

The background image shows the interior of a grand, historical building. The ceiling is a complex, vaulted structure with intricate stucco work, including scrolls, floral motifs, and small figures. The walls are also highly decorated with classical architectural elements like columns and arches. The lighting is dramatic, with bright spots from spotlights and a window, creating a sense of depth and highlighting the textures of the stone and plaster.

PATRIMONIO

v14 2026
REVISTA OFICIAL DE LA OFICINA ESTATAL DE CONSERVACIÓN HISTÓRICA DE PUERTO RICO
OFICINA DE LA GOBERNADORA

**CIENCIAS Y NUEVAS
TECNOLOGÍAS EN EL
PATRIMONIO CULTURAL**

48

PATRIMONIO

Innovación en la
conservación histórica:
Un futuro digital para
la arqueología,
arquitectura e historia
Oswaldo E. De Jesús Rullán



La Oficina Estatal de Conservación Histórica, Oficina de la Gobernadora recibe asistencia económica federal para la identificación y protección de las propiedades históricas. Bajo el artículo VI del Acta de Derechos Civiles de 1964, la Sección 504 del Acta Rehabilitadora de 1973 y la Ley Contra el Discrimen por Razones de Edad de 1975, según enmendadas, el Departamento del Interior de los Estados Unidos prohíbe la discriminación por razones de raza, color, nacionalidad, incapacidad o edad en aquellos de sus programas que reciban ayuda federal. Si usted cree haber sido discriminado en algún programa, actividad de este proyecto, o si desea información adicional, escriba a: Office of Equal Opportunity, National Park Service, 1849 C Street, NW, Washington D. C., 20240.

The State Historic Preservation Office, Office of the Governor, receives Federal financial assistance for identification and protection of historic properties. Under Title VI on the Civil Rights Act of 1964, Section 504 of the Rehabilitation Act of 1973 and the Age Discrimination Act of 1975, as amended, the US Department of the Interior prohibits discrimination on the basis of race, color national origin, disability or age in its federally assisted programs. If you believe you have been discriminated against in any program, activity, or facility as described above, or if you desire more information write to: Office for Equal Opportunity, National Park Service, 1849 C Street, NW, Washington, DC, 20240.

Esta publicación ha sido financiada en parte con fondos federales provenientes del Servicio de Parques Nacionales, Departamento del Interior de los Estados Unidos, a través de la Oficina Estatal de Conservación Histórica, Oficina de la Gobernadora, Estado Libre Asociado de Puerto Rico. Sin embargo, el contenido u opinión no necesariamente refleja el punto de vista o la política del Departamento del Interior, así como la mención de marcas o productos comerciales no constituye endoso o recomendación por el Departamento del Interior.

This publication has been financed in part with Federal funds from the National Park Service, US Department of the Interior, through the State Historic Preservation Office, Office of the Governor, Commonwealth of Puerto Rico. However, the contents and opinions do not necessarily reflect the views or policies of the Department of the Interior, nor does the mention of trade names or commercial products constitute endorsement or recommendation by the Department of the Interior.



PATRIMONIO

VOLUMEN 14, AÑO 2026

Ciencias y nuevas tecnologías en el patrimonio cultural

DIRECTOR
Carlos A. Rubio Cancela

ASESORA DE VOLUMEN
Evelyn M. Villalobos Rivera

EDITORA
Cristina Martínez Pedraza

DISEÑO ORIGINAL
Manuel Olmo Rodríguez

DIAGRAMADOR
Aaron Salabarrías Valle

COORDINACIÓN
Lillian M. Lara Fonseca

PRODUCCIÓN
Evelyn M. Villalobos Rivera
Lillian M. Lara Fonseca
Cristina Martínez Pedraza

OFICINA ESTATAL DE CONSERVACIÓN HISTÓRICA
DIRECTOR EJECUTIVO:
Carlos A. Rubio Cancela
OFICIAL ESTATAL ALTERNO:
Gloria Milagros Ortiz
DIRECCIÓN POSTAL:
PO BOX 9023935, San Juan,
Puerto Rico 00902-3935
DIRECCIÓN FÍSICA:
Calle Norzagaray esquina calle
del Morro, Cuartel Ballajá,
Tercer Piso, Viejo San Juan
TELÉFONO:
787.721.3737
www.oech.pr.gov

ISSN: 2157-1880

4 MENSAJE DEL DIRECTOR EJECUTIVO
Carlos A. Rubio Cancela

4 MENSAJE DE LA ASESORA
Evelyn M. Villalobos Rivera

6 El acto creativo de la sobrevivencia en el patrimonio y otras formas de innovación y fe
Alitza Cardona-Collazo
Héctor Balvanera-Alfaro

16 El patrimonio ante el cambio climático: Propuesta para la evaluación de vulnerabilidad del patrimonio edificado en Puerto Rico, aplicada al Distrito Histórico de Central Aguirre
Andrés D. Santana Miranda

32 Los restos del recinto sagrado de Tenochtitlan en la Ciudad de México: Un recorrido con audioguías digitales
María Barajas Rocha
Manuel Gándara Vázquez

40 Oro, mercurio y rayos X: Interpretando una antigua vasija española de El Yunque
Raymond Feliciano
Antonio Martínez-Collazo
Jeffery B. Walker

48 SECCIÓN OECH
Innovación en la conservación histórica: Un futuro digital para la arqueología, arquitectura e historia
Osvaldo de Jesús Rullán

54 Belleza desnuda: Un estudio de condiciones y análisis instrumental de las superficies de hormigón expuestas en la Parroquia Nuestra Señora del Carmen en Cataño
Héctor J. Berdecía Hernández
Frank G. Matero

66 Sobre la pintura mural en el edificio
Pere Rovira i Pons

78 Visualising hypotheses: A contribution to the study of cultural heritage
Dominik Lengyel
Catherine Toulouse

94 Tecnología para la memoria: Modelado tridimensional en el proyecto de conservación del cañón Ordóñez en San Juan de Puerto Rico
Estevão Rosim Fachini
Santiago Gandolfo
César Piñero

102 RESEÑA OECH
Especialistas del National Park Service, Maintenance Division
Eric J. López

108 NOTAS SOBRE LOS AUTORES

MENSAJE DEL DIRECTOR
EJECUTIVO DE LA
OFICINA ESTATAL DE
CONSERVACIÓN HISTÓRICA

Carlos A. Rubio Cancela

Vivimos un momento histórico marcado por cambios profundos y acelerados, donde la ciencia y las nuevas tecnologías transforman la manera en que entendemos el mundo, nos relacionamos con nuestro entorno y preservamos nuestra memoria colectiva. En este contexto, la conservación del patrimonio histórico adquiere una relevancia particular, pues nos invita a mirar hacia el futuro sin perder de vista las raíces que nos definen como sociedad.

Este decimocuarto volumen de *Patrimonio* surge precisamente de esa reflexión. Dedicado al tema de las ciencias y nuevas tecnologías, este número propone un diálogo cercano y accesible entre el conocimiento científico, la innovación tecnológica y la protección de nuestro legado histórico. Más que una discusión técnica, estas páginas buscan mostrar cómo las herramientas contemporáneas pueden convertirse en aliadas fundamentales para comprender, documentar y conservar mejor los bienes culturales que heredamos y compartimos.

Hoy contamos con recursos que hace apenas unas décadas parecían impensables. La documentación digital, el modelado tridimensional, los análisis científicos de materiales y la digitalización de archivos nos permiten acercarnos al patrimonio con mayor precisión y, a la vez, con una mirada más inclusiva. Estas tecnologías no sustituyen el valor humano ni la experiencia directa con los espacios históricos; más bien, amplían nuestras capacidades para interpretarlos, protegerlos y divulgarlos de forma responsable.

Este volumen reafirma una idea fundamental: el patrimonio no es un objeto inmóvil anclado al pasado, sino un ente vivo que dialoga constantemente con el presente. Su conservación exige apertura al cambio, disposición al aprendizaje continuo y colaboración entre distintas disciplinas y sectores de la sociedad. Frente a retos como el cambio climático, los desastres naturales y las transformaciones sociales, la integración consciente de la ciencia y la tecnología se vuelve indispensable para



garantizar la permanencia y el significado de nuestros recursos culturales.

Las contribuciones que conforman este número reflejan experiencias, investigaciones y propuestas provenientes de diversos contextos, tanto locales como internacionales. En conjunto, muestran cómo la innovación puede fortalecer el vínculo entre las comunidades y su patrimonio, promoviendo procesos más participativos, resilientes y sostenibles. Cada artículo nos recuerda que conservar no es solo proteger estructuras o artefactos, sino también cuidar las historias, los saberes y los valores que estos representan.

Como es costumbre desde la fundación de *Patrimonio*, en cada edición reconocemos la contribución de hombres y mujeres que, desde las prácticas de la conservación, han aportado significativamente al área temática abordada en dicho volumen. En esta ocasión, destacamos la labor del personal especializado del Sitio Histórico de San Juan del Servicio de Parques Nacionales, quienes trabajan con celo y esmero en la conservación de las fortalezas, bastiones, lienzos de murallas, estructuras y predios que conforman el histórico sistema defensivo español, tanto en la isleta como en la bahía de San Juan, símbolos fundamentales de nuestra memoria histórica y de la identidad cultural de Puerto Rico.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas y todos los colaboradores de este volumen, cuyo compromiso, rigor intelectual y generosidad han hecho posible esta publicación. Su trabajo colectivo enriquece el diálogo sobre el patrimonio histórico y demuestra el valor de la colaboración interdisciplinaria como pilar para su conservación y proyección futura.

Asimismo, esta edición adquiere un significado especial al contar con la contribución del destacado conservador y académico Frank G. Matero, quien falleció recientemente. Su aportación, realizada junto a su entrañable alumno Héctor J. Berdecía Hernández, constituye un legado invaluable para el campo de la conservación del patrimonio histórico. Honramos su memoria y celebramos su sustantiva influencia académica, humana y profesional, que continúa viva a través de su obra y de las generaciones que formó.

Invito al lector a recorrer este volumen con curiosidad y apertura. Que estas páginas sirvan como punto de encuentro entre el pasado y el futuro, y como una invitación a repensar nuestro rol como custodios del patrimonio cultural en un mundo en constante transformación. Preservar el patrimonio hoy implica comprenderlo, valorarlo y proyectarlo hacia las próximas generaciones con sensibilidad, compromiso y visión. ■

MENSAJE DE LA ASESORA DEL VOLUMEN



La Oficina Estatal de Conservación Histórica (OECH) ha seguido de cerca la evolución de las ciencias y las nuevas tecnologías aplicadas al patrimonio cultural mueble e inmueble. Hace unos años, tomando en consideración los avances tecnológicos y científicos que se comenzaban a ver empleados en varios proyectos de conservación, la OECH contempló este tema para un volumen de la revista *Patrimonio*. No obstante, para abordar el asunto con la profundidad que merecía, se decidió dar un margen de tiempo para que estas innovaciones se desarrollaran en las distintas disciplinas y profesiones que trabajan con el patrimonio.

La ciencia de la conservación es un campo interdisciplinario en el que diversos profesionales investigan y colaboran en los procesos de conservación y restauración del patrimonio cultural. Mediante la investigación histórica y el análisis científico, los especialistas buscan entender el origen, la composición, la degradación y las alteraciones de los recursos históricos. El objetivo es ofrecer las recomendaciones más adecuadas sobre los materiales y métodos de intervención para prevenir daños a los recursos históricos y garantizar su conservación para futuras generaciones.

Las nuevas tecnologías no solo mejoran los procedimientos científicos

en el campo de la conservación, sino que también han revolucionado la forma en que el patrimonio cultural es estudiado, documentado y divulgado. Como resalta la Sección OECH del presente volumen, en Puerto Rico esta transformación se ha acelerado a partir de los desastres naturales del 2017. La tecnología ha agilizado los procesos de evaluación de proyectos y ha transformado los métodos de documentación de propiedades históricas, posibilitando la creación de modelos tridimensionales con mayor rapidez y precisión. Del mismo modo, la digitalización de archivos históricos ha permitido que la información sea más accesible para todos.

Dada la madurez e importancia de los avances científicos y las nuevas tecnologías aplicadas al patrimonio cultural, la OECH decidió que era momento de visibilizar las recientes aportaciones en el campo de la conservación. Por tanto, los escritos de esta edición presentan reflexiones, propuestas y experiencias sobre la integración de la ciencia y las tecnologías emergentes en recursos patrimoniales muebles e inmuebles, analizando sus posibles efectos a corto y largo plazo. Para ofrecer una visión más abarcadora de cómo estas innovaciones se están empleando en el patrimonio, esta publicación incluye contribuciones

de diferentes países. Además, los autores reflejan la pluralidad de profesionales que trabajan con el patrimonio cultural.

Los artículos seleccionados se organizaron desde lo conceptual y filosófico a lo práctico y aplicado. El volumen comienza explorando el rol de las tecnologías emergentes en la planificación, intervención y difusión del patrimonio cultural. Luego, presenta proyectos de arqueología, conservación arquitectónica y conservación de arte mural, en los que se han aplicado diversas metodologías científicas y tecnologías. Evalúa además cómo la tecnología permite mejorar la divulgación e interpretación de sitios arqueológicos, cómo los estudios científicos podrían apoyar o contradecir hipótesis de investigaciones, y cuál es la importancia de los análisis científicos y las condiciones ambientales para la conservación patrimonial. Igualmente, aborda los efectos que pueden tener las decisiones que no siguen las recomendaciones de los especialistas de la conservación. El volumen concluye con ejemplos y teoría sobre los métodos de recreación y modelados tridimensionales, mostrando cómo estos recursos permiten a los especialistas profundizar en sus teorías y métodos de intervención, a la vez que facilitan la interpretación y difusión del patrimonio al público en general.

Agradezco a la dirección de la OECH por invitarme a asesorar este volumen con el tema que propuse hace unos años y por haberme dado la oportunidad de reunir por primera vez en *Patrimonio* diversos artículos de autores internacionales: Alemania, Argentina, Brasil, España y México. Este proyecto editorial me permitió establecer un hilo conductor en el que se combinan colaboraciones de especialistas a nivel local con aportaciones de expertos que se destacan por sus investigaciones y metodologías novedosas en otros países.

Invito al público a sumergirse en esta variada colección de escritos para explorar los avances y aplicación de la ciencia y la tecnología en el patrimonio cultural. Espero que el volumen le sirva de inspiración y reafirme la importancia de la colaboración interdisciplinaria, pero también comunitaria, en la protección del patrimonio. ■

Evelyn M. Villalobos Rivera, MA

El acto creativo de la sobrevivencia en el patrimonio y otras formas de innovación y fe

Alitza Cardona-Collazo
Héctor Balvanera-Alfaro

En tiempos de cambio e innovación acelerados, la cultura se transforma con mayor rapidez que las estructuras legales e institucionales que pretenden regularla. Ante esta desincronización, el acto de crear se convierte en una modalidad de fe, no necesariamente vinculada a sistemas o prácticas religiosas, pero sí fundamentada en conceptos como la confianza, el bien común, la colectividad y la trascendencia. En el contexto de Puerto Rico, estos conceptos están profundamente enraizados en la herencia sociocultural y filosófica del Occidente judeocristiano, manifestándose en la manera en que se narran la historia y el desarrollo, y en cómo se media la moralidad a través de prácticas tradicionales y rituales que espacializan el comportamiento humano. Estos rituales crean una cultura del espacio donde la relación entre el sujeto, el territorio y la comunidad se constituye como acto ético. Esta fe opera como brújula orientadora en contextos de incertidumbre, siendo un producto del imaginario de la cultura y permitiendo que las comunidades se adapten no mediante respuestas reactivas, sino a través de la proyección de visiones compartidas que reinterpretan esa herencia hacia futuros posibles.

El acto creativo, entendido como acto de fe, implica sostener e reinterpretar esta herencia con el propósito deliberado de imaginar y consolidar futuros sostenibles. Esta reinterpretación es prospectiva antes que nostálgica: orienta el patrimonio intangible y material hacia una visión de justicia que reconoce la sostenibilidad como proceso continuo de adaptación. En otras palabras, la adaptación misma se convierte en acto de orientación: ante la rapidez de las transformaciones, la comunidad

encuentra estabilidad no en la resistencia al cambio, sino en la claridad de una dirección ética compartida.

En el caso de Puerto Rico, este marco cobra particular relevancia en contextos de crisis y recuperación, donde la supervivencia material está entrelazada con la preservación de formas de vida, conocimiento y relación con el espacio. Crear, en este sentido, implica sostener visiones colectivas capaces de integrar tecnologías emergentes —como la inteligencia artificial y el diseño especulativo— con saberes arraigados en el patrimonio intangible y las prácticas informales. Estas últimas, lejos de ser marginales, operan como repositorios de adaptabilidad y creatividad que permiten a las comunidades orientarse hacia futuros sostenibles basados no en la imposición de modelos externos, sino en la reinterpretación situada de su propia herencia. La creatividad como un acto que contiene fe sostiene una visión de justicia que responde a la necesidad relacional y posicional, haciendo posible la esperanza de alcanzar una sostenibilidad fundada en la adaptación continua: un proceso donde la orientación ética proporciona coherencia en medio del cambio acelerado.

Sin embargo, los marcos convencionales de valoración patrimonial han operado bajo lógicas de homogeneización que contradicen esta perspectiva situada. Los “valores universales excepcionales” propuestos por la UNESCO en 1972,¹ por ejemplo, buscan establecer criterios generales de significancia que frecuentemente eliden las formas localizadas en que las comunidades entienden culturalmente su espacio y su relación con la ecología. En contraste,

enfoques sobre el pensamiento colectivo resaltan que el patrimonio adquiere sentido precisamente en y a través de sus contextos específicos: las cosas valen en cuanto a las maneras particulares en que las personas se relacionan con el territorio y los ecosistemas.²

En la actualidad, enfrentamos horizontes de incertidumbre marcados por la convergencia de conflictos políticos, tensiones religiosas y crisis climática. A diferencia de enfoques que privilegian la singularidad y el valor intrínseco de ciertos sitios patrimoniales, los enfoques sobre el pensamiento colectivo resaltan la capacidad del patrimonio para adaptarse y transformarse en respuesta a tensiones contemporáneas. Desde esta perspectiva, el patrimonio se concibe como herencia, pero también como un recurso dinámico, dialógico y adaptable que contribuye a la construcción de futuros sostenibles. Asimismo, se vincula con la justicia social en la medida en que sus manifestaciones responden a procesos que articulan el producto de la significación, garantizan accesibilidad al conocimiento y armonizan las creencias sobre el territorio. El patrimonio se convierte así en un puente entre el ser humano y las formas en que socialmente vive y sobrevive. Sin embargo, el valor de este puente adquiere una dimensión más compleja cuando se observa desde la circunstancia social. Esta no solo comunica una realidad distinta de aquella que se produce y se media en la historia, sino que revela perspectivas localizadas en las que la intersubjetividad de la experiencia colectiva visibiliza expresiones de realidad que muchas veces no son reconocidas por los valores de las instituciones oficiales, pero sí por quienes se ven obligados a adaptarse en contextos de incertidumbre. En esa adaptación, la sobrevivencia se convierte en motor de sentido, muchas veces transmitido en modalidades de la expresión cultural, y es allí donde el patrimonio deja de ser únicamente memoria heredada para transformarse en un recurso dinámico, abierto al diálogo y capaz de generar alternativas creativas que impulsan la identificación de futuros posibles.

La intuición —en el sentido metafísico propuesto por Henri Bergson— se revela como una vía creativa para habitar el tiempo y orientar la acción.³ En el presente, esta acción puede desplegarse de maneras opuestas y variables: como una respuesta violenta

a los efectos de la marginación o como la capacidad de orquestar futuros atentos a las condiciones locales. Tales expresiones comprenden la tolerancia, formas de fe y la imaginación del potencial de lo existente, incluso cuando este no es reconocido a nivel nacional o global. Crear desde la intuición, cuando complementa al análisis científico, permite reconocer que la estrategia de sobrevivir no es meramente técnica, sino que está atravesada por un estímulo de propósito, encarnado en la creencia en futuros posibles. Esta orientación vital, que se inscribe en la relación entre humanidad, el ambiente y los ecosistemas, se distancia de los patrones de procesamiento propios de las inteligencias artificiales, las cuales operan sin memoria vivencial ni sensibilidad contextual. Frente a ello, gestionar los bienes culturales desde una lógica intuitiva implica trascender las perspectivas normativas y expandirlas hacia formas de conocimiento que no pueden ser reducidas a datos ni codificadas como insumo en una red neuronal. Desde esta base, no se plantea una crítica simplista ni la eliminación de las nuevas tecnologías. Más bien, pensar el patrimonio desde la lógica algorítmica del aprendizaje automático —que no necesariamente contempla una ética de las causalidades, sino una lógica procesal del *machine learning*⁴— obliga a repensar tanto las estructuras legales heredadas como la influencia de las convenciones sociales⁵ que las respaldan o las cuestionan. Estas estructuras, ancladas en una visión secuencial del tiempo y del efecto, contrastan con las dinámicas actuales de innovación tecnológica, que operan en tiempo real y responden casi simultáneamente a los cambios sociales expresados en el espacio a través del arte, la música y otras modalidades culturales. Este desfase entre el tiempo tecnológico y el tiempo vital, entre la operación algorítmica y la experiencia intuitiva y relacional, nos lleva a reconsiderar desde dónde y cómo construimos memoria, comunidad y sentido.

LA CREATIVIDAD Y LA SOBREVIVENCIA

La creatividad, en esencia, constituye el impulso de generar algo nuevo y significativo, dotado de un valor intrínseco que trasciende lo meramente funcional.⁶ Cuando esta capacidad se vincula con el concepto de *patrimonio*, puede convertirse en una herramienta estratégica para la supervivencia cultural y social, al

2 Enzo Anziani Ostornol, “Sustentabilidad del patrimonio inmaterial, relevando el valor del territorio mediante redes colaborativas de diseño y manufactura”, *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, núm. 103 (2020), <https://doi.org/10.18682/cdc.vi103.4160>.

3 Stephen Linstead and John Mullarkey, “Time, Creativity and Culture: Introducing Bergson”, *Culture and Organization* 9, no. 1 (2003): 3, <https://doi.org/10.1080/14759550302799>.

4 Richar E. Susskind, *How to Think About AI: A Guide for the Perplexed* (Oxford University Press, 2025).

5 Susan Naomi Nordstrom, “Antimethodology: Postqualitative generative conventions”, *Qualitative Inquiry* 24, no. 3 (2018): 215-226.

6 Ana Guerberof Arenas and Antonio Toral, “Creativity in Translation: Machine Translation as a Constraint for Literary Texts”, *Translation Spaces* 11, no. 2 (2022): 184, <https://doi.org/10.1075/ts.21025.gue>.

1 Agung Wardana, “The Making of World Heritage Landscape”, in *Contemporary Bali: Contested Space and Governance* (Palgrave Macmillan, 2019), 129, https://doi.org/10.1007/978-981-13-2478-9_5.



Iglesia de la Asunción, Santa María Acapulco, San Luis Potosí (SLP), México. Arriba, el inmueble posterior a su intervención; a la derecha, durante y luego del incendio. Fuentes: Hugo Cotonieto Sanfeliz (Boletín núm. 321, Dirección de Medios de Comunicación, INAH, 2 de julio de 2025) y publicación conmemorativa del incendio del templo (FB del INAH-SLP, 30 de junio de 2025).



facilitar la exploración de redes de accesibilidad dentro de las realidades contemporáneas y al visibilizar modelos alternativos de regeneración cultural que emergen precisamente de las tensiones y diferencias sociales, influyendo en la configuración de fenómenos sociales diversos.⁷

En este marco, el patrimonio cultural actúa como un repositorio de memoria y como un catalizador de resiliencia que conecta los esfuerzos de reconstrucción —formales e informales— con la identidad colectiva. El patrimonio comunitario, en particular, se presenta como una manifestación dinámica que entrelaza la adaptabilidad, la accesibilidad y el reconocimiento local de las formas de habitar con el sentido de pertenencia, sustentando la continuidad cultural a través de prácticas innovadoras.⁸ Esta perspectiva invita a repensar las modalidades vernáculas del patrimonio, entendidas

⁷ Alitza Nichole Cardona Collazo, "Creative Capacity in Transferable Heritage: Leveraging Survival Heritage and Adaptive Communication Processes for Sustainable Recovery in Disaster Response" (PhD diss., University College of London, 2024).

⁸ Nouran Elabd, Yasser Mansour, and Laila M. Khodier, "Utilizing Innovative Technologies to Achieve Resilience in Heritage Buildings Preservation," *Developments in the Built Environment* 8, no. 1 (2021), <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2021.100058>.



A la izquierda, voluntarios de la Iglesia de San José, San Juan, Puerto Rico: sentada, L. Silva; de pie, al frente (de izq. a dcha.), G. A. Betancourt, M. E. González, N. Bird, G. Rodríguez y H. Balvanera; detrás, L. A. González y F. Santiago. A la derecha, visita guiada por H. Balvanera, arquitecto voluntario. Fuente de ambas fotografías: Gerardo A. Betancourt Vera.

como expresiones informales del ambiente construido que buscan equilibrar accesibilidad, interpretación y significación mediante recursos culturales arraigados en la experiencia comunitaria.

En contextos de vulnerabilidad o exclusión, la cultura ofrece recursos y saberes situados —tanto ancestrales como emergentes— que permiten sostener la continuidad y conservación de las prácticas comunitarias ante escenarios de cambio. Desde esta óptica, el patrimonio deja de ser una categoría estática o institucionalizada para revelarse como un instrumento vivo de cohesión social, colaboración y negociación del cambio. Su valor no reside únicamente en lo que preserva del pasado, sino en su capacidad de activar procesos creativos que respondan a las necesidades del presente y proyecten futuros posibles. En este sentido, la creatividad patrimonial, alimentada por estos saberes, se convierte en una forma de justicia cultural debido a que reconoce y potencia estrategias locales de significación, resistencia y transformación.

Este tipo de justicia se materializa en acciones concretas de cuidado comunitario, como ocurrió en el salvamento y recuperación del patrimonio mueble e inmueble de la iglesia de Santa María Acapulco, en San Luis Potosí, México, afectada por un rayo que provocó el incendio de su cubierta pajiza en junio de 2007. La movilización inmediata de la comunidad permitió rescatar las imágenes devocionales a pesar de los riesgos. Posteriormente, la techumbre y la serie de retablos fueron reconstruidos con participación social, bajo la guía del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

Una acción y organización de esta naturaleza, motivada por el vínculo afectivo con un espacio sentido como propio, se sustenta en un sentido "común" local que articula saberes situados y una memoria compartida que otorga significado al espacio eclesial. Tal capacidad de respuesta comunitaria resulta difícil de replicar en contextos como el de la Catedral de Notre Dame en París (tras el incendio de 2019), donde la gestión patrimonial está regida por estructuras institucionales y procedimientos técnicos más alejados de las vivencias cotidianas.

En Puerto Rico, además de reconocer las múltiples comunidades que históricamente se han formado dentro del marco de la informalidad —por ejemplo, los arrabales—, es crucial entender cómo estas formas de habitar surgieron a partir de la sobrevivencia, inicialmente como instinto de adaptación y, con el tiempo, como estrategia que generó identidad y motivación colectiva. Dichos procesos dieron lugar a un sentido del entorno construido mediante el uso del espacio y la autoconstrucción. Actualmente, estas prácticas evolucionan hacia formas que, además de responder a la urgencia, encarnan objetivos colectivos sostenidos en el tiempo. Este devenir puede entenderse como patrimonio regenerativo: una articulación que opera entre el cuidado del pasado, la respuesta al presente y la proyección hacia un futuro común.

En San Juan, el comité *ad hoc* para la rehabilitación de la antigua iglesia conventual dominica de Santo Tomás, hoy de San José, impulsó entre 2008 y 2010 a un equipo de voluntariado cuyo propósito era gestionar visitas de grupos escolares y ofrecer recorridos de interpretación de los bienes culturales asociados al



La Casa Histórica de la Música Cayeyana es un espacio comunitario dedicado a conservar, difundir e innovar en torno a la música puertorriqueña, en especial, las expresiones musicales del pueblo cayeyano. Conocida cariñosamente como “la casita”, sus actividades son coordinadas por Andrés Yambó Febus junto a un equipo comprometido de más de 50 voluntarios. La imagen muestra la estructura histórica en madera de “la casita”, construida entre 1828 y 1850. Fuente: Andrés Yambó Febus.

inmueble. Los voluntarios eran en su mayoría miembros de los grupos de la Pastoral Juvenil de la Arquidiócesis de San Juan o estudiantes de arquitectura, algunos de los cuales no eran católicos o creyentes. El equipo en su conjunto demostró compromiso y constancia más allá de creencias personales.

Otro ejemplo significativo de la organización colectiva es la Casa Histórica de la Música Cayeyana, en el municipio de Cayey. Este proyecto comunitario, dirigido por el gestor cultural Andrés Yambó Febus, se originó en 2016 y se activó en 2017 como un oasis solidario ante la emergencia de agua y electricidad tras el huracán María, cuando el municipio quedó completamente aislado del resto de la isla. A nivel formal, el proyecto respondió a la necesidad de conservar el patrimonio edificado, dando nueva vida a una casa de madera construida entre 1828 y 1850, en el casco urbano. Hoy esta casa funciona como centro cultural, donde se exhiben documentos y artefactos relacionados con la música local, y donde se celebran eventos, destacándose las bohemias musicales que tienen lugar los fines de semana. En el plano social,

más de 50 voluntarios han impulsado el proyecto como un acto de confianza colectiva que se sustenta en la convicción de que la colaboración puede producir un bien común.

Hoy, la Casa Histórica de la Música Cayeyana es un refugio de aprendizaje, innovación, cuidado y articulación transgeneracional, donde el patrimonio material y el saber comunitario se entrelazan para innovar sobre el patrimonio intangible —principalmente la música— y expresar aspiraciones, motivaciones y visiones de futuro tanto de Cayey como de Puerto Rico. En este entrelajado, la casa se convierte en una forma concreta de patrimonio regenerativo, actuando como ente comunitario que descentraliza los valores de la estructura institucional, siendo capaz de responder a una realidad localizada, a un presente denso, diverso y en constante transformación.

PENSAR LA INNOVACIÓN DESDE EL COLECTIVO Y LA REALIDAD ARTIFICIAL

En las últimas décadas, las guerras, las crisis económicas, los desastres naturales y aquellos



La Casa Histórica de la Música en Cayey ofrece recorridos guiados diariamente y cuenta con un programa variado de clases dirigidas a niños, jóvenes, adultos mayores y personas con diversidad funcional. Fuente: Andrés Yambó Febus.



La Casa Histórica de la Música en Cayey ha logrado reunir a cientos y hasta miles de personas en sus bohemias y eventos culturales, que han contado con la participación de artistas de renombre local e internacional. Gracias a la gestión comunitaria y al compromiso sostenido de su voluntariado, este espacio no solo ha servido como punto de encuentro y referencia tanto para quienes viven localmente como para quienes forman parte de la diáspora, sino que también ha proyectado el patrimonio musical puertorriqueño a nivel internacional, recibiendo visitantes de todo el mundo y fortaleciendo así los lazos entre lo local y lo global. Fuente: Andrés Yambó Febus.

provocados por el ser humano han afectado gravemente a las ciudades y a las personas, generando consecuencias en la economía global.⁹ Enfocándonos en el contexto de la historia del desarrollo urbano y económico de Puerto Rico, y a partir de la reconstrucción de su infraestructura durante los procesos de recuperación tras desastres¹⁰ —como recientemente fue el huracán María—, resulta fundamental reconocer que los medios tradicionales de producción de conocimiento y de habitar el espacio no solo constituyen respuestas funcionales a necesidades inmediatas, sino que también representan actos creativos profundamente arraigados en la experiencia colectiva. Estas prácticas, lejos de ser obsoletas, ofrecen alternativas viables frente a los modelos hegemónicos de desarrollo, al integrar saberes locales, relaciones simbólicas y estructuras sociales que han evolucionado en diálogo constante con el territorio.¹¹ Dentro de este proceso, se configuran éticas de la creación, que podrían entenderse como aquel sentido de responsabilidad que emerge de la propia relación entre quien crea y aquello que es creado. En la teoría de la individuación, Simondon sostiene que el creador y lo creado coemergen en un mismo proceso, lo que implica que la responsabilidad está implícita en el acto mismo de crear.¹² Por consiguiente, la responsabilidad a través de la identificación puede comprenderse como la relación ética que se produce cuando un sujeto reconoce su identidad entrelazada con la existencia de aquello que ha puesto en el mundo. Crear no es solo producir, también es asumir el cuidado, ya que el acto de creación transforma tanto al creador como a lo creado.

La innovación, entonces, no debe entenderse únicamente como una ruptura con el pasado o como una respuesta tecnológica a los desafíos contemporáneos, sino como un proceso que puede nutrirse de la memoria, la intuición y la experiencia situada.¹³ En este sentido, la creatividad se convierte en una herramienta de resistencia y de reconfiguración

cultural, capaz de generar nuevas vías de significar y de actuar en el mundo. Esta noción de innovación como proceso enraizado en la experiencia colectiva permite visualizar los modelos de desarrollo alternativos como propuestas innovadoras que promueven la regeneración sin desvincularse de las realidades sociales y de las necesidades percibidas de la comunidad. Así, la arquitectura vernácula, las prácticas comunitarias y los saberes ancestrales, además de desafiar las lógicas de estandarización impuestas por el mercado, abren caminos hacia una innovación más inclusiva, resiliente y sostenible.¹⁴

Esta perspectiva invita a repensar los marcos desde los cuales se diseñan las políticas públicas, los procesos educativos y las estrategias de desarrollo, reconociendo el valor de las epistemologías del Sur y de las formas de conocimiento que emergen desde la periferia.¹⁵ En última instancia, la creatividad vinculada al entorno y a la experiencia colectiva, además de transformar el espacio físico, reconfigura igualmente las relaciones sociales, los imaginarios culturales y las posibilidades de futuro. Frente a un mundo marcado por la incertidumbre, la desigualdad y la crisis ambiental, estas modalidades de innovación contextualizada ofrecen una vía para construir alternativas más justas, equitativas y profundamente humanas.¹⁶

TEMPORALIDADES ACELERADAS Y LA TRANSFORMACIÓN DEL PATRIMONIO CONTEMPORÁNEO

En la actualidad, la rapidez, lo inmediato y la lógica del alquiler a corto plazo configuran una nueva experiencia de habitar y de crear, paralela a la aceleración de los entornos virtuales. Al mismo tiempo, construimos y habitamos estos entornos virtuales buscando expandir nuestras capacidades de interacción con el espacio. De igual forma, lo virtual transforma también el modo en que atribuimos significado, ya que estos entornos nos permiten resignificar culturalmente los procesos y las formas de interacción

con nuestro entorno material.¹⁷ La inteligencia artificial y la realidad virtual están transformando los procesos creativos en diversos campos —desde el diseño artístico y la producción de nuevos objetos hasta la investigación científica—. Sin embargo, estas tecnologías aún no son globalmente accesibles ni resultan tan intuitivas como la respuesta interpretativa que surge de la razón y la creatividad humana.

Aun así, su incorporación en los procesos creativos nos lleva a replantear las formas de movilización, apropiación del territorio y producción cultural, así como a resignificar el ambiente construido y la patrimonialización¹⁸ de estructuras con menos de cincuenta años de existencia. Esta circunstancia, a su vez, señala la necesidad de ampliar los significados del patrimonio hacia nociones como “potencial” o “elegible”,¹⁹ ya que las soluciones emergentes tienden a articular las necesidades locales, facilitando una innovación casi inmediata en los modos de hacer comunidad.

En este contexto, se hacen visibles fenómenos como las crisis de vivienda y de alquiler a mediano plazo, o la proliferación de infraestructuras deshabitadas que reconfiguran el tejido social. En estos casos, la lógica del asentamiento se reduce a la temporalidad breve, restringiendo el acceso a una memoria vivencial y desplazando conceptos fundamentales como la *ancestralidad del futuro*.

LA INFORMALIDAD Y LA TRASCENDENCIA PARA MANEJAR ESTADOS DE INCERTIDUMBRE

La distinción entre *formalidad e informalidad* constituye una categoría subjetiva, resultado de una construcción

social que emerge de dinámicas políticas, económicas, culturales y territoriales.²⁰ Estas diferenciaciones se ven particularmente tensionadas en contextos de crisis, donde la ausencia de políticas públicas eficaces y la gestión deficiente de recursos profundizan la vulnerabilidad de las comunidades que habitan territorios informales. En estos escenarios, la desconexión entre las necesidades locales y las prioridades estatales se vuelve más evidente, exacerbando la marginalización de quienes no se ajustan a las lógicas hegemónicas de desarrollo. Frente a esta desconexión, la tecnología, las expresiones creativas y las formas alternativas de *memorialización*²¹ actúan como puentes entre la memoria prescrita —aquella institucionalizada y archivada— y la memoria vivencial, que se transmite a través de la experiencia cotidiana. Esta última, al no ser fácilmente codificable en sistemas algorítmicos, corre el riesgo de ser invisibilizada en procesos de aceleración tecnológica. Por ello, es necesario evaluar críticamente cómo estas herramientas digitales interactúan con memorias frágiles, especialmente en contextos de informalidad y transformación social acelerada.

En tiempos de cambio y conflicto, surgen nuevas necesidades que exigen una revisión profunda de los marcos desde los cuales producimos significados y regeneramos el sentido de la cultura como recurso de transformación y adaptación. Esto implica brindar justicia epistémica a las voces históricamente silenciadas por estructuras que jerarquizan lo que se considera “importante” y lo que no. En este proceso, las soluciones vernáculas —aquellas que emergen desde la experiencia local y la creatividad comunitaria— son a menudo ignoradas, especialmente cuando se

17 La estructura de las primeras tres oraciones de este párrafo expone la relación entre el sujeto (quien habita y crea) y el objeto (lo virtual como entorno y sistema), respondiendo a la tensión entre ambos y aludiendo a la noción latouriana de *agencia distribuida*, en la cual las fronteras se desdibujan. Aquello que el sujeto busca transformar —en este caso, lo virtual como herramienta— responde y actúa, adquiriendo capacidad de agencia dentro del proceso: no solo permite la re-significación cultural, sino que la condiciona. De este modo, el objeto deja de ser un mero receptáculo pasivo para convertirse en un agente transformador que co-configura la acción y el sentido del propio sujeto.

18 Según el *Diccionario de la lengua española* (RAE, versión 23.8 en línea), *patrimonializar* es “hacer que algo pase a formar parte de los bienes materiales o inmateriales que se consideran como propios”.

19 El concepto de *elegibilidad* está considerado en la normativa de Puerto Rico (Tomo X del *Reglamento Conjunto para la evaluación y expedición de permisos relacionados al desarrollo, uso de terrenos y operación de negocios*, 2023), con un margen de interpretación que requiere revisión para dar claridad y no depender de la discrecionalidad de las agencias y autoridades concernidas, para favorecer la salvaguarda y conservación del patrimonio edificado. Sustancialmente, los principios decimonónicos de *monumento* perviven en el espíritu de la política pública y la legislación vigente.

20 Érika Fontáñez Torres, *Casa, suelo y título: Vivienda e informalidad en Puerto Rico* (Ediciones Laberinto, 2020).

21 En el contexto del patrimonio, *memorialización* es un proceso cultural, político y emocional mediante el cual las sociedades seleccionan, configuran y preservan elementos del pasado —materiales, simbólicos o afectivos— con el fin de expresar dolor, identidad, pertenencia o esperanza. Este acto no es neutral: responde a una dinámica de poder que, como señala Laurajane Smith (2006), se inscribe dentro de discursos autorizados del patrimonio que privilegian ciertas narrativas mientras excluyen memorias vivenciales o informales. Al mismo tiempo, como plantean Logan y Reeves (2009), la memorialización opera como una práctica de negociación ética en contextos marcados por la herencia conflictiva o traumática. Desde la perspectiva de Jay Winter (2010), este proceso también es una forma de inscripción de la memoria colectiva en el espacio, donde el duelo y la reconstrucción simbólica del pasado contribuyen a sostener la cohesión social frente a experiencias de pérdida o violencia. Véase Laurajane Smith, *Uses of Heritage* (Routledge, 2006); William Logan and Keir Reeves, *Places of Pain and Shame* (Routledge, 2009); Efrat Ben-Ze'ev, Ruth Ginio and Jay Winter, eds., *Shadows of War: A Social History of Silence in the Twentieth Century* (Cambridge University Press, 2010); y Karin Tilmans, Frank van Vree and Jay Winter, eds., *Performing the past: Memory, History, and Identity in Modern Europe* (Amsterdam University Press, 2010).

9 Mariarosaria Angrisano, Grazia Neglia and Ippolita Mecca, “Building the Future While Preserving the Past: Digital Tools and Community Engagement to ‘Re-Generate’ Historic Buildings in Post-Disaster Scenarios”, in *International Conference on Computational Science and Its Applications*, ed. Osvaldo Gervasi et al. (Springer Nature Switzerland, 2025), 299-315.

10 Ingrid Olivo, “Reconstructing Early Modern Disaster Management in Puerto Rico: Development and Planning Examined Through the Lens of Hurricanes San Ciriaco (1899), San Felipe (1928) and Santa Clara (1956)” (PhD diss., Columbia University, 2015).

11 Arturo Escobar, *Sentipensar con la Tierra: Nuevas lecturas sobre desarrollo, territorio y diferencia* (Ediciones UNAULA, 2016).

12 Gilbert Simondon, *L'individuation à la lumière des notions de forme et d'information* (Millon, 1992).

13 Boaventura de Sousa Santos, *Una epistemología del Sur: La reinención del conocimiento y la emancipación social* (Siglo XXI Editores, 2009).

14 Daviana Torres-Torres, “Revalorización de la arquitectura vernácula en la vivienda social” (Tesis de maestría, Escuela de Arquitectura, Universidad de Puerto Rico, 2022).

15 Boaventura de Sousa Santos, *Descolonizar el saber, reinventar el poder* (Ediciones Trilce / Extensión universitaria-Universidad de la República, 2010).

16 Joe Tidd, John Bessant and Keith Pavitt, *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change* (John Wiley & Sons, 1997).

opera bajo tensiones que privilegian la asimilación de culturas externas en detrimento de los saberes propios.

Los horizontes tecnológicos, con sus líneas causales cada vez más influyentes, están reconfigurando los marcos éticos y morales desde los cuales comprendemos el patrimonio. La forma en que valoramos la tradición, la cohesión social y la identidad cultural está siendo mediada por sistemas que no siempre reconocen la complejidad simbólica de lo intangible. En este contexto, las comunidades de fe han desempeñado un papel crucial en la gobernanza del patrimonio cultural, navegando los límites entre lo tangible y lo intangible. Su capacidad para sostener la memoria a través de la esperanza y la espiritualidad ofrece una alternativa ética y simbólica frente a la lógica instrumental de la tecnología. La fe, entendida como una forma de conocimiento y de acción colectiva, permite articular sentidos de pertenencia y continuidad que trascienden las limitaciones de los sistemas formales. En territorios donde la informalidad es la norma, las comunidades de fe han mantenido vivas las prácticas culturales, los rituales y las narrativas que dan forma a la memoria colectiva. Esta dimensión espiritual del patrimonio resiste la estandarización a la vez que propone una ética del cuidado, del vínculo y de la transformación.

CONCLUSIÓN

Hoy, más que nunca, el concepto de *patrimonio* se desplaza del objeto y la subjetivación hacia el proceso, de la colección hacia la vivencia, de la historia oficial hacia la interpretación situada. En este desplazamiento, la inteligencia artificial, entendida como tecnología cultural, no se impone como una amenaza, sino como una herramienta capaz de amplificar las miradas locales, comunitarias y de fe. Lejos de uniformar las experiencias, puede emplearse para interpretar y conservar aquello que las comunidades reconocen como su legado, su cultura de patrimonio. Esto no implica alterar la densidad de una narrativa que se nutre de la vivencia colectiva y de sus necesidades situadas, más bien conlleva hacer justicia a la manera en que estas se representan en la historia. Supone, además, contrarrestar las implicaciones de una memoria histórica corrompida por el poder y por el acceso desigual a los medios que manifiestan la memoria de unos pocos.

Este giro nos permite experimentar pasados y futuros desde el presente como un punto de inflexión denso, donde convergen la crisis, la memoria, la aspiración y la espiritualidad. La inteligencia artificial puede habilitar esquemas interpretativos que, al asumir su propia subjetividad, legitiman las voces desde donde se enuncian. En lugar de inscribirse en el poder histórico que tiende a validar únicamente desde la centralidad institucional, puede convertirse en cómplice de una producción patrimonial que surge del presente vivido, del archivo afectivo, de la práctica comunitaria y de los relatos transmitidos por generaciones. Así, el patrimonio deja de ser una acumulación de bienes para convertirse en una expresión y una vía de trascendencia, no como evasión del presente, sino como acto creativo de continuidad.

En este sentido, las prácticas religiosas, espirituales y comunitarias deben comprenderse más allá de meras expresiones pasadas de organización de vida. Son sistemas que responden a interrogantes de la existencia con una capacidad estética, ética y funcional profundamente vigente. El significado de la conservación de la Casa Histórica de la Música Cayeyana, por ejemplo, no se limita al valor de una estructura histórica. Representa la salvaguarda de un modo de ser y de sentir en el tiempo, de compartir saberes y de proteger un espacio que se vuelve refugio y posibilidad.

