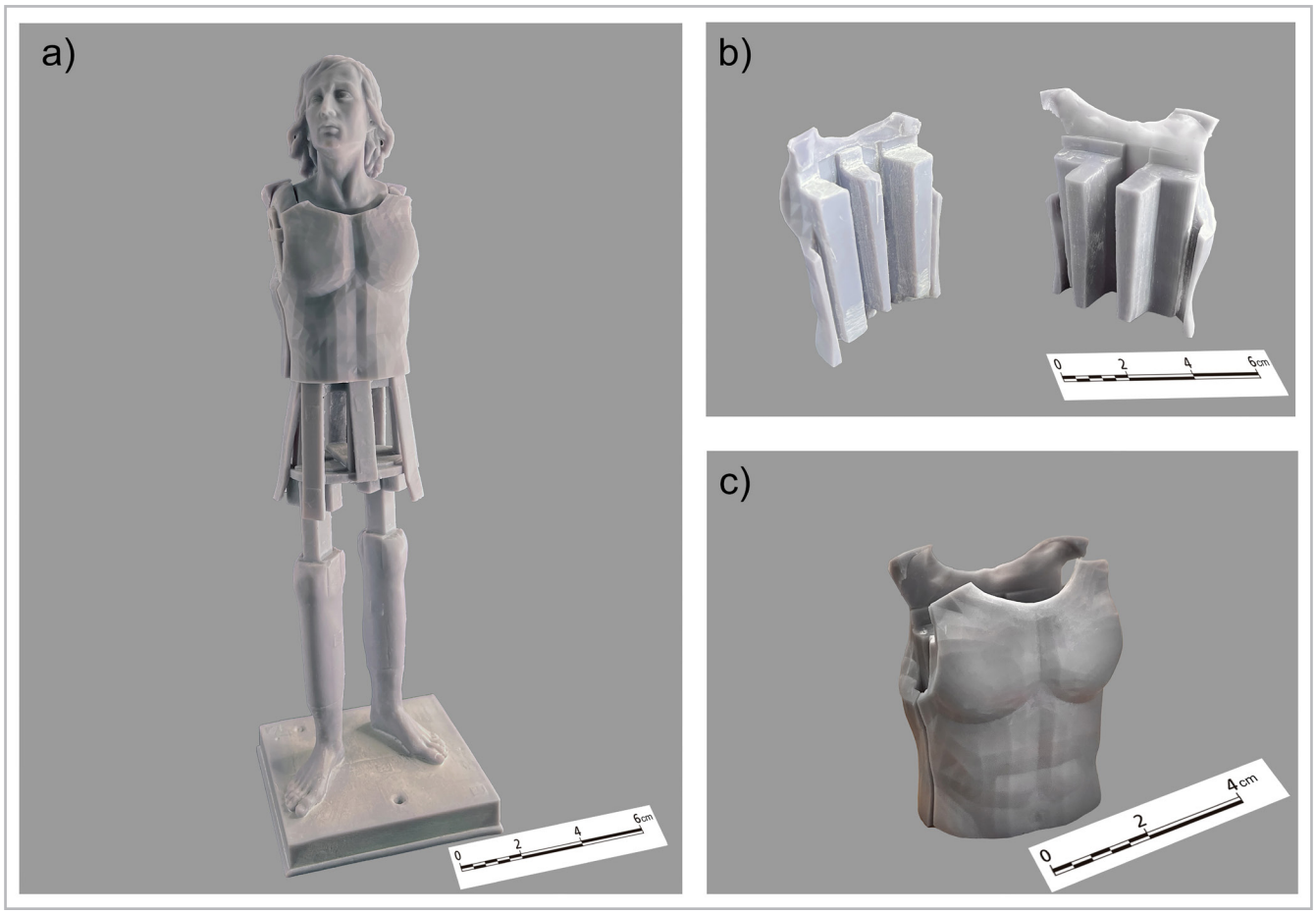


Figura 7.- Prototipado de la impresión 3D. a) Maniquí completo con neortorso; b) Sistema machiembrado interior; c) Apariencia exterior.



Figura 8.- Resultados del modelo 3D a) Prueba de montaje; b) Vista general del maniquí con el neotorso integrado.