El estudio de formas creativas —como las artes plásticas o la música— ha sido planteado como una vía clave para situar y comprender los significados relacionales que emergen en los espacios comunitarios tras situaciones de desastre, que configuran una crisis social por su impacto tanto en el entorno construido como en las estructuras socioeconómicas y en la salud.²² Sin embargo, hoy atravesamos una transición en la que el espacio virtual produce efectos materiales cada vez más directos y acelerados sobre el paisaje sociocultural, especialmente si consideramos el potencial descentralizador de tecnologías como el *blockchain*²³ en la configuración de vínculos y formas de organización colectiva.

Históricamente, la creatividad ha sido analizada principalmente a través de sus productos, como reflejo del sentido atribuido a las experiencias vividas. No obstante, resulta crucial atender la manera en que la creatividad opera como un mecanismo procesual durante los



La imagen presenta la integración artística de la autora en la entrevista a la doctora y artista Minali Álvarez Astacio, titulada *El mapa de la incertidumbre* (2024), entendida como insumo creativo y metodológico dentro del proceso artístico-investigativo. A través de esta composición se visualiza cómo la emoción se mapea en relación con la trayectoria del recuerdo, revelando la dimensión narrativa y afectiva de un proceso de sobrevivencia. El acto no solo documenta el testimonio, sino que traduce el producto creativo, social e histórico de la sobrevivencia como una extensión viva del patrimonio, comprendida desde la experiencia situada y la memoria vivencial. Fuente: Alitza Cardona-Collazo.

momentos de transformación —particularmente en las fases de recuperación y regeneración tras una crisis—, y reconocer que estos procesos también constituyen patrimonio. Si visualizamos la crisis y los desastres como oportunidades regenerativas, la apertura de fondos, como los de FEMA, para la reconstrucción de espacios de culto en Puerto Rico representa una ocasión excepcional para repensar las conexiones entre materialidad, comunidad y significado.

La reconstrucción de estructuras va más allá de un acto material: implica un reconocimiento y una revalorización simbólica, un espejo en el que el rostro creativo e histórico de las comunidades se contempla, se refleja y encuentra su memoria, su fe y sus aspiraciones. Ello permite comprender el patrimonio como un elemento constitutivo, y no aislado, dentro de una ecología viva donde la comunidad es coautora de su significación y de su preservación.

Frente a este escenario, es crucial mantener la dimensión inmaterial y simbólica del patrimonio en

el centro del proceso interpretativo, así como también la valorización del criterio independiente de la razón humana. Como advierte Javier Marcos Arévalo, “todo lo material tiene un sustrato inmaterial”,²⁴ y separar ambas dimensiones fragmenta su valor y desactiva su potencial transformador. De manera semejante, la Pontificia Comisión para los Bienes Culturales ha señalado que incluso los objetos de culto pierden su alma si son aislados de su comunidad, su uso y su lenguaje ritual.²⁵

En última instancia, el patrimonio regenerativo que aquí se propone no busca conservar el pasado en su forma original, sino regenerar los vínculos con lo vivido, permitiendo que cada generación experimente el acto de hacer patrimonio como un proceso creativo, ético y comunitario. En ese gesto interpretativo, la inteligencia artificial y la comunidad pueden coincidir como coautores de nuevas formas de trascendencia, ancladas en la dignidad del presente y en la imaginación de futuros posibles. ■

22 Ingrid Olivo, “Reconstructing Early Modern Disaster Management in Puerto Rico: Development and Planning Examined Through the Lens of Hurricanes San Ciriaco (1899), San Felipe (1928) and Santa Clara (1956)” (PhD diss., Columbia University, 2015).

23 Gousia Habib, Sparsh Sharma, Sara Ibrahim, Imtiaz Ahmad, Shaima Qureshi and Malik Ishfaq, “Blockchain Technology: Benefits, Challenges, Applications, and Integration of Blockchain Technology with Cloud Computing,” *Future Internet* 14, no. 11 (2022): 341.

24 Javier Marcos Arévalo, “El patrimonio como representación colectiva: La intangibilidad de los bienes culturales,” *Gazeta de Antropología* 26, núm. 1 (2010): artículo 19.

25 Pontificia Comisión para los Bienes Culturales de la Iglesia, “Necesidad y urgencia del inventario y catalogación de los bienes culturales de la Iglesia,” *Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural*, núm. 24 (2003): 61-97.

El patrimonio ante el cambio climático: Propuesta para la evaluación de vulnerabilidad del patrimonio edificado en Puerto Rico, aplicada al Distrito Histórico de Central Aguirre

Andrés D. Santana Miranda

INTRODUCCIÓN

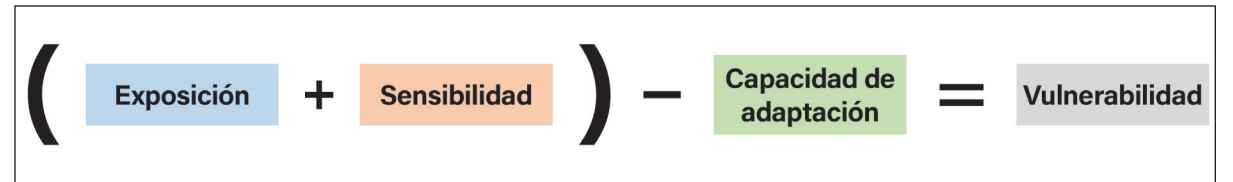
En años recientes, un sinnúmero de amenazas naturales han asediado el patrimonio histórico arquitectónico de Puerto Rico: los huracanes Irma y María en 2017 y Fiona en 2022, los terremotos entre 2019 y 2020 en el sur y el continuo aumento del nivel del mar, por mencionar algunos. La respuesta —gubernamental y civil— a cada una de estas demuestra un problema general: sabemos poco de cómo atenderemos nuestro patrimonio ante el cambio climático. Dentro de la crisis climática actual, las evaluaciones de vulnerabilidad son una herramienta importante para explorar cómo se pueden afectar las comunidades y ecosistemas ante el cambio climático. En este proceso evaluativo, el patrimonio arquitectónico no es la excepción.

Por cierto, los efectos del cambio climático han incrementado la intensidad de estos fenómenos. En 2021 la historiadora María López Schmid recalca cómo, de 138 propiedades históricas costeras en el Registro Nacional de Lugares Históricos del gobierno federal, alrededor de 55 recursos (39.9%) enfrentaban riesgos por el alza del nivel del mar.¹ Aunque estos eventos recurrentes suponen una amenaza a la conservación del patrimonio construido, el cambio climático no es el único factor de riesgo. La vulnerabilidad climática del patrimonio edificado —es decir, la predisposición de este patrimonio a sufrir efectos adversos ante el cambio climático— puede agudizarse a partir de las consecuencias de décadas de planificación, desarrollo urbano, implementación de política pública y decisiones de infraestructura.

Para entender la vulnerabilidad climática del patrimonio histórico edificado, tenemos que considerar cómo un conjunto de criterios externos al edificio puede exacerbar dicha vulnerabilidad. Con el fin de poder evaluar de manera más holística los retos que enfrenta nuestro patrimonio al cambio climático y así poder prepararlo eficazmente ante cualquier posible amenaza, este artículo propone un método alternativo a las herramientas tradicionales de evaluación de vulnerabilidad. Este método alterno, que se aplicó como prueba piloto al Distrito Histórico de Central Aguirre en Salinas, considera factores inherentes y extrínsecos a propiedades históricas. Su marco conceptual de siete pasos parte de la premisa de que la vulnerabilidad puede ser exacerbada por una serie de decisiones y eventos a través de la historia de una geografía en particular, afectando a varios sitios y propiedades históricas por igual. En otras palabras, la vulnerabilidad va a depender de cómo tratemos ese patrimonio y qué decisiones tomemos en torno a este.

VULNERABILIDAD: TERMINOLOGÍA Y FÓRMULA

Las evaluaciones de vulnerabilidad (VA, por sus siglas en inglés) son herramientas que nos ayudan a determinar cuán susceptible es un recurso, comunidad o especie a riesgos y amenazas climáticas, para determinar, a partir de su evaluación, posibles medidas de mitigación.² Según el paso del tiempo y con mayor investigación sobre estas, las evaluaciones de vulnerabilidad rebasaron



Fórmula de vulnerabilidad. Fuente: Andrés D. Santana Miranda.

su uso en estudios de especies y ecosistemas para aplicarse a sistemas de infraestructura, comunidades humanas y, más recientemente, patrimonio cultural. Su popularidad aumentó a principios de los 2000 con los reportes del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC).³

Estas evaluaciones analizan la vulnerabilidad a través de una fórmula que toma en consideración la exposición y la sensibilidad de un recurso a riesgos climáticos frente a su capacidad de adaptación.⁴ A partir de los resultados, se establece un plan que permita reducir la susceptibilidad de un recurso ante diferentes amenazas climáticas.

Hoy existen un sinnúmero de herramientas para evaluar la vulnerabilidad del patrimonio, pero cada

una de ellas se centra en algún aspecto de la fórmula de vulnerabilidad, su análisis o los indicadores. Para comprender las fuerzas y limitaciones de las herramientas existentes, se realizó un análisis cuantitativo a doce modelos de VA enfocados en riesgos climáticos y patrimonio cultural. Dicho estudio recopiló los indicadores de los doce instrumentos, examinó la aplicación de la fórmula de vulnerabilidad, los criterios e indicadores aplicados y la utilidad del instrumento.

El análisis reveló varias debilidades, especialmente en cuanto al acercamiento de los protocolos: todos fueron creados siguiendo las condiciones, riesgos y problemas relacionados con un sitio en particular en vez de englobar situaciones generales a una geografía. Esto significa que no había consistencia en los indicadores y criterios

	Vulnerabilidad o Riesgo	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Acercamiento mixto	Gestión y política patrimonial	Factores inherentes al edificio	Recursos	Gobernanza	Accesibilidad de información	Socioeconomía y demografía	Localización de industrias	Necesita apoyo profesional	Adaptable por contexto	Inclusión de actores	Aplicabilidad en el tiempo	Propuesto o adoptado por institución
Protocolo de R. Woodside	Verde	Verde	Verde	Verde	Naranja	Verde	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Naranja	Naranja
The Adaptive Capacity Wheel	Verde	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Naranja	Naranja
Metodología de gestión de riesgo	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Verde	Verde
Protocolo de C. Daly	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Naranja	Naranja
Protocolo de H. Phillips	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Naranja	Naranja
Evaluación de riesgo de HES	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Verde	Verde
Modelo por Miami-Dade County	Verde	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Naranja	Verde	Verde
Protocolo de E. Sesana et al.	Verde	Verde	Verde	Verde	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Verde	Naranja
Climate and Economic Justice Screening Tool	Verde	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Naranja	Verde
Modelo de evaluación de NPS	Verde	Verde	Verde	Naranja	Verde	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Naranja	Naranja
Herramienta RAPT de FEMA	Verde	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Naranja	Verde
U.S. Climate Vulnerability Index	Verde	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Naranja	Verde	Verde	Naranja	Verde

Análisis cuantitativo de los doce modelos de evaluaciones de vulnerabilidad enfocados en cambio climático y patrimonio cultural. Fuente: Andrés D. Santana Miranda.

3 El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) es un organismo intergubernamental de la Organización de las Naciones Unidas que se encarga de proveer estudios científicos sobre el cambio climático, su impacto y riesgos futuros, y opciones de mitigación y adaptación. A inicios del siglo XXI, las VA se perfilaban como un mecanismo clave para comprender el grado en que los ecosistemas y especies pueden verse afectados por los efectos del cambio climático. Dentro de este contexto, el IPCC extendió su uso a países, sectores y comunidades vulnerables, poco a poco añadiendo complejidad al concepto con la combinación de factores sociales y ecológicos.

4 Stein, Glick and Hoffman, "Vulnerability Assessment Basics".

1 María F. López Schmid, "El alza en el nivel del mar: Un estudio sobre sus efectos en los recursos históricos de la Isla", *Patrimonio IX* (2021): 22-29.

2 Christopher B. Field et al., *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects – Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Cambridge University Press, 2014); y Bruce Stein, Patty Glick and Jennie Hoffman, "Vulnerability Assessment Basics", en *Scanning the Conservation Horizon: A Guide to Climate Change Vulnerability Assessment*, ed. Patty Glick, Bruce A. Stein and Naomi A. Edelson (National Wildlife Federation, 2011); y Julia Teebken, *The Politics of Human Vulnerability to Climate Change: Exploring Adaptation Lock-ins in China and the United States* (Routledge, 2022), 24.

aplicados para evaluar la vulnerabilidad, además de que el análisis de indicadores relacionados con factores socioeconómicos y de infraestructura era superficial. Esta problemática puede causar que una herramienta creada para un sitio no pueda aplicarse para otro con condiciones geográficas y sociopolíticas similares.

Por otro lado, la mayoría de las VA se enfocan en los factores inherentes a la propiedad o en factores climáticos, sin considerar agentes sociales. El protocolo del Servicio de Parques Nacionales (NPS), por ejemplo, se limita a calcular únicamente la exposición y sensibilidad del recurso —siguiendo la idea de que los edificios no pueden adaptarse por cuenta propia—, y el factor de capacidad de adaptación queda a un nivel descriptivo. Por consiguiente, la fórmula del NPS desatiende la influencia de las decisiones humanas en el cálculo de la vulnerabilidad del patrimonio.

Ahora bien, esto no significa que no tengan fortalezas. A pesar de su limitación, el NPS ha aplicado su protocolo, hasta su última actualización, en 52 parques a través de los Estados Unidos, incluyendo al Sitio Histórico Nacional de San Juan, en ocasiones reevaluando aplicaciones previas.⁵ Igualmente, varios marcos conceptuales enfatizan la importancia de la colaboración y coproducción de evaluaciones entre varias partes sin importar el *expertise*.

Todas estas herramientas varían en enfoques y metodologías, lo cual no es un problema en sí. No obstante, esa diversidad es inherente a la disciplina cuando el desarrollo de estos protocolos se centra en las necesidades de un objeto, en lugar de tener lentes más abarcadores. A raíz de esa problemática es que este artículo plantea la posibilidad de un modelo alternativo para entender la vulnerabilidad climática del patrimonio de manera integral.

MARCO CONCEPTUAL PARA UNA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD

A partir del análisis de las herramientas existentes, este artículo presenta un modelo que prioriza las miradas exhaustivas para proveer evaluaciones holísticas de vulnerabilidad. Para ello, toma en consideración tanto factores inherentes al recurso histórico como indicadores sociales para calcular la vulnerabilidad de propiedades históricas a riesgos asociados con huracanes. El modelo propone un protocolo de siete pasos, que incluye: (1) la investigación macro (centrada



Modelo de siete pasos propuesto. Fuente: Andrés D. Santana Miranda.

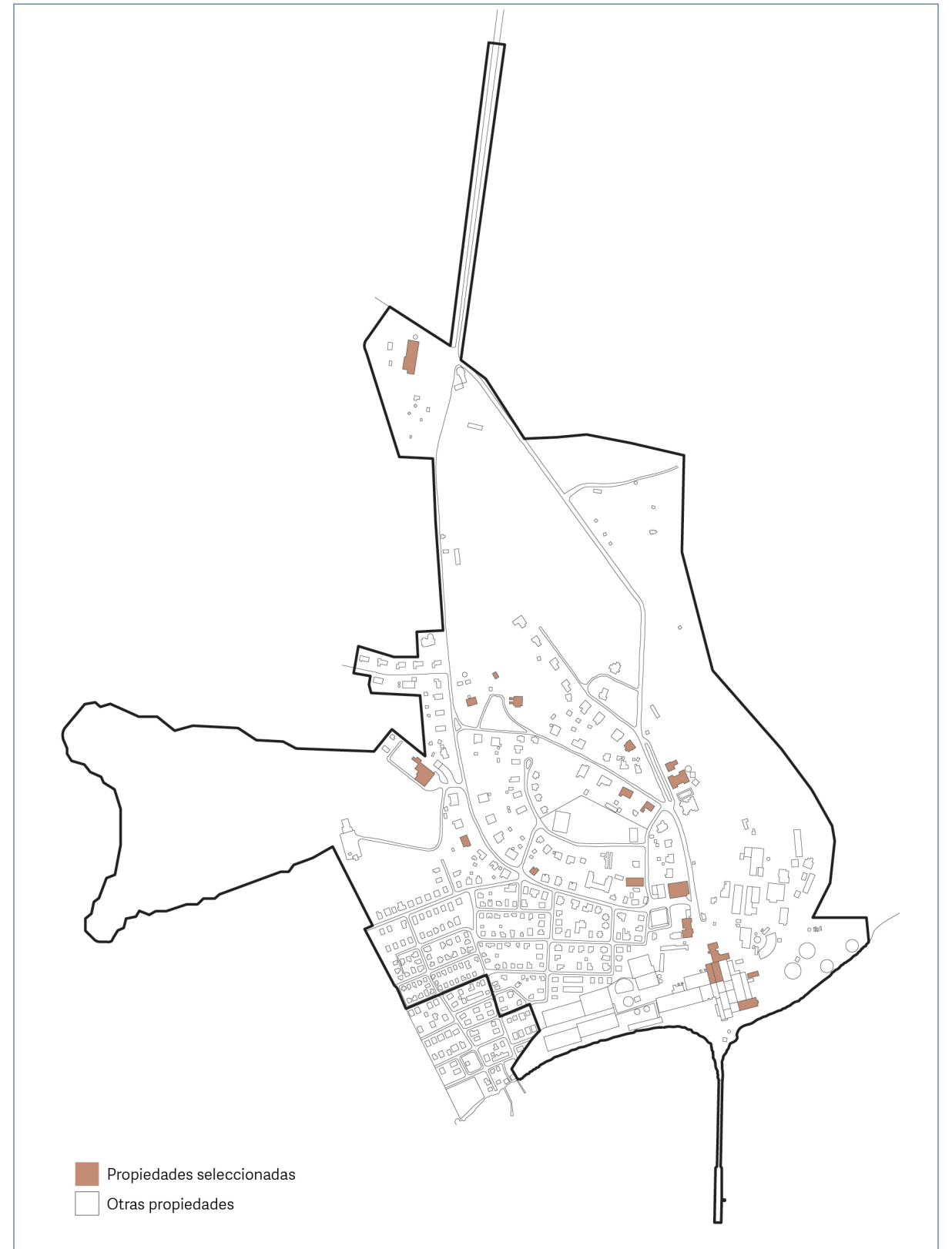
en el contexto), (2) la investigación micro (enfocada en el objeto), los cálculos de (3) exposición, (4) sensibilidad y (5) capacidad de adaptación, (6) el cómputo de vulnerabilidad, y (7) la reevaluación.

En otras palabras, este acercamiento favorece lo macro sobre lo micro, pues, según demostrará la prueba en el Distrito Histórico de Central Aguirre, resulta necesario centrar las historias más allá de un objeto particular para favorecer los retos que emergen a través de una zona o geografía común.

Además, su marco conceptual descansa sobre siete principios que contextualizan la naturaleza experimental de la investigación. El protocolo puede:

- ser completado con información accesible públicamente;
- ser ejecutado por varios actores como parte de un proceso de coproducción de conocimiento;
- ser completado con pocos recursos;
- ser aplicado a varias tipologías de patrimonio;
- dirigirse a propiedades y estructuras sin designación patrimonial;

⁵ National Park Service, "Coastal Facilities Vulnerability Assessments," *National Park Service*, última actualización el 29 de agosto de 2025, <https://www.nps.gov/subjects/climatechange/vulnerabilityandadaptation.htm>. Algunos lugares evaluados en años anteriores han sido reevaluados recientemente por personal de NPS, como es el caso de la Costa Nacional de Cabo Lookout (2017, reevaluada en 2023) y la Costa Nacional de las Islas del Golfo (2015, reevaluada en 2024).



Planimetría del Distrito Histórico de Central Aguirre con las propiedades seleccionadas marcadas. Fuente: Andrés D. Santana Miranda.

- aplicarse a varias tipologías de construcción y usos;
- explorar patrimonio sin atribuir prioridades a través del valor histórico.

Como vemos, uno de los principios prioriza la coproducción como un ejercicio vital para evaluar la vulnerabilidad climática. Partiendo de los argumentos de la arqueóloga australiana Laurajane Smith, esto significa que, en lugar de un proceso donde los profesionales imponen sus conocimientos en (eventual) detrimento de las comunidades que habitan y viven con el espacio patrimonial, se promueva una interacción horizontal donde las comunidades sientan la confianza y comodidad de participar.⁶ Si bien la investigación busca establecer un protocolo de fácil uso y aplicación por parte de las comunidades, sigue siendo un proceso complejo. Esto no significa, sin embargo, que la colaboración sea una recomendación del protocolo, sino que es la clave para el éxito: son las personas que viven alrededor de y con este patrimonio en riesgo quienes mejor pueden identificar capas históricas, de valores y de vulnerabilidad que los procesos, herramientas y métodos tradicionales ocasionalmente no consideran.

Igualmente, es vital reconocer que privilegiar intervenciones según los valores de significancia de una propiedad histórica puede ir en detrimento del patrimonio, especialmente considerando que los valores no son nociones monolíticas ni estáticas, sino que son flexibles y cambiantes según sean interpretadas a través del tiempo o por diferentes sectores.⁷ Es por esto que el protocolo propone que en las evaluaciones también se consideren aquellas propiedades no designadas como *históricas* dentro de un distrito o alrededor de un edificio histórico. De este modo, se promueve mayor inclusividad del ambiente construido independientemente del estatus patrimonial, incrementando a su vez la participación comunitaria.

A partir del marco conceptual propuesto, la eficacia de la herramienta fue probada en el Distrito Histórico de Central Aguirre en Salinas. Antiguamente una central azucarera con un poblado industrial, el distrito es un vestigio de un pasado económico “próspero” de Puerto Rico a principios y mediados del siglo XX, pero también evidencia a

través de su diseño urbano episodios de segregación, dinámicas coloniales y explotación laboral. Para la prueba piloto, se seleccionaron veinte propiedades del distrito histórico de forma mixta: algunas fueron preseleccionadas por su valor histórico, accesibilidad de información, imágenes históricas, materialidad o reconocimiento, mientras otras se incluyeron, por estas mismas razones, en el transcurso de una visita de campo en enero de 2024. En la Tabla 1, se detallan cada uno de estos recursos y el momento de su selección. Todas varían en materialidad, fechas de construcción, contribución al distrito histórico y localización dentro del distrito.

A continuación se explican cada uno de los siete pasos del marco conceptual en función de los recursos seleccionados para este caso de estudio.

Paso núm. 1: Investigación macro – El contexto

Para contextualizar la vulnerabilidad del patrimonio histórico edificado y sus comunidades, es crucial entender las historias de políticas coloniales e insulares, las dinámicas económicas complejas, la planificación urbana y la explotación ambiental que dieron forma a Puerto Rico, frente a las vulnerabilidades social y estructuralmente construidas. Mirar la historia desde diversas perspectivas nos ayuda a comprender cómo estas decisiones humanas a través del tiempo pueden exacerbar hoy la vulnerabilidad del patrimonio edificado dentro de los límites de una zona, región o país.

A partir de este entendimiento, el primer paso consiste en una investigación multidisciplinaria y a gran escala que permita contextualizar los retos y vulnerabilidades de una zona predeterminada. Esto significa que se mira la historia de una región a través de la geografía, planificación, sociología, ciencias ambientales y ecológicas, leyes y política, arqueología y otras disciplinas. La investigación debe ser comprensiva y priorizar el entendimiento de los eventos, decisiones y desarrollos a través del tiempo para resumirlos temáticamente. Este paso determina el alcance de la evaluación completa y nos ayuda a determinar qué indicadores se utilizarán en la evaluación.

Con el caso de estudio, se empleó una investigación multidisciplinaria y abarcadora sobre aspectos sociales y estructurales de Puerto Rico que, a largo plazo, han afectado el patrimonio edificado y su conservación. A partir de este análisis, se identificaron vulnerabilidades temáticas, como son los impactos coloniales, la deuda

Tabla 1. Identificación de propiedades seleccionadas⁸

PROPIEDAD	MOMENTO DE SELECCIÓN	IMAGEN DE PROPIEDAD
Teatro Aguirre	Previo a recorrido	 Fuente: Ficha 367-044 del Teatro Aguirre del inventario de recursos arquitectónicos y urbanos Pueblo Compañía de la Central Aguirre, Salinas Puerto Rico (1993), subvencionado por la Oficina Estatal de Conservación Histórica de Puerto Rico.
Hotel Americano	Previo a recorrido	
Hotel Americano - Comedor	Durante recorrido	
Casa Grande	Previo a recorrido	
Casa Grande - Residencia de sirviente	Durante recorrido	

⁶ Laurajane Smith, *The Uses of Heritage* (Routledge, 2006), 34.

⁷ Erica Avrami, *Second-Order Preservation: Social Justice and Climate Action through Heritage Policy* (University of Minnesota Press, 2024), 34; y Smith, *The Uses of Heritage*.

⁸ Las imágenes fueron tomadas por el autor en enero de 2025, excepto cuando se indique otra fuente.

PROPIEDAD	MOMENTO DE SELECCIÓN	IMAGEN DE PROPIEDAD
Hospital Aguirre	Previo a recorrido	
Residencia #81	Previo a recorrido	
Residencia #25	Previo a recorrido	
Caribe General Store	Previo a recorrido	

PROPIEDAD	MOMENTO DE SELECCIÓN	IMAGEN DE PROPIEDAD
Área de descarga de caña	Previo a recorrido	
Edificio de clarificación	Durante recorrido	
Planta eléctrica	Durante recorrido	
Almacén de bagazo	Durante recorrido	

PROPIEDAD	MOMENTO DE SELECCIÓN	IMAGEN DE PROPIEDAD
Hacienda Vieja	Previo a recorrido	
Residencia #73	Durante recorrido	
Residencia #80	Durante recorrido	
Residencia #55	Durante recorrido	
Residencia #54*	Durante recorrido	 Fuente: Ficha 025-054 de la residencia #54 del inventario de recursos arquitectónicos y urbanos Pueblo Compañía de la Central Aguirre, Salinas, PR (1993), subvencionado por la Oficina Estatal de Conservación Histórica de Puerto Rico.

PROPIEDAD	MOMENTO DE SELECCIÓN	IMAGEN DE PROPIEDAD
Edificio administrativo	Previo a recorrido	
Edificio de laboratorios de investigación	Durante recorrido	 Fuente: Ficha 428-MB del edificio de laboratorios del inventario de recursos arquitectónicos y urbanos del Pueblo Compañía de la Central Aguirre, Salinas, PR (1993), subvencionado por la Oficina Estatal de Conservación Histórica de Puerto Rico.

y la crisis financiera, el desarrollo desmedido, la explotación del medioambiente, la dependencia de la economía estadounidense y las prácticas limitadas de conservación en el archipiélago.⁹ Sin embargo, este trasfondo no es único para el Distrito Histórico de Central Aguirre como caso de estudio, sino que son retos que afectan —en menor, igual o mayor grado— a otros sitios patrimoniales en Puerto Rico.

Paso núm. 2: Investigación micro – El objeto

A partir de la investigación macro, se procede a investigar el recurso para entender sus retos, problemas y condiciones principales, y cómo estos emergen no solamente por su historia, sino dentro de un contexto geográficamente mayor. Es por esto que el segundo paso consiste en la investigación

enfocada en el objeto, que puede ser un distrito, una propiedad, una estructura u otra clase. Este paso nos ofrece una narrativa de las condiciones actuales del recurso histórico, proveyendo así los datos necesarios para el cálculo de vulnerabilidad. También refuerza la participación multidisciplinaria de diferentes actores sociales —agencias culturales, organizaciones comunitarias o relacionadas con el patrimonio, residentes y líderes comunitarios, entre otros—, particularmente como una manera de visibilizar y plasmar historias o problemáticas que métodos tradicionales de historiar e inventariar patrimonio típicamente no consideran o excluyen.¹⁰ Involucrar a más partes en el proceso posibilita que se cubran capas y narrativas históricas y de valores adicionales que un proceso únicamente profesional no atendería.

* Cabe destacar que el edificio original en madera ya no existe; en su lugar, hay una construcción de hormigón que fue erigida luego del inventario de 1993.

⁹ Sobre la investigación macro realizada para el caso de estudio, ver Andrés D. Santana-Miranda, "Experimenting with Vulnerability: Proposing an Alternative Hurricane-Related Vulnerability Assessment Beyond Site-Driven Approaches in Puerto Rico" (Tesis de maestría, Columbia University in the City of New York, 2024).
¹⁰ Avrami, *Second-Order Preservation*, 63-122.

Con el caso de estudio, esta investigación micro del distrito como *objeto* permitió enmarcar los retos actuales de su conservación frente a las vulnerabilidades generales identificadas en el paso anterior.¹¹ Por ejemplo, las dinámicas de dependencia en la economía estadounidense o el desarrollo desmedido se reflejan en Aguirre mediante la falta de materia prima a nivel local o los riesgos del desarrollo de industrias pesadas y contaminación ambiental en los alrededores del distrito histórico. Este mismo proceso también recalca cómo ciertos problemas pueden exacerbarse en algunas zonas históricas más que en otras, como, por mencionar uno, el incremento desmedido de alquileres a corto plazo en el Distrito Histórico del Viejo San Juan. Este análisis demostró que examinar un caso de estudio en torno a una geografía permite situar los problemas del objeto en un marco general y no de manera aislada.

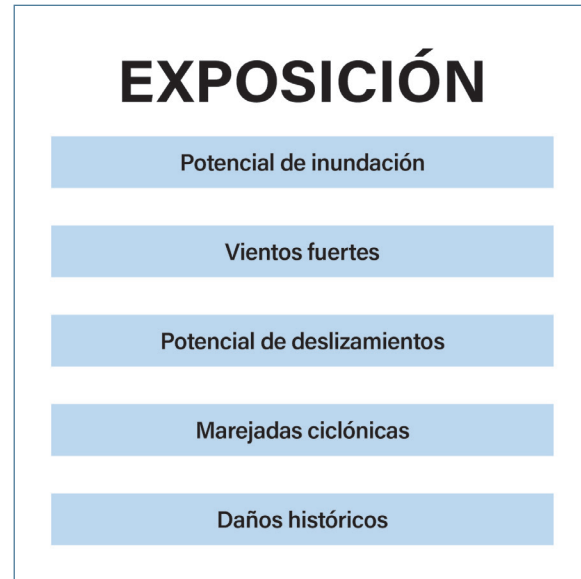
Paso núm. 3: Cálculo de exposición

En el tercer paso se comienza a trabajar la fórmula de vulnerabilidad calculando la exposición de un recurso a algún riesgo climático.¹² Este protocolo considera cuatro indicadores y riesgos relacionados con huracanes —potencial de inundación, vientos fuertes, potencial de deslizamientos, marejadas ciclónicas—, mientras un quinto indicador —daños históricos— refleja el impacto de huracanes anteriores. Como ejercicio geoespacial, el paso depende puramente de datos disponibles por agencias como la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA), la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) y la Junta de Planificación de Puerto Rico. Estos datos hacen accesible el uso de la herramienta a personas sin experiencia en estos protocolos o en sistemas de información geográfica (GIS).

En el caso de estudio, todos los recursos responden de igual modo a los vientos fuertes. Sin embargo, los indicadores más reveladores fueron el potencial de inundación y las marejadas ciclónicas, los cuales ayudaron a diferenciar aquellas propiedades con rango de exposición moderada o alta.

Paso núm. 4: Cálculo de sensibilidad

El cuarto paso calcula la sensibilidad de los recursos a los riesgos climáticos, es decir, cuán susceptible es una propiedad a los diferentes riesgos según sus características inherentes.¹³ Esta porción se enfoca en siete factores inherentes a edificios en general, que



Indicadores de exposición propuestos para el modelo. Fuente: Andrés D. Santana Miranda.



Indicadores de sensibilidad propuestos para el modelo. Fuente: Andrés D. Santana Miranda.

pueden alterar cómo el recurso soporta y responde a los embates de un huracán: fecha de construcción, materiales, condiciones actuales, usos y ocupación, elevación del terreno y del edificio, proximidad al agua. A diferencia del paso anterior, el análisis de estos siete indicadores de sensibilidad requiere de investigación



Indicadores de capacidad de adaptación propuestos para el modelo. Fuente: Andrés D. Santana Miranda.

y entrevistas con actores locales; por consiguiente, la eficacia del análisis depende del involucramiento a nivel local.

Para el caso de estudio, la sensibilidad varió más entre los rangos bajos, moderados y altos. Solamente dos recursos se destacaron con baja sensibilidad, principalmente por su materialidad y uso continuo. El restante de las propiedades resultó con sensibilidad moderada o alta, por su estado de abandono y condiciones actuales.

Paso núm. 5: Cálculo de capacidad de adaptación

Quizás el paso más completo de todo el análisis, el quinto paso del protocolo, es la capacidad de adaptación, que identifica las condiciones externas (e.g., sociales, culturales, políticas, geográficas) que pueden contribuir a la vulnerabilidad de un recurso.¹⁴ Debatido dentro de la academia, hay quienes entienden la capacidad de adaptación como un factor inaplicable al patrimonio por este no tener el potencial

¹¹ Sobre la investigación micro realizada para el caso de estudio, ver Santana-Miranda, "Experimenting with Vulnerability".
¹² Hans-Otto Pörtner et al., *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability – Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Cambridge University Press, 2022), 2908.
¹³ Pörtner et al., *Climate Change 2022*, 2922.

¹⁴ Pörtner et al., *Climate Change 2022*, 2899.

Tabla 2. Resultados del cálculo de vulnerabilidad para cada uno de los veinte recursos seleccionados del Distrito Histórico de Central Aguirre.

CÁLCULO DE VULNERABILIDAD						
Recurso	Puntaje de métricas			Puntaje de vulnerabilidad		
	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Vulnerabilidad	Puntaje final	Rango final
Teatro Aguirre	2	2	-2	2	2	Moderado
Hotel Americano	2	2	-2	2	2	Moderado
Hotel Americano (Comedor)	2	2	-2	2	2	Moderado
Casa Grande	2	3	-2	3	3	Alto
Casa Grande (Casa de sirviente)	2	2	-2	2	2	Moderado
Hospital Aguirre	2	2	-2	2	2	Moderado
Residencia gerencial #81	2	2	-2	2	2	Moderado
Residencia gerencial #25	2	2	-2	2	2	Moderado
Caribe General Store	2	1	-3	0	2	Moderado
Maquinaria de desmontaje	2	2	-2	2	2	Moderado
Edificio de clarificación	3	3	-2	4	3	Alto
Planta eléctrica	3	3	-2	4	3	Alto
Almacén de bagazo	3	3	-2	4	3	Alto
Hacienda Vieja	2	2	-2	2	2	Moderado
Residencia gerencial #73	2	2	-3	1	2	Moderado
Residencia gerencial #80	2	2	-2	2	2	Moderado
Residencia gerencial #55	2	2	-2	2	2	Moderado
Residencia gerencial #54	2	1	-2	1	2	Moderado
Edificio de administración	2	2	-2	2	2	Moderado
Edificio de laboratorios	3	2	-2	3	2	Moderado

de adaptarse por cuenta propia.¹⁵ Sin embargo, hay sectores que plantean que esta porción contempla la influencia de decisiones antropogénicas en la vulnerabilidad del patrimonio.¹⁶

Este paso considera veintitrés indicadores bajo cinco categorías: recursos, gobernanza, acceso a información, socioeconomía e industria. El análisis es un proceso mixto que combina información proveniente de investigación previa e interacciones con actores locales. De este modo, mucha de la investigación del segundo paso provee los datos necesarios para resolver estos indicadores. Cabe destacar que la capacidad de adaptación funciona a la inversa de la vulnerabilidad: mientras mayor la capacidad, menor la vulnerabilidad. Por ende, matemáticamente, los resultados de esta sección se restan a los resultados de exposición y sensibilidad.

El caso de estudio destaca varios factores en el análisis de la capacidad de adaptación. Las dos propiedades con una capacidad de adaptación alta fueron aquellas manejadas o involucradas en organizaciones comunitarias, particularmente por reflejar patrones de colaboración entre diversos sectores y mantenimiento consistente. Este paso comprueba especialmente la importancia de considerar la capacidad de adaptación al momento de analizar la vulnerabilidad climática del patrimonio: si bien la intervención antropogénica es necesaria para adaptar un recurso, las evaluaciones permiten entender cómo factores extrínsecos impactan positiva o negativamente la vulnerabilidad de un recurso.

Paso núm. 6: Cálculo de vulnerabilidad

El último en la fórmula, el sexto paso cubre el cómputo de vulnerabilidad, el cual es la suma de la exposición y sensibilidad menos la capacidad de adaptación. Una vez el cálculo es obtenido, la información es compartida con las diferentes partes involucradas en el proceso de evaluación.

Los resultados de vulnerabilidad para los veinte recursos estudiados (Tabla 2) variaron entre moderado y alto. Las propiedades que dominaron el rango de mayor vulnerabilidad fueron aquellas con mayor puntaje en el análisis de exposición: la Casa Grande y tres estructuras en la zona industrial. Estas cuatro propiedades también eran las que peores condiciones reflejaban, ya sea por abandono o por efecto de

los huracanes. Aunque las otras propiedades se mantuvieron en el rango moderado, cabe destacar dos: el edificio de la Caribe General Store y la residencia gerencial #73. Ambas obtuvieron la mayor calificación en el análisis de capacidad de adaptación, y no es por coincidencia: estas propiedades exhiben mejores enlaces de colaboración entre diversos sectores por la gestión y presencia de organizaciones comunitarias. Esta particularidad enfatiza la importancia de que la conservación del patrimonio edificado priorice gestiones y esfuerzos colaborativos, especialmente cuando son estas comunidades las que habitan y conocen el espacio.

Como se esperaba y a pesar de las excepciones mencionadas, no se notaron diferencias drásticas entre los veinte recursos analizados debido a la geografía común y las condiciones similares entre los recursos. No obstante, el marco conceptual propuesto demuestra que una VA que considere factores extrínsecos y sociales es viable y manejable, especialmente cuando se centra en la coproducción de conocimiento entre comunidades y profesionales.

Paso núm. 7: Camino para la reevaluación

El séptimo y último paso del protocolo propone la posibilidad de reevaluación. Partiendo de la premisa de que las variables climáticas cambian a través del tiempo, es importante que el protocolo se implemente periódicamente. Este paso depende de cada caso y de lo que evidencien los resultados. Tras el paso de algún fenómeno atmosférico es necesario recalcularse la vulnerabilidad, pero en ocasiones debe repetirse el análisis después de un periodo determinado. Independientemente de cuánto tiempo pase entre cada evaluación, estas sirven como un documento vivo que provee una cronología de cómo la vulnerabilidad de un recurso ha cambiado y permite estudiar qué tipo de factores posiblemente mejoraron o empeoraron esa vulnerabilidad.

En el caso de estudio, este paso implicaría revisarlo dentro de un periodo de tiempo (por ejemplo, cinco años) para entender cómo su vulnerabilidad ha cambiado. Circunstancias particulares como el impacto de otro huracán o intervenciones en alguna de las veinte propiedades podrían ameritar que se adelante una reevaluación. Sin embargo, una verdadera reevaluación debería considerar

¹⁵ Katie McDowell Peek, Blair Ryan Tormey, Holli L. Thompson and Robert S. Young, "Coastal Hazards & Sea-Level Rise Asset Vulnerability Assessment Protocol: Updated Project Description and Methodology", National Resource Report, National Resource Stewardship and Science, National Park Service, 2022.

¹⁶ Elena Sesana, Alexandre S. Gagnon, Alessandra Bonazza and John J. Hughes, "An Integrated Approach for Assessing the Vulnerability of World Heritage Sites to Climate Change Impacts", *Journal of Cultural Heritage* 41 (2020): 211-224.



La fachada trasera de la Casa Grande del Distrito Histórico de Central Aguirre en enero de 2024, que demuestra condiciones de deterioro y abandono tras los huracanes de 2017. Fuente: Andrés D. Santana Miranda.

una aplicación más abarcadora del protocolo en el distrito histórico, en lugar de únicamente las veinte propiedades analizadas en esta investigación. De ahí, futuras reevaluaciones pueden presentar una perspectiva más holística y comprensiva del estado del distrito en general.

CONCLUSIÓN

Este artículo introdujo un modelo que prioriza aspectos sociales y extrínsecos a un objeto al momento de evaluar su vulnerabilidad, y cómo estos pueden incidir sobre ella. Estos indicadores sociales refuerzan la noción de que la vulnerabilidad va más allá del clima y depende de nuestras acciones; es decir, que el patrimonio no se puede desvincular de sus contextos socioeconómicos, políticos, urbanos y culturales.

Cabe destacar que ese marco conceptual no es una solución final y definitiva. Aunque la prueba piloto con el Distrito Histórico de Central Aguirre augura posibilidades prometedoras, aplicarlo en otros espacios patrimoniales en Puerto Rico es imperativo para identificar cualquier ajuste requerido. Esto significa que más estudios son necesarios para identificar si este protocolo pudiera ser útil también en otras geografías y contextos fuera de Puerto Rico. Aunque el protocolo no prevé crear una VA para muchas geografías, sí permite que se desarrollen herramientas que puedan considerar las necesidades y problemáticas de una geografía. Por consiguiente, se favorece la creación de metodologías que respondan a particularidades geográficas y no modelos específicos para cada objeto.

Este modelo crece a partir de las herramientas creadas en pasados años, y tiene la intención de proponer herramientas con acercamientos más holísticos a los retos que enfrentan las propiedades y las personas que viven alrededor de estos recursos. Dicho acercamiento subraya y responde a un dilema dentro de la profesión de la conservación arquitectónica: la exclusión histórica de comunidades y grupos subrepresentados de los discursos de conservación histórica.¹⁷ No obstante, a través de la investigación queda claro que la crisis climática actual es la coyuntura clave para que el campo comience a crear intersecciones urgentes con la literatura del cambio climático y, de una vez, priorice las voces de las comunidades en las futuras tomas de decisiones con nuestro patrimonio edificado. ■

¹⁷ Avrami, *Second-Order Preservation*; y Sesana et al., "Integrated Approach for Assessing Vulnerability".

Los restos del recinto sagrado de Tenochtitlan en la Ciudad de México: Un recorrido con audioguías digitales

María Barajas Rocha
Manuel Gándara Vázquez



Monolito de la diosa lunar Coyolxauhqui, hallado el 21 de febrero de 1978. Fuente: Mirsa Islas Orozco, 2025.



Zona arqueológica del Templo Mayor en la Ciudad de México. Fuente: Mirsa Islas Orozco, 2019.

El hallazgo fortuito de la escultura de la diosa lunar Coyolxauhqui en el año 1978 desencadenó una serie de acontecimientos en pleno centro histórico de la Ciudad de México, que revolucionaron el conocimiento sobre la antigua civilización mexicana,¹ también conocida como *azteca*. Eduardo Matos Moctezuma fundó el Proyecto Templo Mayor —que dirige actualmente el arqueólogo Leonardo López Luján—, cuyos objetivos de investigación trazaron un programa de acción bien planeado y delimitado.² Las investigaciones arqueológicas han logrado desde entonces reconstruir la vida en Tenochtitlan, la capital del imperio mexicana, gracias a la exploración de los restos de su recinto sagrado, que se encuentran debajo de la ciudad actual.

Con apoyos federales y privados, en la primera temporada los especialistas exploraron y sacaron a la luz un total de 1.29 hectáreas,³ descubriendo edificios

que se creían destruidos por la invasión española que culminó en la caída de la ciudad. Entre los más significativos destacan los restos de su Templo Mayor y de otros importantes escenarios, como la Casa de las Águilas y varios adoratorios, además de innumerables esculturas y pinturas murales. Los resultados de este proyecto han ampliado nuestro conocimiento sobre esta cultura con evidencias directas de uno de sus escenarios rituales más importantes, en el cual, según la cosmovisión nahua, se articulaba lo divino y lo humano de manera natural.⁴ Dada su importancia, en 1982 esta zona arqueológica abrió al público para la apreciación de los restos del recinto sagrado y su Templo Mayor.

En 1987 Matos Moctezuma fundó también el Museo del Templo Mayor, en donde se muestran los resultados de este gran proyecto. En 1991 creó además el Programa de Arqueología Urbana, hoy

1 Leonardo López Luján, "El Proyecto Templo Mayor (2007-2014)", *Arqueología Mexicana*, Ed. Esp. 56 (2014): 76-89.

2 Eduardo Matos Moctezuma, *Estudios mexicas*, vol. I (El Colegio Nacional, 1999), 293.

3 Leonardo López Luján, "Ruinas sobre ruinas: El subsuelo del centro histórico de la Ciudad de México", *Arqueología Mexicana*, Ed. Esp. 79 (2018): 10-18.

4 López Luján, "El Proyecto Templo Mayor".



Vista aérea del centro histórico y localización del recinto sagrado. Fuente: Raúl Barrera Rodríguez, 2009.

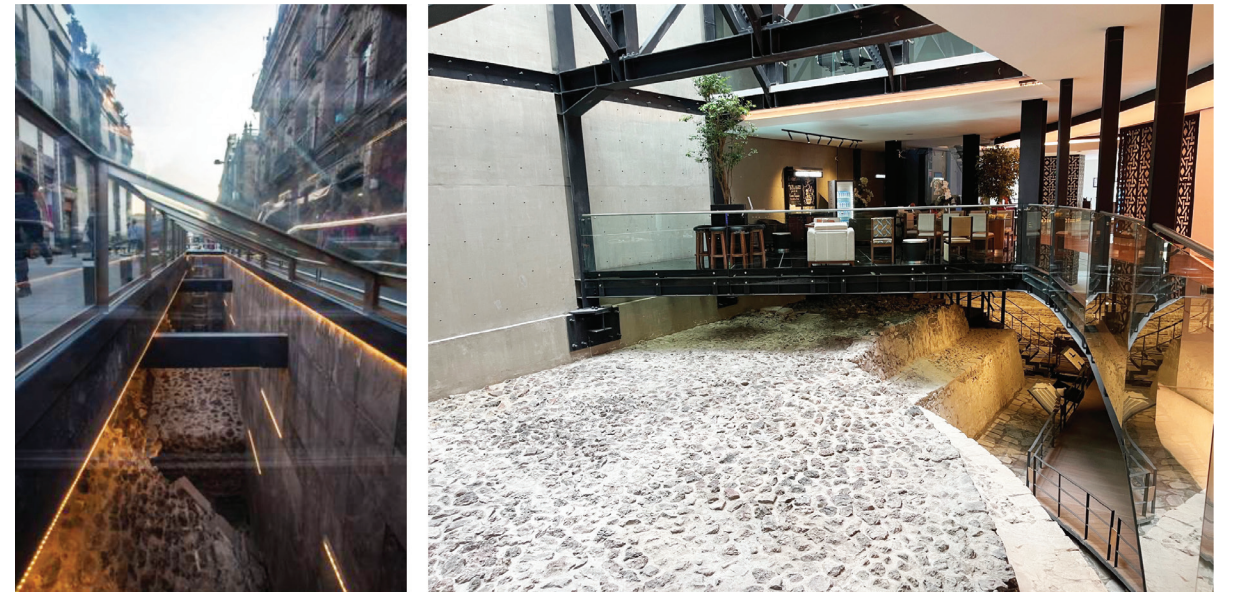
dirigido por el arqueólogo Raúl Barrera Rodríguez. Este programa, dependiente del Museo, estudia el área del recinto sagrado, corroborando la información de las fuentes históricas que describen distintos templos dedicados a dioses y cultos, edificios con hileras de cráneos denominados *tzompantli*, pequeños adoratorios, monolitos para el sacrificio humano, casas sacerdotales, canchas para el juego de pelota, patios y fuentes.⁵

El Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) ha llevado en este sitio uno de los proyectos arqueológicos más ambiciosos en nuestro país, pues dejar que convivan los vestigios prehispánicos con la actual Ciudad de México no solo ha permitido a los especialistas continuar con las investigaciones, sino que también propicia nuevas valoraciones sobre el lugar.

Según la importancia y la ubicación de hallazgos puntuales, en ocasiones se considera su exhibición *in situ*. Los expertos entonces discuten acerca de la mejor solución, tanto técnica como museográfica, que permita exhibir y a la vez proteger los vestigios excavados, ya sea debajo de calles o al interior de algún

edificio. A partir de esto, el área excavada se delimita y se protege, muchas veces con cristales que permiten observarla desde el nivel del suelo. Estas soluciones expositivas son llamadas *ventanas arqueológicas*, y muestran los restos de época prehispánica desde la ciudad actual, funcionando como miradores que permiten “musealizar” un hallazgo en su contexto original, combinando automáticamente el pasado con el presente.⁶ De esta forma, no solo tenemos la oportunidad de presenciar una serie de testimonios materiales y humanos que hablan de la historia de la ciudad, sino que también nos permite encontrarnos con nuestra herencia.

A lo largo del tiempo hemos detectado, sin embargo, ciertos problemas relacionados con la propia naturaleza de las ventanas arqueológicas. Evidentemente, se necesitan recursos —materiales y humanos— para mantener y conservar adecuadamente los vestigios exhibidos y las soluciones técnicas implementadas. Aunado a ello, se ha notado en las personas cierta dificultad para entender lo que estos espacios ofrecen. Aunque las investigaciones han profundizado sobre la función y simbolismo de



Ventanas arqueológicas en el centro histórico de la Ciudad de México. La primera muestra los restos de un gran basamento ubicado al norte del Templo Mayor, debajo de la calle de República Argentina. En la segunda se observa el Templo de Ehécatl debajo del Hotel Catedral. Fuentes: Fideicomiso del Centro Histórico de la CDMX, 2021; María Barajas Rocha, 2025.

los restos fragmentarios de época prehispánica que se exhiben en su interior, pareciera que no hay claridad al respecto. Además, resulta que cada ventana se aprecia como un área independiente que no se relaciona o conecta con el resto.

No hay que olvidar que el centro histórico de nuestra ciudad posee características particulares que resultan de una continua superposición arquitectónica a lo largo de su historia: sobre la ciudad prehispánica se erigió la ciudad virreinal, que fue posteriormente sustituida por grandes construcciones que conformaron la ciudad barroca, sobre la que se construyó el México independiente del siglo XIX, para luego dar paso a la ciudad moderna. Esta complejidad complica nuestra percepción al caminar por sus calles. Su fuerza simbólica es indudable, pero también es notorio que existen limitantes que impiden su clara comprensión.

Las ventanas arqueológicas se encuentran dentro de esta heterogeneidad: los restos prehispánicos que se ven a través suyo llaman poderosamente la atención de las personas, quienes, al acercarse, pueden observar esas huellas que hablan sobre el origen de la ciudad. Sin embargo, no en todos los casos existen materiales interpretativos que permitan relacionar las ventanas entre sí como parte de un mismo espacio o que ayuden a comprender su importancia y su historia. A pesar de este gran poder de atracción, la exhibición de estos

vestigios no facilita la comprensión de los principales valores patrimoniales ni tampoco los aspectos más importantes de su propia existencia. Lo deseable sería que las personas conocieran más sobre la importancia de este patrimonio inigualable, y que incluso alcanzaran a imaginar cómo era la ciudad prehispánica en su época de esplendor. Para ello, resulta relevante resaltar el papel del recinto sagrado como lugar ritual; con un gran templo, equiparable a la actual catedral que está a su lado; la forma de vida y las principales ceremonias realizadas en la época, así como las investigaciones arqueológicas que nos permiten conocer cada vez más sobre esta cultura.

UNA NUEVA APROXIMACIÓN A LOS RESTOS DEL RECINTO SACRADO DE TENOCHTITLAN: HACIA SU DIVULGACIÓN Y CONSERVACIÓN

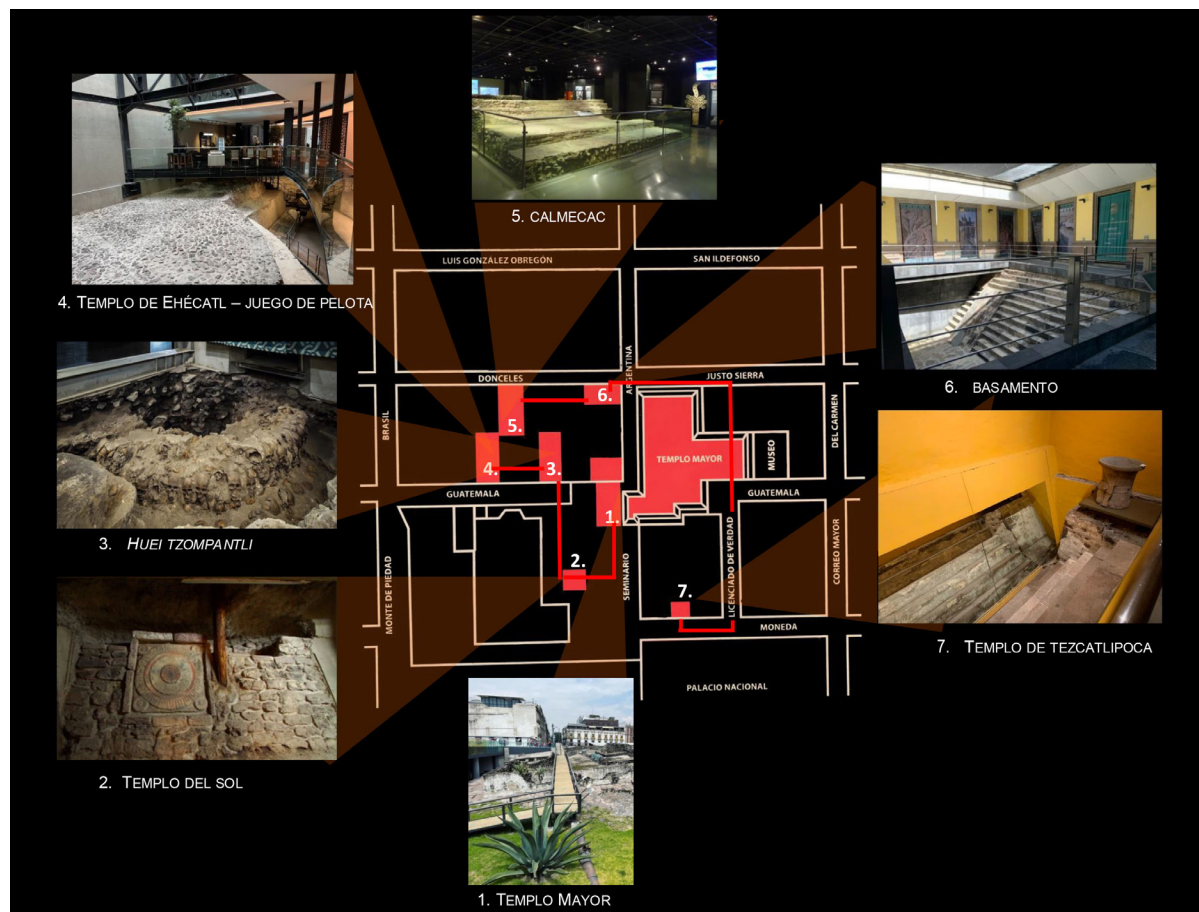
A partir del análisis sobre la naturaleza de este lugar y considerando también la necesidad de trabajar en colectivo para asegurar su conservación, hemos desarrollado un programa que integra, mediante un nuevo discurso y bajo una mirada integradora, los principales vestigios que se pueden ver a través de las ventanas arqueológicas y que hoy son percibidos de manera fragmentaria.⁷

Este programa fue basado en la herramienta teórica de la *divulgación significativa* y se desarrolló

⁵ Bernardino de Sahagún, *Historia general de las cosas de la Nueva España*, vol. 4 (Editorial Porrúa, 1956).

⁶ Los hallazgos han permitido elaborar un mapa más preciso del recinto sagrado de Tenochtitlan. De acuerdo con su relevancia, el INAH establece los lineamientos referentes a su posible exhibición al interior de ventanas arqueológicas. Hoy existen 42 de estos espacios, algunos de los cuales muestran vestigios de época prehispánica incluso fuera del propio recinto sagrado.

⁷ María Barajas Rocha, “Mirada fragmentada: Propuesta para la resignificación de la antigua Tenochtitlan a través de sus ventanas arqueológicas” (Tesis de maestría en Museología, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía-INAH, 2022), 226.



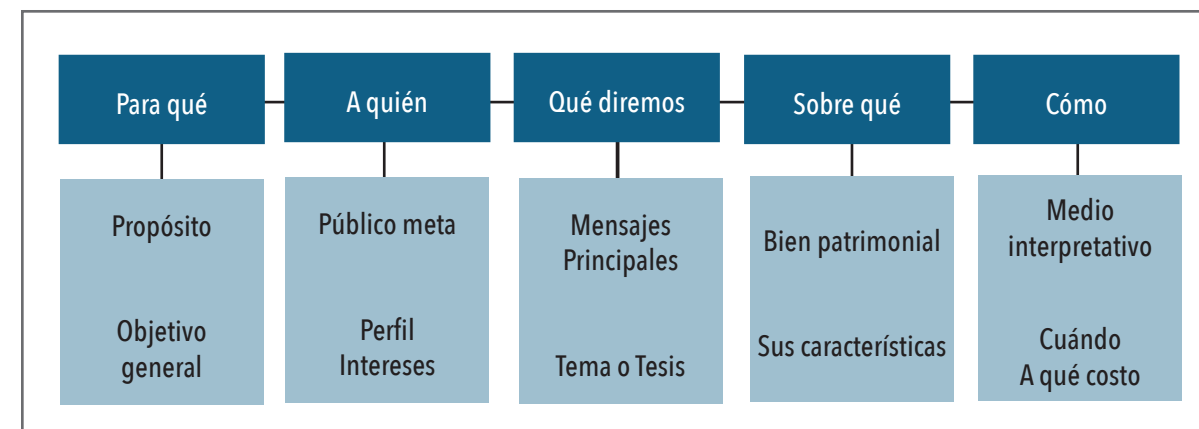
Propuesta del recorrido. Fuente: María Barajas Rocha, 2025.

siguiendo una propuesta específica bajo una explícita metodología. La divulgación significativa tiene la particularidad de contribuir con la conservación, pues propone traducir los significados del patrimonio a un lenguaje más claro y atractivo, buscando crear vínculos y tocar las emociones del público, e invitándolo a que adquiera conciencia y se sume a nuestra labor para su cuidado y conservación. Esta metodología se centra en las personas, y parte del hecho de que no necesariamente conocen la terminología especializada ni están familiarizadas con el contexto o los antecedentes que ayudan a entender la relevancia de lo que se les muestra.⁸

Es nuestra intención contribuir a que los visitantes entiendan este lugar de otra manera. Por esta razón, como parte del programa, hemos diseñado una serie de audios digitales que las personas podrán escuchar en su recorrido por estos espacios. A través de estos

materiales, podrán imaginar cómo era esa época e incluso relacionar sus propias experiencias con lo que observan, comprendiendo así la evolución de la ciudad. Al entender el patrimonio desde esta perspectiva, se crean conexiones que nos permiten involucrarnos con estos testimonios de nuestra propia historia. Ello posiblemente invitará a la gente a sumarse al cuidado y conservación de este patrimonio.

Con este programa proponemos una ruta de recorrido a través de siete ventanas arqueológicas en las que se muestran los principales edificios que formaron parte del recinto sagrado de Tenochtitlan. Independientemente de que estas ventanas tienen características contextuales y soluciones técnicas distintas, forman parte de un solo discurso que habla de lugares únicos que nos comparten acerca de lo que fue el recinto sagrado y de la manera en que este convive con la actual Ciudad de México.



Esquema del modelo de comunicación por objetivos. Fuente: Manuel Gándara Vázquez, 2021.

Con el fin de delimitar nuestra propuesta y definir el recorrido, tomamos en cuenta tres criterios:

- La idea central a divulgar, que explica el papel del Templo Mayor y de algunos otros importantes edificios del recinto sagrado de Tenochtitlan
- La ubicación y el contexto de cada ventana
- El estado de conservación que guardan los vestigios en estos siete espacios⁹

Realizamos entonces los guiones para producir siete audioguías, que ya han sido piloteadas y que esperamos que en un futuro puedan ser descargadas gratuitamente. Cada uno de los relatos habla sobre uno de los vestigios y, a su vez, comparte una historia basada en la siguiente idea central o “tesis”:¹⁰ *Una historia bajo nosotros: México Tenochtitlan es la ciudad que nos habla de otros tiempos en un mismo espacio.*

Con el fin de definir de manera precisa los alcances del programa, y siguiendo la metodología de la divulgación significativa, establecimos los objetivos que fungieron como guía para el desarrollo de los contenidos. Fue así como implementamos el *modelo de comunicación por objetivos*,¹¹ el cual está basado en las siguientes preguntas, que nos pide responder:

- **Propósito – Objetivo general.** *¿Para qué decir lo que diremos?* Para contribuir con una mejor comprensión y valoración de este patrimonio.
- **Público meta.** *¿A quiénes?* A quienes visitan la zona arqueológica y el Museo del Templo Mayor. En su mayoría, son de nacionalidad mexicana, siempre han tenido conciencia sobre este lugar, y su nivel de escolaridad es de secundaria.
- **Mensaje principal – “tema” o “tesis”.** *¿Qué diremos?* “Una historia bajo nosotros: México Tenochtitlan es la ciudad que nos habla de otros tiempos en un mismo espacio”.
- **Patrimonio a divulgar.** *¿Sobre qué?* Invitaremos a las personas a reflexionar acerca de los restos del recinto sagrado debajo de la ciudad actual.
- **Medio interpretativo.** *¿Cómo se hará?* Los siete materiales digitales de audio, ya piloteados y evaluados, se harán en formato de *podcasts*.¹² Una vez autorizados, estos se producirían con el apoyo de la Coordinación Nacional de Difusión del INAH.

9 Las ventanas arqueológicas se encuentran alrededor de cuatro manzanas en el primer cuadro del centro histórico: (1) el Templo Mayor en la zona arqueológica, (2) el Templo del Sol debajo de la Catedral Metropolitana, (3) el Huei Tzompantli debajo del Museo del Chocolate, (4) el Templo de Ehécatl y el Juego de Pelota debajo del Hotel Catedral, (5) el Calmecac debajo del Centro Cultural de España, (6) el basamento debajo del Marqués del Apartado y (7) el Templo de Tezcatlipoca debajo del Antiguo Palacio del Arzobispado.

10 Llamada técnicamente “Tema” en la formulación del Dr. Sam Ham (2022), es el fundamento principal de la divulgación significativa. En español, este término se puede confundir con el objeto sobre el que se habla. Por ello, se tradujo como *tesis*, enfatizando que no se trata de un sustantivo aislado, sino de una idea formulada como oración completa. Ham prefiere seguir usando el término “Tema”, entendido en español como “idea central de un discurso”. Sam Ham, *Interpretación: Para lograr una diferencia a propósito*, trad. María Antonieta Jiménez y Manuela Gándara Vázquez (Interpat, Asociación Mexicana de Intérpretes del Patrimonio, 2022).

11 Manuel Gándara Vázquez, “El modelo de comunicación por objetivos: aplicaciones en el diseño de programas interpretativos”, *Complutum* 32, núm. 2 (2021): 427-441.

12 Los *podcasts* son archivos digitales de sonido que se encuentran disponibles en la red, ya sea para descarga previa o directa *-streaming-*, a través de un *host* o productor específico. Se conforman por una serie de episodios, usualmente alrededor de un tema.

8 Manuel Gándara Vázquez, “La divulgación significativa como estrategia de comunicación educativa”, *ETD-Educación Temática Digital* 20, núm. 3 (2018): 662-679.

SIETE EPISODIOS, UN RECORRIDO

Las audioguías han brindado la posibilidad de mediar la experiencia individual en distintos espacios museales. Son consideradas como un óptimo recurso que contribuye de forma positiva a la visita, pues una de sus principales particularidades es que la información que transmiten es captada por los usuarios mediante un canal de percepción distinto al visual. A través del audio, estos materiales permiten al visitante concentrarse en la información que se le brinda sin tener que desviar la vista para leer.

Las audioguías digitales mediante chips con procesadores de computadora surgieron a inicios de la década de los noventa. Aunque la capacidad de su almacenamiento era limitada, estos dispositivos tenían la gran ventaja de no requerir necesariamente una secuencia lineal. Ello contribuyó a que los recorridos se realizaran de manera más libre, pues el orden y la forma de plasmar la información para los visitantes se hicieron mucho más flexibles.¹³

Como resultado del continuo avance tecnológico, en la actualidad son cada vez más las personas que poseen un dispositivo móvil, el cual además permite la instalación de programas predeterminados para visitas guiadas. A través de estos, una persona puede, por ejemplo, seleccionar conocer más sobre una obra dentro de una exposición, así como elegir diversas capas de información en donde el propósito común se encamina hacia una mejor experiencia de visita.¹⁴ Con esto en mente y tomando en cuenta que, cada vez con mayor frecuencia, estos dispositivos se encuentran en manos de millones de usuarios que los usan cotidianamente, consideramos, entonces, que la facilidad en el uso de los dispositivos móviles puede contribuir a que las personas tengan una experiencia significativa en su recorrido. Es así como los visitantes lograrán enfocarse en lo que el sitio patrimonial les ofrece sin tener que invertir tiempo y atención en entender el funcionamiento de otros equipos. De esta manera, la libertad de elección tomará su cauce y el recorrido se realizará de forma más libre y natural.

Como parte de este programa, ya hemos producido y puesto a prueba los distintos materiales de audio. Sin embargo, nuestra intención es poder crear esta serie de audioguías digitales en formato de *podcast* y ofrecerla gratuitamente de manera institucional. Creemos que esto proporcionará una mayor accesibilidad y familiaridad al público, ya que cada vez son más los museos y sitios patrimoniales que han incorporado el uso de este tipo de recursos. Además, por su formato, los *podcasts* tienen un corte similar a los programas clásicos de radio, adquiriendo un carácter nostálgico que muchas veces contribuye a que sean realmente exitosos.¹⁵

Una vez producidos y publicados, los siete podcasts se podrán conseguir en línea con el fin de ofrecer a los usuarios dos opciones: la posibilidad de escucharlos desde donde se encuentren o bien descargarlos para reproducirlos sin estar conectados a internet. Los guiones para los diferentes episodios fueron estructurados por distintos segmentos. La capacidad sintética de estas narrativas, complementadas con las técnicas del *storytelling* (arte de contar historias), tomó siempre como base la divulgación significativa y buscó en todo momento mover las emociones, entrelazando la razón y el afecto.¹⁶

Se dice que lo más recomendable para lograr *podcasts* exitosos es que estos cuenten historias, pues las narraciones activan la mente de los oyentes de una manera distinta a como lo haría un simple listado de hechos. Nuestros episodios relatan, de manera organizada, eventos ocurridos en los lugares que se presentan, centrándose en personas y no únicamente en los edificios. Con ello esperamos entretener e informar acerca de acontecimientos que tuvieron lugar en el recinto sagrado de Tenochtitlan. Es así como este programa ofrece un solo recorrido estructurado en distintos capítulos¹⁷ y, al mismo tiempo, cada uno de los núcleos narrativos contiene elementos de continuidad para formar parte de una sola historia.

13 Manuel Gándara Vázquez, "La audioguía digital como medio de interpretación del patrimonio arqueológico", *Con-texto arqueológico* 1, núm. 0 (2005): 22-29.

14 Monserrat Narváez Naranjo, "Audioguías y dispositivos móviles: Su uso en los museos", en *Estudios sobre públicos y museos*, vol.1 (Publicaciones ENCRyM, 2016), 138-159.

15 Hannah Hethmon, *Your Museum Needs a Podcast: A Step-by-step Guide to Podcasting on a Budget for Museums, History Organizations and Cultural Nonprofits* (pub. by author, 2018).

16 Manuel Gándara Vázquez, "La narrativa y la divulgación significativa del patrimonio en sitios arqueológicos y museos", *Gaceta de Museos*, núm. 54 (diciembre 2012-marzo 2013): 17-23.

17 Cada capítulo tiene una duración de 5 a 7 minutos. Se calcula que la totalidad del recorrido (en caso de que las personas decidan visitar las siete ventanas arqueológicas en un solo día) es de aproximadamente una hora a una hora y media. Se podrá elegir qué puntos visitar sin necesariamente tener que realizar el recorrido completo ni de manera lineal. Los puntos que se visiten, o los "episodios" que se escuchen, contribuirán con la experiencia de visita y aportarán ideas para reflexionar.



Identidad visual del programa - Portada de los *podcasts*. Fuente: María Barajas y Luz María Muñoz, 2022.

COMENTARIOS FINALES

Aunque la naturaleza de los vestigios musealizados es variada y heterogénea, consideramos que este programa comparte una mirada integradora que puede contribuir a que puedan ser entendidos y valorados. El hecho de que uno de los principales objetivos de la divulgación significativa sea fomentar en las personas una cultura de conservación del patrimonio contribuyó en gran medida a encausar este proyecto, pues no solamente buscamos que las personas perciban este lugar con una perspectiva histórica, sino que también puedan hacer conciencia sobre su cuidado y conservación.

La producción y puesta en marcha del programa de *podcasts* que aquí proponemos es realista y dependerá de las gestiones necesarias y de las instancias responsables. Queremos agradecer a los arqueólogos Eduardo Matos Moctezuma, Leonardo López Luján y Raúl Barrera Rodríguez, además de a la Mtra. Patricia Ledesma Bouchan, directora del Museo del Templo Mayor, por creer en esta iniciativa y por aportar sus conocimientos para los contenidos de estos materiales interpretativos, que esperamos puedan ser una realidad muy pronto. ■

Oro, mercurio y rayos X: Interpretando una antigua vasija española de El Yunque

Raymond Feliciano
Antonio Martínez-Collazo
Jeffery B. Walker

INTRODUCCIÓN

El Bosque Nacional El Yunque, ubicado en el este de Puerto Rico, ostenta una rica historia natural y cultural que se remonta a siglos atrás. Además de su reconocida biodiversidad y sistemas ecológicos únicos, la región alberga significativa evidencia arqueológica que comprende desde la prehistoria hasta las épocas coloniales y modernas. Entre las diversas interacciones humanas con este paisaje, la explotación de los recursos forestales, incluyendo la extracción de sus minerales, ha constituido una de las actividades de mayor envergadura. Investigaciones arqueológicas y de archivo dentro y alrededor de El Yunque han arrojado luz sobre esa historia, revelando detalles sobre las operaciones mineras coloniales y la evidencia física de dichas prácticas. Un hallazgo arqueológico particularmente intrigante ocurrió en el 2001 con el descubrimiento de una botija española en la parte alta del bosque, la cual data del período temprano de la Conquista. Este artefacto constituye el objeto colonial más antiguo hallado en el área y por mucho tiempo fue interpretado como potencial evidencia y vínculo tangible de la explotación minera del área durante la época colonial española. Este artículo describe el contexto de la pieza, los análisis realizados sobre esta durante los últimos cinco años y nuestros hallazgos.

CONTEXTO DE LA MINERÍA EN LA REGIÓN DE EL YUNQUE

La expectativa de encontrar una tierra rica en tesoros de oro y plata imperó en las interacciones de los europeos con los mundos recién descubiertos de las Américas. En el contexto de la historia de El Yunque, la búsqueda y extracción de recursos minerales, en particular el oro, desempeñó un papel fundamental durante el período colonial español.¹ Aunque se teoriza que la extracción de metales preciosos en la sierra podría remontarse a la época precolombina, fue en las primeras décadas del siglo XVI cuando se comenzó a registrar formalmente la minería de la zona.² Estudios geológicos en distintos momentos han caracterizado la rica distribución mineral de la región, principalmente en las formaciones rocosas intrusivas del centro y el sur del bosque.³ Dicha evidencia científica corrobora los datos históricos que señalan que las zonas al oriente de la isla fueron la fuente de gran parte del oro extraído durante la colonización temprana y hasta el declive de su minado en las postrimerías del siglo XVI.⁴ A pesar de esta documentada explotación temprana, en la actualidad son pocos los sitios mineros que se han podido datar de esa época.⁵

Los documentos históricos del período español proporcionan importantes pistas para documentar las operaciones mineralógicas de ese tiempo. Investigación de archivo realizada sobre la extracción



Botija española encontrada en pico de El Yunque. Fuente: Jan Pérez, 2025.

mineral decimonónica ha revelado información sobre depósitos en la Sierra de Luquillo, incluyendo de oro, cobre, plata, hierro, mármol, azufre y mercurio.⁶ Dichas investigaciones han también documentado la existencia de un total de veintitrés minas en El Yunque o sus alrededores.⁷ Gran parte de la actividad minera se produjo en los depósitos aluviales río abajo, lejos de las elevaciones altas del bosque, y algunos de los primeros mineros dieron nombres a las zonas donde

establecieron sus minas. Estas incluyen las áreas de Guzmán, Herrera, González y Jiménez.⁸ Cabe destacar que la extracción de oro de los depósitos aluviales continuó hasta entrado el siglo XX, aunque de manera artesanal en su mayoría.

Mediante prospecciones arqueológicas, el Servicio Forestal federal ha intentado reubicar algunas de estas concesiones mineras históricas con escaso éxito. Como ejemplo, mencionamos un estudio realizado

1 Priscilla Riefkohl and Jeffery Walker, "Out of the Woods: 25 Years of Forest Service Heritage Management in Puerto Rico," Paper presentation, 71st Society for American Archaeology Annual Meeting, San Juan, PR, April 29, 2006.

2 Pedro A. Gelabert, "Minería en Puerto Rico," Memorial explicativo, Comisión de Recursos Naturales, Asuntos Ambientales y Energía, Senado de Puerto Rico, 24 de agosto de 2011, https://www.recursosaguapuertorico.com/mineria_en_puerto_rico_por_pedro_gelabert_pdf.pdf.

3 Maya Quiñones, Isabel K. Parés-Ramos, William Gould, Grizelle Gonzalez, Kathleen McGinley and Pedro Ríos, *El Yunque National Forest Atlas* (International Institute of Tropical Forestry, 2018), 22.

4 Walther A. Cardona, "El Yunque Mineral Prospects, Eastern Puerto Rico," *Caribbean Journal of Science* 20, nos. 1-2 (1984): 79-87.

5 Riefkohl and Walker, "Out of the Woods".

6 Jeffery B. Walker and Robin L. Walker, *Final Report of the Cultural Resources Survey of Area 1 Adjacent to the Icacos River in the Caribbean National Forest*, US Forest Service, El Yunque National Forest, Río Grande, March 23, 1983.

7 Cardona, "El Yunque Mineral Prospects," 81.

8 Cardona, "El Yunque Mineral Prospects," 79.



Ejemplo de extracción artesanal de oro del Río Mameyes, ca. 1936. Fuente: George Gerhart, Servicio Forestal, Bosque Nacional El Yunque.



Entrada de túnel de mina en El Yunque, 1985. En la imagen, Luis A. Rivera Cruz, técnico forestal del Bosque Nacional del Caribe. Fuente: Servicio Forestal, Bosque Nacional El Yunque.

cerca de la desembocadura del río La Mina que intentó hallar el sitio de una concesión minera de 1890.⁹ Durante el estudio de campo se hizo una búsqueda cuidadosa a lo largo de ambos lados del río, extendiéndose río arriba por varios cientos de metros, pero no se logró encontrar evidencia minera en el lugar. Este caso ilustra la dificultad de dar con las perturbaciones topográficas creadas por la minería del período español a lo largo de los ríos, las cuales ya han sido totalmente ocultadas por la sedimentación y la erosión de las riberas donde ocurrieron, haciendo casi imposible su localización y estudio.

La identificación de minas de vetas ha resultado más exitosa debido a la presencia de sus modificaciones más significativas y permanentes al paisaje, entre las cuales se encuentran túneles, trincheras y pozos de prospección. Estos sitios mineros de filón se concentraron en la explotación de afloramientos minerales a lo largo de vetas de cuarzo expuestas en las elevaciones más altas del bosque.¹⁰ La primera mina de este tipo documentada en el área de Luquillo se remonta a 1832 cuando Manuel Martínez petición a las autoridades derechos de minería, permiso de asociación con inversionistas y autorización para traer trabajadores de la isla de Saint Thomas.¹¹ De

esta manera, se estableció una de las minas mejor documentadas, de la que no solo hemos podido constatar su existencia a través de investigación archivística, sino también arqueológica. De todos modos, se requiere investigación adicional para refinar la comprensión de la historia minera de este período colonial español.

LA VASIJA ESPAÑOLA, SU CONTEXTO E HIPÓTESIS ARQUEOLÓGICAS

El hallazgo

En medio de la exploración arqueológica y la investigación sobre la historia de la región de El Yunque, en 2001 se descubrió un artefacto significativo que vincula directamente la zona con el período colonial temprano.¹² El hallazgo consistió en una singular y casi completa botija española, hallada cerca de la cima del pico El Yunque. El descubrimiento fue realizado de forma aleatoria por un grupo de

investigadores ecológicos del Instituto de Estudios de Ecosistemas Tropicales —liderados por el Dr. John R. Thomlinson— mientras realizaban trabajos en el bosque elfino de la cuenca del Espíritu Santo.¹³ Al percatarse de la importancia del hallazgo, estos informaron a Jeff Walker, entonces arqueólogo forestal del Bosque Nacional del Caribe, quien documentó y retiró el artefacto para su estudio y conservación. Junto con la extracción de la pieza, se realizó un reconocimiento del área circundante y se recolectó una muestra de los sedimentos encontrados dentro y alrededor de la vasija, para su posterior análisis.

Contexto general de las botijas

Para apreciar plenamente la importancia de este descubrimiento, es fundamental comprender la naturaleza y la función de estas botijas durante el período colonial español. Las botijas españolas fueron las vasijas de cerámica utilitarias más difundidas y utilizadas en el Nuevo Mundo, desde los primeros días del período de contacto hasta la época republicana.¹⁴ Del siglo XVI al XVIII fueron populares para transportar vino, aceite de oliva y otros productos traídos desde España a las colonias del otro lado del Atlántico.¹⁵ Debido al monopolio del Imperio español sobre ciertos productos, la Corona estableció un sistema de abastecimiento de las colonias americanas, centrado en la transportación de productos mercantiles mediante flotas anuales que zarpaban de Sevilla o Cádiz. Dichas flotas iban cargadas de provisiones, víveres, productos manufacturados e, inclusive, materias primas, algunas de las cuales, como hierro y mercurio, se empleaban en las minas de la Nueva España.¹⁶

Como tales, estas botijas han quedado representadas en el récord arqueológico de la era por miles de fragmentos de cerámica y ocasionalmente vasijas enteras encontradas dondequiera que los españoles se establecieron. Su presencia es especialmente abundante por toda la cuenca del Caribe. En otros territorios del antiguo Imperio español en el continente americano tienden a ser menos común hallazgos de estos recipientes, posiblemente porque la presencia



Vista de la vasija *in situ* durante la documentación del hallazgo, 2001. Fuente: Jeff B. Walker, Servicio Forestal, Bosque Nacional El Yunque.

de cerámica aborígen de alta calidad en estas áreas desalentó el uso y reutilización de las botijas.¹⁷

Gracias al trabajo tipológico fundamental realizado por Goggin a mediados y finales de la década de 1950, y posteriores refinamientos de esas tipologías, los arqueólogos pueden reconocer fácilmente las características estilísticas y cronológicas definitorias de este tipo de vasijas. Las investigaciones realizadas en el Caribe, desde Venezuela hasta Florida, y el análisis de las botijuelas recuperadas frente a las costas de la República Dominicana, en los pecios del Conde de Tolosa y de Nuestra Señora de Guadalupe, de 1724, han demostrado que los cambios en el estilo de estas vasijas las hacen útiles como marcadores cronológicos para arqueólogos e historiadores.¹⁸ La tipología propuesta por la obra de Goggin describe tres períodos estilísticos de producción de dichas botijas. El más antiguo presenta

13 Jeff Walker, "The Prehistoric Island to 1508" in *Passing the Baton from the Tainos to Tomorrow: Forest Conservation in Puerto Rico*, ed. Kathryn Robinson, Jerry Bauer and Ariel Lugo (International Institute of Tropical Forestry, 2014), 26.

14 Kathleen Deagan, *Ceramics, Glassware and Beads*, vol. 1 of *Artifacts of the Spanish Colonies of Florida and the Caribbean 1500-1800* (Smithsonian Institution Press, 1987); y John M. Goggin, *The Spanish Olive Jar, An Introductory Study*, Yale University Publications in Anthropology 62 (Yale University, 1960).

15 George Avery, "Pots as Packaging: The Spanish Olive Jar and Andalusian Transatlantic Commercial Activity, 16th-18th Centuries" (PhD diss., University of Florida, 1997), *Internet Archive*, <https://archive.org/details/potsaspackagings00aver>.

16 James R. Stephen, "A Reassessment of the Chronological and Typological Framework of the Spanish Olive Jar," *Historical Archaeology* 22, no. 1 (1988): 43-66.

17 Goggin, *Spanish Olive Jar Introductory Study*, 6; y Stephen, "Reassessment Spanish Olive Jar".

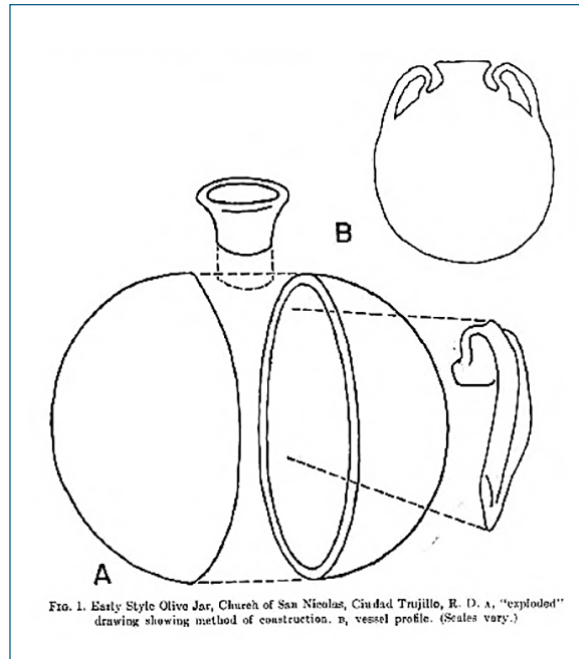
18 Goggin, *Spanish Olive Jar Introductory Study*, 3; y Stephen, "Reassessment Spanish Olive Jar", 43.

9 Cardona, "El Yunque Mineral Prospects Eastern Puerto Rico", 82.

10 Eduardo Questell, "History of the Mine Located on the La Mina River" (Caribbean National Forest Puerto Rico, Manuscript ed., 1991).

11 Jeffery B. Walker, *Río La Mina Trail Project Cultural Resources Assessment Stage IA and Stage IB*, USDA Forest Service, Río Grande, February 1992; y Cardona, "El Yunque Mineral Prospects".

12 Jeffery Walker, "Spanish Olive Jar Discovery Record File", 2001, File 2360, El Yunque National Forest Heritage Program Archive, Río Grande, PR.



Tipología de una botijuela temprana, según establecida por Goggin. Fuente: Goggin, *The Spanish Olive Jar*, 8.

versiones de un tipo de vasija globular con asas en bucle colocadas cerca de la parte superior; bocas evertidas; y vidriado verde esmeralda, de grosor medio a grueso, localizado en el interior, así como alrededor de la boca y el borde del envase. Esta tipología se produjo en el sur de España entre aproximadamente 1500 y 1580, por lo que fue el tipo de vasija predominante durante el período temprano de la conquista de América. La caracterización de Goggin para la vasija de estilo temprano es significativa porque se ajusta exactamente a la botija encontrada en El Yunque, lo que sugiere que el objeto podría haber llegado al bosque a principios del siglo XVI.¹⁹ Esto, a su vez, podría indicar que hubo incursión española en El Yunque durante el período colonial temprano de la isla.

Hipótesis de asociación mineral del artefacto

A lo largo de los años, se propusieron diversas hipótesis para explicar la procedencia del artefacto. Su localización en lo alto del bosque, en correlación

con la fecha de producción temprana documentada en su registro arqueológico, sugirió que la vasija pudo haber sido dejada por un explorador español. Dado el contexto histórico de la minería de oro en El Yunque y la antigüedad de la pieza, los especialistas en recursos culturales del bosque consideraron que la presencia de la botija en el locus del hallazgo podría deberse a su asociación con la explotación minera del área durante los primeros años de la Conquista.²⁰ Debido a su condición casi intacta, se postuló que el recipiente potencialmente pudo haber servido para transportar algún material especial —como el mercurio— que facilitara la extracción de oro.²¹

Aunque al momento del descubrimiento no se encontraron restos visibles del metal pesado en el sitio, esta última hipótesis se consideró seriamente. La explicación se basaba no solo en la historia minera del bosque, documentada desde las actividades extractivas de los primeros conquistadores en la zona, sino también en el cuidado requerido para trasladar íntegramente una pieza de cerámica tan frágil, a través del escarpado terreno selvático, hasta el remoto lugar donde se encontró. Esta cautela sugería a su vez que la vasija podría haber sido tratada con tanta delicadeza porque contenía algo muy valioso en su interior. La transportación de mercurio para facilitar la extracción de oro encajaba con esta narrativa. El metal pesado refinado era en ese momento un recurso muy valioso que eficientizaba el proceso para adquirir rápidamente riquezas auríferas en el Nuevo Mundo, y pudo haberse llevado a la zona para estos propósitos.

EL ROL DEL MERCURIO EN EL SIGLO XVI

El mercurio refinado, también conocido en España como *azogue*, fue ampliamente utilizado desde la antigüedad para recuperar oro en distintas regiones del mundo,²² y llegó a las Américas con los europeos.²³ En la época colonial, el mercurio se empleaba en la extracción mineral, particularmente de depósitos aluviales y minerales triturados, mediante un proceso conocido como *amalgamación*.²⁴ Este proceso consiste en mezclar mercurio con material aurífero, de modo que las partículas de oro se combinen con el mercurio para formar una amalgama —una aleación de mercurio

y oro—, que separa el oro de otros materiales.²⁵ Una ingeniosa técnica, usada desde el Medioevo, consistía en triturar, tamizar y separar mediante lavado los sedimentos, para luego extraer el oro a través de agujeros excavados en lechos de ríos, que se llenaban con mercurio.²⁶ El oro se separaba entonces de la amalgama exprimiéndola en un paño de cuero y calentando el residuo para vaporizar el mercurio.²⁷ La pepita de oro resultante se refinaba aún más, mientras que cualquier resto de oro en la escoria se recuperaba mediante reamalgamación.

En el siglo XVI, el monopolio total del movimiento de bienes —incluido el mercurio— entre la metrópolis y las colonias del Nuevo Mundo estaba en manos de la Casa de Contratación de Sevilla, en beneficio de un poderoso grupo de mercaderes sevillanos.²⁸ La distribución del azogue (mercurio) se ejecutaba así de manera exclusiva desde los puertos del sur de la península española hacia sus minas en el Nuevo Mundo.²⁹ El uso del mercurio en la amalgamación se convirtió en una técnica industrial aún más versátil después de la invención del *beneficio de patio* en Nueva España (ahora México), en 1554.³⁰ Este proceso, que implicaba el uso de un gran patio donde se trituraban y amalgaban los minerales en grandes baños, resultó altamente eficiente en la extracción de oro, aumentando así el tráfico y uso del metal pesado en las Américas.

PONIENDO A PRUEBA LAS HIPÓTESIS ARQUEOLÓGICAS CON CIENCIA FÍSICA

Para investigar la hipótesis de que la vasija encontrada en El Yunque hubiese contenido mercurio en algún momento, en el 2020 se realizó un estudio físico de

caracterización de materiales mediante rayos X. Este estudio se llevó a cabo en una colaboración entre el Dr. Antonio Martínez-Collazo, profesor e investigador del Departamento de Física de la Universidad de Puerto Rico, recinto de Río Piedras, y Raymond Feliciano, actual director del Programa de Patrimonio del Bosque Nacional El Yunque. La colaboración fue iniciada luego de que el Dr. Martínez-Collazo conoció la existencia del artefacto y las hipótesis sobre el mismo durante un seminario web acerca de la historia de El Yunque, impartido en 2020.³¹ Dada su experiencia previa en estudios de caracterización de materiales, el Dr. Martínez-Collazo sugirió un análisis de difracción y espectroscopia de fluorescencia de rayos X, con el objetivo principal de identificar y caracterizar los componentes físicos presentes en el artefacto colonial, incluyendo la presencia o ausencia de rastros de mercurio en el recipiente. El potencial del estudio residía en la posibilidad de que pequeñas cantidades del elemento mercurio (Hg) pudieran haberse fijado en los espacios microscópicos existentes en la pasta porosa del objeto. De así haber ocurrido, la caracterización de rayos X permitiría la identificación del elemento al detectar sus trazas a nivel atómico. Dicha corroboración ayudaría a probar la veracidad de la hipótesis de correlación entre la presencia de la vasija y los esfuerzos de extracción de oro, según previamente expuesto.

La metodología empleada por el Dr. Martínez-Collazo en el estudio³² se centró en el uso de análisis de fluorescencia de rayos X (XRF, por sus siglas en inglés)³³ y análisis de difracción de rayos X (XRD, por sus siglas en inglés).³⁴ El análisis de XRF es una

25 Paria Karimi et al., "Cyanidation of Gold Ores Containing Copper, Silver, Lead, Arsenic and Antimony," *International Journal of Mineral Processing* 95, nos. 1-4 (2010): 68-77, <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2010.03.002>; y Scott Lecce, Robert Pavlowsky and Gwenda Schlomer, "Mercury Contamination of Active Channel Sediment and Floodplain Deposits from Historic Gold Mining at Gold Hill, North Carolina, USA," *Environmental Geology* 55 (2008): 113-121, <https://doi.org/10.1007/s00254-007-0970-9>.

26 M. M. Postan, and E. Miller, *Trade and Industry in the Middle Ages*, vol. 2 of *The Cambridge Economic History of Europe* (Cambridge University Press, 1967).