Figura 9.- Resultado final del neotorso con la camisa de compresión en distintas vistas.

se incorporó una camisa de compresión, como sujeción de refuerzo externa que evita emplear adhesivos. Esta solución aporta cohesión al volumen y estabiliza el conjunto frente a manipulaciones [Figura 9].

Resultados y discusión

La metodología aplicada para subsanar la carencia de volumen anatómico en el maniquí de San Juan Evangelista de Zalamea la Real permite validar un flujo de trabajo digital transferible a la conservación de imaginería de vestir. Ante los problemas estructurales frecuentes en este tipo de imágenes, la praxis habitual hasta ahora consistía en la eliminación de los elementos originales para ser sustituidos por nuevas estructuras en materiales afines como la madera (Filter Peinado *et al.* 2006) o, en su defecto, en el empleo de acolchados manufacturados, como el caso que se muestra, carentes de planificación técnica. Frente a estas soluciones, el sistema desarrollado en este trabajo plantea una alternativa: no mantiene recursos provisionales de escasa estabilidad, pero tampoco sustituye ni transforma la arquitectura original del maniquí.

El resultado principal de la intervención reside, por tanto, en la creación de un volumen auxiliar anatómico-morfológico, desmontable y adaptado a la geometría real de la obra. La documentación 3D mediante fotogrametría aporta modelos escalados y texturizados de las distintas unidades que componen la escultura, permitiendo analizar con precisión relaciones geométricas relevantes para la toma de decisiones técnicas: holguras, encajes, puntos de contacto y zonas susceptibles de presión. Esta base métrica es determinante para reducir la dependencia de aproximaciones artesanales y mantener la trazabilidad entre el estado material documentado, el diseño virtual y la intervención finalmente propuesta.

El modelado del torso se planteó como una solución formalmente neutra, eludiendo toda reinvención anatómica expresiva. El objetivo no fue reconstruir estéticamente un cuerpo, sino generar un volumen auxiliar funcional para el vestido, compatible con la estructura existente y reconocible como añadido contemporáneo. La configuración en dos mitades siguiendo la fórmula de coraza bipartita resultó especialmente idónea por su sistema de montaje y desmontaje: facilita la colocación sin forzar articulaciones, permite ajustes futuros y mantiene el añadido como complemento reversible, sin sustituir la estructura original.

La fabricación mediante fresado CNC, permitió trasladar el diseño digital al objeto físico, con un alto grado de correspondencia dimensional. No obstante, el paso del entorno virtual al material espumado exigió una fase final de verificación y ajuste directo sobre la obra. El encaje general de las dos mitades resultó satisfactorio, aunque fue necesario realizar microajustes manuales para corregir pequeñas deformaciones puntuales y optimizar espesores en zonas de contacto. Esta fase de refinamiento debe entenderse como una calibración final del sistema, necesaria para conseguir un asentamiento homogéneo y evitar que la estructura original tuviera que adaptarse forzadamente al nuevo volumen.

Desde el punto de vista material, el uso de espuma de polietileno reticulada de celda cerrada (G-CELL®™ SILKEN so45xl) se justifica por su idoneidad como soporte volumétrico ligero, mecanizable y desmontable. Sus propiedades de baja captación de agua, estabilidad dimensional y resistencia mecánica resultan adecuadas para un elemento auxiliar destinado a mejorar la lectura volumétrica del torso sin añadir cargas significativas ni recurrir a adhesivos (Liébana Molina 2021; Shashoua 2008). En este sentido, la elección del material no constituye por sí sola la principal aportación del método, sino que debe entenderse dentro de una estrategia más amplia basada en la reversibilidad, la precisión geométrica y la reducción de manipulaciones recurrentes.

Como complemento del sistema, se incorporó una camisa de compresión compuesta por poliamida (90%) y elastano (10%), concebida como recurso mecánico, reversible y sustituible. Su función no es estructural en sentido estricto, sino de cohesión: contribuye a mantener unidas las dos mitades del neotorso y a reducir posibles microdesplazamientos durante las operaciones de vestido. Dado que la poliamida presenta mayor afinidad por la humedad que otros textiles sintéticos y que el elastano puede perder elasticidad por envejecimiento, su empleo se limita exclusivamente al volumen añadido, evitando el contacto directo con la policromía (Eltahir *et al.* 2016; Zhao *et al.* 2023; Jin *et al.* 2024). De este modo, el textil se interpreta como un componente auxiliar y fungible del sistema, sujeto a revisión y eventual sustitución, y no como un elemento permanente sobre la obra.