27 Lecce et al., "Mercury Contamination at Gold Hill".

28 Deagan, *Ceramics, Glassware and Beads Artifacts*.

29 María Concepción Gavira-Marquez, "Expediciones mineralógicas de fines del siglo XVIII: La búsqueda de azogue en Nueva España, Rafael Andrés Helling y José Antonio Alzate, 1778," *Estudios de Historia Novohispana* 52 (2015): 1-17, <https://doi.org/10.1016/j.ehn.2013.11.001>.

30 Gavira-Marquez, "Expediciones mineralógicas de fines del siglo XVIII"; y Nriagu, "Mercury Pollution from Past Mining".

31 Raymond Feliciano, "Historia y arqueología del Yunque," *Vitrina Solidaria*, estrenado el 28 mayo 2020, accesado el 28 mayo 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=YTdhtCFxMUK>.

32 Antonio Martínez-Collazo, *Material Characterization of a Colonial Ceramic Olive Vessel* (University of Puerto Rico, Río Piedras Campus, Department of Physics, Río Piedras, June 20, 2020).

33 Los espectros XFR de fluorescencia de rayos X se obtienen del análisis de los rayos X secundarios emitidos por una muestra tras su exposición a una fuente de rayos X (radiación primaria). Los rayos X incidentes interactúan con los electrones de los elementos constituyentes de la muestra, provocando su eyección. El átomo excitado se relaja entonces a su estado fundamental mediante transiciones electrónicas de electrones en las capas externas, que ocupan estados de menor energía que los electrones eyectados dejaron vacíos. A medida que ocurren estas transiciones, se emiten rayos X correspondientes a la diferencia de energía entre los niveles de energía electrónicos involucrados. Estas energías son características del elemento de origen y, por lo tanto, facilitan su detección e identificación.

34 En el análisis XRD se proyectan rayos X sobre la muestra analizada y se detecta la radiación elástica reflejada en función del ángulo. El gráfico resultante de intensidad en función del ángulo, denominado *patrón de difracción*, se utiliza para identificar los compuestos constituyentes presentes en forma cristalina en la muestra analizada. A partir del análisis del patrón de difracción obtenido, se pueden identificar los minerales y compuestos químicos presentes.

19 Walker, "Spanish Olive Jar Discovery Record File".

20 Walker, "Spanish Olive Jar Discovery Record File".

21 Walker, "The Prehistoric Island to 1508".

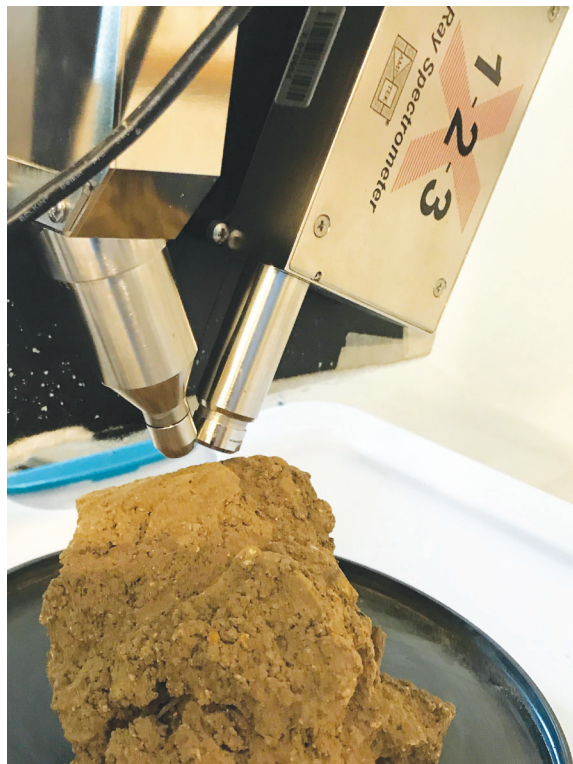
22 Peter L. Bernstein, *The Power of Gold: The History of an Obsession* (Wiley, 2000).

23 Jerome O. Nriagu, "Mercury Pollution from the Past Mining of Gold and Silver in the Americas," *Science of the Total Environment* 149, no. 3 (1994): 167-181, [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(94\)90177-5](https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90177-5).

24 Michael Smith, "Gold is Where You Find It: Placer Mining in North Carolina, 1799-1849," *Earth Sciences History* 21, no. 2 (2002): 119-149; y Spyridon Mathioudakis, George Xiroudakis, Evangelos Petrakis and Emmanouil Manoutsoglou, "Evolution of Alluvial Gold Mining Technologies," *Materials Proceedings* 15, no. 1 (2023): 70, <https://doi.org/10.3390/materproc2023015070>.



Proceso de análisis con rayos X en la vasija. Fuente: Raymond Feliciano.



Detalle del proceso de muestreo del sedimento recuperado dentro de la vasija. Fuente: Raymond Feliciano.

técnica no intrusiva que se utiliza para determinar la composición elemental de un material. Para este análisis se utilizó una fuente de emisión Mini-X-Ray 2 con ánodo de plata (Ag) y un espectrómetro AMPTEK 1-2-3 equipado con un detector Si-PIN con una ventana de Be de 5 μm . Estos componentes se montaron en una placa del kit de experimentación AMPTEK y los parámetros de potencia del tubo de rayos X utilizados fueron $I=40\mu\text{A}$ y $V=25\text{kV}$. Los períodos de adquisición espectrométrica típicos fueron de aproximadamente 1 minuto. A su vez, el análisis de difracción de rayos X se deriva del XRF y fue realizado utilizando un instrumento de difracción de rayos X Rigaku Smart Lab III con una fuente de rayos X CuK α .³⁵

Los estudios caracterizaron la vasija en su totalidad, con especial atención en las paredes interiores, así como en las áreas alrededor del cuello, la boca y el borde. Esto se hizo debido a que estas presentaban la mayor probabilidad de contener remanentes del metal. También se analizaron los sedimentos recuperados del interior de la vasija durante su excavación en 2001 para identificar si se habían filtrado trazas de mercurio en el sedimento. Los resultados proporcionaron un análisis detallado de los materiales y minerales que formaron o contenía el recipiente.

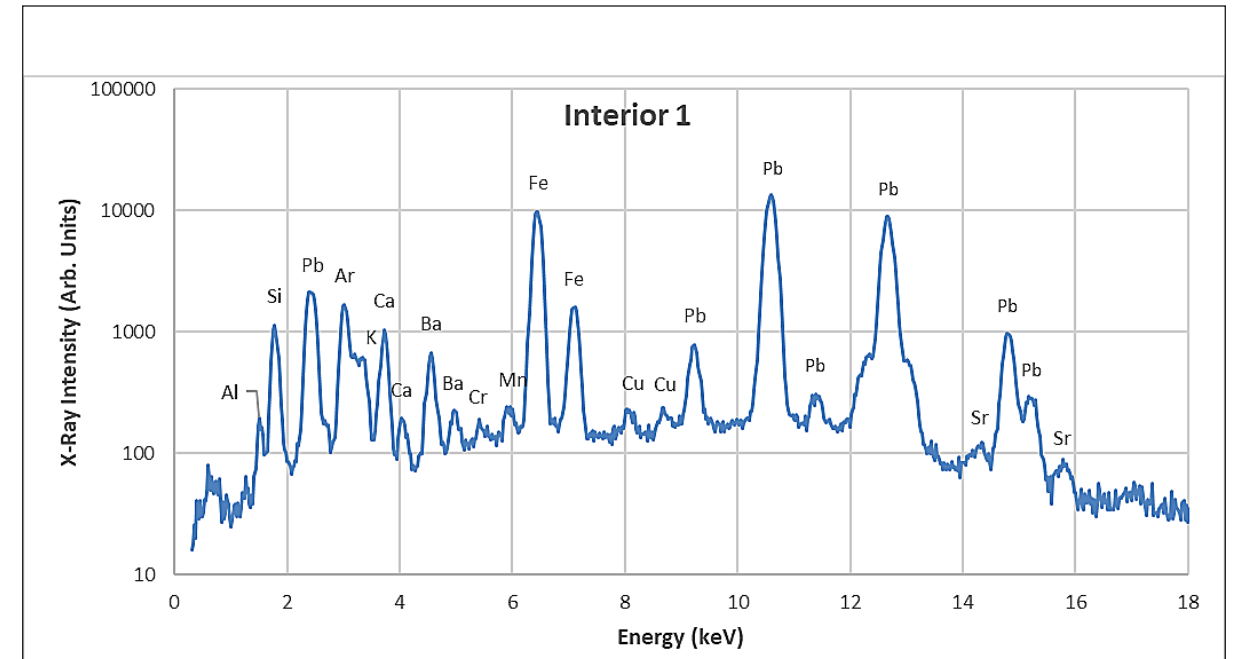
Los resultados de las medidas de difracción identificaron los componentes minerales predominantes en la pasta: caoilinita, muscovita y hematita. Dichos minerales han sido asociados en la literatura a la composición mineral de la cerámica colonial española del siglo XVI. El estudio también detectó la presencia de plomo (Pb) y cobre (Cu) en el vidriado remanente de la vasija,³⁶ probando así que el tratamiento a base de plomo en esta superficie es cónsono con otros vidriados documentados en vasijas ibéricas pequeñas de la era.³⁷ Por otro lado, el análisis de difracción de rayos X del sedimento hallado en el interior de la vasija apuntó a una composición mayormente de muscovita y caolinita; ambos minerales característicos de los suelos de Puerto Rico.³⁸

35 Martínez-Collazo, *Material Characterization of a Colonial Ceramic Olive Vessel*.

36 "... peaks associated with the presence of Fe, Si, K, Al, Ba, Ca, Sr and traces of Mg and Mn which are consistent with the elemental composition of minerals expected to be present in clay and thus are probably associated with the body of the jar. The Ar peak present in all spectra is due to atmospheric Ar. The Fe is consistent with the Fe₂O₃, which gives the paste its light ochre color. The Al and Si are abundant in most clays, present in the form a variety of aluminum-silicates; Si is also consistent with the presence of quartz. The Ca is consistent with limestone, whereas the Ba and the Sr is likely due to barite and/or whiterite, both commonly found in limestone. In addition, peaks of Pb and Cu are observed, these are likely associated with the residues of the green glaze observed in the neck area that covered the exterior surface of the jar originally". Martínez-Collazo. *Material Characterization of a Colonial Ceramic Olive Vessel*, 2.

37 Tania M. Casimiro, João P. Vintém Henriques, Vanessa Filipe and Carlos Boavida, "Lead Glazed Ceramics in Lisbon (16th-18th Centuries)", in *Glaze Art 2018: International Conference Glazed Ceramics in Cultural Heritage*, ed. Silvia Pereira, Marlucci Menezes and José Delgado Rodríguez (LNEC, 2018), 268-282.

38 C. D. Jeffries, J. A. Bonnet and F. Abruña, "The Constituent Minerals of Some Soils of Puerto Rico", *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 37, no. 2 (1953): 114-139, <https://doi.org/10.46429/jaupr.v37i2.12756>.



Gráfica del espectro de componentes en la muestra del interior de la vasija. Fuente: Antonio Martínez-Collazo.

Sorprendentemente, en referencia a la hipotetizada presencia de mercurio (Hg) en la vasija, los hallazgos contradijeron dichas inferencias arqueológicas. Los análisis de XRF no detectaron trazos del metal pesado en ninguna parte de la vasija ni en los sedimentos asociados. Ante este resultado, se rechazó la hipótesis de que la vasija pudiera haber contenido mercurio en algún momento.

CONCLUSIÓN

El descubrimiento de una vasija española del siglo XVI casi intacta fue por más de dos décadas interpretado como potencial prueba de la exploración española temprana del bosque nacional El Yunque. Dada la extensa evidencia de la extracción de oro en el Nuevo Mundo por parte de los europeos durante la parte inicial de la Conquista y la bien documentada actividad minera en el bosque durante el período español, los arqueólogos hipotetizaron que la presencia de dicho artefacto se podía deber a su uso como recipiente de azogue para la explotación de oro durante las primeras décadas de la colonización de la isla. Dicha hipótesis se predicaba también en la buena condición de la pieza y la importancia del mercurio en la minería del período colonial temprano.

Los estudios realizados en 2020 ayudaron a probar que la vasija no mantenía trazos de mercurio, sugiriendo así que la misma nunca fue utilizada para contener el metal pesado. Por consiguiente,

la hipótesis original que ligaba la vasija al uso de mercurio en actividades mineras en el área durante el siglo XVI fue rechazada por la evidencia empírica. Dicho esto, la ausencia del metal en la muestra solo prueba que la vasija no contuvo mercurio destinado a extracción de minerales, pero no descarta que haya servido para contener otro producto o que haya servido otro fin durante la exploración y explotación temprana del bosque. La tipología de la vasija aún la liga cercanamente al primer siglo de la Conquista del Nuevo Mundo y, específicamente, a las primeras décadas de exploración y explotación de El Yunque.

La falta de evidencia para probar la hipótesis del contenido de mercurio para operación minera temprana abre la pieza y su contexto a nuevas preguntas de investigación arqueológica, por ejemplo: ¿Cómo llegó la pieza a la parte alta del bosque? ¿Quiénes la transportaron y de dónde venían? ¿Cuáles fueron sus contenidos y propósitos? ¿Qué funciones sirvió desde su creación hasta su depósito en el bosque? ¿Fue esta vasija depositada allí por los conquistadores realmente, o puede ser la misma una ofrenda depositada por los nativos para pedir la protección de la deidad Yokahu ante el cataclismo que experimentaron tras la llegada europea? Para arrojar luz sobre estas y otras preguntas que el artefacto y su localización en el paisaje natural e histórico nos presentan, muchos más estudios arqueológicos y científicos son necesarios. ■

INNOVACIÓN EN LA CONSERVACIÓN HISTÓRICA:

Un futuro digital para la arqueología, arquitectura e historia

Oswaldo E. De Jesús Rullán

La conservación del patrimonio cultural está en una constante evolución gracias a la tecnología. Hoy las herramientas digitales complementan los métodos tradicionales para documentar, estudiar, restaurar y difundir nuestro pasado de una forma más precisa y accesible. Tecnologías como el escaneo 3D y los drones capturan detalles arquitectónicos con una precisión nunca antes vista, mientras que el radar de penetración terrestre (GPR, por sus siglas en inglés) permite localizar recursos arqueológicos sin necesidad de excavar. Además, las bases de datos robustas facilitan la gestión de información compleja, asegurando que las futuras generaciones puedan no solo estudiar, sino también interactuar y valorar nuestra historia de una manera innovadora.

La Oficina Estatal de Conservación Histórica (OECH) ha realizado grandes esfuerzos para optimizar los procesos de consulta y la accesibilidad a sus archivos. Por un lado, ha implementado sistemas de

información geográfica (SIG) para crear una base de datos que incluye los recursos arqueológicos y arquitectónicos, propiedades en el Registro Nacional de Lugares Históricos (RNLH) y proyectos evaluados bajo la Sección 106,¹ en un Mapa Integrado de Recursos Históricos de Puerto Rico (MIRH-PR). Por otro lado, ha trabajado arduamente en la digitalización completa de su archivo físico, lo cual ha beneficiado a investigadores, proponentes de proyectos y al público en general.

Debido a los desastres naturales que han afectado a Puerto Rico desde el 2017, la cantidad de proyectos con fondos federales ha aumentado significativamente. Este incremento se refleja en el volumen de proyectos que la OECH evalúa bajo la Sección 106, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas para agilizar tanto la evaluación de proyectos como la consulta de nuestros archivos. El Programa R3 (Reparación, Reconstrucción o Relocalización), creado por el

Departamento de la Vivienda de Puerto Rico con fondos del US Department of Housing and Urban Development (HUD) para ayudar a los dueños de viviendas afectadas por los huracanes Irma y María, es el programa con la mayor cantidad de proyectos sometidos a la OECH. Pero la Oficina también ha registrado un aumento significativo en los proyectos de otras agencias federales como FEMA, USDA, DOE y HHS.² Para agilizar el proceso de evaluación y atender estas nuevas necesidades, se desarrolló SHPO Online,³ una plataforma digital que desde el 2023 funciona como el medio principal para someter proyectos.

Al evaluar proyectos, la OECH ha identificado un cambio notable: la incorporación de nuevas tecnologías para documentar propiedades. Esto es evidente en la cantidad de inventarios, estudios especializados y documentación detallada que ahora se incluyen en los proyectos. Con estas herramientas los proponentes

¹ Como parte de sus responsabilidades bajo el National Historic Preservation Act (NHPA), la OECH asesora y asiste a las agencias federales y a otras entidades autorizadas, para asegurar el cumplimiento con la 54 USC 306108 y el reglamento federal 36 CFR Part 800: *Protection of Historic Properties*. La Sección 106 de la NHPA le requiere a las agencias federales y otras entidades autorizadas considerar los efectos sobre propiedades históricas que puedan tener aquellos proyectos, actividades o programas desarrollados con fondos, licencias, permisos o asistencia federal, y ofrecerle al Advisory Council on Historic Preservation una oportunidad para comentar sobre esos efectos. La OECH participa en este proceso de consulta, el cual consiste en los siguientes pasos: (1) iniciar el proceso; (2) identificar propiedades históricas; (3) determinar efectos adversos; y (4) resolver efectos adversos.

² En orden de aparición: Federal Emergency Management Agency (FEMA); United States Department of Agriculture (USDA); United States Department of Energy (DOE); y United States Department of Health and Human Services (HHS).

³ La plataforma puede accederse a través del siguiente enlace: <https://submissions.oech.pr.gov/>.



Documentación fotográfica para el proyecto de reconstrucción de la vivienda unifamiliar PR-R3-02121, abril 2020. Fuente: Jesús E. Vega, "Section 106 NHPA Effect Determination, Archaeology, Case ID: PR-R3-02121," Informe técnico preparado para el Home Repair, Reconstruction, or Relocation Program (R3) del Departamento de la Vivienda, Gobierno de Puerto Rico, con fotografía provista por el arquitecto Edmundo Colón Izquierdo.

pueden dirigir sus propuestas con mayor precisión desde las etapas tempranas de planificación, lo que permite a la OECH brindar un mejor asesoramiento y asistencia.

Entre los proyectos evaluados bajo la Sección 106, nos interesa resaltar dos que integraron tecnologías innovadoras para asegurar la protección e integridad de las propiedades a ser impactadas. El primero es el proyecto de reconstrucción de la vivienda unifamiliar PR-R3-02121, ubicada en el centro tradicional urbano de Yauco, que estuvo a cargo del arquitecto Edmundo Colón Izquierdo. Esta estructura sufrió graves daños como consecuencia de los huracanes Irma y María, por lo que resultó necesario demolerla para proceder con su reconstrucción.

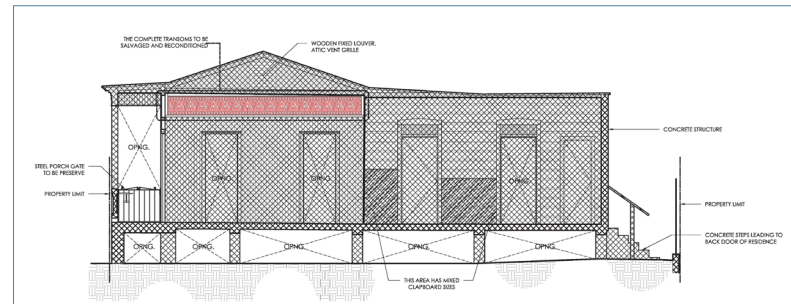
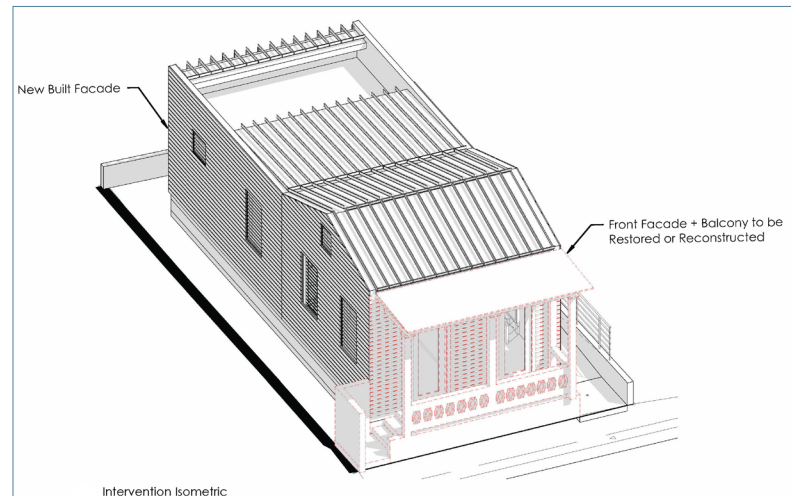
En el proceso de documentación de la propiedad original (interiores, exteriores y cualquier otro elemento relevante) se combinaron métodos tradicionales —como el levantamiento manual y el registro fotográfico— con tecnologías avanzadas, entre ellas los escaneos 3D con tecnología LiDAR⁴ y la fotogrametría.

También se empleó un dron para

⁴ La tecnología LiDAR (Light Detection and Ranging) emplea pulsos de luz láser para medir la distancia a superficies y objetos con gran precisión y rapidez, lo que la convierte en una herramienta fundamental para generar mapas tridimensionales de alta resolución del entorno.



Resultado de los escaneos 3D en el interior de la propiedad. Fuente: Jesús E. Vega, "Section 106 NHPA Effect Determination".



Modelo BIM utilizado para determinar las técnicas a implementarse en los distintos procesos de la reconstrucción. Se resalta en rojo las partes que se conservaron de la estructura original. Fuente: Jesús E. Vega, "Section 106 NHPA Effect Determination".

documentar las condiciones del techo, la geometría, texturas y detalles constructivos originales de la vivienda.

Los datos recopilados fueron utilizados para crear un modelo BIM,⁵ que sirvió

como base para el diseño y la coordinación técnica del proyecto de reconstrucción. Durante el proceso de demolición, se realizó un desmantelamiento controlado con el fin de preservar los elementos históricos que se

podieran restaurar e integrar en la nueva construcción.

La nueva vivienda se construyó principalmente en hormigón manteniendo la misma huella, escala y volumetría de la estructura original. Además, se restauró la fachada principal en madera, las puertas, dinteles y balaustres, y se recrearon las cornisas y otros detalles ornamentales. En el interior, la distribución fue rediseñada para satisfacer las necesidades de los propietarios. El proyecto también incorporó elementos de resiliencia y sostenibilidad, como la preparación del techo para paneles fotovoltaicos y un sistema de captación de agua de lluvia. De este modo, la estructura actual no solo respeta el carácter histórico de la propiedad y su entorno, sino que también es un espacio seguro, eficiente y adaptado a los futuros desafíos climáticos. El resultado es un ejemplo de intervenciones que tienen el nivel de sensibilidad necesario ante propiedades históricas que conviven en centros urbanos tradicionales.

La documentación y el uso de modelos digitales en proyectos como el PR-R3-02121 han permitido a los especialistas en propiedad histórica de la OECH



Elementos que definen el carácter arquitectónico de la estructura en su estado previo a la reconstrucción y luego de ser completados los trabajos. Fuente: Jesús E. Vega, "Section 106 NHPA Effect Determination".

tener un mayor entendimiento de las condiciones existentes de las propiedades para así poder ofrecer comentarios y recomendaciones más específicas en su evaluación. Esto no solo mejora la comunicación con los proponentes, sino que también permite a la Oficina identificar posibles impactos en las propiedades históricas desde las etapas tempranas de planificación. Este nivel de detalle agiliza la evaluación de proyectos y asegura que las intervenciones respeten el carácter histórico y el entorno de las estructuras, al tiempo que incorpora soluciones modernas y sostenibles.

El proyecto de reducción de daños por inundaciones del río La Plata en Dorado, creado por Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, es otro ejemplo del uso de tecnologías innovadoras, pero en la arqueología. Durante la Fase I de este proyecto se identificó un enterramiento intacto del periodo precontacto, al que se denominó DD-42. En la Fase II se intentó usar un GPR⁶ para estudiarlo, sin embargo, el suelo de arcilla húmeda y las alteraciones en la capa superior del terreno

5 Building Information Modeling (BIM). A diferencia de los planos tradicionales, un modelo BIM es dinámico y permite a arquitectos, ingenieros, constructores y promotores trabajar simultáneamente sobre datos actualizados, reduciendo errores, optimizando recursos y garantizando la sostenibilidad del proyecto.

6 La tecnología GPR (Ground Penetrating Radar) emplea pulsos de ondas electromagnéticas de radiofrecuencia para penetrar el subsuelo, midiendo el tiempo que tardan en reflejarse las ondas al encontrar cambios en las propiedades eléctricas del material (como rocas, suelo, agua o estructuras enterradas). Esto la convierte en una herramienta esencial para la detección y mapeo no invasivo de objetos.

impidieron obtener una señal clara. Debido a estas condiciones, en la Fase III se exploró la posibilidad de usar métodos alternos para la excavación y recuperación de datos.

Para la recolección de datos, se utilizó un equipo UtilityScan of Geophysical Survey Systems (GSSI) con una tableta Zebra L10, una antena digital hyperstacking de 350 megahertz (MHz) y un carrito de cuatro ruedas modelo 656. Además, se usó un dispositivo GPS EOS Arrow con precisión de menos de un pie para recolectar las posiciones de las esquinas de cada cuadrícula del GPR, facilitando la integración de los datos con los mapas del proyecto. Finalmente, los datos del GPR se procesaron con el software RADAN 7 para filtrar el ruido y mejorar la calidad de la señal.

Durante esta tercera fase, primero se removió mecánicamente la capa superficial del suelo, eliminando así las perturbaciones y permitiendo que el radar GPR pudiera recopilar datos de mayor calidad. Con la ayuda de un especialista, se probó una antena GPR de 2.5 GHz de alta resolución para mejorar la calidad en la imagen de resonancia magnética en la cuadrícula 7, ubicada sobre el enterramiento ya conocido.

Para probar a fondo la eficacia del GPR, se realizó otra prueba en una de las cuadrículas utilizando un GSSI FLEX NX emparejado con un NX25. Este análisis, con intervalos de 25 cm a unos 4 metros al suroeste del DD-42, identificó tres anomalías que podrían ser restos precontacto. Sin embargo, estas anomalías eran tenues y aisladas, y pudieron ser causadas por otros elementos no relacionados con enterramientos. Las ubicaciones de estas irregularidades fueron registradas para futuras investigaciones.

Aunque otra cuadrícula más pequeña de 1 x 1 m, con intervalos de 2 cm, mostró anomalías que posiblemente pertenecen a restos humanos, se concluyó que realizar este proceso en un cementerio grande no sería práctico debido al tiempo que toma. A pesar de que remover la capa superior mejoró los datos, la falta de contraste entre los enterramientos y el suelo continuó siendo un problema. En el informe final se recomendó excavar las anomalías para su verificación. Una vez se lleve a cabo esta recomendación, la información resultante se podrá añadir a la base de datos.

En general, el GPR no fue capaz de identificar enterramientos precontacto en

depósitos de arcilla compacta con mínima diferenciación entre enterramientos y el subsuelo natural. Sin embargo, la herramienta no deja de ser una alternativa viable para identificar elementos en el subsuelo y en otros contextos arqueológicos. El uso del GPR en proyectos como el del río La Plata ayuda a transformar la manera en que los especialistas en arqueología de la OECH pueden consultar y validar datos arqueológicos de forma remota. Aunque este método aún no es más rápido que la excavación tradicional, a medida que la tecnología y la calidad de las imágenes avancen, los especialistas podrán reconocer patrones en futuras evaluaciones sin necesidad de causar alteraciones directas a los recursos arqueológicos, teniendo siempre presente que estos recursos no son renovables.

Los sitios arqueológicos y los edificios históricos son más que objetos de estudio; son el registro de nuestra evolución social, tecnológica y cultural. Al protegerlos, no solo conservamos el pasado, sino que además salvaguardamos nuestra memoria colectiva, nuestra identidad y el conocimiento de quiénes somos. En un mundo globalizado y en constate cambio, entender nuestra

historia es vital para construir un futuro sostenible y consciente. La tecnología nos brinda las herramientas para lograrlo de una manera más eficiente y menos intrusiva. Ahora bien, depende de nosotros utilizar estas herramientas de forma responsable para asegurar que las futuras generaciones tengan la oportunidad de aprender de su historia.

Tanto la Oficina Estatal de Conservación Histórica como muchas otras agencias gubernamentales, investigadores y desarrolladores están marcando un hito en la protección del patrimonio cultural al adoptar tecnologías innovadoras. La Oficina no se limita a cumplir con su misión de conservar propiedades históricas para asegurar su protección y el desarrollo, sino que también busca establecer un nuevo estándar para la conservación histórica en la era digital. ■



Peter Leach, arqueólogo especializado en técnicas de GPR, estuvo a cargo de esta parte en el trabajo de campo, mayo 2025. Fuente: Joost Morsink, "Phase III Data Recovery Excavation of Archaeological Site DD-42, Río de la Plata Flood Damage Reduction Project, Dorado, Puerto Rico, Field Update - Rotation 1"; Informe técnico preparado para el US Army Corps of Engineers, Jacksonville District (USACE, JAX).



Especialista en GPR utilizando el FLEX NX conectado al NX25. Fuente: Joost Morsink.



El especialista señala en la imagen una anomalía sobre la ubicación del enterramiento previamente identificado. Fuente: Joost Morsink.

Belleza desnuda: Un estudio de condiciones y análisis instrumental de las superficies de hormigón expuestas en la Parroquia Nuestra Señora del Carmen en Cataño

Héctor J. Berdecía Hernández
Frank G. Matero

Como fenómeno del siglo XX, la arquitectura moderna de mediados de siglo no puede entenderse plenamente sin comprender el papel protagónico de los materiales y las nuevas tecnologías constructivas, en este caso, el hormigón. En las últimas décadas, los debates sobre esta arquitectura se han centrado en cuestiones relacionadas con su conservación: representación, integridad y sostenibilidad. Durante este tiempo, esta ha ido ganando reconocimiento como parte de nuestro patrimonio construido común, por lo que ahora es necesario conservarla y protegerla.¹

No obstante, el estudio del movimiento moderno en la arquitectura ha privilegiado las narrativas estético-visuales, dejando de lado el análisis de las tecnologías y materiales de construcción. Por ejemplo, la historiografía tradicional de este movimiento arquitectónico no presta atención a la variedad de terminaciones o acabados arquitectónicos aplicados, aun cuando fueron ampliamente utilizados por los arquitectos de la época. Esta omisión ha contribuido a la noción de que en este tipo de arquitectura solo predominan las superficies planas pintadas de blanco y hormigón expuesto.² La falta de investigaciones técnicas especializadas ha impedido interpretaciones precisas para proyectos de restauración, ha provocado la pérdida de integridad de edificaciones de la época y ha generado una comprensión incompleta del periodo.

El uso de tecnologías de construcción experimentales en la época es uno de los principales desafíos del patrimonio moderno, ya que a veces los sistemas resultantes tienen una vida útil limitada y conllevan retos de conservación y costos elevados de restauración.³ Al tratarse de tecnologías experimentales, el conocimiento de los materiales y de su rendimiento general es bastante limitado.⁴ Además, la expectativa de novedad y de apariencia prístina de los materiales de construcción afecta la percepción de los edificios modernos a lo largo del tiempo, sobre todo cuando comienzan a deteriorarse.⁵ El uso de hormigón expuesto y los acabados de hormigón rugoso en estas construcciones son un buen ejemplo. Estos son propensos a mostrar patrones de deterioro o superficies imperfectas que, a menudo, terminan siendo pintadas, lo que afecta tanto su aspecto como su integridad.

Hasta la década de 1970, el cemento Portland y el hormigón armado se percibían como materiales muy duraderos que no requerían mantenimiento. A la par con esta idea, la disponibilidad de este cemento y la relativa facilidad de su mezcla, aplicación y ensamblaje lo convirtieron en un método de construcción atractivo, especialmente para trabajadores no diestros. Bajo esta concepción, no eran habituales las medidas de protección de edificaciones —como la

¹ Ivo Hammer, "The Original Intention – Intention of the Original?: Remarks on the Importance of Materiality Regarding the Preservation of the Tugendhat House and other Buildings of Modernism", in *The Challenge of Change: Dealing with the Legacy of the Modern Movement - Proceedings of the 10th International DOCOMOMO Conference*, ed. Dirk van den Heuvel, Maarten Mesnan, Wido Quist and Bert Lemmens (Delft University Press & IOS Press, 2008), 369.

² Hammer, "The Original Intention – Intention of the Original?," 370.

³ Susan D. Bronson and Thomas C. Jester, "Conserving the Built Heritage of the Modern Era: Recent Developments and Ongoing Challenges", *APT Bulletin: The Journal of Preservation Technology* 28, no. 4 (1997): 4.

⁴ Por ejemplo, los edificios de la era moderna se han caracterizado por sus deficientes problemas de drenaje y gestión del agua, y el hormigón se promocionaba como un material que no requería mantenimiento. Véase Kiran Joshi, ed., *Corbusier's Concrete: Challenges of Conserving Modern Heritage-Proceedings of Seminar on Conservation of Le Corbusier's Work in Concrete, Chandigarh, 11-13 February 2002* (Chandigarh Perspectives/Chandigarh College of Architecture, 2005), 15.

⁵ ICOMOS International Committee on Twentieth Century Heritage (ISC20C), *Approaches to the Conservation of Twentieth-Century Cultural Heritage: Madrid-New Delhi Document* (ICOMOS- International Committee on Monuments and Sites, 2007), 4.



Parroquia Nuestra Señora del Carmen en su contexto urbano: arriba, circa 1965; abajo, diciembre de 2019. Fuentes: Colección Henry Klumb, AACUPR, y Héctor Berdecía Hernández.

impermeabilización mediante detalles arquitectónicos o revestimientos protectores— ni las prácticas regulares de inspección y mantenimiento. Ante el inminente deterioro de los materiales constructivos, la falta de protocolos y de conocimiento sobre su protección y mantenimiento, durante las décadas de 1970 y 1980 surgió un auge en las investigaciones sobre el hormigón.⁶ Por nuestro clima tropical, estos fenómenos de deterioro son aún más prominentes, por lo que requieren atención y estudios técnicos específicos ajustados a nuestro entorno caribeño.

A pesar de lo mucho que se ha estudiado sobre la historia y las ideologías de la arquitectura moderna en el Caribe español, una comprensión más completa y matizada de sus expresiones regionales solo se revelará a través de estudios profundos de cada edificio que contribuyó a su desarrollo. En este sentido, es inminente estudiar cómo arquitectos modernos como Henry Klumb exhibieron el hormigón en su potencial plástico y estructural en proyectos como la Parroquia Nuestra Señora del Carmen en Cataño. Aunque mucho se ha escrito sobre la obra de Klumb desde una perspectiva histórica y regional, es necesaria una comprensión más completa de sus materiales y métodos de construcción, específicamente del uso de tecnologías y acabados de hormigón.

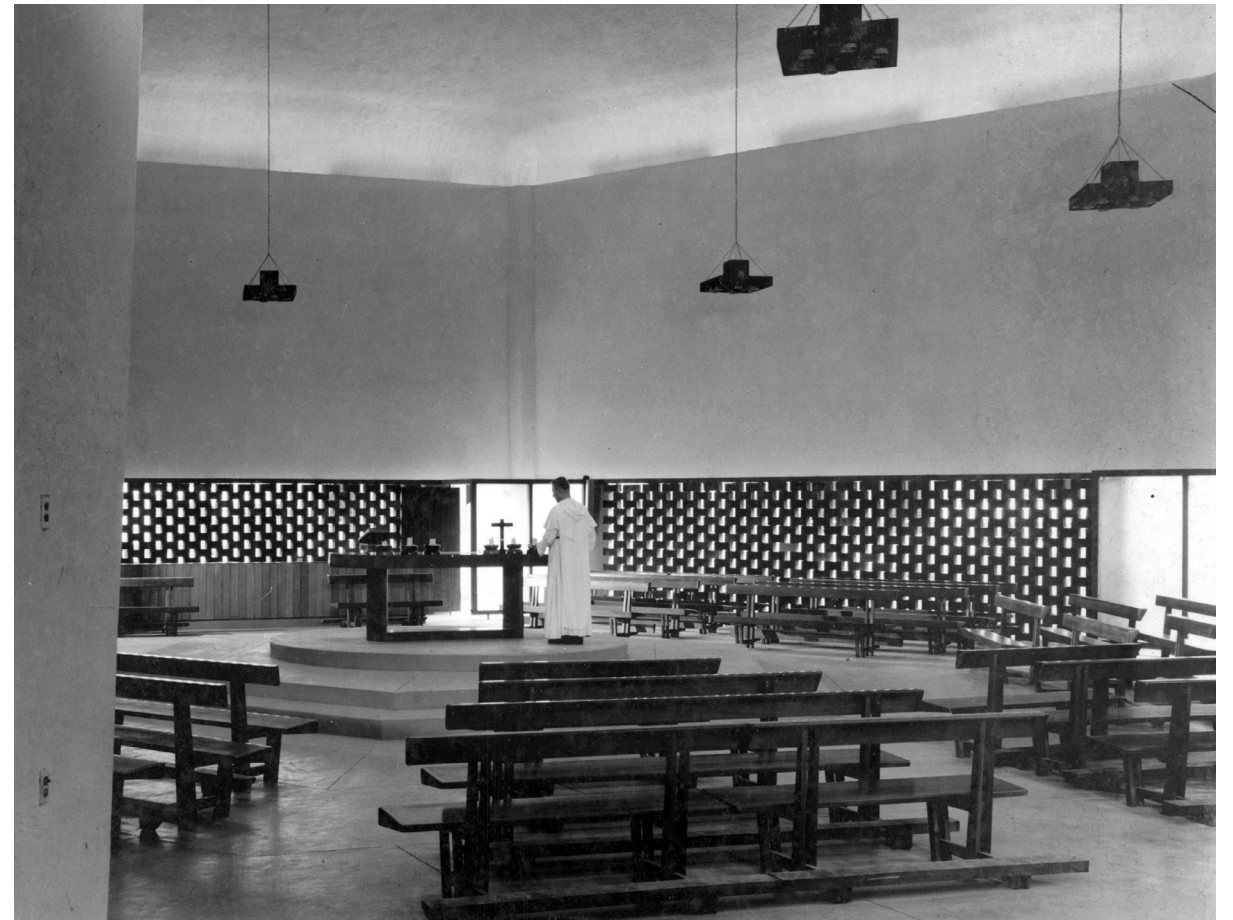
La intención original de una edificación histórica—especialmente cuando ha sido diseñada por un arquitecto— es un aspecto crítico que orienta la conservación. Dada la relevancia arquitectónica de la Parroquia del Carmen, esta investigación busca recuperar y comprender la visión original de Henry Klumb para las superficies exteriores del edificio, al tiempo que explora cómo esa intención puede hacerse nuevamente visible en el presente. El propósito de

esta investigación es apoyar trabajos prospectivos de restauración de la Parroquia del Carmen y, al mismo tiempo, profundizar en el conocimiento de las tecnologías del hormigón de mediados del siglo XX en Puerto Rico y del legado de Klumb, más allá de las mencionadas líneas tradicionales de investigación.

LA PARROQUIA NUESTRA SEÑORA DEL CARMEN

La Parroquia Nuestra Señora del Carmen fue fundada en 1893 en el pueblo de Cataño con un humilde edificio en madera, reemplazado entre 1904 y 1905 por una pequeña iglesia neoclásica de mampostería. En la década de 1950, la Orden de los Dominicos decidió ampliar la iglesia.⁷ La necesidad de un espacio más grande para celebrar los cultos semanales de la creciente congregación del pueblo⁸ hizo necesaria la demolición de la estructura existente y la construcción de un nuevo edificio. En 1957, los dominicos encargaron al arquitecto Henry Klumb el diseño de una iglesia moderna, que se inauguró en junio de 1962 con capacidad para 500 personas. Desde ese momento, la Parroquia del Carmen ha permanecido relativamente inalterada. Sin embargo, los esfuerzos por mantener y “mejorar” el edificio a lo largo de los años, incluidas la aplicación de pintura sobre los exteriores originales de empañetado de cemento expuesto y la eliminación del altar central, han contribuido a que se malinterprete y subestime una de las obras más significativas de Klumb en las islas.⁹

La Parroquia del Carmen fue construida durante el reinado del papa Juan XXIII—cuando el Concilio Vaticano II comenzó a convocarse— y en medio de un proceso de expansión y evolución de la Iglesia católica local. En este contexto, el diseño de Klumb, inspirado



Distribución espacial original de la nave, ca. 1963. El altar central estaba rodeado por bancos de caoba, también diseñados por Klumb. El espacio estaba iluminado por lámparas diseñadas a la medida e iluminación indirecta mediante bombillas entre las paredes inclinadas y la cúpula. Fuente: Colección Henry Klumb, AACUPR.

en las iglesias litúrgicas del reavivamiento europeas,¹⁰ “marcó otra forma de interpretar el culto católico”,¹¹ impactando sobre todo esta pequeña comunidad religiosa tradicional. La Iglesia del Carmen puede considerarse no solo un “ejemplo temprano del uso del *béton brut*”, como afirma el Dr. Vivoni-Farage, sino también un edificio que ejemplifica e ilustra las tendencias de la arquitectura religiosa moderna de los años sesenta y la madurez de los conceptos de diseño de Klumb de iglesias anteriores.¹²

HENRY KLUMB Y LA PARROQUIA DEL CARMEN

Heinrich «Henry» Klumb fue un arquitecto de origen alemán que llegó a los Estados Unidos tras completar su formación en Colonia, Alemania, en 1927. Discípulo del arquitecto Frank Lloyd Wright, su llegada a Puerto Rico en 1944 marcó el comienzo de una nueva dirección arquitectónica para la Isla, lo que le ha valido el reconocimiento como padre de la arquitectura moderna en Puerto Rico. De los muchos proyectos que diseñó, sus iglesias se

6 David Odgers, ed., *Practical Building Conservation: Concrete* (English Heritage, 2012), 72.

7 La Dra. Rosa Otero señala que hubo conversaciones sobre la demolición de la antigua Iglesia del Carmen desde 1953. Sin embargo, el padre Félix Struik, O.P., menciona que la Orden de los Dominicos estaba considerando la construcción de un nuevo edificio desde la década de 1940. Las conversaciones probablemente comenzaron cuando se le hicieron numerosas reparaciones a la iglesia original como consecuencia de los diferentes huracanes que pasaron por Puerto Rico en la primera mitad del siglo XX. Véase Rosa Otero, “Permeable Walls and Place Recognition in Henry Klumb’s Architecture of Social Concern” (Ph.D. Diss., University of Pennsylvania, 2005), 59, 262; y Félix Struik, O.P., “Centenario de la Parroquia del Carmen de Cataño 1893-1993” (manuscrito sin publicar, Archivo Parroquial, Parroquia Nuestra Señora del Carmen, 1993).

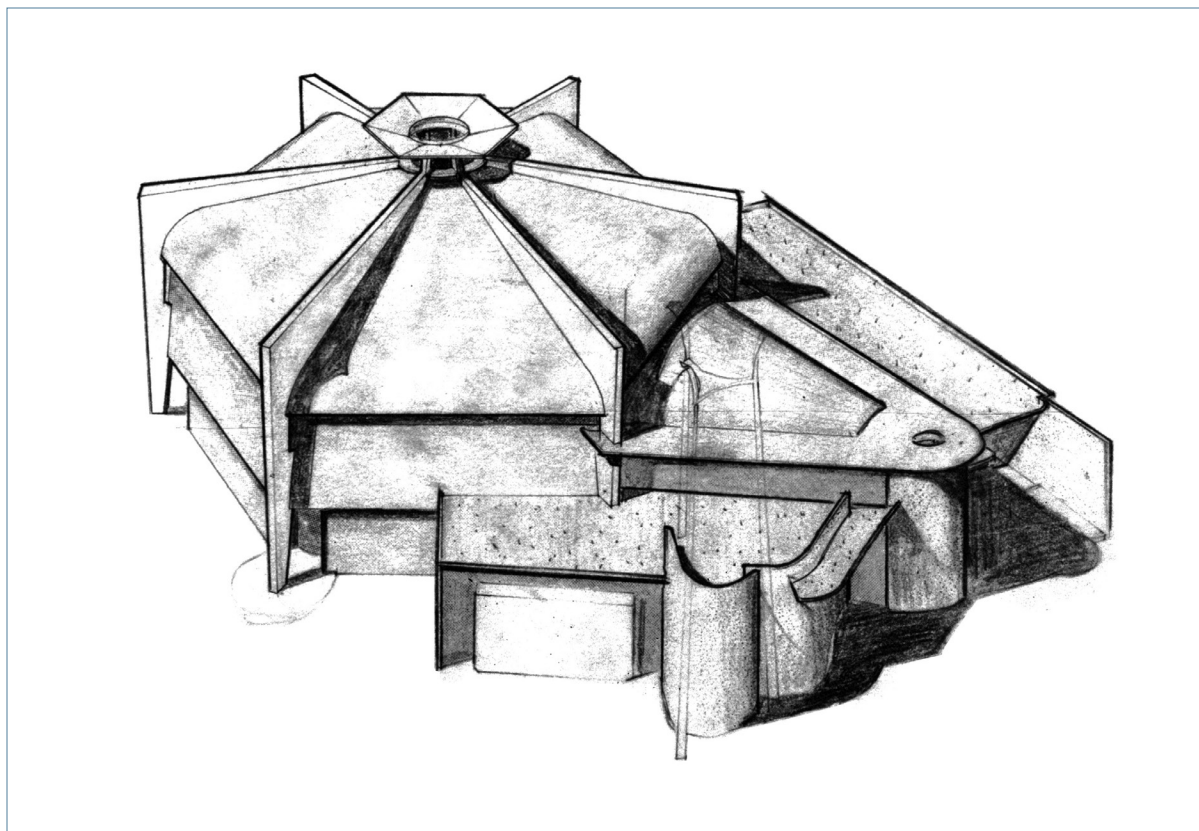
8 En el *Special Report on Municipalities of Puerto Rico* (1964), que incluye a Cataño, se menciona que “[In] Cataño [...] Manufacturing activities of the municipality are related to 32 enterprises of many types and sizes [...] The major part of the manufacturing operations are carried on by plants promoted by the Puerto Rico Industrial Development Company. These plants produce batteries, cast iron soil pipes and fittings, perfumes, soaps, food and kindred products, rum, elastic yarn, and concrete reinforcing rods. Bacardi rum is probably the most widely known product manufactured in Cataño. The municipality is surrounded by major manufacturing operations located in the outer areas of adjacent municipalities. These include Caribbean Oil Refinery, the flour and feed mills of Molinos de Puerto Rico, the Old San Juan Distilling Company, a subsidiary of Schenley Industries, Inc., and plants producing glass, cement, paper, and electric products”. En Government Development Bank for Puerto Rico, *A Special Report on Municipalities of Puerto Rico: Cataño, Dorado, Toa Baja, Utuado, Vega Baja* (Commonwealth of Puerto Rico, May 1964), 10.

9 A pesar de la irrupción de la arquitectura religiosa en el movimiento internacional de la arquitectura moderna, existen pocas investigaciones relacionadas con las iglesias modernas latinoamericanas y caribeñas. En Puerto Rico, los estudios sobre la arquitectura eclesial se centran en los méritos históricos y estéticos, privilegiando a menudo las iglesias anteriores a 1900 y dejando de lado áreas cruciales como la tecnología de construcción, los usos, la historia social y los aspectos litúrgicos. Para una buena panorámica sobre el estado de la literatura relacionada con la arquitectura religiosa moderna latinoamericana y puertorriqueña, véase, de Héctor Balvanera Alfaro, “Arquitectura religiosa de las parroquias de la Arquidiócesis de San Juan de Puerto Rico, 1965-1995” (Tesis de maestría, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 2019).

10 La Dra. Otero menciona que “Klumb first encountered ideas of liturgical renewal during the 1920s with several circular and centralized churches were built in Europe before 1914, which Klumb may have visited”. El autor tomó nota de ello en la investigación archivística que realizó en el Archivo de Arquitectura y Construcción de la Universidad de Puerto Rico (AACUPR). Algunas de las iglesias encontradas en la Colección Henry Klumb son: la Iglesia de Währing por Otto Wagner; Iglesia de Sanatorium at Stein en Vienna; Iglesia de St. Rupert en Munich por Gabriel von Seidi; Iglesia de St. John en Manheim por Curjel and Moser; Iglesia de St. Mary en Spanday por Christoph Hehl, y una iglesia por Auguslin Pacher en Munich. Véase Otero, “Permeable Walls in Henry Klumb’s Architecture”, 59, 262.

11 Enrique Vivoni Farage, *La arquitectura del movimiento moderno en Puerto Rico: La obra de Toro y Ferrer y Henry Klumb* (Instituto de Arquitectura Tropical, 2012), 19.

12 Aunque Jorge Rigau menciona la iglesia como un “ejemplo temprano del uso del *béton brut*”, el concepto fue establecido por Le Corbusier en la década de 1950 en referencia a acabados de hormigón rugoso expuesto, como patrones de tablas de madera y agregado expuesto sobre hormigón. Véase Jorge Rigau Arquitectos PSC, “Architecture of the 1960s in Puerto Rico, 1958-1972”, *National Register of Historic Places Multiple Property Documentation Form* (Puerto Rico State Historic Preservation Office, 2019), 61; y Joshi, *Corbusier’s Concrete*, 40.



El diseño final de la Iglesia del Carmen se desarrolló entre enero y febrero de 1961. Fuente: Colección Henry Klumb, AACUPR.

consideran entre sus obras más extraordinarias y elogiadas. De estas, tres iglesias católicas, que recibieron gran publicidad en su época, figuran actualmente entre los mejores ejemplos de la arquitectura latinoamericana del siglo XX. En la Parroquia Nuestra Señora del Carmen, Klumb redefinió magistralmente la arquitectura sagrada tradicional de Puerto Rico con un lenguaje moderno que responde a las condiciones ambientales de la isla y nuestra gente.

El elemento más crucial de la Parroquia Nuestra Señora del Carmen es el uso del hormigón armado como medio estructural, y de los empañetados de cemento para revestir las paredes interiores y exteriores como elemento estético. Henry Klumb sabía que los materiales, incluidos los acabados, desempeñaban un papel clave a la hora de plasmar físicamente las ideas y principios de la *arquitectura orgánica*.¹³ El uso de bloques de hormigón como medio plástico en su fachada

norte, de forma notablemente escultórica, engaña a cualquiera que suponga que se trata de elementos moldeados *in situ*. Sin embargo, el dominio de Klumb del cemento Portland y de los elementos decorativos de hormigón, tanto en paredes como en suelos, sigue siendo un aspecto esencial poco estudiado de su obra.

El objetivo principal de esta investigación es explorar la intención del diseño original de Henry Klumb para la Parroquia del Carmen, entender las alteraciones realizadas a lo largo del tiempo, así como caracterizar los empañetados de cemento Portland, su composición y patrones de deterioro, con la intención de recomendar tratamientos adecuados para una limpieza prospectiva y la restauración de los exteriores.

METODOLOGÍA

Esta investigación sigue la metodología de un estudio de condiciones exhaustivo, herramienta clave

para evaluar de manera holística y técnica el estado de conservación de edificaciones y sitios históricos.¹⁴ Este tipo de estudio permite entender cómo se construyó el edificio, cómo ha sido utilizado y mantenido, y qué factores afectan actualmente su integridad estructural y material. La investigación se desarrolló en tres fases principales.

La primera fase consistió en la recopilación y análisis de documentación histórica sobre el edificio, incluyendo planos originales, fotografías, especificaciones de construcción, cartas y documentos financieros en distintas colecciones. Todos los documentos se digitalizaron y catalogaron, y luego fueron analizados para comprender el diseño, contexto histórico, técnicas constructivas y mantenimiento de la estructura.¹⁵ También se produjo documentación fotográfica arquitectónica y aérea, y se realizaron mediciones *in situ* para generar planos actualizados. Todo esto se complementó con una revisión de literatura sobre estudios similares y patologías en empañetados de cemento y hormigón, que permitió desarrollar una lista preliminar de los signos de deterioro.¹⁶

La segunda fase fue una evaluación física detallada de los exteriores del edificio, con énfasis en los empañetados de cemento Portland. La inspección incluyó hojas de datos específicas, pruebas de martillo de sonido,¹⁷ y documentación detallada de grietas, suciedad, reparaciones, crecimiento biológico y otras patologías. Se empleó una metodología integrada siguiendo las recomendaciones de B. Feilden.¹⁸ Como resultado, se evaluaron 27 elevaciones del edificio y se tomaron 8 muestras de distintas superficies arquitectónicas para análisis posteriores.

La información recopilada permitió identificar las principales causas de deterioro y establecer una base sólida para entender el edificio. Esta evaluación



Estado de los empañetados de cemento en pared del lado sureste de la iglesia. Fuente: Héctor Berdecia Hernández, 2020.

integral provee los fundamentos técnicos necesarios para formular recomendaciones informadas de tratamiento e intervención para los exteriores del edificio.

La tercera fase del estudio se enfocó en la caracterización fisicoquímica de los empañetados exteriores de la Parroquia Nuestra Señora del Carmen, mediante el análisis de las 8 muestras representativas extraídas tras la evaluación de condiciones existentes (Fase II).¹⁹ Estas muestras se seleccionaron estratégicamente para abarcar distintas técnicas de aplicación, sustratos y patrones de

14 Ed Fitzgerald, "Condition Assessment: Tips for Historic Building Owners", 31 de agosto de 2010, National Center for Preservation Technology and Training (NCPTT), National Park Service, US Department of the Interior.

15 Se consultaron los siguientes repositorios: el Archivo de Arquitectura y Construcción de la Universidad de Puerto Rico (AACUPR), la Biblioteca Santiago Iglesias, hijo de la Escuela de Arquitectura de la UPR, los Archivos de Arquitectura de la Universidad de Pennsylvania, así como visitas a otros archivos como el Centro de Investigaciones Históricas de la UPR y el Archivo Histórico Arquidiocesano de Puerto Rico.

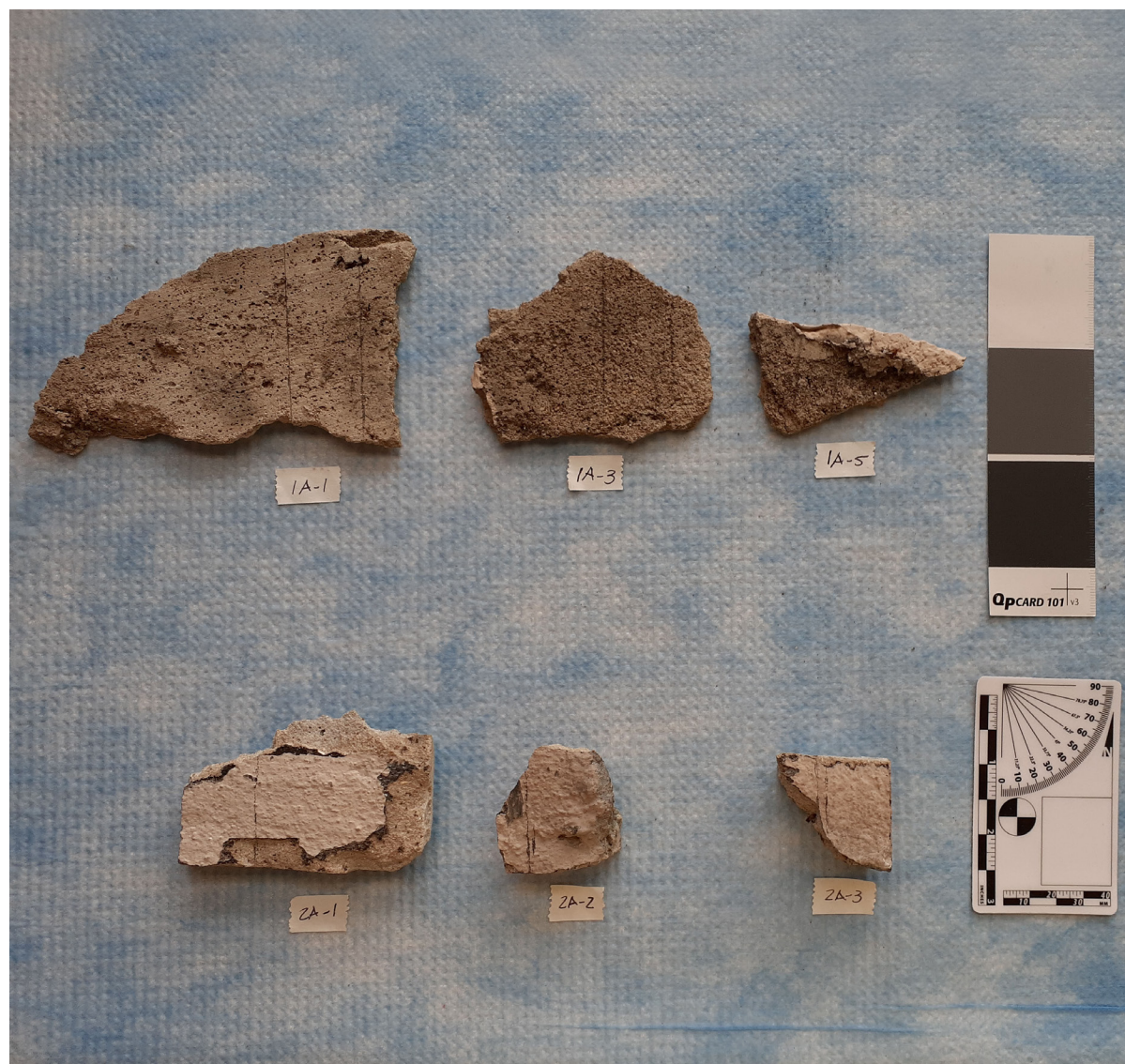
16 Algunos de los recursos consultados para esta investigación incluyen, pero no se limitan a: los volúmenes *Building Environment, Mortars, Renders & Plasters* y *Concrete*, de la serie *Practical Building Conservation* (2012-2014), de English Heritage; los libros *Concrete Building Pathology* (editado por Susan Macdonald, 2008), *Building Pathology: Principles and Practices*, 2^{da} ed (de David Watt, 2007) y *Conservation of Historic Buildings*, 3^{ra} ed. (de Bernard Feilden, 2003); y las guías técnicas ACI 201.1R-08 – *Guide for Conducting a Visual Inspection of Concrete in Service*, ASTM C125-19 – *Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates* y ACI CT-18 – *ACI Concrete Terminology* del American Concrete Institute, *The Investigation and Repair of Historic Concrete* de ICOMOS Australia, y *Historic Concrete in Scotland Part 2: Investigation and Assessment of Defects* de Historic Scotland.

17 Esta prueba se utiliza para localizar zonas desprendidas del empañetado y hormigón. Véase ACI Committee 506, *Guide for the Evaluation of Shotcrete*, ACI506.4R-94 (American Concrete Institute, 1994), 3.

18 Bernard M. Feilden, *Conservation of Historic Buildings*, 3^{ra} ed. (Architectural Press/Taylor & Francis Group, 1994), 205-216.

19 Las muestras 1A, 2A y 4 fueron fragmentadas y utilizadas en otros análisis instrumentales como PLM, XRD y pruebas de sales. De la muestra 1A, un total de siete (7) muestras fueron extraídas (1A-1, 1A-2, 1A-3, 1A-4, 1A-5, 1A-6, 1A-7). De la muestra 2A, un total de siete (7) muestras fueron extraídas (2A-1, 2A-2, 2A-3, 2A-4, 2A-5, 2A-6, 2A-7). De la muestra 4, un total de tres (3) muestras fueron extraídas (4-1, 4-2, 4-3).

13 Henry Klumb, "Wright, the Man", julio 1974, Caja 83.22, Colección Henry Klumb, AACUPR. Este ensayo también fue publicado en Frederick Gutheim, ed., *In the Cause of Architecture Frank Lloyd Wright: Wright's Historic Essays for Architectural Record 1908-1952, with a Symposium on Wright and Architecture* (Architectural Record, 1974), 12-15.



Preparación de muestras para análisis con estereomicroscopía. Fuente: Héctor Berdecia Hernández, 2020.

deterioro, con el fin de comprender la composición, microestructura y comportamiento de los materiales cementosos utilizados en un entorno tropical-marino. Los análisis instrumentales complementan y ayudan a obtener “la información necesaria para la evaluación crítica de estructuras históricas”.²⁰ Todos estos análisis se aplican en la investigación del hormigón y materiales cementosos, además de ser esenciales para el diagnóstico y la formulación de intervenciones de conservación basadas en la evidencia científica.

ANÁLISIS INSTRUMENTAL - CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

Los objetivos de la investigación se centraron en conocer cuatro aspectos clave: (1) la composición y técnica de aplicación de los empañetados, (2) el efecto del diseño y los materiales sobre su desempeño, (3) la naturaleza microscópica del deterioro, y (4) los tratamientos superficiales aplicados a lo largo del tiempo. A partir de estas interrogantes, se definió un programa analítico que incluyó: observación estereoscópica preliminar, pruebas de

carbonatación con fenolftaleína, análisis de sales solubles (cloruros, nitratos, sulfatos), absorción de agua con microgotas,²¹ análisis petrográfico (microscopía óptica), difracción de rayos X (XRD), pruebas químicas puntuales, y microscopía electrónica de barrido con espectroscopía de dispersión de energía (SEM-EDS).

Las pruebas de carbonatación²² con fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$) permitieron visualizar la pérdida de alcalinidad en los empañetados. La presencia de sales solubles fue detectada a través de tiras reactivas, confirmando la exposición sostenida a contaminantes ambientales, común en entornos costeros. La prueba de absorción con microgotas evidenció variaciones en la porosidad de las muestras, útil para evaluar su vulnerabilidad frente a la humedad.

El análisis petrográfico, mediante secciones delgadas observadas bajo microscopía de luz polarizada, facilitó la identificación de agregados, tipos de aglutinantes, microestructura, vacíos y signos de deterioro.²³ Esta técnica fue fundamental para corroborar la composición basada en cemento Portland y arenas de origen biogénico. El análisis completo se realizó con un Axioscopio Zeiss A1 y se tomaron fotomicrografías con luz reflejada y luz polarizada. Por otro lado, la difracción de rayos X (XRD)²⁴ permitió identificar las fases cristalinas presentes, tanto originales como producto de alteraciones, tales como aragonita, brucita y minerales sulfurados (pirrotita y pirita), que sugieren procesos de ataque interno por sulfatos.

Además, se realizó una prueba química puntual para identificar la presencia de agregados ferrometálicos en la muestra del domo (2A), que reaccionaron positivamente al ferrocianuro potásico y tiocianato de amonio, revelando la presencia de hierro (Fe^{3+}). Los resultados de esta prueba fueron corroborados a través de la microscopía electrónica de barrido-espectroscopía de dispersión de energía

de rayos X (SEM-EDS), que permitió mapear la distribución elemental de las muestras 2A y 3A.²⁵ Las pruebas con SEM-EDS revelaron además detalles sobre la morfología, textura superficial y posibles productos de corrosión o alteración.²⁶

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE CONDICIONES *IN SITU*

La evaluación de las condiciones existentes en la Parroquia del Carmen confirmó el uso de tres sistemas estructurales distintos de hormigón armado: (1) un sistema de mampostería de bloques de hormigón armado para los muros perimetrales e interiores; (2) hormigón vertido *in situ* (*cast-in-place*) para los techos, las columnas estructurales y la cúpula; y (3) paneles verticales prefabricados de hormigón como elementos decorativos en la fachada norte. El empañetado de cemento Portland se aplicó ampliamente como material de acabado sobre los sustratos de hormigón vertido *in situ*. No se aplicó empañetado a los paneles prefabricados. Aunque esto no está confirmado, existe una probabilidad razonable de que el cemento Portland y otros materiales utilizados para la construcción de la iglesia fueran de origen local.²⁷

La investigación en sitio constató que originalmente se aplicó una “piel” continua de empañetado a base de cemento Portland en todo el exterior del edificio, en consonancia con el vocabulario arquitectónico más amplio y las preferencias materiales de Henry Klumb. Sin embargo, el estado actual de estas superficies se ha alterado sustancialmente debido a intervenciones posteriores, incluida la aplicación de al menos dos capas de pinturas exterior no originales, observadas tanto visualmente como mediante la toma de muestras. Las losas del techo y las superficies de la cúpula presentan revestimientos contemporáneos, entre ellos compuestos impermeabilizantes blancos y membranas asfálticas.

21 Esta prueba se describe en un libro inédito del Dr. José Delgado Rodrigues, investigador principal del Laboratorio Nacional de Ingeniería Civil de Portugal. La fuente fue provista por el Dr. George Wheeler. Un procedimiento similar fue descrito por el Dr. Delgado Rodrigues en A.P. Ferreira Pinto and J. Delgado Rodrigues, “Assessment of the Durability of Water Repellents by Means of Exposure Tests”, en *Proceedings of the 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, vol. 2, ed. Vasco Fassina (Elsevier, 2000), 273-285.

22 Udo Ludwig, “Durability of Cement Mortars and Concretes”, en ASTM STP 691 - *Durability of Building Materials and Components*, ed. P. J. Sereda and G. G. Litvan (American Society for Testing and Materials, 1980), 270.

23 Alan B. Poole and Ian Sims, *Concrete Petrography: A Handbook of Investigative Techniques*, 2nd ed. (CRC Press-Taylor & Francis Group, LLC, 2016), 13.

24 Barbara L. Dutrow and Christine M. Clark, “X-ray Powder Diffraction (XRD)”, *Geochemical Instrumentation and Analysis*, Science Education Resource Center (SERC)-Carleton College, 2007, <https://serc.carleton.edu/18400>.

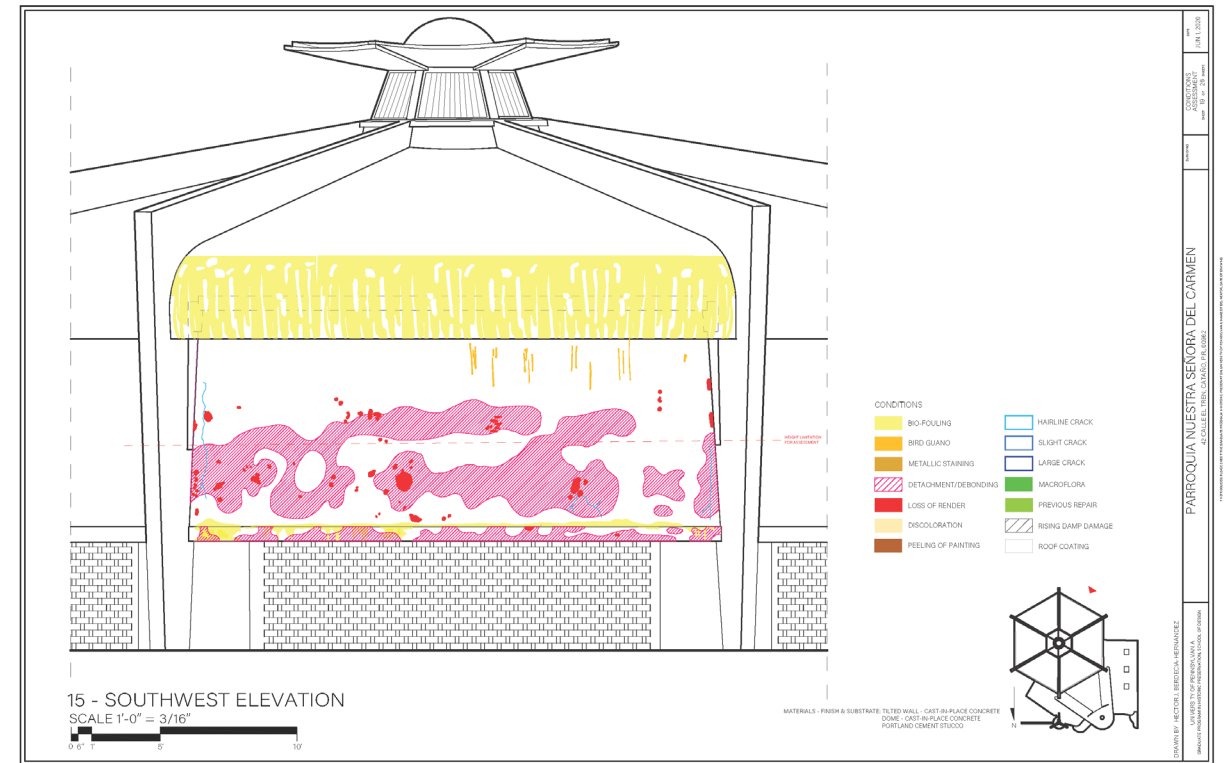
25 El análisis microquímico se realizó únicamente a la muestra 2A, mientras que el análisis mediante SEM-EDS solo se realizó en las muestras 2A y 3A.

26 Otros análisis instrumentales habituales en la industria son la microscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), los microscopios electrónicos de transmisión (TEM), la crio-SEM, la microestructura para identificar las propiedades del hormigón y la microscopía de rayos X. 27 Las políticas socioeconómicas del Partido Popular Democrático (PPD), entre ellas, Operación Manos a la Obra, junto con la creciente prosperidad tras la Segunda Guerra Mundial, propiciaron en Puerto Rico un auge de la industria de la construcción entre los años cincuenta y sesenta. Las dos fábricas de cemento de las islas utilizaban cal, agregados y otros materiales de origen local. Esto fue clave en el desarrollo de una fuerte industria local del hormigón.

20 Jeanne Marie Teutonico, *A Laboratory Manual for Architectural Conservators* (ICCROM, 1988), vii.

Tabla de calendario y distribución de muestras por tipo análisis instrumental.

ANÁLISIS INSTRUMENTAL	PROPIEDADES A EVALUARSE	MUESTRAS A UTILIZARSE	FECHA Y LUGAR EN QUE SE REALIZÓ
Estereomicroscopio	Caracterización preliminar de las muestras	Todas las 8 muestras	26 de enero de 2020 en ACL
Carbonatación - Fenolftaleína	Identificación cualitativa (preliminar) de los índices de carbonatación	Todas las 8 muestras	12 y 14 de enero de 2020 <i>in situ</i>
Análisis semicuantitativo de sales	Identificación de sales nocivas que afectan a los empañetados y al hormigón	Todas las 8 muestras	30 de agosto de 2020 en CAC
Prueba de absorción con microgotas	Evaluación de las diferencias aproximadas en los índices de absorción de agua de los empañetados	7 muestras (1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 4 & 5)	20 de agosto de 2020 en CAC
Prueba de manchas microquímicas	Caracterización - Identificación del tipo de agregado metálico-ferroso (composición) en el empañetado de la cúpula.	1 muestra (2A)	20 de agosto de 2020 en CAC
Microscopía de luz polarizada (PLM) / Petrografía	Caracterización de la composición, mano de obra y microestructura del empañetado Identificación de componentes nocivos	12 muestras (1A-1, 1A-3, 1A-5, 1B, 2A-1, 2A-2, 2A-3, 2B, 3A, 3B, 4-1, 5)	29 de julio al 19 de agosto de 2020 en CAAM
Espectrometría de difracción de rayos X (XRD)	Caracterización de los componentes de la mezcla (composición) Identificación de fases minerales y cristalinas - sales deletéreas y otros componentes	Todas las 8 muestras	27, 28 y 31 de agosto de 2020 en LRSM
Microscopía electrónica de barrido -Espectroscopía de dispersión de energía de rayos X (SEM-EDS)	Caracterización - Identificación de agregados metálicos-ferrosos en empañetado de la cúpula y pintura (composición) Identificación de fases minerales y cristalinas - componentes deletéreos	2 muestras (2A & 3A)	7 de agosto y 8 de septiembre de 2020 en LRSM



Ejemplo de elevación con notas y condiciones marcadas durante la evaluación *in situ*. Dibujos desarrollados por Héctor Berdecia Hernández, 2020.

Durante la investigación de campo se inspeccionaron un total de 69 elementos exteriores en 27 elevaciones.²⁸ Se documentaron diez (10) condiciones de deterioro, cinco de las cuales se consideraron principales debido a su prevalencia y a su impacto potencial en el rendimiento de los materiales constructivos: (1) agrietamiento; (2) desprendimiento incipiente del empañetado; (3) pérdida y descamación del empañetado; (4) suciedad biológica (biomanchas); y (5) crecimiento de macroflora. Estas condiciones sugieren una vulnerabilidad del material a largo plazo, agravada por la exposición a las condiciones ambientales.

La ausencia de registros de mantenimiento y las observaciones en sitio indican que las prácticas de conservación del exterior han sido irregulares a lo largo del tiempo. La falta de mantenimiento sistemático, combinada con la escasez de recursos financieros y técnicos y la evolución de las exigencias funcionales

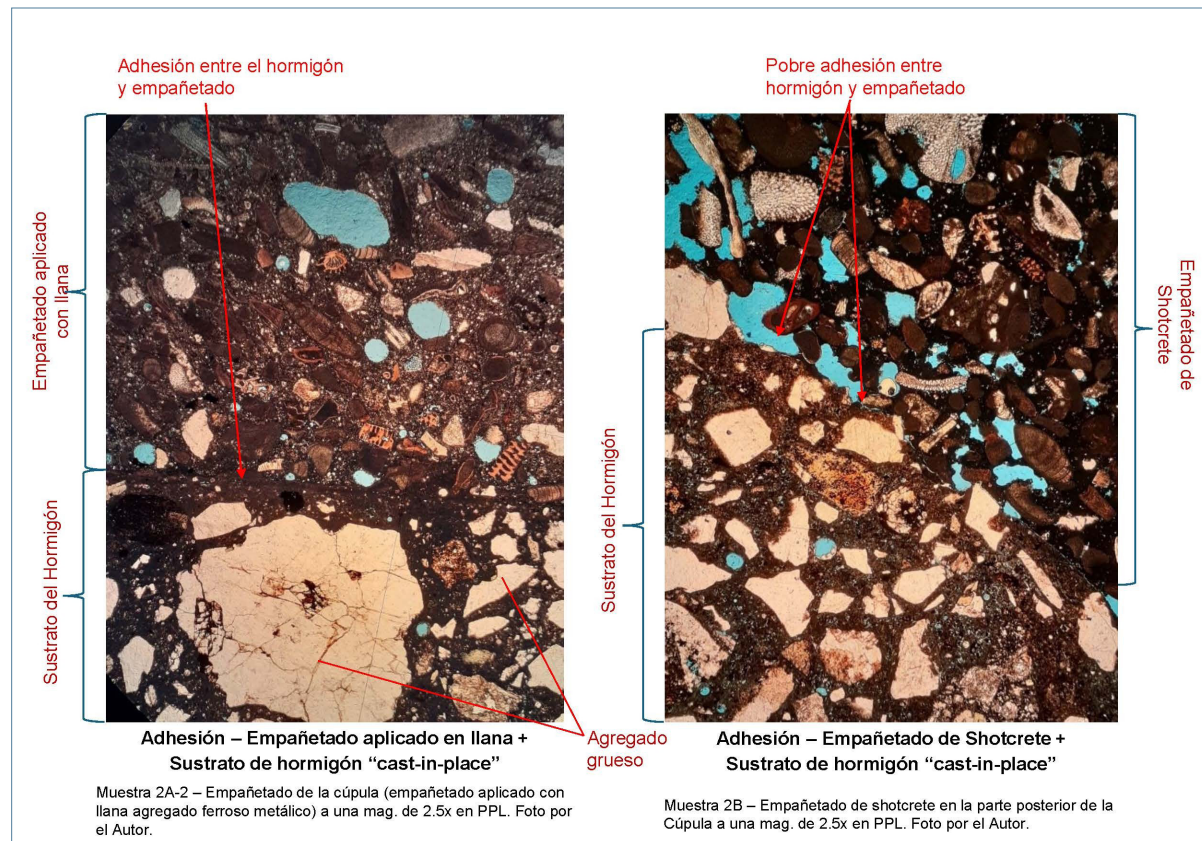
del edificio, ha contribuido a la degradación de los materiales, especialmente en superficies horizontales como la cúpula y las losas de techo. Además, las incoherencias entre las especificaciones de los archivos y las condiciones existentes sugieren alteraciones significativas durante la fase de construcción, sobre todo a raíz de un anuncio de licitación (*Notice for Bidders*) fechado en abril de 1961, que probablemente autorizaba el uso de acabados de aplicados por pulverización o “shotcrete”.

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO

Los análisis de laboratorio confirmaron el uso de tres (3) formulaciones distintas de empañetado y dos métodos principales de aplicación en el exterior del edificio: (1) un empañetado tradicional de cemento Portland aplicado con llana en dos capas; (2) un empañetado modificado con agregado ferro-metálico, utilizado exclusivamente en la cúpula;²⁹ y (3) un

28 La elevación 9, que es la losa de techo, no forma parte de estas 27 elevaciones.

29 Michael T. Kubal menciona el uso de limaduras de hierro finas en mezclas de morteros para impermeabilización de superficies como “uno de los métodos más antiguos” que se patentó en 1906 y que son cuatro los sistemas específicos de impermeabilización: metálico, sistemas capilares, sistemas de aditivos químicos y sistemas modificados con acrílico, todos ellos basados en el uso de cemento Portland, arena y un “agente impermeabilizante activo”. El sistema metálico utiliza limaduras de hierro. Por otro lado, tanto I. L. Glassgold como Anne T. Sullivan mencionan el uso de limaduras de hierro como aditivos para mezclas húmedas antes de la Segunda Guerra Mundial. Véase Michael T. Kubal, *Construction Waterproofing Handbook* (McGraw-Hill, 2000), 2.26; I. L. Glassgold, *SP 128-19 Shotcrete in the United States: A Brief History* (American Concrete Institute, 1991), 301; y Anne T. Sullivan, “Shotcrete” in Thomas C. Jester, ed., *Twentieth Century Building Materials-History and Conservation*, 2nd ed. (Getty Conservation Institute, 2014), 71.



Muestras bajo análisis petrográfico en magnificación 2.5x en PPL. Fuente: Héctor Berdecía Hernández, 2020.

empañetado proyectado (*shotcrete*) de una sola capa, aplicado probablemente con el método de mezcla en seco,³⁰ localizado principalmente en la base de la cúpula y las columnas estructurales exteriores. Estas conclusiones fueron obtenidas mediante análisis petrográfico, SEM-EDS, difracción de rayos X (XRD), pruebas de absorción de agua (Microdrop) y microscopía de secciones transversales.

Todas las muestras analizadas contenían cemento Portland gris, en contradicción con los documentos históricos que sugerían el uso de cemento blanco.³¹ Los agregados finos utilizados fueron identificados como arena de playa biogénica, compuesta principalmente de aragonito y calcita. En la cúpula fue el único lugar donde se identificaron agregados finos de hierro (0.12-1.5 mm), probablemente añadidos

para reducir la porosidad mediante expansión por oxidación, sin alterar significativamente el color visible del material.

El método de aplicación tuvo un impacto directo en el rendimiento de los empañetados. Los acabados aplicados con lana presentaban menor porosidad, mayor compacidad y mejor adherencia al sustrato. En contraste, el *shotcrete* mostró porosidad elevada, vacíos irregulares y una adherencia débil, condiciones coherentes con las deficiencias documentadas del hormigón proyectado por vía seca, como microfisuras y descamación. En varias muestras, especialmente en las columnas estructurales, se observó una estratigrafía que incluía una base de hormigón *cast-in-place* y una capa de empañetado proyectado por encima.

30 Poole y Sims mencionan que "el exceso de huecos [...] se limita en gran medida a mezclas de hormigón más secas que no fluyen con facilidad. La condición extrema es cuando no se utiliza suficiente agua, de modo que el cemento y el agua no se dispersan completamente durante el mezclado, dando lugar a capas de cemento pegajoso que rodean a los agregados y que son casi imposibles de compactar." En Poole and Sims, *Concrete Petrography*, 354 (traducción del autor).

31 Este cambio en el cemento Portland puede deberse a razones de costos, pues los documentos del archivo sugieren que el proyecto se quedó sin dinero y el diseño de la iglesia se cambió completamente entre diciembre de 1960 y febrero de 1961. Debido a la falta de documentos sobre la fase de construcción posterior a mayo de 1961, no se encontró ninguna información específica relacionada con el cambio en los materiales de construcción en general.

Las pruebas de absorción de agua mostraron diferencias significativas: los estucos aplicados con lana absorbieron el agua más lentamente (10-28 minutos), con una retención de entre 34.3 % y 95.9 %, particularmente en las muestras con agregado de hierro. En cambio, el *shotcrete* absorbió el agua en períodos mucho más cortos (47 segundos a 3 minutos), con retenciones de solo 2.6 % a 5.5 %. La muestra de concreto prefabricado también mostró alta porosidad (2.5 % a 6.6 %).

El análisis microscópico no encontró evidencia de preparación de superficies (como texturización mecánica) ni de agentes adhesivos en los sustratos de concreto previo a la aplicación del empañetado, lo cual podría explicar los frecuentes fallos de adherencia. Se recomienda la microscopía de fluorescencia para un análisis más detallado.

A nivel microestructural y mineralógico, se detectó carbonatación en seis de las ocho muestras, sobre todo en capas porosas de *shotcrete*. El análisis XRD reveló la presencia de aragonito, brucita, pirrotita y piritita, lo que sugiere procesos de deterioro por exposición marina e infiltración de sales y sulfatos a través de agregados contaminados. También se detectaron cloruros y nitratos, indicativos de un entorno costero agresivo.

Finalmente, se identificaron capas de pintura a base de titanio y selladores asfálticos en la cúpula, aplicados en tiempos recientes. Aunque originalmente los documentos de construcción especifican los exteriores pintados, la evidencia analítica confirma que esta decisión fue revertida, favoreciendo un acabado de empañetado de cemento Portland expuesto, coherente con parte de la evidencia documental.

RECOMENDACIONES

Los exteriores de la Parroquia Nuestra Señora del Carmen están determinados por el color y la textura de su empañetado expuesto. Las superficies irregulares, suaves y rugosas del empañetado creadas por los diferentes métodos de aplicación ayudan a definir la forma del edificio y afectan el modo en que la luz tropical interactúa con la superficie. Estos elementos originales de la superficie, que son parte integral de la construcción del edificio, se han visto comprometidos por la pintura aplicada y el deterioro ambiental, despojando al edificio de todo su efecto estético original.

Aunque los estudios de tratamiento no forman parte de esta investigación, los resultados confirman

que el empañetado exterior era original del edificio —para unificar el aspecto exterior de los diferentes materiales del sustrato— y que la superficie sin pintar —empañetado de cemento expuesto— era de hecho la terminación que Klumb deseaba. Ante esto, se recomendó un programa de pruebas de limpieza para determinar las mejores opciones de tratamiento que remuevan la pintura de las superficies sin afectar al empañetado de cemento y que ayuden en la prospectiva restauración del edificio a sus superficies originales. Será necesario considerar y consultar con las partes interesadas, incluida la congregación, la apariencia definitiva del edificio.³² Las recomendaciones incluyen: (1) pruebas *in situ* de tratamientos de eliminación de pintura con el uso de métodos abrasivos de bajo impacto y limpieza secundaria de las superficies expuestas y (2) pruebas para mecánicas de adhesión de las superficies empañetadas para determinar el alcance total del desprendimiento y la viabilidad del uso de lechadas cementosas para su consolidación, así como la eliminación y sustitución de partes del empañetado original con formulaciones específicas.

CONCLUSIONES

Dado que los estudios científicos adecuados del tejido histórico y de la materialidad de un edificio suelen descuidarse en la arquitectura moderna, este estudio de caso muestra la importancia de las investigaciones *in situ* y el análisis de laboratorio. Los problemas de conservación de la Parroquia Nuestra Señora del Carmen revelan la necesidad actual y creciente de conciliar las consideraciones técnicas para conservar los empañetados de cemento y el hormigón expuesto, especialmente en el entorno tropical de Puerto Rico, con la intención de su diseño histórico y las realidades actuales. Lo contrario sería malinterpretar las múltiples caras de la modernidad del siglo XX a nivel local e internacional.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es el resultado de casi dos años de investigación, y fue posible gracias al apoyo y orientación del Dr. Enrique Vivoni Farage, la Arq. Beatriz del Cueto, el Arq. Héctor Balvanera, la Dra. Luz M. Rodríguez, Elena García, la Dra. Marie-Claude Boileau, y muchos mentores en la Universidad de Pensilvania, la comunidad eclesíastica y el personal de los archivos. ■

32 Susan Macdonald and Ana Paula Arato Gonçalves, *Conservation Principles for Concrete of Cultural Significance* (Getty Conservation Institute, 2020), 5.

Sobre la pintura mural en el edificio

Pere Rovira i Pons



Capella dels Dolors, Mataró, Barcelona. La pintura mural está asociada directamente al edificio y forma parte de su decoración. Fuente: Ramon Maroto, CRBMC.

LA PINTURA MURAL Y SU RELACIÓN CON EL ENTORNO ARQUITECTÓNICO: EL CARÁCTER ESPECÍFICO DE UNA PINTURA ARTÍSTICA

Las pinturas murales, desde el arte rupestre hasta los grafitis actuales, han sido expresión de la creación humana desde sus más remotos orígenes. Su deterioro

así como su destrucción, sea esta accidental o intencionada, representan una pérdida que afecta una parte significativa del patrimonio cultural del mundo.¹

Entendemos por *pintura mural* aquella decoración pictórica que se encuentra integrada en el interior o exterior de una construcción como parte consustancial



Retrato de un abuelo del pueblo de Penelles, en Lleida, Cataluña, realizado durante el festival Gar-Gar de 2016, que han denominado "street art rural". Autor: Sabotaje en el Montaje. Fuente: Ramon Maroto, CRBMC.

al edificio.² En contraposición a la pintura de caballete, la pintura mural no depende exclusivamente de sí misma, sino de la arquitectura que la rodea y del color y forma de los espacios inmediatos, que deben ser variados y contrastantes.³ Unida al muro y, por consiguiente, a la arquitectura, la pintura mural adquiere un estatus diferente al de aquella unida a un bien mueble. No solo difieren las condiciones materiales de ejecución, sino que, con la modificación del contexto, se modifica también la naturaleza íntima de la imagen; podríamos decir, su "estatus de realidad".⁴

Algunos autores consideran que la pintura mural está concebida para aplicarse sobre el muro, bien sea directamente o por medio de un soporte adicional (tela, papel, madera, etc.) susceptible de ser adherido a la pared, el techo o la cúpula.⁵ En todo caso, para efectos de este escrito, la característica esencial para considerar una pintura como mural es su interacción

directa con el muro y, consecuentemente, con la arquitectura y su entorno.

No hay que olvidar que la pintura mural tiene una relación orgánica con la arquitectura y depende de ella tanto en su conservación como en su consideración visual, de la cual es inseparable. Por esta razón, las que son trasladadas a museos suelen adolecer de esta deficiencia, y se convierten en pinturas enmarcadas, pero descontextualizadas.⁶

Como técnica, la pintura mural pertenece al mundo de la figuración plana,⁷ un arte producido de forma lógica y natural con la evolución de las sociedades, no tanto por los cambios estéticos impulsados por las ideas filosófico-religiosas como por las diferentes formas de representación que la tecnología y la ciencia de cada época han creado, desarrollado, desestimado y superado. A lo largo del tiempo, los estilos que han surgido en infinidad de lugares no han transformado en exceso las técnicas pictóricas aplicables a este arte,

¹ ICOMOS, *Principios para la preservación, conservación y restauración de pinturas murales*, ratificados por la 14ª Asamblea General del ICOMOS, en Victoria Falls, Zimbabue, octubre de 2003, 1.

² Ana Calvo, *Conservación y restauración. Materiales, técnicas y procedimientos: De la A a la Z* (Ed. Del Serbal, 1997).

³ Max Doerner, *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*, 4.ª edición (Reverté, 1982), 230-231.

⁴ Paolo Mora, Laura Mora y Paul Philippot, *La conservation des peintures murales* (Editrice Compositori, 1977), 31.

⁵ Jordi Gumí y Ramon Lluís Monllao, *Diccionari de tècniques pictòriques* (Edicions 62, 1988), 134.

⁶ José Fernández Arenas, *Introducción a la conservación del patrimonio y técnicas artísticas* (Ariel, 1996), 75.

⁷ Tal y como lo diferencia Corrado Maltese en su tratado *Las técnicas artísticas* (Cátedra, 1997).

puesto que los condicionantes de su ubicación en un edificio requieren de procesos pragmáticos, resistentes y perdurables. A partir del siglo XX, los materiales sintéticos derivados de los plásticos han posibilitado nuevas variedades pictóricas, que en pintura mural evolucionan paralelamente al desarrollo de otras formas de edificación.

Los materiales que pueden usarse en la pintura mural son muy variados, pues dependen del lugar, la época, la economía, la moda y la tecnología. Esta diversidad material guarda relación con las fuentes de aprovisionamiento, los imperativos climáticos y las preocupaciones técnicas o artísticas particulares.⁸ Pero los procedimientos tradicionales de ejecución son muy concretos y siempre deben realizarse en edificios que puedan integrar pinturas, adecuándose a los materiales de construcción. De forma general, los mismos modelos de ejecución se repiten en diferentes zonas y épocas, pero adaptándose la técnica a los materiales disponibles en cada entorno y al soporte sobre el que se pinte.

La variación importante de características de una obra mural se produce cuando, dentro del proceso de conservación-restauración, se arranca la pintura de su muro y su forma original se transforma, lo que comporta un cambio de estado y parcialmente de concepto, aunque no de técnica pictórica. Este cambio de estado obedece, en principio, a una mejora de sus condiciones de conservación, pero implica la manipulación agresiva, la transferencia a un nuevo soporte, la adecuación a nuevos materiales y la aclimatación a un espacio diferente, con todos los riesgos que eso representa. El “estrés” que conlleva el cambio de soporte siempre repercutirá en los murales y tendrá manifestaciones irreversibles que hay que considerar previamente.⁹

EL ARRANQUE Y TRASPASO DE UNA PINTURA MURAL

Actualmente, las pinturas murales no se arrancan, salvo aquellas en las que, por razones estructurales, es imposible conservar el edificio o este debe someterse a una restauración arquitectónica. Hoy día no debe permitirse el arranque de pinturas murales por motivos meramente estéticos o para dar viabilidad a nuevos usos o espacios dentro de un edificio. Si fuese imperativo arrancar, el proceso de arranque y posterior traslado a un nuevo soporte móvil implica una serie de procedimientos complejos que resultan obligatorios para mantener el carácter mural de la

pintura. Cada uno de estos pasos es fundamental, pues no deben hacerse arranques parciales. La pérdida de la identidad del conjunto ha sido uno de los mayores males de los arranques de pintura mural, dando lugar a una diáspora poco comprensible.