La valoración de los resultados no debe centrarse únicamente en la eficacia material del neotorso, sino en la pertinencia de la estrategia adoptada frente a otras posibles soluciones. La comparación con métodos tradicionales permite situar la propuesta dentro de un marco crítico y valorar sus ventajas, límites y condiciones de transferibilidad [Tabla 2].

La comparación evidencia que la aportación principal del método no reside únicamente en sustituir unos materiales inestables por otros más adecuados, sino en modificar el criterio de la intervención. El problema no se aborda mediante una reconstrucción anatómica permanente ni mediante la sustitución de la estructura interna, sino a través de un volumen auxiliar desmontable, compatible con la conservación de su arquitectura original.

No obstante, el sistema presenta límites que deben reconocerse. El neotorso mejora la coherencia volumétrica del torso y facilita la función de vestido, pero no resuelve por sí mismo patologías estructurales ajenas a la carencia anatómico-morfológica abordada, como la

Estrategia	Finalidad principal	Ventajas	Limitaciones / riesgos	Valoración conservativa en relación con el caso estudiado
Rellenos textiles, gomaespumas y vendajes añadidos de forma artesanal	Aportar volumen de manera rápida y permitir el ajuste inmediato de la indumentaria.	Solución económica, ligera, flexible y fácilmente adaptable durante el proceso de vestido.	Baja planificación técnica; pérdida progresiva de forma; degradación de materiales; generación de residuos; necesidad de sustituciones periódicas; aumento de la manipulación directa sobre la obra.	Resuelve parcialmente la lectura volumétrica, pero no constituye una solución estable ni controlada. En el caso estudiado, este sistema había permitido vestir la imagen, pero generaba dependencia de manipulaciones recurrentes y no garantizaba una relación precisa con el maniquí original.
Sustitución y reconstrucción estructural y anatómica permanente del soporte	Recuperar volumen, estabilidad o funcionalidad mediante la sustitu-ción de elementos internos —candelero, devanadera, brazos o sistemas articulados—, o la incorporación de añadidos anatomizados fijos sobre la estructura existente.	Puede mejorar la lectura anatómica, la resistencia mecánica y la funcionalidad inmediata de la imagen. En determina-dos casos extremos, puede resolver problemas estructurales graves.	Supone una alteración sustancial de la arquitectura interna; implica pérdida de información material e histórica; introduce una nueva lectura constructiva; puede depender de adhesivos, anclajes o fijaciones permanentes; dificulta la reversibilidad.	No resulta adecuada para el objetivo de este trabajo, ya que la problemática principal no exigía sustituir ni transformar el maniquí original, sino resolver su insuficiencia volumétrica mediante un sistema auxiliar, desmontable y diferenciado.
Neotorso reversible diseñado mediante documentación 3D, modelado paramétrico y fabricación CNC	Resolver la carencia volumétrica del torso mediante un volumen auxiliar desmontable, ajustado a la geometría real del maniquí.	Mantiene la estructura original; permite precisión métrica; reduce la improvisación artesanal; facilita el vestido; permite desmontaje; no requiere adhesivos ni sustituciones estructurales; es reproducible y ajustable.	Requiere documentación digital previa, medios técnicos especializados y una fase final de ajuste manual; no resuelve por sí mismo patologías estructurales ajenas al torso, como el peso de apéndices cerámicos o problemas de articulaciones.	Es la opción más coherente para el caso estudiado, porque respon-de específicamente a la insuficiencia volumétrica del torso sin alterar el maniquí original. Su alcance debe entenderse como una mejora de la funcionalidad de vestido, exposición y manipulación controlada, no como una recupe-ración integral de la funcionalidad procesional.

Tabla 2.- Comparación crítica de estrategias para resolver la insuficiencia volumétrica en imágenes de vestir tipo maniquí.

descompensación generada por el peso de los apéndices cerámicos o posibles problemas en los sistemas de articulación.

Conclusiones

La implementación de este flujo de trabajo integral —desde la captura fotogramétrica de alta resolución hasta la fabricación digital mediante fresado CNC— demuestra la viabilidad de integrar tecnologías 3D en la conservación de imaginería. En el caso del San Juan Evangelista de Zalamea la Real, la metodología empleada permitió diseñar y materializar un volumen auxiliar anatómico-morfológico adaptado al torso, evitando la sustitución de la estructura interna original y la dependencia de soluciones provisionales. El procedimiento desarrollado mejora la coherencia volumétrica del torso y facilita la función de vestido, exposición y manipulación controlada sin recurrir a adhesivos ni a fijaciones permanentes sobre el soporte original. La elección de una espuma de polietileno reticulada de célula cerrada y el uso de una camisa de compresión como elemento auxiliar permiten configurar un sistema ligero, desmontable y revisable. Sin embargo, la idoneidad de estos materiales debe entenderse asociada a su función concreta dentro del sistema y al seguimiento, mantenimiento y sustitución futura, evitando considerarlos como soluciones universales o definitivas.

En este escenario concreto, la aplicación de estas tecnologías permitió proyectar y asegurar un ajuste anatómico perfecto de la coraza bipartita sobre el maniquí. Desde una perspectiva metodológica, este resultado demuestra como la documentación 3D supera el mero registro digital con fines de estudio y difusión patrimonial para convertirse en la base principal de la toma de decisiones en la intervención. A partir de aquí, el trabajo aporta un marco técnico transferible a otras imágenes de vestir con problemáticas volumétricas similares, siempre que exista un diagnóstico previo que confirme la estabilidad del soporte original y delimite con claridad el alcance de la intervención. En definitiva, la principal aportación de esta propuesta reside en transformar el paradigma tradicional de la restauración: frente a la sustitución estructural o al empleo de rellenos perecederos, se propone un modelo de volumen auxiliar reversible, documentado, ajustado digitalmente y compatible con la preservación de la arquitectura interna original.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Hermandad de Penitencia de Nuestro Padre Jesús Nazareno, Santísimo Cristo de la Sangre y Nuestra Señora de los Dolores de Zalamea la Real (Huelva), reconociendo la confianza depositada en el equipo investigador de la Universidad de Sevilla, el respeto hacía los criterios científicos propuestos y su apoyo a la innovación en el campo de la conservación.

Asimismo, se hace constar que esta investigación ha sido financiada íntegramente a través del Convenio de Colaboración suscrito entre la Universidad de Sevilla y la citada corporación (Acuerdo 10/Consejo de Gobierno de la Universidad de Sevilla 27-9-22), firmado el 19 de noviembre de 2024.

Igualmente, se agradece la colaboración técnica de la empresa Plaesa (Planchas, Aislamientos y Embalajes S.L.) en el mecanizado de la coraza, cuya asistencia ha sido fundamental para la materialización del proyecto.

Referencias

BRANDI, C. (2002). T*eoría de la restauración*. Madrid: Alianza Editorial.

CLAUSER, C.E., MCCONVILLE, J.T. y YOUNG, J.W. (1969). *Weight, volume, and center of mass of segments of the human body*. USA: Antioch Coll Yellow Spring OH. https://doi.org/10.21236/AD0710622.

DEMPSTER, W.T. (1955). *Space requirements of the seated operator: geometrical, kinematic, and mechanical aspects of the body with special reference to the limbs*. USA: Michigan State Univ East Lansing. https://doi.org/10.21236/AD0087892.

ECHEVARRÍA GOÑI, P.L. (1992). *Policromía renacentista y barroca*. Madrid: Cuadernos de Arte Español (48).

ELTAHIR, Y.A. SAEED, H.A.M., XIA, Y., YONG, H., y YIMIN, W. (2016). "Mechanical properties, moisture absorption, and dyeability of polyamide 5,6 fibers" The Journal of The Textile Institute, 107(2), 208–214. https://doi.org/10.1080/00405000.2015.1020678.

FERNÁNDEZ PARADAS, A.R. (2016). "Introducción. Entre el Barroco y el siglo XXI". En *Escultura barroca española. Nuevas lecturas desde los siglos de oro a la sociedad del conocimiento. Entre el barroco y el siglo XXI*. Vol. 1 Fernández Paradas, A.R. (coord.) Antequera: ExLibric, 15-17.

FILTER PEINADO, J.A., RABADÁN DEL SAZ, I. y FERNÁNDEZ RUÍZ, E. (2006) "Expediente de intervención en el bien denominado Virgen de los Desamparados (Hermandad de San Esteban), Septiembre, 2006", en Repositorio de activos digitales del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico: http://hdl.handle.net/11532/317227.