Primeramente, tal y como también se haría para una pintura mural que se restaurase *in situ*, hay que hacer un análisis organoléptico de su estado de conservación y visualizar sus alteraciones mediante mapas y fotogrametría. Esto incluye también los análisis fisicoquímicos necesarios para caracterizar sus materiales compositivos, la técnica pictórica —sea al fresco o sea al seco (temple u óleo, básicamente)— y las capas subyacentes que le hacen de soporte sobre el muro. Como hablamos de arranques de pintura mural en edificios en mal estado, probablemente habrá partes de esa pintura aún por descubrir, lo que implica un proceso previo —o paralelo— a los análisis, para dimensionar y valorar la superficie afectada.

Una vez se conocen bien las características de la pintura mural, su dimensión y su estado de conservación, se puede proceder al arranque. Por sus propiedades metodológicas, este es un proceso agresivo y conlleva casi siempre una pérdida de pintura mural que puede alcanzar hasta un 20 %. Esta premisa debe tenerse muy en cuenta al momento de valorar la necesidad de llevar a cabo el procedimiento.

Dependiendo del tipo de técnica pictórica, la pintura mural se puede arrancar *a strappo* (arrancando solo la capa de pintura), *a stacco* (arrancando la capa de pintura con la capa de preparación) o *stacco a massello* (arrancando la pintura con el muro). Cada una tiene su propia metodología y manera de aplicar las telas de arranque, pero en cualquiera de ellas se debe limpiar previamente la superficie pictórica de cualquier suciedad superficial y consolidar las grietas y las partes levantadas para que no condicionen el proceso de traspaso. Todo aquello que no se realice adecuadamente será un lastre para las etapas posteriores. La conservación-restauración no requiere prisa, sino metodología; y esta comienza con la limpieza cuidadosa de la superficie para que las telas de arranque se adhieran correctamente.

Tras arrancar la pintura mural del edificio, hay que traspasarla lo antes posible a un nuevo soporte para evitar que las colas usadas en el arranque se vuelvan con el tiempo más insolubles. Para el traspaso, se debe trabajar adecuadamente el reverso de la obra para que se adhiera sin problemas al nuevo soporte. Este nuevo soporte se



La faz del *Maiestas Domini* (*Cristo en majestad*) de Sant Climent de Taüll. Comparativa entre la imagen de la pintura arrancada, traspasada y expuesta en el MNAC (izquierda), y los restos, y los restos pictóricos conservados *in situ* (derecha). Fuente: Pere Rovira, CRBMC.

compone básicamente de tres elementos: las telas de adhesión de contacto directo con la parte original, la capa de intervención (o de sacrificio) y el soporte rígido. Este último será el que mantendrá la pintura estable y permitirá su transporte al lugar de ubicación, ya sea en un museo o nuevamente en el edificio.

Una vez completado el “sándwich” sobre el soporte rígido, se dará la vuelta para trabajar sobre el anverso. Se retirarán las telas de arranque, se visualizará la capa de pintura y se observará si el proceso realizado ha sido el adecuado. Concluido el arranque, se continúa entonces con el proceso de conservación-restauración, esto es, la limpieza, consolidación y fijación de pintura y, por último, la reintegración pictórica y de morteros.

A partir de este proceso, una pintura mural pasa a convertirse en una pintura sobre tela, con todo lo que esto implica a nivel de conservación preventiva. En la mayoría de los casos, la obra no vuelve a su entorno arquitectónico original y, aunque el cambio de su ubicación inicial supone la pérdida de su referencia estética y compositiva, en ningún caso debe significar la desestimación de su carácter de pintura mural. La pintura mural no necesita un fondo propio y mucho menos un marco.¹⁰ Este tipo de arte posee un distintivo carácter “mural”, de modo que su presentación debe tener en cuenta todas las exigencias tecnológicas y estéticas derivadas de su instalación permanente como parte integral de la estructura de un edificio.¹¹

DE LOS ARRANQUES SISTEMÁTICOS A LA CONSERVACIÓN DE LAS PINTURAS MURALES EN SU ENTORNO ORIGINAL (*IN SITU*)

La revalorización de las pinturas murales románicas a principios de siglo XX modificó el panorama estético de la pintura medieval en España, así como el de los edificios que las albergaban, e inició una nueva concepción estética propia de ese siglo, de claro diseño romántico, que aún hoy persiste.

En 1907 dos acontecimientos vinculados a l'Institut d'estudis Catalans tuvieron mucho que ver con el inicio de los arranques de la pintura mural románica en Cataluña: la Missió arqueológico-jurídica a la ratlla d'Aragó, dirigida por Josep Puig i Cadafalch, y la publicación del primer fascículo de *Les pintures murals catalanes*, de Josep Pijoan, que dieron a conocer de forma generalizada los conjuntos pictóricos. Será en el año 1919 cuando la Junta de Museus de Barcelona se percate de que las pinturas murales de la colegiata de Mur (Pallars Jussà, Lleida) habían sido vendidas y se estaban arrancando sin que ningún medio legal del momento lo pudiera impedir. Es por eso que la Junta de Museus, impulsada por Joaquim Folch i Torres, decidió iniciar una magna campaña para salvar este patrimonio, que consistió en el arranque de los murales románicos conocidos y su traslado al Museo de Barcelona, el embrión del actual Museo Nacional de Arte de Catalunya (MNAC).¹²

¹⁰ Doerner, *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*, 231.

¹¹ Ralph Mayer, *Materiales y técnicas del arte* (Blume, 1975), 292.

¹² La Junta de Museus, a raíz del asunto del arranque y venta de las pinturas de Santa María de Mur al Museo de Boston, propició el arranque y la retirada de las pinturas murales románicas en el Pirineo, al menos las que aún estaban visibles. Montserrat Pagès, *Sobre pintura románica catalana* (Publicacions de l'Abadia de Montserrat, 2005), 9-12.

⁸ Claude Coupry, “Technique murale picturale”, *Bulletin du Centre d'Études Médiévales d'Auxerre*, no. 13 (2009): 21.

⁹ Pere Rovira, *La conservación preventiva de las pinturas murales in situ i en su exposición* (Editorial Trea, 2014).



Trabajos de restauración de la pintura mural conservada en el ábside de Sant Climent de Taüll. Fuente: Ramon Maroto, CRBMC.



La lapidación de San Esteban, MNAC, Barcelona. Los frescos arrancados de las iglesias se deben exponer en condiciones ambientales muy estrictas de conservación, y el mejor lugar es el museo. Fuente: Pere Rovira.

Si bien estos acontecimientos salvaguardaron estos conjuntos murales de la agresión, el expolio y la diáspora, también es cierto que condicionaron su concepto —creando la nueva estética del románico— y obligaron al desarrollo de otro tipo de conservación. Aunque su supervivencia y su conservación les fue asegurada por su cambio de estado —de inmueble a mueble— y su ubicación en un continente controlado, también las relegó a una concepción estrictamente pictórica, a la pérdida de su paisaje cultural y, cómo no, a la alteración pausada que causa cualquier arranque y traspaso.

La experiencia de los arranques de pintura románica y su posterior exposición sirvió para establecer los criterios actuales de intervención en la salvaguarda del patrimonio mural. Considerar la pintura como parte integral del conjunto arquitectónico en un entorno cultural y paisajístico ha modificado los modelos de preservación y las formas de presentación, prevaleciendo la conservación en su entorno y sobre su soporte original. Hoy en día los conjuntos murales se conservan *in situ*, salvo excepciones muy concretas, no siempre rodeadas de polémica. Estas excepciones solo se justifican por dos motivos:

- la ruina irreversible del edificio o del yacimiento, causada por imperativos no controlados (desastres naturales, derrumbes imprevistos, guerras, actos vandálicos, destrucción intencional, etc.);
- los materiales compositivos son inestables y pueden desaparecer si se mantienen en su ubicación original.

Las demás causas que consideran el arranque de pinturas murales no son aceptables de forma genérica, a saber, rehabilitaciones del edificio, cambios urbanísticos, obras públicas, nuevas vías de comunicación, negligencia profesional, falta de mantenimiento, olvido o una crisis económica. Existen normativas y directrices al respecto, que complementan las leyes de protección del patrimonio, entre ellas la *Declaración de la UNESCO relativa a la destrucción intencional del patrimonio cultural* (2003), la *Convención para la protección de los bienes culturales en caso de conflicto armado* (2000), el *Código de deontología del ICOM para los museos* (2006), la *Carta de Nizhny Tagil* (2003) elaborada por el Comité Internacional para la Conservación del Patrimonio Industrial (TICCIH),

la *Carta de la conservación y restauración de los objetos de arte y cultura* (1987), la cual sustituyó a la carta del restauro de 1972, etcétera.

No obstante, los proyectos en los que se determina un arranque de pintura —especialmente si el bien está protegido por la ley— deberían estar más controlados desde su planificación mediante los mecanismos existentes dentro de las administraciones; y ser sancionados si se ejecutan al margen de lo establecido por la ley y ratificado por las comisiones de patrimonio.¹³ En España existe un importante vacío administrativo y lagunas legales que permiten planteamientos de obra con eliminación o remodelación de bienes culturales. A continuación, tres aspectos básicos a considerar para evitar la pérdida y el arranque de murales:

- (1) leyes más estrictas y concretas para la protección del patrimonio cultural o histórico;
- (2) formación especializada y requerida en los profesionales que diseñan y/o ejecutan las intervenciones en patrimonio (lo que implica sensibilidad al patrimonio);
- (3) mejor control de los proyectos y las obras arquitectónicas y arqueológicas, en conjunto con una administración dotada de funcionarios especializados que puedan supervisar las intervenciones de forma proporcional a los proyectos permitidos.

Más allá de los marcos legales y mecanismos administrativos, la conservación del patrimonio depende también del compromiso ético de los profesionales a cargo de esta responsabilidad. Aunque pueda parecer justificable desde el punto de vista político, una crisis económica no ha de ser el motivo que condicione el estatus de un patrimonio cultural protegido. Si hay crisis, se debe conservar y prevenir dentro de lo posible mientras se espera por mejores tiempos. Nunca un profesional de la conservación y la restauración debería validar una intervención bajo ese criterio, y menos si se sustenta con el código deontológico profesional

de la Confederación Europea de Organizaciones de Conservadores-Restauradores (ECCO),¹⁴ las cartas del restauro y las normas establecidas en conservación del patrimonio. Si se sucumbe y se claudica a tal argumento, se compromete el futuro del patrimonio cultural, histórico y arqueológico, así como la dignidad del conservador-restaurador.

Por otro lado, toda pintura mural debe ser igual de importante para un conservador-restaurador. Como profesional, su responsabilidad es conservarla independientemente de su estética y su calidad. Aunque bien es cierto que lo que impide la ética profesional lo condiciona la economía, no seamos esclavos de la economía ni de las ideas estéticas de nuestro momento. Seamos coherentes con nuestra profesión y nuestra época, y seremos vistos en el futuro como auténticos conservadores.¹⁵

CONSERVAR, PROTEGER, PRESERVAR Y PREVENIR: SOBRE LA CONSERVACIÓN PREVENTIVA Y LA CONSERVACIÓN-RESTAURACIÓN

La conservación, en términos generales, consiste en el examen técnico, la preservación y la conservación-restauración de los bienes culturales, actividades que corresponden al conservador-restaurador.¹⁶ Este profesional no crea objetos culturales nuevos, sino que los preserva; por eso debe tener una formación adecuada según su vinculación y responsabilidad con la conservación de un objeto. Reconstruir físicamente lo que ya no existe o no puede ser preservado es del campo del artesano o de las profesiones artísticas.

En la evaluación de riesgos, la principal competencia de un técnico es la habilidad para identificar y describir en palabras sencillas todas las razones imaginables por las cuales, dentro de cien años, su colección podría estar en peor estado que en la actualidad.¹⁷ Decía Gaël de Guichen que “toda acción directa o indirecta con la finalidad de aumentar la esperanza de vida de un elemento o conjunto de elementos del patrimonio es conservación preventiva”.¹⁸ Esta visión es más amplia que los cánones que definen el concepto como una operación indirecta que tiene como objetivo retrasar o impedir la intervención de conservación y/o



Proceso de restauración de las pinturas murales de la Iglesia de Sant Esteve de Marençà, Girona. Fuente: 4Restaura, s.l.

restauración realizada directamente sobre el objeto.¹⁹ En cualquier caso, sea mediante una acción directa o indirecta, el objetivo de las medidas de conservación y de conservación preventiva consisten en proteger y preservar la integridad física, cultural y funcional de los bienes culturales.²⁰ Ante todo, la conservación preventiva es una idea, una sugerencia, algo más simple y resistente que una barrera física, pero que exige formación, comprensión y sentido común.²¹

Por ello, resulta importante que exista una política convincente para la protección de pinturas murales y, tal y como dice el artículo 1 de los *Principios para la preservación, conservación y restauración de pinturas murales* del Consejo

Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS), “la legislación no sólo debería proveer de medidas para la protección de las pinturas murales [como leyes y normas que prohíban la destrucción, degradación o alteración de estas o de su entorno] sino incidir también en la disponibilidad de recursos destinados a la investigación, el tratamiento profesional y el control”.²² Este criterio puede y debe hacerse extensible a otras especialidades de la conservación-restauración.

No hay que olvidar que la conservación del patrimonio *in situ* es y ha sido posible gracias a los habitantes del lugar, pues, sin ellos, probablemente no existiría. El patrimonio mural —y todo el tangible

13 Entre otras, la Ley 16/1985 de 25 de junio del Patrimonio Histórico Español y el resto de leyes reguladoras del patrimonio cultural o del patrimonio histórico en las diferentes comunidades autónomas.

14 Confederación Europea de Organizaciones de Conservadores-Restauradores, *Directrices profesionales de ECCO: La profesión y su código ético*, 2002.

15 Rovira, *La conservación preventiva*, 14.

16 Grupo de Trabajo del Comité Internacional para la Conservación, “El conservador-restaurador, definición de una profesión”, ICOM, Copenhague, 1984.

17 Stefan Michalski, “Preservación de las colecciones”, en *Cómo administrar un museo: Manual práctico* (ICOM/UNESCO, 2006), 53.

18 Gaël de Guichen, *Climat dans le musée: Mesure* (ICCROM, 1988).

19 Ignacio González-Varas, *Conservación de bienes culturales: Teoría, historia, principios y normas* (Cátedra, 1999), 77.

20 Cesare Brandi, *Teoría de la restauración* (Alianza, 1988), 1977.

21 Pere Rovira i Pons, *La conservación preventiva de las pinturas murales in situ y en su exposición* (Ediciones TREA, 2014).

22 ICOMOS, *Principios para la preservación, conservación y restauración de pinturas murales*, ratificados por la 14ª Asamblea General del ICOMOS, en Victoria Falls, Zimbabue, octubre de 2003.



Iglesia de Sant Jaume de Llirt, Pirineos de Lleida. El deterioro de una pintura mural que no está protegida es muy rápido, hasta su pérdida total. Fuente: Pere Rovira.

en general— es duro consigo mismo: aborrece la gente, pero necesita de su cariño. Ante esto, es mejor controlar el impacto de las personas porque, sin su presencia y cuidado, se impone la ley de la naturaleza, ante la cual acaba sucumbiendo.

Las pinturas murales arrancadas deben conservarse en un museo o en un entorno climáticamente estable, pues, como se ha dicho anteriormente, el arranque las convierte en pinturas sobre un soporte de tela, que, por su naturaleza orgánica, es más sensible a los agentes atmosféricos. El conflicto surge cuando se persigue la posibilidad de retorno de la pintura arrancada a su edificio original, ya sea por una demanda de los lugareños —que vieron cómo se llevaban sus pinturas— o por devolver a un edificio desnudo su prestancia original —pues esa falta decorativa le da un aspecto estético que no le corresponde—. Sin embargo, devolver las pinturas a su entorno original requiere de unas condiciones de conservación preventiva difíciles de conseguir.

Una solución a la desnudez decorativa, que se ha ido imponiendo, es la realización de reproducciones, ya sea una reproducción original hecha pictóricamente a mano, una copia fotográfica con metodología tipo Papelgel®,²³ o mediante la proyección de una imagen o de un “*video mapping*”.

Esta última opción permite, sin ningún efecto sobre la superficie parietal, recrear con imágenes completas las pinturas originales, acabadas de pintar y sin alteraciones, una gozada visual y sonora que nos permite retornar al pasado. Ejemplos de esta práctica pueden apreciarse de forma permanente en la iglesia de Sant Climent de Taüll, en Lleida, y en la iglesia de Santa Coloma de Andorra.

EL PROBLEMÁTICO RETORNO DE LOS MURALES DEL MONASTERIO DE SIXENA: CASO CERRADO

Un ejemplo de lo que no debe entenderse como conservación del patrimonio —especialmente cuando se pretende devolver pinturas murales arrancadas a su ubicación original— se está produciendo en estos momentos en España. Se trata un atentado al patrimonio histórico por medio de la usurpación y retirada del conjunto de pinturas murales del siglo XII de la sala capitular del Monasterio de Sixena, expuestas en el MNAC desde 1940. La reclamación judicial de las obras por parte del ayuntamiento de Vilanova de Sixena y el gobierno de Aragón —una comunidad autónoma de España— va a permitir que estas frágiles pinturas murales, que forman parte de la colección del museo, sean retiradas y expuestas en su edificio original. Esta decisión judicial, meramente administrativa y



Iglesia de Sant Climent de Taüll, Lleida. La proyección de la imagen de una pintura mural arrancada permite recuperar la esencia decorativa de ese espacio. Fuente: Pere Rovira.

²³ Producto desarrollado por la empresa Arsus Paper, con sede en Terrassa, Barcelona.

con cierta presión política, no ha tenido en cuenta ningún criterio técnico-científico especializado sobre la conservación del patrimonio, poniendo en grave riesgo su integridad física.

El Monasterio de Sixena fue quemado por anarquistas locales en 1936 durante la guerra civil, como ocurrió en muchos edificios religiosos en España, y su valiosísimo conjunto artístico se perdió casi por completo. Con el consentimiento de la Iglesia, los restos de los frescos que quedaron en las paredes de la sala capitular fueron arrancados *a strappo* por técnicos del patrimonio de Cataluña y se trasladaron a Barcelona para su restauración. Esta operación compleja se pudo lograr porque los especialistas en historia del arte del Instituto de Estudios Catalanes (IEC), con Josep Gudiol a la cabeza, conocían el valor histórico y artístico del conjunto, y porque el MNAC dominaba la técnica de arranque empleada. Gracias a esta decisión de extraer lo que había quedado, los fragmentos se salvaron de la pérdida absoluta, pues la exposición a temperaturas de más de 1,000 °C provocó un proceso de alteración química irreversible, que cambió la composición química de los pigmentos (varió el color) y transformó la base de cal de carbonato cálcico a óxido de cal. Esto produjo una descohesión de las partículas de cal y su disgregación, así como el levantamiento de la pintura, por lo que, de haberse mantenido a la intemperie, se hubieran perdido irremediablemente al cabo de pocos años. Además, el edificio quedó olvidado y estuvo en ruinas hasta 1995, momento de la reclamación. De esta manera, su arranque les otorgó cierta cohesión y protección, mientras que su reubicación en el MNAC de Barcelona les brindó un entorno estable y una conservación preventiva adecuada que ha salvaguardado su integridad. Están, como quien dice, en la UCI (Unidad de Cuidados Intensivos) del museo, de donde no deberían salir.

Devolver estos frescos a su lugar de origen no se atiene a los mínimos criterios de la conservación del patrimonio, y supone un precedente incómodo para muchas obras expuestas en museos. En este veredicto no se consideró la condición de estas pinturas murales: abrasadas, muy débiles, quebradizas y descohesionadas; químicamente alteradas, con problemas de conservación permanentes y que requieren de un ambiente estable y ningún movimiento. Desde un punto de vista técnico, su traslado significaría una agresión muy importante, capaz de provocarle agresiones irreversibles y pérdidas de hasta un 20 % de materia original.

Por otro lado, su destino no tiene muy buen agüero. El Monasterio de Sixena está situado en los Monegros, una zona entre la provincia de Zaragoza y Huesca con un clima semidesértico, caracterizado por sequías crónicas, veranos con altas temperaturas e inviernos con temperaturas bajo cero durante gran parte del día. Además, las obras van a colocarse sin controles ambientales en la sala capitular reconstruida del monasterio, que está ubicado en una laguna salada que forma un complejo endorreico con elevados niveles de humedad, que ya se reflejan en el propio edificio.

Poco futuro les doy a las pinturas, salvo que se restauren hasta la saciedad, quedando como una vasta reproducción; o que se realice una inversión millonaria, como ocurrió en el Archivo de Salamanca con los documentos requisados por el franquismo que, para no devolverlos y no romper la unidad del conjunto —este sí que no se puede romper—, se invirtieron millones de dólares para tener un archivo de primera. De momento, el Estado ya ha invertido más de seis millones de dólares en Sixena para consolidar el edificio y probablemente se gastará muchos más para que pueda acoger la colección en condiciones museográficas mínimas, pero —aunque quiera— sin garantías ambientales. Sin embargo, esto contrastaría con el resto del patrimonio arquitectónico de la provincia, que se desvanece por falta de conservación.

Aun así, luego de esa “conservación” inicial, quedan interrogantes sobre el futuro de este patrimonio: ¿Quién va a conservar esas pinturas en ese lugar? ¿Cómo será el complejo museológico del monasterio y con qué personal especializado va a contar? ¿Quién va a viajar hasta allí para verlas? Hasta ahora, todo esto estaba asegurado en el MNAC.

No existe un ejemplo similar en el mundo moderno. Organismos internacionales y profesionales de prestigio han puesto el grito en el cielo ante esta barbaridad. Pero da igual con tal de que se restablezca lo que algunos han llamado “espolio de los catalanes”, expresión que demuestra que este tema va más allá de lo puramente técnico. El patrimonio no es eterno, y de nada sirven las cartas del restaura ni los criterios internacionales del ICOM, ICCROM, ICOMOS o la UNESCO sobre conservación del patrimonio si hay ignorancia en el entorno. De todos modos y fuera del foco mediático, hay que agradecer a los que hicieron el esfuerzo descomunal, personal y económico para rescatar estas pinturas murales de la desaparición. ■



La decoración de la sala capitular del Monasterio de Sixena antes del incendio. Fuente: Josep Gudiol, 1936, Web del Museu Nacional d'Art de Catalunya de Barcelona, www.museunacional.cat.



Las pinturas murales arrancadas de Sixena y expuestas en el MNAC, Barcelona. Fuente: origen MNAC.

Visualising hypotheses: A contribution to the study of cultural heritage

Dominik Lengyel
Catherine Toulouse



Figure 1. Domus Severiana in the Palatine Palaces in Rome, today Italy, 2nd–3rd century CE. The collaboration on the Roman imperial palaces in the context of the city, and particularly the Circus Maximus, involved the Architecture Department of the Berlin headquarters of the German Archaeological Institute (DAI). Beyond producing a series of images, the aim was to create a physical model for the final exhibition of the TOPOI Cluster of Excellence, funded by the German Research Foundation, at the Pergamon Museum in Berlin. TOPOI (The Formation and Transformation of Space and Knowledge in Ancient Civilizations) was an interdisciplinary research network based at the Free University of Berlin (FU) and the Humboldt University of Berlin (HU), with the Konrad Zuse Centre for Information Technology Berlin—an interdisciplinary research institute for applied mathematics and computer science—and the DAI. The “Berlin Sculpture Network – Contextualization and Translation of Ancient Sculpture,” a project between the Collection of Classical Antiquities of the National Museums in Berlin (SMB) in the Pergamon Museum Berlin and the FU, in which one of the authors was also involved, also played a major role. The network was funded by the Federal Ministry of Education and Research. An example of the recontextualization of ancient sculpture researched here is shown in Figure 16 (Sanctuary of Athena in Pergamon). Source: Lengyel Toulouse Architects Berlin (LTAB).

INTRODUCTION

The method of visualising hypotheses about architecture developed by the authors¹ is a visual reflection of the specific state of scientific knowledge

about a cultural heritage site. In such cases—for instance, the Palatine Palaces in Rome (Fig. 1)—the state of knowledge is a summary of previous research, including available published documents, which is

being critically reviewed, further developed or refuted by the collaborating scientists during the creation of the virtual model. Many questions only arise during the construction of the coherent virtual model and are (or were) researched and therefore published afterwards. The images are thus a snapshot of a specific moment, now already historical, within the ongoing research process.²

The method was initially elaborated during two projects in the research and museum sectors. On the one hand, the Cologne Cathedral Building Administration was looking for a visual re-interpretation of the research on the construction phases of Cologne Cathedral and its predecessor buildings,³ which has since been on display in the entrance area of the Archaeological Zone at Cologne Cathedral.⁴ On the other hand, the Pergamon Museum in Berlin, in collaboration with a research consortium from Berlin’s major universities and the German Archaeological Institute (DAI),⁵ was planning to present a virtual model of the entire city mountain of Pergamon for the first monographic exhibition on this excavation site. This model has since been continually improved in collaboration between the authors, the DAI’s Istanbul Department and their Bergama excavation team, and will reach its preliminary highlight in a haptic model to be exhibited in the museum after its reopening, following more than a decade of renovation.

This model should not be regarded as a digital twin because it does not replicate the site. Rather, it is designed to translate the intellectual state of knowledge—which is usually articulated verbally—into an image that preserves the implicit uncertainties. This approach offers several advantages. First, it allows the verbal hypotheses formulated by project partners to be represented as faithfully as possible, including those

about polychromy.⁶ Physical reality is polychromatic, also in antiquity. The reason why some of the examples shown here are monochromatic is that archaeological knowledge of the geometry of the space is far more certain than the actual colours. Experience gained over the past decades of collaboration has shown that visual reflection provides even the originator of the verbal hypothesis with significant and unexpected insights, enabling them to reexamine their own statements and leading them to further research questions. Second, the method is designed to add to existing knowledge only the most necessary supplementary elements in order to achieve a clear architectural statement despite the uncertainties. This is possible because, since its inception, architecture, as a discipline, has proceeded through a step-by-step design process—progressing from the general to the specific—usually in constant consultation with the client, reflecting, correcting and varying at every stage to achieve the final result. This trial-and-error approach, which is common in creative disciplines, serves the same purpose in the continuous exchange with archaeology, art history, building research and, of course, restoration. The present paper aims to explain this method, which has served as the foundation for case studies of prominent cultural heritage sites conducted by the authors in collaboration with equally renowned cultural and research institutions.

NOTION OF MODEL

As an introduction to the following sections, the term *model* will be briefly explained. The word *model* can refer to a scaled-down replica of an object, and in the following, we will often refer to *virtual models*, i.e. data that visually resembles the scaled-down replicas. In the present context, *model* designates a more complex

² Films about the projects mentioned in the following text are published on, among others, L.I.S.A. – the Gerda Henkel Foundation’s Science Portal (https://lisa.gerda-henkel-stiftung.de/univ_prof_dipl_ing_dominik_lengyel):

- The Building Phases of Cologne Cathedral and its Predecessor Buildings (in collaboration with the Cathedral’s administration and building master; in German and English)
- Cologne Cathedral’s choir around 1856 (in collaboration with the Cathedral’s administration and building master; in German)
- The ancient metropolis of Pergamon around 200 CE (in collaboration with the Istanbul Department of the German Archaeological Institute, ongoing since 2008; in German)
- The Ideal Church of Julius Echter, a prince-bishop of the Counter-Reformation (in collaboration with the Martin von Wagner Museum in the Würzburg Residence; in German)
- The ancient Roman amphitheatre of Dyrrachium (in collaboration with current archaeologists and the former head of the Rome Department of the German Archaeological Institute; in German and Albanian)

³ Barbara Schock-Werner, Dominik Lengyel and Catherine Toulouse, eds. *Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten = Cologne Cathedral and preceding buildings* (Verl. Kölner Dom, 2011).

⁴ Dominik Lengyel, Sebastian Ristow and Catherine Toulouse, “Rekonstruktionen Zur Baugeschichte Des Kölner Domes”, in *Fundgeschichten – Archäologie in Nordrhein-Westfalen: Begleitbuch Zur Landesausstellung NRW 2010*, ed. Thomas Otten, Hansgerd Hellenkemper, Jürgen Kunow and Michael M. Rind (Verlag Philipp von Zabern, 2010), 546.

⁵ The German Archaeological Institute (German: Deutsches Archäologisches Institut, DAI) is a nationally recognized research institution within the German Foreign Office that coordinates international archaeological projects and promotes scientific dialogue between cultures.

⁶ Manuela Glaser, Dominik Lengyel, Catherine Toulouse and Stephan Schwan, “How Do We Deal with Uncertain Information?: Effects of Verbal and Visual Expressions of Uncertainty on Learning”, *Educational Psychology Review* 34, no. 2 (2022): 1097–1131, <https://doi.org/10.1007/s10648-022-09659-4>.

¹ Dominik Lengyel and Catherine Toulouse, “The Design in the Visualization of Uncertainty, Abstract Modelling and Virtual Photography”, *Imaginations: Journal of Cross-Cultural Image Studies* 15, no. 1 (2024): 145–204, <https://doi.org/10.17742/IMAGE29710>.

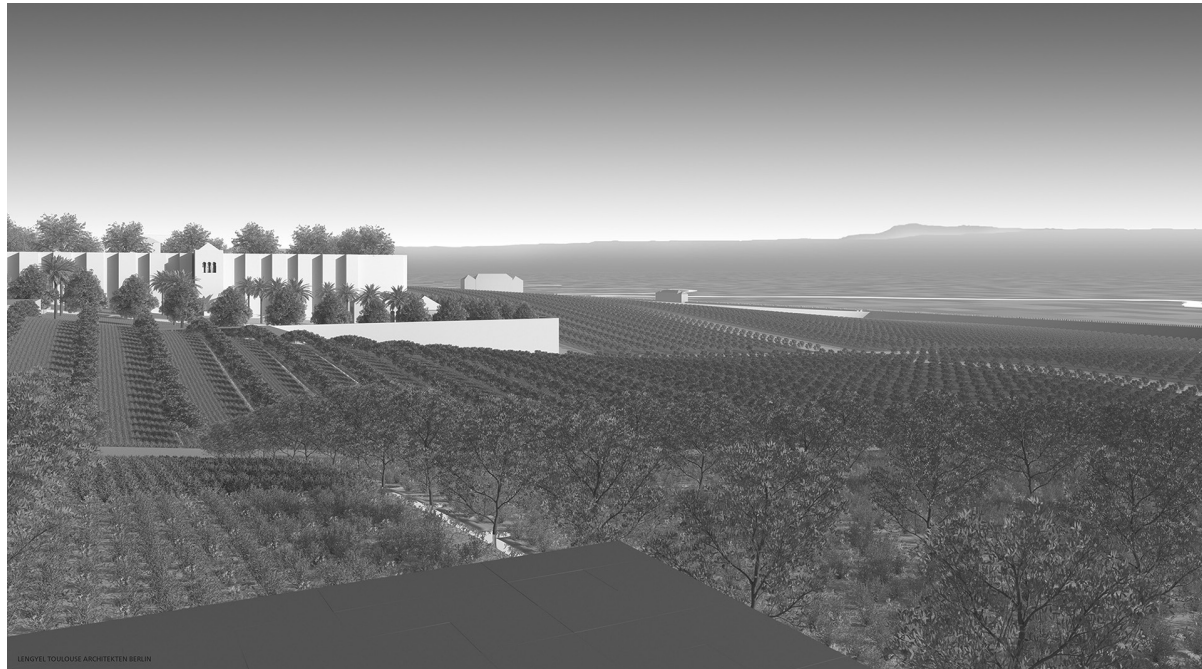


Figure 2. Castle garden of Media Azahara near today Córdoba, Spain, 10th century CE. The palace city was commissioned in 936 CE by the Umayyad Caliph of Córdoba. The visualisation project was carried out in collaboration with the DAI's Madrid Department, focusing on the visualisation of the palace's extensive orchard in the context of the palace architecture and the surrounding landscape. Source: LTAB.

object: hypotheses about an architectural spatial structure, which are to be captured in terms of content and reproduced for the purpose of reflection—such as the spatial relationship among palace, garden, garden wall, and surrounding landscape at Medina Azahara (Fig. 2). The model, therefore, serves as a tool for understanding this complex object. The fact that it contains visual elements that vaguely resemble a scaled-down replica of reality is due to the nature of the subject matter, which is architecture. Why it is not a replica, but rather a visual reflection of ideas, is the subject of the following discussion.⁷

RESTORATION AND EPISTEMIC MODELLING

To understand a restoration object, it is useful, if not necessary, to have knowledge that goes beyond pure materials science. Nonetheless, the task becomes difficult when the findings are ambiguous and permit multiple conclusions, or when they are so sparse that perception is limited to fragments, making it impossible to grasp the original architectural intention, which must be based entirely on individual imagination. In such cases, a visual reflection of verbal hypotheses about the original design intention could serve as a criterion for restoration and would be particularly useful in practice if it could also

facilitate a visual exchange among those involved. If, by contrast, communication about the invisible—such as the original design intention—is neglected, however uncertain it may be, essential components may be given too little consideration in the decision-making process regarding appropriate restoration. In extreme cases, the various actors may proceed from different premises, even when verbal consensus appears to exist, while their visual ideas differ significantly. A prominent example of scientifically outdated renovations that remain unchanged, presumably because they are now considered historical conservation, is the palace complex at Knossos in Crete.

Beyond facilitating communication to the public, visual reflection also has a clarifying effect for its originator. Verbally defined elements are reviewed and often revised. The following section aims to explain the complex relationship between words and images, particularly from the perspective of abstraction, which forms the basis of the method of visualising uncertainty presented here.

ABSTRACTION IN WORDS, OBJECTS AND IMAGES

The visualisation of uncertainty consists of two steps: modelling and projection. Although these two steps build on one another, they also influence each

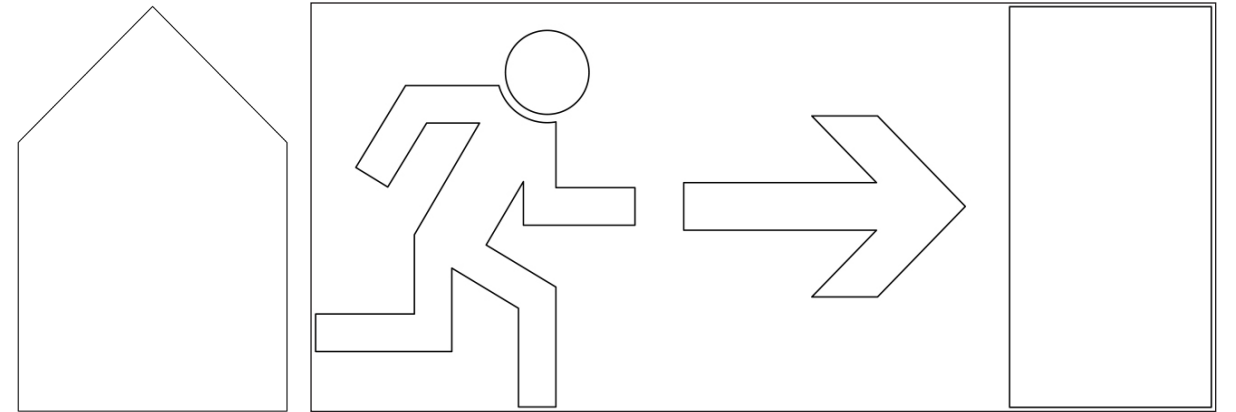


Figure 3. Most essential visual representation of the idea of a house. Source: Dominik Lengyel, BTU University.

Figure 4. Symbol for escape routes, traced from *DIN 4844-2: Safety Colours and Safety Signs – Part 2: Safety Signs*. The version shown here was the German standard for decades and has had a lasting impact on how function symbols are perceived. It has since been revised as part of standardization efforts within Europe, losing some of its abstract nature. Source: Lengyel, BTU University.

other. Only through their combination can the desired statement and communication goal be achieved; the model alone is generally insufficient.

Abstract modelling translates verbal hypotheses into geometric form. The challenge lies in adequately translating the abstraction inherent in language into a three-dimensional shape. In verbal expression, different levels of abstraction are more than self-evident, and as a result, their use often goes unnoticed. For example, everyday terms—such as *house*—evoke a clear image of an object in the recipient's mind, yet they simultaneously leave an infinitely broad field of concretisation undetermined, undefined, and therefore uncertain. Here, *uncertainty* denotes that open questions remain unanswered or can be answered in different ways, while certain aspects are clearly stated. Consequently, the image that forms in a person's imagination can be just as diverse. In the case of the term *the house*, the image may refer to actual specific houses, but it may also consciously refer to the idea of a house on a meta-level. Still, this idea does not necessarily have to be accompanied by a visual representation. If it does, then one usually thinks of several individual representations of the type, some coming more vividly to mind than others. It is the sum of experiences that conveys a vague idea of the type *house*. Only when one becomes aware of this, or when asked for a verbal description, does one tend to point out the similarities between the individual houses. When it comes to a visual description, this usually takes the form of a sketch (Fig. 3).

This approach is common in *function symbols*, that is, two-dimensional graphics that convey information.⁸

Even *the house* appears here, for instance, in the form of the home button, but not as a translation of the term *house*. Rather, it serves the function of returning the user to the starting point, i.e. as a visual translation of the verbal expression “go home”. Such function symbols are frequently found in everyday life and are designed to be quickly recognized so that they can be used immediately, particularly in emergencies. The visual stimuli they create, although bearing a formal resemblance to the object they represent, are largely deciphered based on experience or learned knowledge.

Perhaps the most important function symbol is composed of three groups: (1) the symbol composed of nine line segments and a circle, which, when viewed from the side, resembles the outline of a running person; (2) a symbol formed from three line segments, which resembles the metal tip of a weapon arrow; and (3) a rectangular area that formally corresponds to the outline of a door (Fig. 4).

The first component—the running figure—is the least similar to its reference. Nevertheless, it is the most recognizable due to its complexity, i.e. the number of elements used and their arrangement. It is primarily the arrangement of the elements that prevents confusion and misunderstanding. This extreme formal abstraction is compensated for by its distinctiveness. The arrowhead resembles its model somewhat more. Although metal arrowheads are usually really pointed and more solid at the connections between the individual elements, the use of three lines converging at an acute angle to signify an arrow has almost supplanted the primary meaning as a weapon. Finally, the rectangle as a symbol for a door opening is by

⁷ Rudolf Arnheim, *Anschauliches Denken: zur Einheit von Bild und Begriff* (DuMont, 1988).

⁸ Charles S. Peirce, *Semiotische Schriften, Band 1: 1865-1903* (Suhrkamp, 2011).

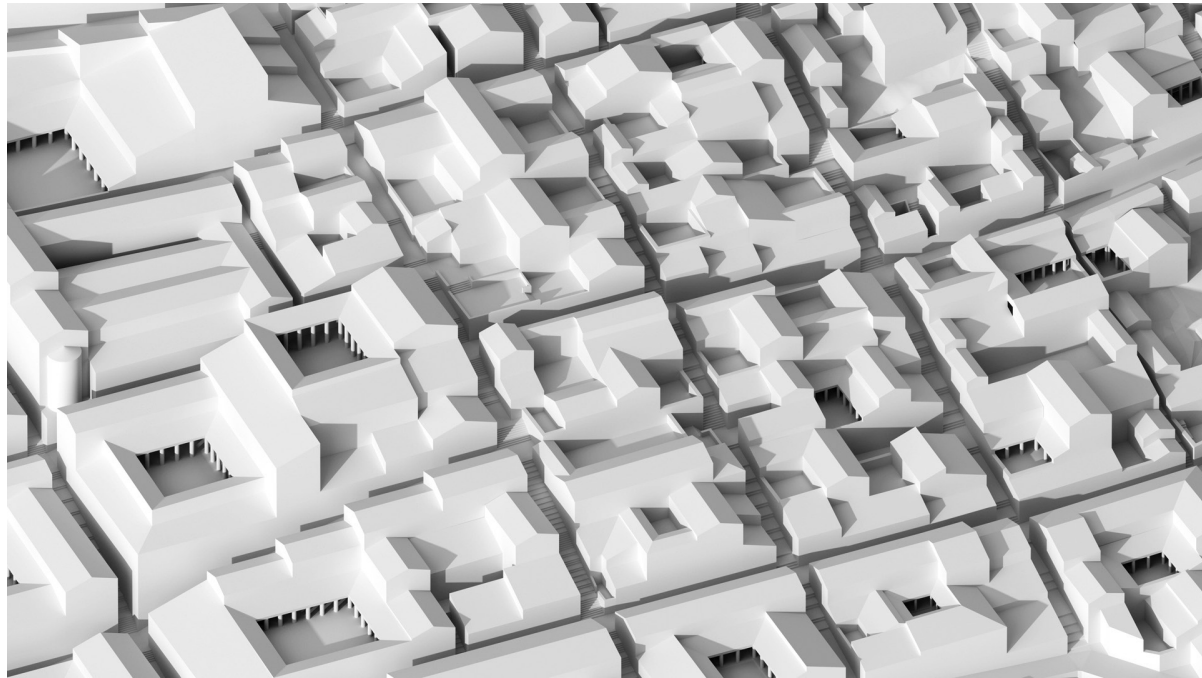


Figure 5. Eastern slope of Pergamon, today Turkey, 200 CE. Like the Roman imperial palaces, the model was developed as part of the TOPOI research project, but was presented in its own monographic exhibition on Pergamon at the Pergamon Museum in Berlin. Subsequent exhibitions took place in various museums, collections, and universities, each accompanied by updates to the model. The collaboration, which involves the DAI'S Istanbul Department, has been ongoing since its inception in 2008 and currently focuses on the expansion of the Roman lower city, which exceeds the size of the city on the mountain. Using the so-called *eastern slope* shown here, the city texture was developed for the first time combining the regular construction and composition methods—according to current archaeological knowledge of the building methods of this period in this region—with the equally described variabilities to create a plausible picture of a typical section. Source: Dominik Lengyel and Catherine Toulouse, BTU University.

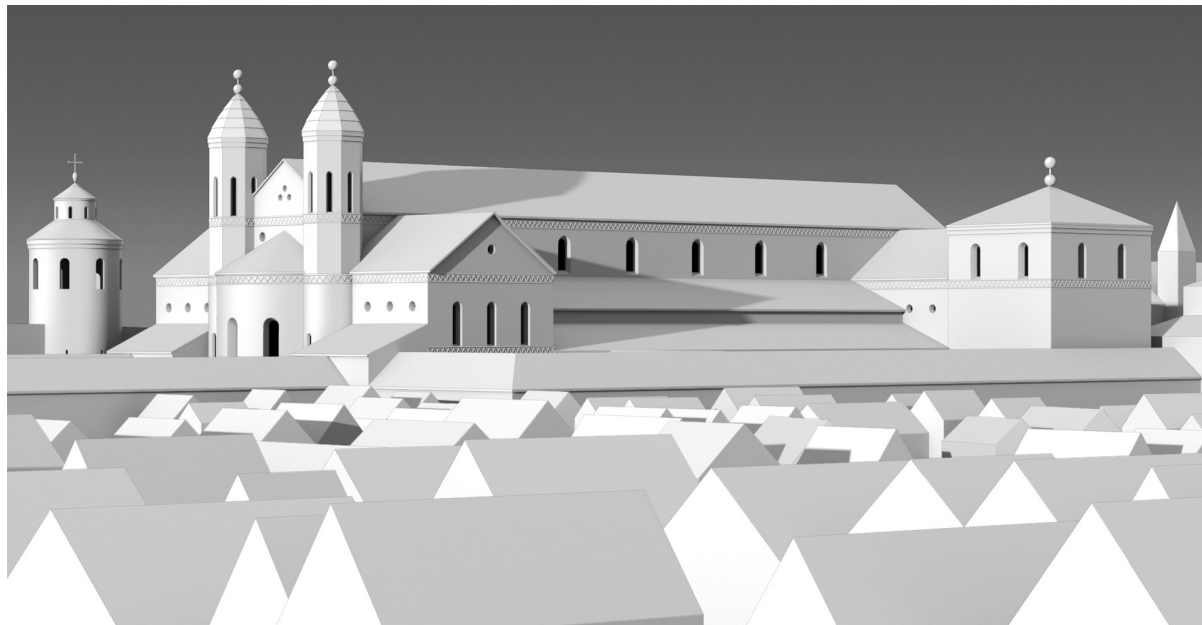


Figure 6. Hildebold Cathedral, Cologne Cathedral's last predecessor, today Germany, 9th–12th century CE. Hildebold Cathedral was built in the 9th century CE on the site of several earlier churches and remained standing until the construction of the Gothic choir of today's Cologne Cathedral. Its appearance in the visualisation is based on excavation findings and a contemporary illustration in the *Hillinus Codex* (1010 CE). As a medieval drawing, this cannot be regarded as an accurate representation without considerable reservations. Only in conjunction with the georeferenced excavation findings, it allows a reasonably characteristic image of a church of its time and region within the limits of the visualisation of uncertainty appropriate here. In cooperation with the Cologne Cathedral Building Administration and with their own and external archaeologists, the relationship between the dedication image on the *Codex's* cover and the findings of the church was an intensively discussed component of the construction phases of Cologne Cathedral and its predecessor buildings, not least because of the depiction of the towers woven into the ornamentation of the dedication image. Source: LTAB.



Figure 7. Bern Minster seen from the Town House, Switzerland, 1529–1588. The project was carried out in collaboration with numerous archaeologists, building researchers, and art historians, including those from the Institute of Art History at the University of Bern and the Bern Minster Foundation. The result was a complete and consistent model of the church in two versions: the actual building and a hypothetical alternative design. This design version was decisive in the choice of the visualisation of uncertainty. As a result, the recent and major monographic publication of Bern Minster included 48 images in seven articles by four authors. Bern Minster is the largest late medieval church in Switzerland and, like Cologne Cathedral, was not completed until the 19th century. The so-called *Minster Platform* is a defining feature of the cityscape and is therefore also depicted here to a particular extent in its urban context. The visualisations were therefore also used by authors whose focus was on urban development. Although it may not seem so at first glance, this perspective was taken from a position that could be easily accessed at the time, namely from the dormer window of the town hall. Source: LTAB.

far the most advanced in terms of abstraction. Its meaning can only be understood in context. This is particularly important because buildings that merely form the urban context without their specific shape being known behave similarly in visual terms, as exemplified in the visualisations of ancient Pergamon (Fig. 5), medieval Cologne (Fig. 6), and Late Gothic Berne (Fig. 7).⁹

In combination, the three graphically simple elements of the emergency exit symbol prompt viewers to follow the direction of the arrow toward the emergency exit. Function symbols thus combine intuition and experience. In the two-dimensional graphic realm, such function symbols have become fully established. In contrast, this is not yet the case in the three-dimensional realm, most likely because the

perception of two-dimensional images has become established through the ubiquitous availability of printed materials, both in books and on signage. In physical reality, i.e. the world perceived with one's own eyes without aids, there are scarcely any abstract objects in the sense of symbols. In fact, abstract geometry is rarely found in real space, apart from objects explicitly designated as works of art in museums. What can be verbally summarized under the term *house* is therefore reproduced in the physical environment only through a practically infinite number of highly individual and distinct instances. The difference between verbal abstraction and the visible environment of physical reality lies in the fact that language successfully summarizes things in a completely casual manner, whereas this is not the case with objects.

⁹ Bernd Nicolai and Jürg Schweizer, *Das Berner Münster: Das erste Jahrhundert: Von der Grundsteinlegung bis zur Chorvollendung und Reformation, 1421-1517/1528* (Schnell & Steiner, 2019).

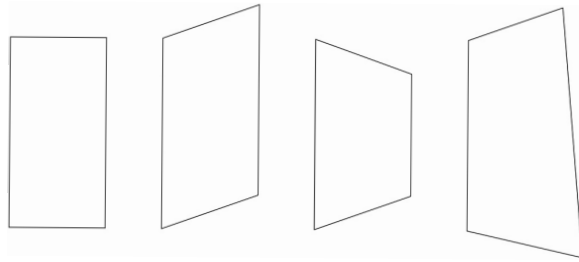


Figure 8. Representations of a rectangular door opening depending on the projection direction: frontal, axonometric, one/two-point perspective, three-point perspective. Drawn from the authors' teaching in descriptive geometry as part of architecture and visualisation, these illustrations emphasise how the mathematical language of space is very helpful for spatial perception design. Source: Lengyel, BTU University.

This is where the challenge of visualising uncertainty lies. The aim is to provide a visual representation even when what is being represented is not the image of an individual specimen, but rather a type or a genus. This can be a house, but also a group of buildings or an urban block, or, conversely, part of a built structure, a component or even an ornament. The aforementioned example of the doorway in the emergency exit symbol is particularly significant here because its objective form—the upright rectangle—reveals its meaning only through the context, despite the extraordinary similarity to an actual doorway, i.e. without the door frame or similar details. This observation is crucial because it demonstrates that it is not possible to find a suitable form of representation without considering the context nor is there any universally valid formal solution for reproducing a specific type. Equally important—and also illustrated by the doorway example—is the viewing direction or projection. Only when viewed from the front does the doorway appear as a *rectangle* or retain its rectangular outline. If the projection were from the side, its shape would be a *parallelogram*, a *trapezoid*, or a completely irregular *general quadrilateral*, depending on the type and direction of projection as well as the viewing angle (Fig. 8). More on projection follows below.

In abstract modelling, geometries are created from scratch, designed to represent such abstract ideas. Ideally, the resulting shape makes two statements at the same time. The first operates on the level of meaning and conveys the concept represented by the verbal expression. The second statement operates at the meta level and should make the viewer aware that this is an abstract concept rather than a particular object in the physical world—yet another individual house. To

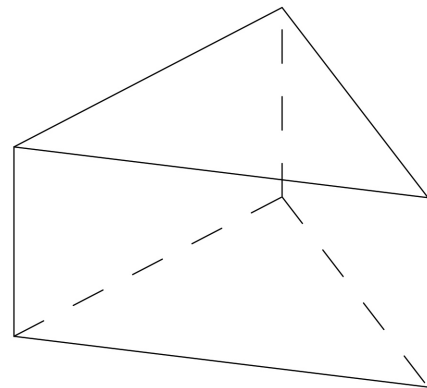
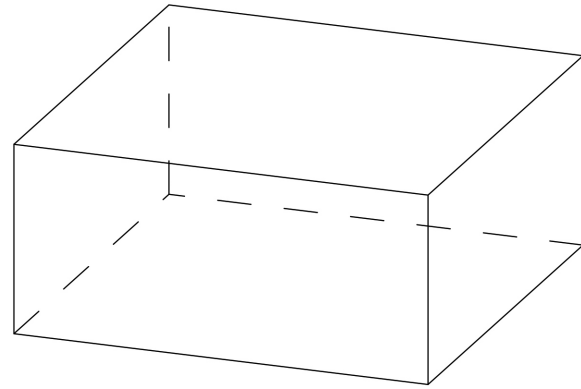


Figure 9. Primary solids cuboid and right triangular prism: basic shapes form the vocabulary used to describe forms and objects. The language used to describe geometric shapes has been established for centuries, yet the language used to describe the shapes that can be created using computers—in particular the now virtually limitless possibilities for sculpting amorphous shapes, surfaces, and volumes using automated, computer-controlled production methods—has still not been developed. In this area, the language has yet to catch up with technology. Source: Lengyel, BTU University.

achieve this, the abstract model, that is the geometry that stands for the abstract verbal concept, must itself convey that it represents an abstract concept. The more abstract the concept is, the better this works, as the visual contrast to concrete objects in physical reality is then particularly evident.¹⁰

The comparison between form and image aims to illustrate the effort required to develop abstract forms. The following abstract geometry, which can be described in various ways, is suitable for the term *the house*. For the first description, two so-called primary elements—a cuboid and a prism—should be used (Fig. 9).

The triangular prism would be placed on top of a cuboid with their edge lengths preferably close to each other. Yet, as simple as it sounds, this description is still

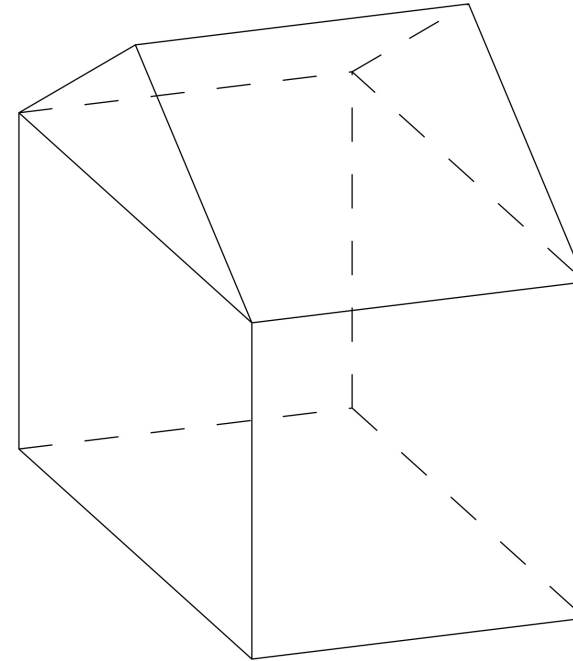


Figure 10. Cuboid and right triangular prism sharing a common face. Whether there are actually one or two coplanar faces would only be a problem in computer-aided rendering, where visual artifacts show up at coplanar surfaces. In this given case, they would both instead be hidden inside. Source: Lengyel, BTU University.

too abstract because it is not entirely unambiguous. One must still rely on one's own creativity to determine the relative position and orientation in space in a suitable manner in order to create a mental image that corresponds to the intended representation of the ideal-typical concept of *the house*. To achieve this, the cuboid must be oriented so that four of its faces are vertical and, consequently, two horizontal. Furthermore, the triangular prism should be dimensioned so that its rectangular face matches the upper horizontal face of the cuboid and is oriented to rest exactly on it (Fig. 10).

If these two primitive solids are perceived as a single object, the result could be described as a house with a gabled roof (Fig. 11). From a geometric point of view, this form is no longer a so-called primitive geometric solid, but it is still easy to describe: a pentagonal prism or, more precisely, a pentagonal prism with two adjacent right angles.

This may still be somewhat confusing because prisms usually have a vertical height. And yet, once it is understood that the definition of *prism* does not imply a fixed orientation, the contour of the object becomes clear enough to be recognised as a house. And this is despite the fact that the only vague condition given for the exact dimensions or mere proportions was that they should be as close to

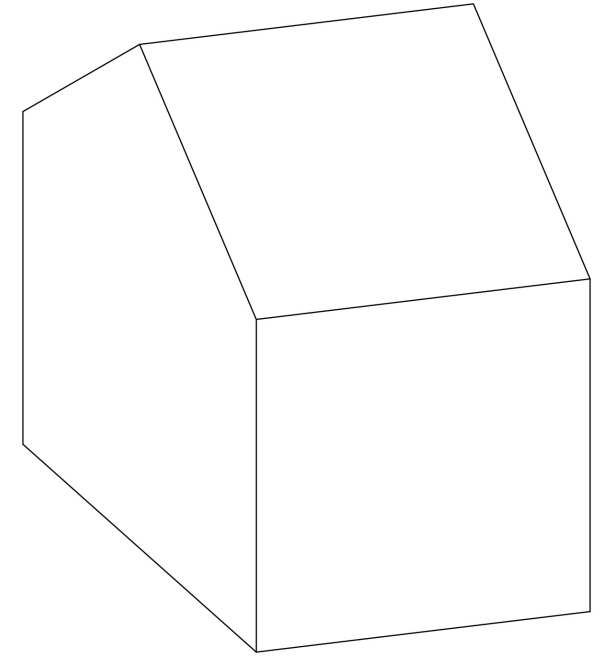


Figure 11. Cuboid and right triangular prism unified to form a right pentagonal prism with a base having at least two right angles. Whether or not these are still the two primary bodies mentioned in the previous image is clearly clarified in the convention of descriptive geometry by that the common surface is no longer displayed, i.e., the dividing line has disappeared. Geometrically, this is therefore a body that has been created by the union of two bodies. Such a union is logically achieved with the AND operation. Source: Lengyel, BTU University.

each other as possible. An uncertain archaeological statement—such as that the immediate area around a major building, like the amphitheatre of Dyrrachium (Fig. 12), was built up with secular structures—can be represented visually in this way, with the appropriate degree of uncertainty.

This brief description should highlight how much effort language requires to describe unambiguous shapes and how much verbal language depends on a person's imagination. Language constantly relies on the imagination to make intelligent completions, which are usually intuitive. Geometrically unambiguous descriptions are highly unusual in everyday spoken language and, in most cases, unnecessary. With abstract geometry, this communicative uncertainty can be transferred from the verbal to the visual, although doing so takes some degree of familiarity and adaptation. What actually occurs in the viewer's imagination is just as uncertain as scientific knowledge. The difference is that uncertainty in science is an unavoidable constituent of science itself, whereas uncertainty in the viewer is primarily a question of experience—especially visual experience—as well as openness to unexpected visual

¹⁰ Dominik Lengyel, and Catherine Toulouse, "Die Bauphasen des Kölner Domes und seiner Vorgängerbauten. Gestaltung zwischen Architektur und Diagrammatik", in *Diagrammatik der Architektur*, ed. Dietrich Boshung and Julian Jachmann (Universitäts- und Stadtbibliothek Köln, 2013).

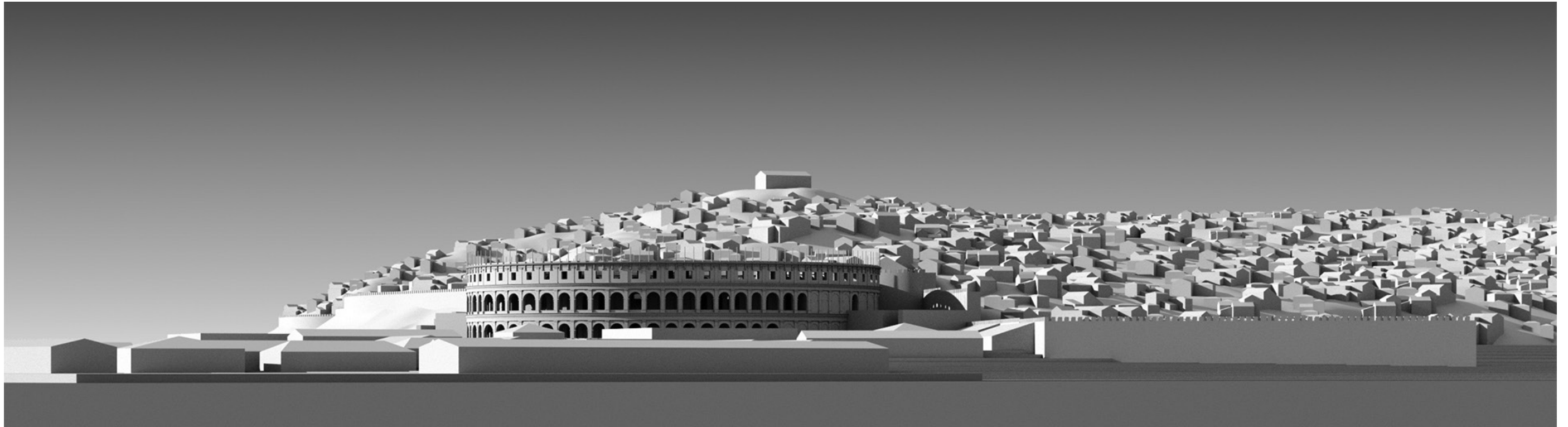


Figure 12. Roman Amphitheatre of Dyrrachium, today Durrës, Albania, 2nd century CE. This unique amphitheatre visualisation was developed as a collaborative project with the former head of the Rome Department of the DAI and, indirectly, with the Albanian Archaeological Institute in Tirana. The task was to spatially verify the views, floor plans, and sections that had been created over decades by generating a consistent three-dimensional model. Combining and comparing the separate partial hypotheses not only clarified minor inconsistencies but also raised further questions that had not been considered before, and answering these questions led to further investigations. The uniqueness of this amphitheatre lies in its entirely asymmetrical construction and accessibility structure, which is due to its non-axial embedding in the topography. Presumably in favour of axial integration into the existing street system of the then city of Dyrrachium, it was decided to completely dispense with structural symmetry, while from the outside the regular appearance of a conventional amphitheatre was achieved. Source: LTAB.

impressions. The method of visualising uncertainty presented here therefore relies on a reasonably well-developed visual experience with abstraction, but also on an openness and willingness to engage with intellectual uncertainty.

To enable the most intuitive interpretation possible when viewing abstract geometry, the viewing direction is critical. As explained in the example of the emergency exit above, the rectangle representing the door opening can be intuitively understood because it is viewed from the front, i.e. projected. In the representation of three-dimensional geometry, the viewing direction is controlled by projection. For this reason, the second step in the method of visualising uncertainty deals with projection, which the authors, following classical architectural photography, refer to as *virtual photography*.¹¹

VIRTUAL PHOTOGRAPHY

First, the term *virtual* needs to be defined. Physical models, which are tangible materials that exist in physical reality, are always visible. By contrast, virtual or digital models only become visible when they are projected. This is because they do not consist of space, but of numbers, i.e. data. Therefore, they only become visible when they are projected in any of various ways. The simplest way is two-dimensional projection onto a screen or as a printout on paper. Stereoscopy—two separately calculated two-dimensional projections, one for each eye, which in turn creates the impression of a three-dimensional model for the viewer—is not much more complex. But far more decisive for the reception of architecture than stereoscopy is the viewer's perspective. This applies equally to individual still images as well as to the starting points of animations

and virtual reality experiences, i.e. projections in which moving stereoscopic images aim to immerse the viewer in the virtual space, typically via special VR glasses.

When visualising hypotheses, especially when using abstract geometry, the purpose of projection is not only to make the geometry itself understandable, but also to introduce the viewer directly, or at least as quickly and intuitively as possible, to the actual subject, namely the architecture behind the hypothesis. For example, when viewed from above and at a distance, a cuboid intuitively appears more like a handy object, such as a box. By contrast, when the viewer is positioned just above the bottom edge of the cuboid and relatively close to it, the same form is perceived as an oversized volume and, given the appropriate pictorial context, as a building. The first important factor in projection is therefore the viewer's position, because it defines what can be seen at all. This is directly followed by the other design parameters adopted from classical photography.¹² On the one hand, there is the geometric composition, including the direction of view (the angle of inclination), the viewing angle (the focal length), and the lens shift (the compositional section) (Fig. 13).

On the other hand, there is lighting. This goes far beyond simply providing light. Rather, it is about

using illumination to modulate the plasticity of the object (Fig. 14).

This plasticity helps to come as close as possible to the statement intended by the archaeological hypothesis and the actual impression of space that the object would convey if it existed in physical reality (Figs. 15, 16, 17 & 18). Light therefore serves primarily to compensate for the physical experience of architecture in physical reality, because architecture reveals itself in the physical world primarily during the act of approaching it.

It is movement through space that reveals an object, far more than conscious observation. Movement occurs through the act of walking and is supplemented by the motion of the head and eyes. As an integral turns discrete impressions into continuity, countless perspectives are processed in the perception and form a mental model of the space. This model is also vague, but three-dimensional, and more or less detailed depending on the level of attention. In any case, it is unambiguous in terms of its spatial orientation. Whether a room or object has vertical walls is clearly and correctly recorded in the mental model. This is one of the reasons why, especially when using abstract geometry, a vertical image plane is essential for understanding the object, avoiding keystone effects and thus misunderstandings.

¹¹ Dominik Lengyel and Catherine Toulouse, "Virtual Photography as a Visual Method of Communicating Scientific Hypotheses about Architecture," in *Virtual Photography: Artificial Intelligence, In-Game, and Extended Reality*, ed. Ali Shobeiri and Helen Westgeest (transcript Verlag, 2024), 203-219.

¹² Julius Shulman, Frank O. Gehry, Peter Gössel, and Harald Hellmann, *Architektur und Fotografie* (Taschen, 1998).

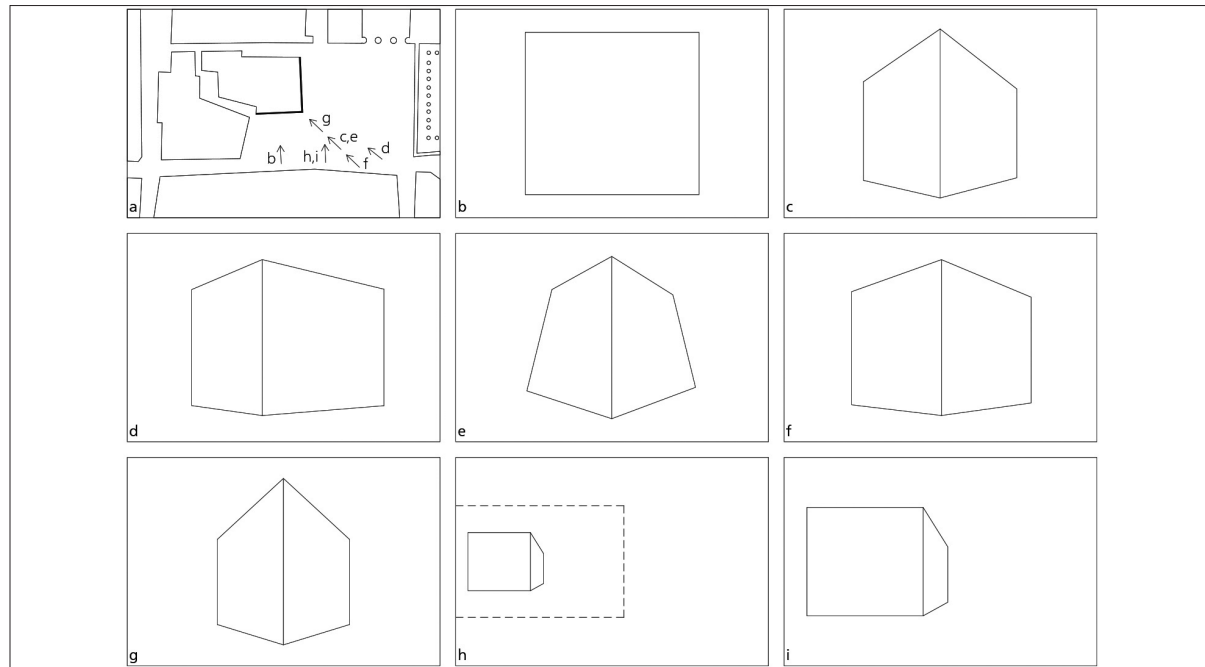


Figure 13. Projections of (a) a building corner from the plan of Rome by Giovanni Battista Nolli, 1748, collection of the Bibliotheca Hertziana, Rome: (b) frontal view, (c) diagonal view, (d) side view, (e) tilted upward, (f) distant view, (g) close-up view, (h) front-side view, (i) cropped detail / shift-lens shot. Projection plays a significant role in the perception of virtual models, especially in abstract geometry. Knowledge of the usual composition parameters, all of which have been defined in classical architectural photography, is not only a prerequisite for the targeted and conscious composition of images, but also a central component of the authors' teaching at their university chair. Source: Lengyel, BTU University.



Figure 14. Nine variations in sunlight entering the interior of Bern Minster between 1517 and 1571. As already explained, the project also involved variations to the interior, such as the choir screen shown here, which is no longer preserved today. The choir screen had a significant impact on the spatial effect, which is why it was a central concern of the researchers to reproduce this spatial impression with its appropriate uncertainty. In this context, in addition to the form of the choir screen itself, its influence on the division of the interior into nave, aisle, and choir is important, made even more complex by its semi-transparency. Lighting studies show that the incidence of sunlight has a significant influence on the subjective perception of the relative weighting of the individual segments of the space. Based on similar examinations, all images published in the book were selected in close consultation with the authors of the respective chapters. Source: LTAB.



Figure 15. St. Maria ad Gradus, Cologne Cathedral and Hildebold Cathedral, 1320 CE. By this year, the Gothic Cologne Cathedral had already been built, while half of the previous building (shown in detail in Figure) had already been demolished. The remaining half allowed liturgical services to continue during construction. On the east side of the Gothic choir stood another church, about which significantly less information is available from scientific sources. Based primarily on archaeological finds, a picture of a church consisting of a nave, two transepts, two apses, and four towers, all of which were most likely rather tall due to the strength of the foundations, has been created. The image does not reveal any more than this brief information, so the uncertainty in the above visualisation is presented mainly in three different degrees. Source: LTAB.

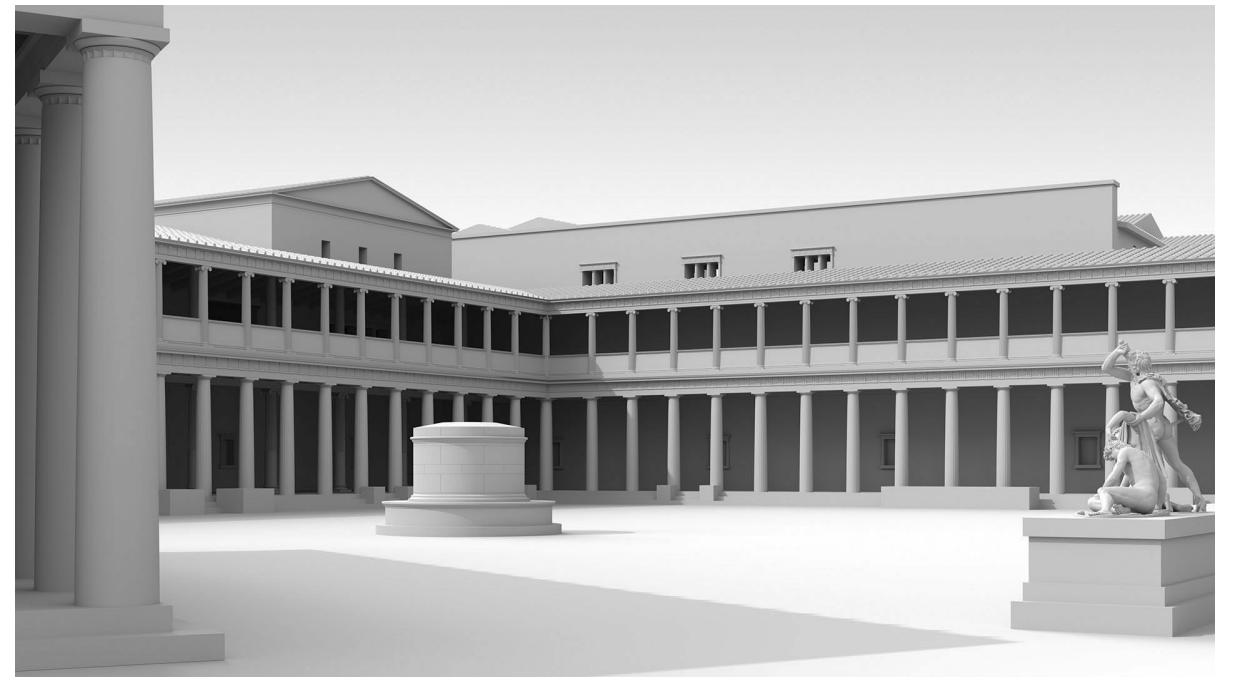


Figure 16. Sanctuary of Athena in Pergamon, 200 CE. This recontextualization highlights one of the central concerns of the Berlin Sculpture Network—mentioned in the image caption of the Domus Severiana—namely to display well-known sculptures, that have previously only been viewed in a museum context, within their original architectural setting. The image shows the central court of the Athena sanctuary with the Athena temple from the Hellenistic period—already historic in ancient times—on the left. In the background, on the upper floor of the surrounding arcade, lies the legendary Library of Pergamon, which gave its name to parchment documents. Finally, on the right side are two groups of statues, originally made of bronze and fortunately copied in marble during the Roman period. These marble copies are now in Rome: the standing Gruppo Ludovisi in the Palazzo Altemps - Museo Nazionale Romano, and the reclining one in the Capitoline Museums. Over the last few centuries, plaster casts of both have been made repeatedly for academic collections, including those in Berlin. These casts then formed the basis for the three-dimensional scans that could be recontextualized in virtual architecture, at least in their plasticity, because, like the architecture, the statues themselves were, of course, polychrome throughout. Source: Lengyel and Toulouse, BTU University.

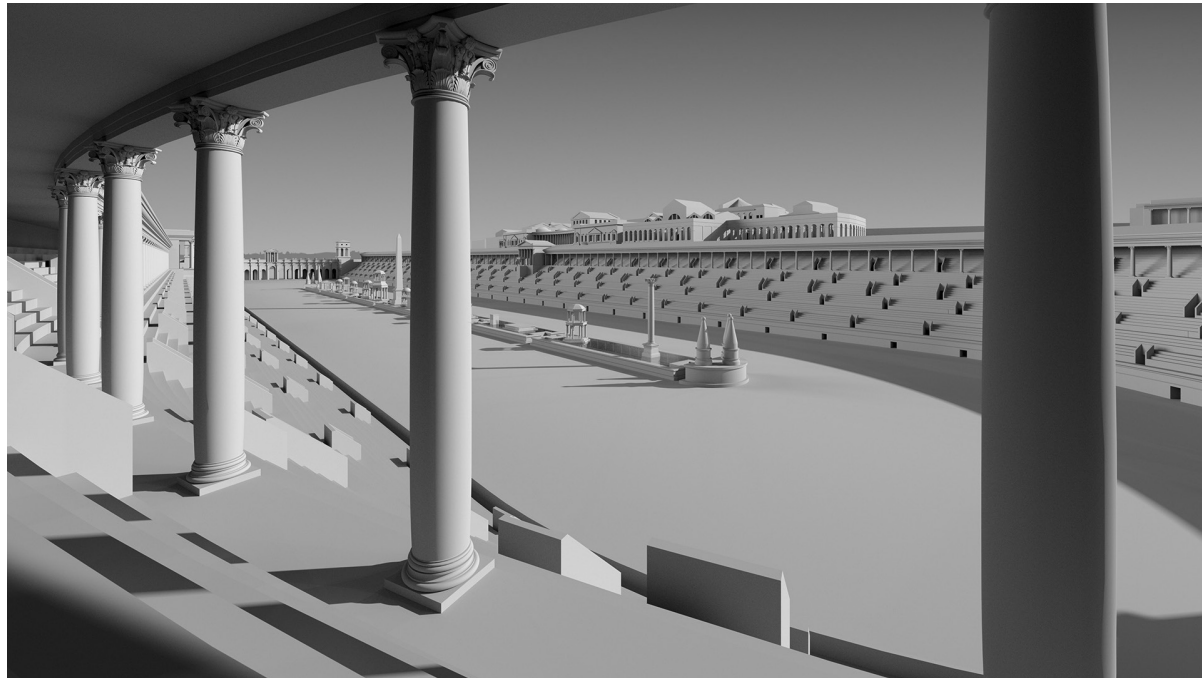


Figure 17. Circus Maximus and the Palatine Palaces, 2nd–3rd century CE. One of the most important views of the imperial palaces was their façade facing the Circus Maximus. From here, the entire Roman populus could marvel at the splendour, but above all at the construction activity, which impressively demonstrated the wealth and power of the empire. Much was expanded and rebuilt, and it is likely that the palace never looked exactly like this visualisation, but was always covered by scaffolding. Source: LTAB.



Figure 18. Court of Aula Regia in the Palatine Palaces, 2nd–3rd century CE. The other side of the representation of power was likely directed at political guests. The courtyards immediately behind the audience hall were staggered in several rows and all equipped with water basins. The architectural qualities are impressive and, apart from the ornaments that clearly refer to antiquity, remain timeless. Highlighting these qualities and distinguishing them from current findings—whose ruinous state generally dominates perception—is part of the challenge of visualisation, because the focus here is not on simulating architecture, but on representing a design concept. This is something that archaeology is clearly better able to describe than the exact condition of destroyed building surfaces. Source: LTAB.



Figure 19. Supposed Ideal Church of Prince-Bishop Julius Echter von Mespelbrunn, Würzburg, Germany, 16th–17th century CE. The ideal church is essentially a hypothesis proposed by Barbara Schock-Werner, former master architect of Cologne Cathedral. It is based on the assumption that the more than two hundred parish churches built by Julius Echter around Würzburg in just a few years must have been inspired by a common ideal, because, despite their individuality, they are similar in many respects. The ideal church itself was never actually built, nor is its existence, even in theory, historically verified. Unlike in the ancient world, abstraction alone could not be used here because the abundance of ornamentation is an essential part of its appearance. Rather, it is the idealization of each individual form that is intended to distinguish it from a simulation. The cubature of the church is a weighted average, while the ornaments have been reassembled from different churches. The visualisation was part of a major exhibition on the prince-bishop in the Würzburg Residence, published in the extensive exhibition catalogue. Source: LTAB.

In contrast to actual photography in physical reality, the method of *visualisation of uncertainty* can therefore be understood not only as a representation of the planning intention or design idea, but can also be interpreted as a visual approximation of the memory one would have if one had been walking through these rooms.¹³

EPILOGUE

Naturally, the ancient world was also polychromatic, and its architecture in particular was characterized by an exuberant use of colour, as evidenced in well-preserved sites, especially those buried—and thus well-preserved—by the eruption of Vesuvius. But in less well-preserved buildings, and even more so in those surviving only in fragments, the specific colour scheme would be just guesswork, whereas the fragments allow for significantly greater certainty regarding the spatial structure. The

decision to visualise this structure in monochrome was therefore made by archaeologists to make this relatively high degree of certainty visible in the image. The visual dominance of colour would overshadow this certainty with enormous, almost complete speculative assumptions regarding the actual colours. The focus of the representation would no longer be on the geometry, which the archaeologists intend to communicate because it corresponds to the current state of knowledge about the site. Unlike geometry, polychromy cannot be abstracted; colour has a very specific visual effect. Only in cases where there is sufficiently reliable evidence of polychromy does the method consequently integrate colour, as in the case of the visualisation of the hypothesis about the Ideal Church of a Würzburg prince-bishop of the Counter-Reformation¹⁴ (Fig. 19) or the Cologne Cathedral choir around 1856 (Fig. 20).¹⁵ ■

¹³ Benjamin Kelly and Dominik Lengyel, "Virtual Photography: Computer Visualizations as Architectural Hypotheses", in *The Roman Emperor and His Court c. 30 BC–c. AD 300*, vol. 2: *A Sourcebook*, ed. Benjamin Kelly and Angela Hug (Cambridge University Press, 2022), 33–34, <https://doi.org/10.1017/9781009063814>.

¹⁴ Damian Dombrowski, Markus Josef Maier, Fabian Müller and Martin-von-Wagner-Museum, eds., *Julius Echter, Patron der Künste: Konturen eines Fürsten und Bischofs der Renaissance* (Deutscher Kunstverlag, 2017).

¹⁵ Stefan Klösge and Eberhard Metternich, eds., *Aeternum Cantabo: Zeugnisse aus 1300 Jahren Kölner DomMusikGeschichte: Ausstellung Anlässlich des 150-Jährigen Jubiläums des Kölner Domchores in der Erzbischöflichen Diözesan- Und Dombibliothek Köln* (Kölner Dommusik, 2013).



Figure 20. Choir of Cologne Cathedral, 1856 CE. Shortly before the wall separating the Gothic choir from the western half of the Hildebold Cathedral was demolished to allow construction of the Gothic cathedral to continue in the crossing area, the cathedral chorus was founded. Numerous contemporary illustrations show the choir ambulatory, but none depict the dividing wall with the organ. Based on these and other sources—

including a coloured drawing of the large mural, an ink drawing of the conversion of the Romanesque organ into a Gothic organ, and the tapestries, altars, and candelabra, which are still well preserved today—it was possible to create a polychrome visualisation of the interior, albeit an abstract one. The occasion for the collaboration was the 150th anniversary of the chorus. Source: LTAB.

Tecnología para la memoria:

Modelado tridimensional en el proyecto de conservación del cañón Ordóñez en San Juan de Puerto Rico

Estevão Rosim Fachini
Santiago Gandolfo
César Piñeiro

RESUMEN

Este artículo presenta la aplicación de técnicas de modelado tridimensional en el cañón Ordóñez, modelo 15 cm, propiedad del National Park Service, San Juan National Historic Site (Servicio Nacional de Parques, Sitio Nacional Histórico de San Juan; NPS-SAJU). Se trata de una pieza histórica de artillería costera utilizada durante la ocupación estadounidense de 1898, que se encuentra actualmente en proceso de conservación en el Taller de Conservación Metálica de Santa Elena, NPS-SAJU. El trabajo de documentación para realizar el modelo 3D incorporó aportaciones de especialistas argentinos y puertorriqueños, y demuestra el valor de las tecnologías digitales en la documentación, análisis y divulgación del patrimonio militar isleño.

INTRODUCCIÓN

En el Fuerte San Cristóbal de San Juan de Puerto Rico se encuentra el cañón Ordóñez, una pieza emblemática de la historia reciente de la fortificación. Diseñado en el último cuarto del siglo XIX por la ingeniería militar española, este armamento representó en su época un avance tecnológico significativo, aunque pronto se tornaría obsoleto ante el rápido desarrollo de la industria del acero y la naval estadounidenses. Su participación en la defensa costera durante la guerra Hispano-estadounidense lo convierte en un testimonio tangible de un conflicto que transformó al continente.

El proyecto de conservación de esta pieza, iniciado hace una década por el NPS-SAJU en colaboración con la Universidad de Puerto Rico, ha permitido la aplicación

de metodologías digitales contemporáneas con colegas argentinos y mexicanos, entre ellas el modelado tridimensional. Estas herramientas tecnológicas no solo documentan fielmente los objetos patrimoniales y su estado de conservación, sino que también facilitan el estudio de sus mecanismos y funcionamiento, y la posterior divulgación de los hallazgos. En este artículo se presenta el proceso de modelado 3D del cañón Ordóñez en el marco de una colaboración del Dr. Rosim Fachini, de la Universidad de Puerto Rico, recinto de Río Piedras (UPR-RP), e YMAGO, una empresa argentina de diseño industrial. La interacción entre instituciones puertorriqueñas y argentinas facilitó la combinación de conocimientos técnicos, históricos y tecnológicos. Las plataformas digitales permitieron el trabajo remoto y la revisión compartida de modelos, abriendo el camino a nuevas formas de cooperación a distancia en proyectos patrimoniales, especialmente en el estudio de objetos técnicos complejos.

EL CAÑÓN ORDÓÑEZ: CONTEXTO HISTÓRICO Y TECNOLÓGICO

El cañón Ordóñez fue diseñado a finales del siglo XIX por Salvador Díaz-Ordóñez y Escandón,¹ quien propuso una línea de artillería más eficiente para la defensa costera del Imperio español. Con este diseño, el nuevo modelo de cañón proporcionaba mayor alcance y precisión que los modelos anteriores. Según su descripción en *La vida militar en España* (1888):

El cañón Ordoñez, es una pieza de hierro fundido, reforzada en su interior con

doble tubo de acero, que llega hasta 50 centímetros delante de los muñones. Su calibre alcanza a 15 cm., la longitud del ánima tiene 32,50 calibres, y el peso total es de 6.300 kg., de los que 5.100 corresponden a la fundición y 1.200 a los tubos de acero. El rayado es de inclinación progresiva que empieza en la recámara, con vuelta de 50 calibres, y al terminar en la boca de aquella de 25. Su cierre es de tornillo partido, con obturador Broadwell modificado. El proyectil que se usó en las experiencias verificadas en Trubia el año 1.884, fue de 3,50 calibres de longitud con una sola banda de forzamiento. El resultado de dichas experiencias fue altamente satisfactorio, pues atravesó un blindaje formado por dos planchas de hierro con espesor total de 26 centímetros. El alcance, con inclinación de 19 grados ha llegado a ser de 8.000 metros.²

Se trata de una pieza de notable complejidad para cuyo servicio “se necesitan seis sirvientes y un auxiliar”,³ todos bien diestros en las lides de la artillería. Su uso se generalizó en diversas posiciones estratégicas de Cuba, Filipinas y Puerto Rico.

En San Juan, estos cañones formaban parte de las fortificaciones de defensa costera y jugaron un papel importante durante el bombardeo estadounidense del 12 de mayo de 1898, respondiendo al fuego del invasor, cuyas ideas expansionistas buscaban ganar el valor estratégico de Puerto Rico para el control del Caribe. Luego de la pérdida de la colonia de ultramar y el acuerdo de París del 10 de diciembre de 1898, se le permitió a España la retirada de los armamentos en la Isla. En ello, se perdió gran parte del patrimonio metálico de las fortificaciones, incluidos todos los cañones Ordóñez que defendían la isla de San Juan. La guerra civil española (1936-1939) oyó sus últimos disparos. Luego, entre la finalización de la guerra Hispano-estadounidense y la Segunda Guerra Mundial, la mayoría de los cañones Ordóñez modelo 15 cm fueron fundidos para recuperar el acero.⁴ Algunos ejemplares sobrevivieron: en La Habana hay uno que otro, en California se reubicó uno roto que había estado en Filipinas, y el de San Juan.

El presente ejemplar de 15 cm, modelo 1885, número 96 del año 1891, se encontraba en Mallorca antes de ser enviado en 1957 a San Juan de Puerto Rico como un regalo del Gobierno español al NPS-SAJU, para que puertorriqueños y visitantes pudieran apreciarlo. En aquel momento, el cañón y su carruaje se encontraban en buen estado de conservación y operantes. Con el paso de los años, el acelerado proceso de corrosión en el ambiente marino tropical y la falta de un adecuado mantenimiento provocaron que la pieza se deteriorara. En 1983 el NPS-SAJU solicitó al Sr. Herbert D. Bump, del Florida Research and Conservation Laboratory, que realizara un estudio para salvar la pieza. Al año siguiente, el cañón fue trasladado a Tallahassee, Florida, para ser sometido a un tratamiento electroquímico, y permaneció allí hasta que finalizó todo el proceso de conservación en 1987.

Debido a que la corrosión había unido las partes del cañón hasta el punto de impedir que se pudieran separar, hubo que cortar con llama de acetileno tornillos y remaches de la cureña, quedando la pieza en tres grandes partes que permanecen hasta el presente. Los tornillos destruidos durante la separación del carruaje fueron sustituidos, varios de los cuales se encuentran operacionales. Algunas piezas del sistema de posicionamiento que estaban muy dañadas fueron reemplazadas por nuevas, hechas a partir de los dibujos técnicos disponibles. De igual forma se cambiaron algunas partes menores, pero de las pequeñas piezas no se tiene una lista, por lo que se desconocen cuáles son originales y cuáles sustituidas. En cuanto a la cureña, se decidió que, por su estado, era conveniente hacer un tratamiento por galvanización. Para esto, las piezas fueron primero limpiadas en soluciones ácidas y luego sumergidas en cinc derretido. Una vez protegida la superficie con el cinc, el carruaje fue pintado con un *primer*, capas de óxido rojo y, al final, pintura negra de poliuretano. Por su parte, el tubo del cañón no fue galvanizado, sino que recibió un tratamiento de *sand blasting* para una adecuada adherencia de la pintura.

A pesar de estos cambios, el cañón Ordóñez sigue sirviendo al estudio de la tecnología militar del siglo XIX, además de ser un integrante importante de las fortificaciones del Viejo San Juan y del imaginario del pueblo puertorriqueño.

² Según citado en Ángel Manuel Adán García, *El Cuerpo de Artillería en las guerras de ultramar: La guerra Hispano Americana 1898* (Real Academia de Cultura Valenciana, 2015), 38, nota 44, <http://www.racv.es/institucional/vcia/racv-digital/el-cuerpo-de-artilleria-en-las-guerras-de-ultramar-la-guerra-hispano-americana-1898>.

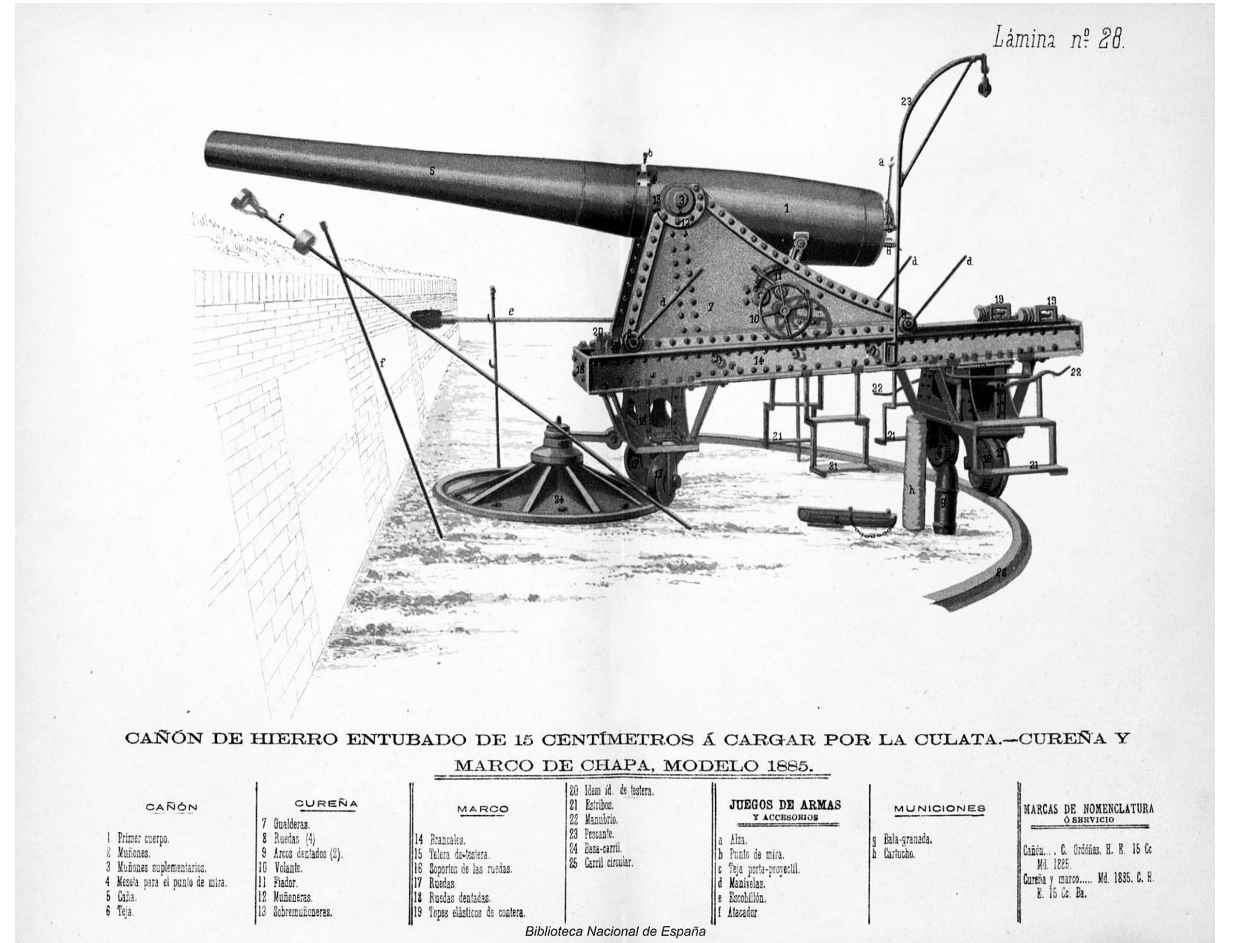
³ Escuela Central de Tiro, Sección de Cádiz, *Reglamento para el servicio del cañón Ordóñez H.E. 15 Cm. Cc., Modelo 1885* (Imprenta del Cuerpo de Artillería, 1893), 40, instrucción 76.