GÓMEZ VILLA, J.L. y MONTERO MORENO, A. (2023). Guía metodológica para la redacción de proyectos de conservación de bienes muebles. Sevilla: Consejería de Cultura y Deporte. Junta de Andalucia.

DOMÍNGUEZ-GÓMEZ, B., GONZÁLEZ-LÓPEZ, M.J. y PRADO-CAMPOS, B., (2024). "Tecnología constructiva de la imagen de candelero a partir de un estudio de caso". En Atas do IV Congresso Ibero-Americano Investigações em Conservação do Património, Práticas Sustentáveis no Património. Lisboa: Universidade de Lisboa, 375-383. https://hdl.handle.net/11441/183321

HERNÁNDEZ-MUÑOZ, Ó., STERP MOGA, E. y SÁNCHEZ-ORTIZ, A. (2023). "Estrategias innovadoras mediante escáner de luz estructurada para la digitalización en situaciones complejas de modelos anatómicos didácticos", *Ge-conservación*, 23: 53-64. https://doi.org/10.37558/gec.v23i1.1110.

JIN, X., HE, H., MING, L., JIANG, J., QI, X. y ZHU, C. (2024). "Detection of moisture content of polyester fabric based on hyperspectral imaging and BP neural network», *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 321 (15): 124678 https://doi.org/10.1016/j.saa.2024.124678.

LIÉBANA MOLINA, S. (2021). Los plásticos emisores de contaminantes gaseosos en las colecciones de arte contemporáneo. Propuesta de un nuevo protocolo para su conservación. [Tesis doctoral, Universidad del País Vasco, Bilbao]. http://hdl.handle.net/10810/56222.

LÓPEZ REY, M., MOLINA LIÑÁN, M. y CASTELLANO BRAVO, B. (2025). "Definición y conceptos sobre conservación preventiva.". En *Guía conceptual para la conservación preventiva de bienes muebles,* Gómez Villa J.L., López Rey, M. y Torres Garcia, M (coords). Sevilla: Consejería de Cultura y Deporte. Junta de Andalucia, 26-43.

MELENDRERAS RUÍZ, R., MARÍN TORRES, M.T. y SÁNCHEZ ALLEGUE, P. (2022). «Comparative Analysis between the Main 3D Scanning Techniques: Photogrammetry, Terrestrial Laser Scanner, and Structured Light Scanner in Religious Imagery: The Case of the Holy Christ of the Blood», *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage,* 15(1): 18, 1-23. Disponible en: https://doi.org/10.1145/3469126.

MOLINA LIÑÁN, M. y LÓPEZ REY, M. (2025). "El proceso de conservación." En *Guía conceptual para la conservación preventiva de bienes muebles*, Gómez Villa J.L., López Rey, M. y Torres Garcia, M (coords). Sevilla: Consejería de Cultura y Deporte. Junta de Andalucia, 81-102.

MUÑOZ VIÑAS, S. (2003). *Teoría contemporánea de la restauración*. Madrid: Síntesis (Patrimonio cultural; 1).

PLAESA (s.f.). G-CELL®™ SILKEN SO45XL. [Ficha técnica].

REAL PALMA, M., FILTER PEINADO, J.A., RABADÁN DEL SAZ, I., VILLANUEVA ROMERO, E., FERNÁNDEZ RUÍZ, E. y MARTÍN GARCÍA, L. (2008). "Expediente de intervención en el bien denominado Virgen de Cuatrovitas. Julio, 2006.", en *Repositorio de activos digitales del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico*: http://hdl.handle.net/11532/317237.

RÍOS MOYANO, S. (2016). "Pervivencia y transformación: imagineros del siglo XX". En *Escultura barroca española. Nuevas lecturas desde los siglos de oro a la sociedad del conocimiento*. Antequera: ExLibric, 253-319.

SANABRIA-FERNÁNDEZ, J.S. y GONZÁLEZ-LÓPEZ, M.J. (2018) «La Digitalización 3D del Patrimonio Cultural, una herramienta para el conocimiento y preservación del Patrimonio Cultural. Puesta a punto de un método de trabajo a partir de una experiencia piloto», Vitoria-Gasteiz: Grupo Español del IIC, 144-155. [consulta: 10/12/2025].

SANABRIA-FERNÁNDEZ, J.-S. (2024). *La Restauración Virtual del Patrimonio. Usos, posibilidades y nuevas expectativas en el campo de la conservación y restauración*. Universidad de Sevilla. https://hdl.handle.net/11441/158492. [consulta: 10/12/2025].

SHASHOUA, Y. (2008) Conservation of plastics. Materials science, degradation and preservation. Oxford: BH.

TRIGUERO BERJANO, D. (2022). "Propuesta metodológica para el análisis estilístico y técnico de imágenes de vestir de bulto redondo. Aplicación a una imagen del Siglo XVII", *Ge-conservación*, 22: 270-281. https://doi.org/10.37558/gec.v21i1.1131.

VÁZQUEZ ZARZA, E. y RODRIGUEZ ROMERO, E. (2014). Manuel Domínguez Rodríguez: la religiosidad expresada en arte. Huelva: Diputación de Huelva, Servicio de Publicaciones (Colección Divulgación; 19).

ZHAO, K.., CAO, S. y XU, G. (2023). «An experimental study of mechanical properties and comfortability of knitted imitation woven shirt fabrics.", *AUTEX Research Journal,* 24: 1-9. https://doi.org/10.1515/aut-2023-0001.

Autor/es



Beatriz Prado-Campos
bprado@us.es
Universidad de Sevilla
https://orcid.org/0000-0002-2722-3648

Profesora Titular del Departamento de Pintura de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de Sevilla. Doctora en Bellas Artes, cuenta con una trayectoria docente consolidada, docencia en el Grado y Máster en Conservación de Bienes Culturales (MUCBIC), ejerciendo como coordinadora académica de dicho máster y secretaria académica del Programa de Doctorado en Arte y Patrimonio. Su principal línea de investigación es la escultura policromada, abordando su diagnóstico e intervención desde tres líneas convergentes: técnicas polícromas, detección de alteraciones y aplicación de tecnologías digitales. Es autora de obras de referencia como la Guía de Conservación y Restauración de Materiales Pétreos (Síntesis, 2019), investigadora del grupo HUM-956: Conservación del Patrimonio: Métodos y Técnicas, y fue distinguida con el Premio "Efebo de Antequera" (2023) en la categoría Patrimonio. Su trayectoria combina la excelencia académica con una sólida experiencia profesional previa de diez años en instituciones como el IAPH, donde se especializó en la intervención de escultura policromada, conectando de este modo la investigación avanzada con la práctica profesional.



Juan-Salvador Sanabria-Fernández
juansalvadorsanabria@gmail.com
Universidad de Sevilla
https://orcid.org/0000-0001-8444-5805

Juan Salvador Sanabria Fernández es doctor con Mención Internacional en Arte y Patrimonio por la Universidad de Sevilla y conservador-restaurador de Bienes Culturales. Su tesis doctoral, La restauración virtual del patrimonio: usos, posibilidades y nuevas expectativas en el campo de la conservación y restauración, aborda la restauración virtual como ámbito de estudio, intervención y reflexión metodológica dentro de la conservación-restauración. Ha desarrollado actividad docente e investigadora en el Departamento de Pintura de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de Sevilla y mantiene su vinculación investigadora con la institución como miembro del grupo Conservación del Patrimonio. Métodos y Técnicas — HUM-956. Su trayectoria se orienta al estudio, conservación y restauración del patrimonio cultural, con especial atención a la documentación digital, la virtualización del patrimonio y el desarrollo de metodologías y técnicas digitales aplicadas a la restauración. Es graduado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales por la Universidad de Sevilla, con reconocimiento al mejor expediente de su promoción, y cuenta con formación especializada en Arquitectura y Patrimonio Histórico, Patrimonio Virtual y virtualización del patrimonio. Ha participado en proyectos I+D+i y congresos nacionales e internacionales sobre conservación, documentación digital y patrimonio virtual y actualmente realiza una estancia posdoctoral en la Faculdade de Belas-Artes de la Universidade de Lisboa, centrada en el estudio de la estabilidad, mediante pruebas de envejecimiento, de resinas y materiales de impresión 3D para su aplicación a la reconstrucción volumétrica en esculturas.

Artículo enviado 09/03/2026
Artículo aceptado el 13/07/2026

https://doi.org/10.37558/gec.v30i1.1492