⁴ National Park Service – San Juan National Historic Site, CRM Division & Military Archive, *Copy of Previous Treatment Documentation: Cannon-Ordóñez Model 1885*, September 25, 2003.

¹ En los Archivos Militares en el Alcázar de Segovia (Legajo 31, 2ª Sección, División 1ª) se encuentra, entre planos constructivos y otros documentos relacionados a la pieza, el facsímil de la carta donde el general Ordóñez solicita permiso al Rey para crear un nuevo modelo de artillería, que se conocería como *cañón Ordóñez*.



El cañón Ordóñez, modelo 1885 - 15 cm, antes de que se iniciara el tratamiento de conservación en Puerto Rico, en 2013. Fuente: César Piñeiro.



Dibujo de 1887 que ilustra las partes de un cañón Ordóñez, modelo 1885. Fuente: *Material de artillería: Descripción del Reglamentario en España* (1887).

PROCESO DE CONSERVACIÓN ACTUAL Y DOCUMENTACIÓN DEL PATRIMONIO DE NPS-SAJU

El actual proyecto del cañón Ordóñez se enmarca en el esfuerzo mayor para conservar el patrimonio metálico, que lidera el equipo técnico administrativo del NPS-SAJU y el conservador César Piñeiro. El trabajo de conservación del patrimonio metálico en el NPS-SAJU se intensificó a partir del 2014, cuando se inició un trabajo colaborativo entre esa institución y científicos de la UPR-RP, que continúa hasta el presente. Inicialmente el objetivo principal del proyecto fue estabilizar varios cañones que estaban bajo un tratamiento pasivo, interrumpido hacía algunos años. Luego el proyecto se amplió para realizar un tratamiento activo —de tipo electroquímico— a nuevas piezas de artillería, y el estudio científico de los materiales constituyentes. Desde un punto de vista pedagógico, el proyecto ha expandido las oportunidades a los estudiantes universitarios, ofreciéndoles experiencia directa de trabajo en proyectos de conservación o de visitar

el local, el cual funciona también como un sitio de educación informal en las ciencias naturales. En lo referente al cañón Ordóñez, se ha tenido la oportunidad de analizar su estructura metálica y tener una recuperación parcial de su capacidad interpretativa.

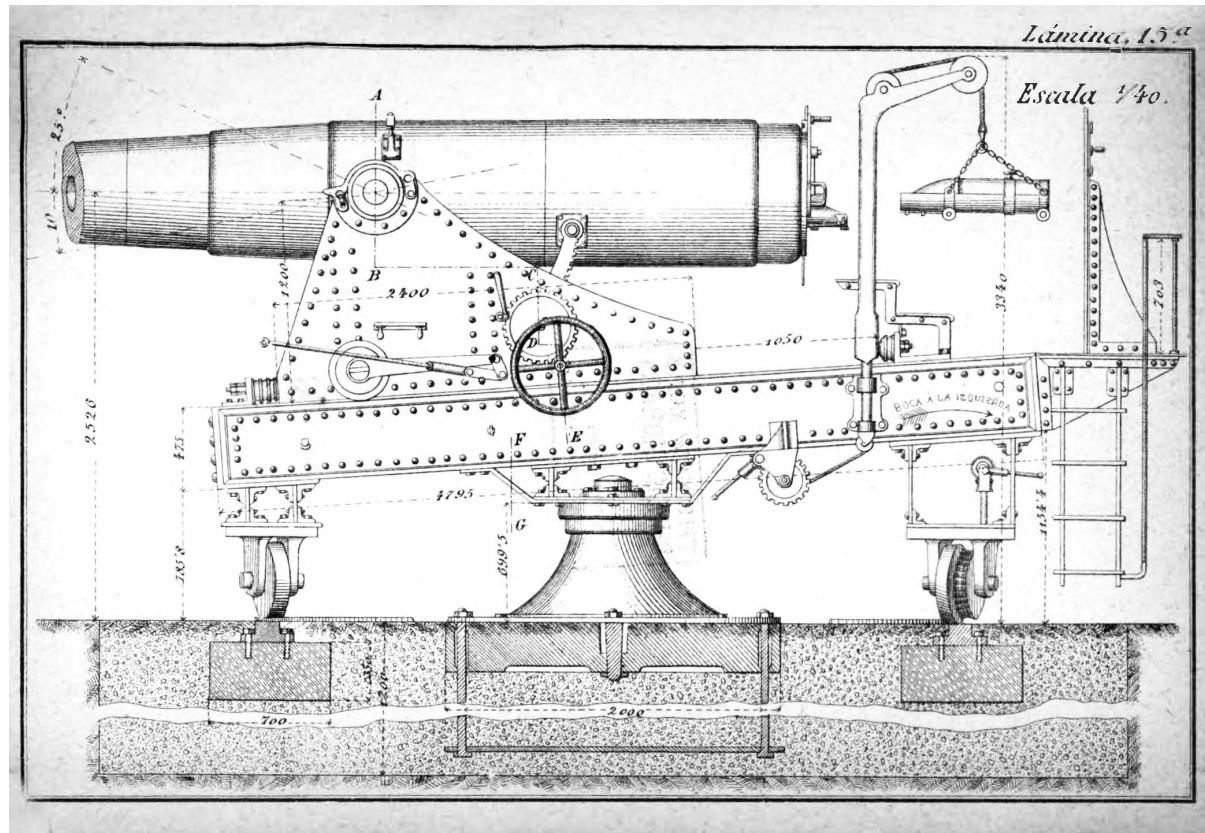
Las tareas de conservación efectuadas sobre el cañón Ordóñez incluyeron: (1) la separación parcial de las tres grandes partes de la estructura —efectuado por el personal del NPS-SAJU—; (2) la remoción de concreciones y capas viejas de pintura del tratamiento de 1987 mediante micro martillos neumáticos; (3) un tratamiento electroquímico en solución de bicarbonato de sodio para la eliminación de cloruros —atrapados en anteriores tratamientos y nuevas incorporaciones desde el *spray* marino—; (4) lavados en agua purificada; (5) estabilización superficial; e (6) impermeabilización. Actualmente los trabajos de conservación en el tubo han concluido; las demás partes se encuentran en distintas etapas del proceso arriba descrito.

Para una mejor comprensión del material de construcción de la pieza y el efecto de tratamientos de conservación anteriores, paralelamente a la intervención del cañón, se hizo el estudio microscópico y espectroscópico del mecanismo de corrosión y de los recubrimientos (efectuados en el 1987) de la pieza; y el estudio metalográfico y de conservación de un tornillo galvanizado. Finalmente, se estudió la posibilidad de un desmontaje parcial de componentes y reversión de la galvanización, idea que fue pronto descartada por las consecuencias drásticas que pudieran tener sobre el estado de una superficie ya bastante deteriorada.

Simultáneamente a los trabajos de conservación, se inició una búsqueda historiográfica básica, una documentación fotográfica sistemática y la recopilación de planos originales, conservados en archivos militares españoles o publicados en la red. Esta base de información fue fundamental para el posterior modelado tridimensional.

DESARROLLO DEL MODELO TRIDIMENSIONAL

El modelado tridimensional del cañón Ordóñez fue llevado a cabo mediante una colaboración académica con el Arq. Santiago Gandolfo, de la agencia argentina YMAGO, especializada en modelado técnico e histórico. Para garantizar la máxima fidelidad, el proceso se basó en una exhaustiva recopilación de fuentes documentales y gráficas. Entre las referencias escritas se incluyeron el *Reglamento para el servicio del cañón Ordóñez* (1885) de la Escuela Central de Tiro, Sección de Cádiz, del Cuerpo de Artillería Española; el manual *Material de artillería: Descripción del Reglamentario de España* (1887) de D. Juan Goyantes y Nieto, y el libro digital *El Cuerpo de Artillería en las guerras de ultramar: La guerra Hispano Americana 1898* (2015), por Ángel Manuel Adán García. Además, se tomaron en cuenta fotografías en alta definición de planos constructivos, de emplazamiento y de modificación del cañón Ordóñez de 150 mm, suministradas por el Archivo Nacional Militar de Salamanca, España, que



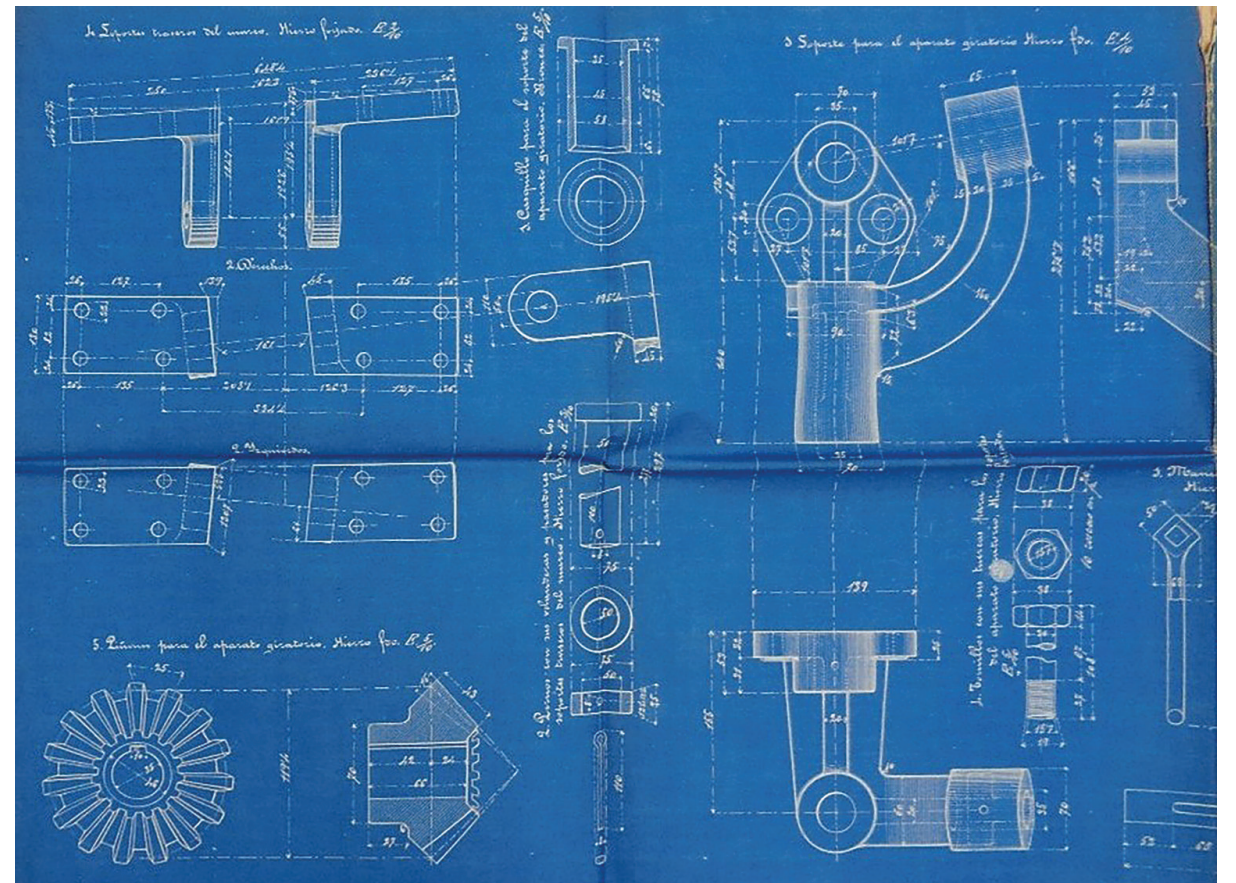
Ejemplo de los planos empleados en la digitalización y definición de las piezas del cañón Ordóñez. Fuente: Escuela Central de Tiro, *Reglamento 2/78 para el servicio del cañón Ordóñez*, lámina 15.ª.

complementaron los planos encontrados en Segovia (ver pie de página 1). También fueron fundamentales las imágenes históricas y actuales del cañón en fase de conservación, del archivo del Fuerte San Cristóbal y el Taller de Conservación de Patrimonio Metálico de Santa Elena, en San Juan, Puerto Rico.⁵

El modelado se realizó en Rhinoceros 3D, un software que permite incorporar planos fotográficos directamente en la construcción del modelo, facilitando la orientación del diseño con exactitud dimensional propia de herramientas de ingeniería. La primera etapa consistió en clasificar los planos históricos, diferenciando aquellos originales de los que correspondían a modificaciones posteriores. Este proceso tomó un tiempo considerable, debido a que la caligrafía cursiva de los planos originales y el sistema de documentación de la época no se ajustan a los estándares actuales. La comparación detallada de múltiples fuentes permitió definir un conjunto fiable de información para el modelado.

Una vez establecida la base documental, se inició la reconstrucción digital del cañón por etapas: primero el tubo, la recámara, el rayado interno y la boca; luego la cureña y su base giratoria; y al final los sistemas mecánicos de elevación y apuntamiento con sus manivelas, engranajes y ejes de rotación. Estos últimos fueron especialmente complejos, ya que algunos componentes están ocultos o se han deformados con el tiempo. En esta fase, el manual de operación de 1885, con sus gráficos de alta calidad, resultó clave para corroborar detalles técnicos.

A lo largo de los cuatro meses de trabajo, que totalizaron aproximadamente 500 horas, surgieron retos inesperados. En más de una ocasión se identificaron incongruencias en los planos, evidentes únicamente al visualizar el modelo en 3D, lo que obligó a retroceder y corregir el diseño. Afortunadamente, fotografías disponibles en museos de España y Estados Unidos fueron de gran ayuda para reconstruir digitalmente



Ejemplo de los planos disponibles en el Legajo 31 de la 2ª Sección, División 1ª, empleados en la digitalización y definición de las piezas del cañón Ordóñez. Fuente: Archivos Militares del Alcázar de Segovia.

componentes que ya no estaban presentes o no podían desmontarse u operarse en el ejemplar real bajo estudio. El modelo fue verificado por el equipo de conservación puertorriqueño, comparando dimensiones y relaciones entre piezas. Por haberse agotado los recursos de información disponibles, se dio por finalizado el proceso de modelado del cañón Ordóñez.

Por lo tanto, el modelo 3D del cañón se encuentra desarrollado casi en su totalidad, exceptuando pequeños detalles que hasta el momento no se han podido aclarar, a saber: (1) el funcionamiento de los componentes de carga del cañón; (2) el uso de los puntos de mira y sus componentes. A raíz de esta situación, se dejaron indicados las partes sujetas a un posible desarrollo posterior, en caso de encontrarse nueva documentación: sistema de carga del cañón, palanca de ajuste del sistema de ángulo vertical, puntos de mira y pieza trasera del carro.

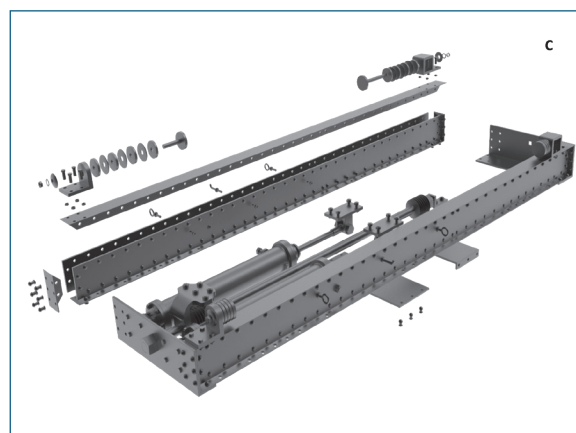
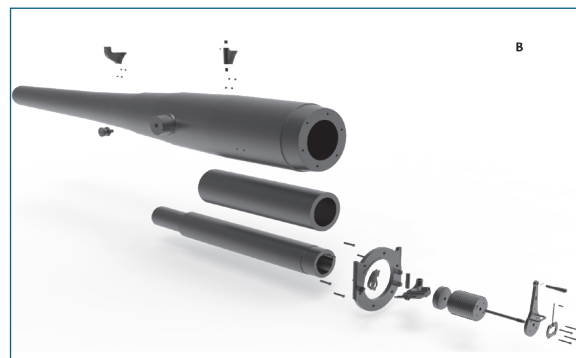
Este minucioso trabajo permitió no solo recuperar digitalmente el cañón Ordóñez con una precisión excepcional, sino también resolver incógnitas sobre

su estructura y funcionamiento, contribuyendo de manera significativa al estudio y conservación del patrimonio militar.

APORTES DEL MODELADO TRIDIMENSIONAL A LA CONSERVACIÓN PATRIMONIAL

Mediante el modelo 3D se ha logrado una documentación exhaustiva de los múltiples componentes del cañón Ordóñez, algunos de ellos ausentes, otros sustituidos durante el proyecto de conservación de la década de los ochenta, o muy deteriorados en el estado actual de la pieza de artillería. Todo ello se pudo lograr sin que fuese necesaria la manipulación constante de la pieza, lo que implicaría notable esfuerzo por su tamaño y peso. También ha permitido el estudio del funcionamiento original del cañón, especialmente de sus sistemas de apuntamiento, algo imposible en la pieza actual. Obviamente, en caso de un deterioro grave o pérdida completa, el modelo digital garantiza una copia fiel del ejemplar. La comparación del modelo 3D con

⁵ Ese trabajo no hubiese sido posible sin la aportación del Sr. Jan Torres, curador de las colecciones del NPS-SAJU, quien nos ha ayudado desde el inicio del proyecto facilitando material y orientándonos acerca de las fuentes documentales.



Elementos sujetos a ajustes futuros, según la documentación actual: (A) sistema de carga del cañón y puntos de mira, (B) palanca de ajuste del sistema de ángulo vertical y (C) y pieza trasera del carro. Fuente: YMAGO.

la fotogrametría de la pieza⁶ permitió una buena evaluación del grado de deterioro de las distintas partes del cañón, la identificación de las secciones metálicas que comprometen la resistencia mecánica de la estructura al presentar pérdidas severas por la corrosión, y una mejor planificación de la intervención durante el proceso de conservación.

Además, el modelado digital hizo posible el ajuste de los espesores de las distintas partes del cañón para una impresión 3D a escala reducida empleando plástico, lo que ha resultado en una impresión a un precio accesible. La posibilidad de generar elementos complementarios mediante impresión 3D, como secciones cortadas, mecanismos ampliados o piezas faltantes, es un asunto por explorar, sea para el uso educativo o museográfico.

POTENCIAL EDUCATIVO, MUSEOGRÁFICO Y CIENTÍFICO

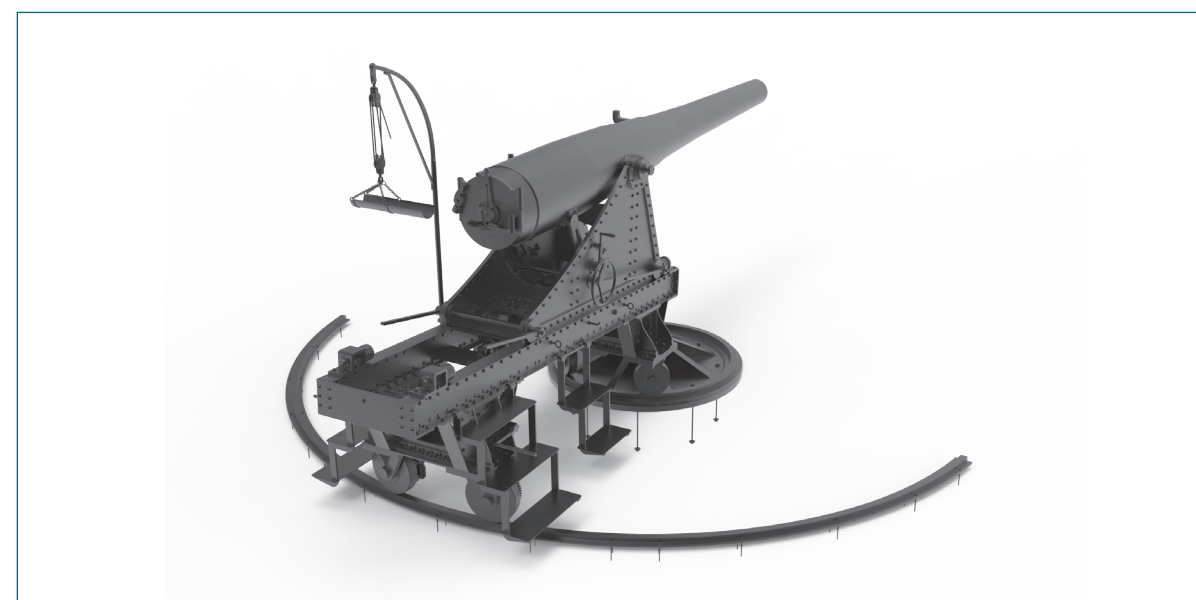
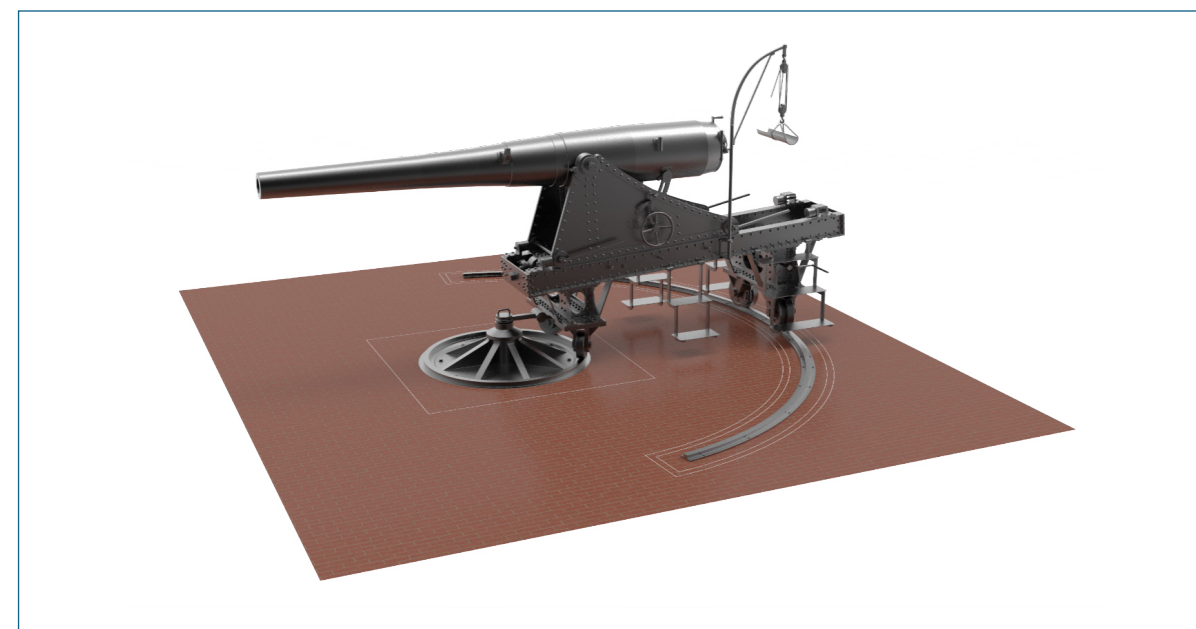
El modelo digital desarrollado para el cañón Ordóñez puede integrarse en exhibiciones interactivas, presentaciones virtuales o plataformas web, ofreciendo a las personas una experiencia inmersiva, por ejemplo, mediante realidad aumentada. Para los museos, constituye una herramienta de interpretación sin precedentes, pues le permite al público comprender la construcción, integración de las distintas partes del mecanismo y el funcionamiento del cañón sin necesidad de tocarlo. Al mismo tiempo, evita que los visitantes se aproximen a una pieza que, por las aristas metálicas o la pérdida de la capacidad de sustentación del carruaje, decurrentes de la oxidación, pudiera representar un peligro para su seguridad.

En el ámbito educativo, el modelo puede utilizarse en clases de historia, tecnología, ingeniería y conservación. La impresión 3D facilita una visualización rápida y de manejo fácil de lo que es el cañón Ordóñez. Además, permite comparaciones con otras piezas de artillería y el desarrollo de proyectos interdisciplinarios.

Desde la perspectiva científica, el modelado proporciona una base objetiva para el estudio de la evolución de la tecnología militar del siglo XIX.

CONCLUSIONES

El modelado tridimensional del cañón Ordóñez demuestra el valor de las nuevas tecnologías aplicadas al estudio y conservación del patrimonio cultural. Más allá de su función documental, el modelo permite comprender y divulgar con precisión una pieza tecnológica clave en la historia militar de Puerto Rico.



Arriba, modelo 3D del cañón Ordóñez, modelo 1885 - 15 cm, finalizado. Abajo, recorte ampliado del tramo posterior del carro. Fuente: YMAGO.

La experiencia abre la posibilidad de replicar esta metodología en otros bienes patrimoniales de carácter tecnológico, tanto en Puerto Rico como en otros contextos latinoamericanos. Así, la tecnología digital se convierte en una aliada de la memoria colectiva y la valorización del pasado común.

AGRADECIMIENTOS

A las autoridades del NPS-SAJU, en especial al Sr. Félix López, gerente del Programa de Recursos

Culturales; al Dr. Eric J. López, historiador; a Jan Torres, curador, y a todos los funcionarios y estudiantes destacados en el proyecto a lo largo de los años, que tanto contribuyeron para su desarrollo.

Al personal administrativo del Centro de Caracterización de Materiales (MCC) de la UPR, por su competente labor.

Al Dr. Johnny Lugo, quien ha participado en el primer año del proyecto de conservación de patrimonio metálico en el NPS-SAJU. ■

⁶ Los conservadores mexicanos Sergio Sandoval y Rebeca Rosendo Corona hicieron un estudio fotogramétrico del estado de conservación actual del cañón, que no hace parte de este escrito. El modelo desarrollado a partir de los planos de construcción se ajustó con muy buena precisión al modelo fotogramétrico. Fuente: comunicación privada del Dr. Rosim Fachini con el conservador Sergio Sandoval.

ESPECIALISTAS DEL NATIONAL PARK SERVICE

Maintenance Division

Eric J. López

La misión del Servicio de Parques Nacionales (NPS, por sus siglas en inglés), fundado en 1916, es preservar intactos los recursos y valores naturales y culturales del Sistema de Parques Nacionales para el disfrute, educación e inspiración de esta y futuras generaciones. El Sitio Histórico Nacional de San Juan —compuesto por los castillos San Felipe del Morro y San Cristóbal, el Fuerte San Juan de la Cruz (conocido también como El Cañuelo) y tres cuartas partes de la muralla de San Juan— es una unidad de este sistema. Desde su designación como *sitio histórico nacional* mediante una orden del secretario del Departamento del Interior el 14 de febrero de 1949, se establecieron las bases para las decisiones de uso, gerencia y administración del parque a fin de preservar, proteger e interpretar el sistema defensivo español más antiguo y extenso de los parques nacionales de los Estados Unidos.

Como parte integral de esa responsabilidad para con estas estructuras de incalculable valor local e internacional, el Sitio Histórico Nacional de San Juan cuenta con varias

divisiones —Superintendencia, Mantenimiento, Facilidades, Administración, Recursos Culturales e Interpretación y Educación— que colaboran en diversos esfuerzos dirigidos a educar y proteger la amplia colección de fortificaciones, murallas y estructuras asociadas a la unidad, así como a los más de un millón y medio de personas, locales e internacionales, que nos visitan anualmente. Todas las divisiones tienen una razón de ser y equilibran sus funciones en pro de los objetivos cimeros, que son la protección de los recursos naturales y culturales, y su uso y disfrute recreativo. Pero el esfuerzo no está exento de retos. El desgaste producido por el tiempo, la creciente vegetación, las vibraciones vehiculares, la contaminación ambiental y el vandalismo —que incluye los grafitis, el escalamiento de las murallas y la remoción de material de las paredes históricas— son recordatorios constantes de la vulnerabilidad de este Patrimonio de la Humanidad (1983).

Para contrarrestar estas amenazas, el Sitio Histórico Nacional de San Juan desarrolló

un programa de preservación liderado por la división de Facilidades. El mismo cuenta con un laboratorio especializado en albañilería histórica y un taller dedicado al desarrollo de técnicas de preservación, ambos con sede en el Polvorín de Santa Elena, adyacente al Castillo San Felipe del Morro. Este centro cuenta con albañiles especializados en técnicas de albañilería histórica que, con gran paciencia, trabajo duro y experiencia, se han preparado para realizar labores de reparación y restauración teniendo presentes los *Estándares para el tratamiento de propiedades históricas del Secretario del Departamento del Interior*.

Como parte de nuestros esfuerzos de interpretación e investigación, es importante señalar que el sistema fortificado de San Juan se construyó y desarrolló *en campañas*, es decir, por etapas. La ejecución de cada una de estas dependía de las circunstancias particulares de su periodo de construcción, tales como el estado del presupuesto y las arcas imperiales, la disponibilidad de mano de obra, las tensiones internacionales del



Vista de andamio como parte del proyecto de restauración de una garita impactada por un rayo en el Bastión de Austria, Castillo San Felipe del Morro, 2025. Fuente: NPS.



Personal del Servicio de Parques Nacionales aplicando mortero y removiendo cemento como parte del proyecto de restauración de la fachada del Polvorín de Santa Elena, 2018. Fuente: NPS.

momento o, simplemente, las prioridades establecidas por la monarquía. Por consiguiente, en el transcurso de los siglos, generaciones de trabajadores, canteros e ingenieros pusieron su grano de arena. No obstante, ni la arena ni la técnica utilizada para producir y aplicar el mortero de cal fueron las mismas.

Gracias a ese laboratorio de conservación, el albañil histórico del Sitio Histórico Nacional de San Juan sabe que cada segmento de la muralla tiene arena de diversos pigmentos, consistencias y procedencias —pues no se extrajo de la misma playa ni del mismo río— y que es posible también que el método de cocción del ladrillo varíe entre una pared histórica y otra. Por esto, tal y como en



Albañil tradicional del Servicio de Parques Nacionales trabajando en los ornamentos de la fachada como parte del proyecto de restauración de los cuarteles de tropa del Castillo San Cristóbal, 2021. Fuente: NPS.

una receta de cocina, se analizan muestras —particularmente de la piedra, del ladrillo y el mortero que toque restaurar— para así replicar, de la manera más exacta posible, no solo el color y la textura, sino también la proporción de arena y cal utilizada en el mortero original.

En otras palabras, el trabajo de este restaurador, también conocido como *albañil histórico* o *tradicional*, no se limita a la limpieza de la pared histórica antes de la aplicación del mortero, sino que comienza mucho antes, en el laboratorio, ya sea comparando precedentes, texturas y pigmentos o analizando opciones a partir de las diversas experiencias de décadas trabajando con el patrimonio. Como los fieles soldados que en el pasado defendían los fuertes del enemigo exterior, estos restauradores salen al amanecer

y permanecen de sol a sol batallando contra las inclemencias del tiempo, el vandalismo y los enemigos modernos de nuestro patrimonio.

Las restauraciones desde el año 2016 en las murallas oeste y sur de la ciudad, hasta las más recientes en la muralla norte —específicamente de los bastiones de San Antonio (cercano al cementerio), Santa Rosa, Santo Domingo, Las Ánimas, Santo Tomás y, actualmente, San Sebastián— evidencian la persistencia, paciencia y el esfuerzo metódico necesario para un buen resultado. De igual forma, recientes trabajos en la capilla del Castillo San Felipe del Morro y los cuarteles de tropa en el Castillo San Cristóbal confirman esa dedicación, pero en esta ocasión se enriquecieron con un gran talento artesanal que incluyó la fabricación de

herramientas para completar cornisas, elementos y símbolos decorativos.

La palabra es *versatilidad*, porque nuestros albañiles tradicionales hacen de todo. Lo mismo restauran la centenaria muralla que rehabilitan una garita, elemento esencial tanto de la fortificación como de la iconografía nacional. Así como las secciones de las paredes históricas son diferentes entre sí, también lo son las garitas. Aunque se parezcan, no hay una igual a la otra. Sus dimensiones y materiales varían, por lo que no existe un método genérico para restaurarlas, sino que se requiere precisión en las medidas para completar la circunferencia y, especialmente, el domo. La reciente restauración de la garita del Bastión de Austria en El Morro así lo confirma. Tras ser dañada por un rayo en



Garita del Bastión de Austria en el Castillo San Felipe del Morro luego de su restauración, 2025. Fuente: NPS.



Andamio utilizado en el proyecto de restauración de la torre de ventilación y pararrayos del Polvorín de Santa Elena, 2018. Fuente: NPS.

septiembre de 2024, el equipo logró reconstruir exitosamente la estructura, utilizando esta vez varilla de fibra de vidrio. A

diferencia de la varilla de hierro, esta ayuda a prevenir futuros impactos eléctricos y evita que el material se oxide y se expanda,

lo que suele provocar grietas y rompimientos en la garita.

Nada de lo anterior sería posible sin el compañero



Brigada de albañiles del Servicio de Parques Nacionales que restauraron la garita del Bastión de Austria en el Castillo San Felipe del Morro, 2025. Fuente: NPS.

inseparable de nuestro albañil: el andamio. Estos expertos restauradores se han convertido además en proficientes montadores y desmontadores de andamios de metal de distintos tamaños y proporciones, lo cuales, a medida que el proyecto avanza, como cobrando vida, se mueven. Debemos aclarar que las murallas de las fortificaciones no son rectas, sino inclinadas, por lo que los albañiles deben tener también gran creatividad y talento para construir un andamio práctico que se adapte al contorno de la muralla y, lo más importante, sea seguro para ellos.

Sí, hacen de todo. Lo mismo trabajan con drenajes para prevenir el exceso de humedad —tan perjudicial para las estructuras históricas— que con equipo pesado, electricidad, mecánica,

soldadura y ebanistería, por mencionar solo algunas labores. Por esta razón, a través de los años han sido convocados para trabajar en otras fortificaciones y áreas del Servicio de Parques Nacionales, entre ellas el Fuerte Sumter en Carolina del Sur, el Fuerte Pulaski en Georgia, el Fuerte Jefferson en Florida, y en algunos parques del Caribe.

El alto nivel de conocimiento de estos centinelas modernos —los albañiles históricos del Sitio Histórico Nacional de San Juan— en esta área tan especializada posiciona al parque como un líder mundial en la preservación del patrimonio. Es imposible detallar aquí todo lo logrado o mencionar a todos los miembros del personal que por décadas ha contribuido con su esfuerzo y conocimiento, pero que sirvan

estas páginas para reconocer públicamente su gran gesta. Cada uno de ellos, los que están con nosotros y los que ya no, debe saber que han sido y son nuestros baluartes. Estamos seguros de que no solo gozan de la admiración de sus compañeros de trabajo del Servicio de Parques Nacionales, sino también del aprecio y el respeto de la comunidad de San Juan y de Puerto Rico. Agradecemos de manera especial el reconocimiento conferido a la División de Facilidades del Sitio Histórico Nacional de San Juan por parte de la OECH y su Revista *Patrimonio*, volumen XIV. Sin duda, servirá este honor de aliciente para continuar este esfuerzo que, como indica nuestra misión, tiene como fin el disfrute, la educación y la inspiración de esta y futuras generaciones. ■

HÉCTOR BALVANERA-ALFARO

Es arquitecto por la Universidad de Guadalajara (México), máster en Bienes Culturales de Origen Eclesiástico por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (México) y candidato doctoral en la Universidade da Coruña (Galicia, España). Ha colaborado con firmas de arquitectura en México y Puerto Rico, y se ha desempeñado como delegado de bienes culturales y arte sacro de la Arquidiócesis de San Juan, así como conservacionista y director del Programa de Patrimonio Histórico Edificado del Instituto de Cultura Puertorriqueña. Ha sido profesor universitario en la Universidad Ana G. Méndez y expositor en congresos, simposios y cursos académicos nacionales e internacionales. Es autor y coordinador de publicaciones sobre patrimonio, arquitectura religiosa y arte sacro, y cuenta con ensayos, tanto individuales como colaborativos, en libros, revistas y actas académicas. Es miembro de número de la Red Internacional de Investigadores de Arquitectura y Arte Sacras (América y Europa), miembro de la National Association of Interpretation (EE. UU.-Canada) y presidente del capítulo de Puerto Rico de Docomomo International. Entre sus líneas de investigación se encuentran la arquitectura religiosa en Puerto Rico, el espacio sagrado contemporáneo, la iconografía y la gestión de patrimonio cultural.

MARÍA BARAJAS ROCHA

Es licenciada en Restauración y Conservación de Bienes Muebles y maestra en Museología por la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía. Docente en la licenciatura de dicha institución, imparte el curso “Metodologías para la conservación arqueológica”. Es profesional especialista en museos y en conservación arqueológica, participando desde 1997 dentro del Instituto Nacional de Antropología e Historia en el Museo Nacional de Antropología,

el Museo Nacional de Historia y, a partir del 2008, en el Museo del Templo Mayor. Recibió en 2010 el Premio Paul Coremans por el “Proyecto de conservación del monolito de la diosa Tlaltecuhli”; en 2024, una mención honorífica del Premio Miguel Covarrubias por la exposición *Insignias de los dioses, la madera en el Templo Mayor*; y, en 2025, el Premio Miguel Covarrubias–Beatriz Barba por el trabajo colectivo en la exposición *Mexica: des dons et des dieux au Templo Mayor*. Sus principales líneas de investigación son la conservación de materiales arqueológicos, especialmente los de origen orgánico procedentes de contextos húmedos, y de esculturas de gran formato con restos de policromía; además de casos específicos sobre proyectos museales y divulgación del patrimonio. Ha publicado diversos artículos y capítulos de libros sobre estos temas.

HÉCTOR J. BERDECÍA HERNÁNDEZ

Es conservador-restaurador y fundador-director general del Centro de Conservación y Restauración de Puerto Rico. Es profesor de Conservación de Patrimonio Cultural en la Universidad de Puerto Rico, y en la maestría en Conservación Arquitectónica de la Universidad Politécnica de Puerto Rico. Su trabajo académico y profesional se centra en el análisis, estudio científico y la conservación de materiales constructivos históricos, la conservación preventiva de colecciones, así como la gestión y política públicas sobre el patrimonio cultural. Posee una maestría en Ciencias (M. Sc.) en Conservación Histórica por la Universidad de Pensilvania, y un bachillerato en Diseño Ambiental-Arquitectura e Historia por la Universidad de Puerto Rico. Actualmente cursa estudios graduados en Museología y Cuidado de Colecciones en la Universidad de Harvard. Es presidente emérito de la Sección de Arquitectura y miembro profesional del American Institute for Conservation (AIC). Su labor

ha sido reconocida con sobre una decena de premios, incluyendo el Emerging Leader Award del AIC en 2023. Es miembro de distintas organizaciones profesionales, entre ellas el International Institute for Conservation, el Comité de Conservación del Consejo Internacional de Museos, el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios y la Association for Preservation Technology International.

ALITZA N. CARDONA COLLAZO

Es pintora, escritora, antropóloga-historiadora, museóloga y diseñadora arquitectónica puertorriqueña, especializada en política cultural y patrimonio del futuro. Su obra se desarrolla entre el arte, la investigación y la narración espacial. Desde el estudio del patrimonio, ha enfocado su práctica en procesos de regeneración cultural a través de lo social y lo comunitario, explorando cómo la creatividad y la participación colectiva se convierten en fuerzas de reconstrucción simbólica y afectiva. Es candidata doctoral en Patrimonio Sostenible en University College London, donde investiga cómo la cultura y la transformación urbana configuran la memoria, la identidad y la regeneración cultural en contextos de desastre y cambio. A lo largo de su trayectoria, ha trabajado con instituciones como el Puerto Rico Science, Technology, and Research Trust, la Oficina Estatal de Conservación Histórica y la Casa Histórica de la Música en Cayey. Su práctica multidisciplinaria abarca la pintura, la fotografía, la escultura, la investigación, la escritura y la realidad aumentada, entretejiendo formas materiales e inmateriales de la memoria y desarrollando una comprensión del patrimonio como proceso vivo orientado a la visibilización de prácticas de justicia social, sostenibilidad y regeneración cultural. Sus obras, fotos, escritos, charlas y publicaciones han sido presentadas en Puerto Rico, Nueva York, Viena y Londres.

OSVALDO E. DE JESÚS RULLÁN

Arqueólogo con maestría en Arqueología Histórica y más de diez años de experiencia en la gestión del patrimonio cultural y la arqueología regulatoria. Posee un dominio profundo de la teoría y práctica arqueológica, desde la investigación documental exhaustiva hasta el trabajo de campo. Su historial académico y de investigación se complementa con estudios especializados en Arqueología Histórica y Antropología Social, enfocándose en etnografía, análisis metódico y documentación histórica de la cultura lúdica y los juegos populares. Su experiencia abarca la investigación y la aplicación de regulaciones que protegen los sitios y artefactos de Puerto Rico. Anteriormente fue arqueólogo y oficial de permisos para el Instituto de Cultura Puertorriqueña, donde gestionaba la evaluación de solicitudes a través de la plataforma SBP, asegurando el cumplimiento de la Ley 112 y la Ley 161. Actualmente, como especialista en propiedad histórica en la Oficina Estatal de Conservación Histórica, colabora en la evaluación de proyectos de dependencia federal, asegurando el cumplimiento de la Sección 106 de la NHPA. Su labor incluye la asesoría técnica a proponentes y la colaboración interdisciplinaria con historiadores y arquitectos para la conservación de recursos históricos elegibles al Registro Nacional de Lugares Históricos.

RAYMOND FELICIANO

Posee un bachillerato en Antropología de la Universidad de Puerto Rico y completó una maestría en Arqueología de Sociedades Complejas de la Universidad de Manchester, Reino Unido, con una disertación sobre el conflicto en el desarrollo de las primeras sociedades estatales en Oriente Medio. Inició su carrera en arqueología de rescate en 2003. En 2005 se unió al Servicio Forestal federal, dirigiendo el Proyecto de Arqueología del Campamento Santiago de 2006 a 2009, y de 2012 a 2015. Entre

2010 y 2012 se destacó como arqueólogo en Oregón y California. Desde 2014 es arqueólogo y planificador en el Bosque Nacional El Yunque, asumiendo en 2016 la dirección del Programa de Patrimonio. También sirve como especialista en recursos culturales para el Servicio de Conservación de Recursos Naturales y es miembro de la Junta Revisora de la Oficina Estatal de Conservación Histórica desde 2015. Ha sido instructor o consultor voluntario para diversas entidades federales, privadas y estatales en Puerto Rico y los Estados Unidos.

MANUEL GÁNDARA VÁZQUEZ

Es doctor en Diseño y Nuevas Tecnologías, y en Antropología. Además, cuenta con estudios doctorales en Antropología y Filosofía de la Ciencia. Desde 1972 es investigador del Instituto Nacional de Antropología (INAH). Arqueólogo de formación original, ha publicado sobre teoría arqueológica, epistemología y metodología de las ciencias sociales e interacción humano-computadora y, más recientemente, sobre la divulgación mediante nuevas tecnologías y estrategias de comunicación como herramienta de conservación del patrimonio. Desarrolló más de tres docenas de programas interactivos multimedia para museos. Dirigió la Escuela Nacional de Antropología e Historia y el Centro de Tecnología y Medios Educativos de la Secretaría de Educación Pública. Adaptó la “interpretación temática” al contexto latinoamericano para que pudiera aplicarse al diseño conceptual de museos, exposiciones y materiales interpretativos en sitios patrimoniales. En 2024 recibió la Medalla Manuel del Castillo Negrete por su trayectoria profesional en conservación patrimonial. Es asesor de proyectos nacionales en usabilidad y divulgación; becario Fulbrigh; académico distinguido de la Universidad de Nueva Inglaterra, Australia; miembro del Sistema Nacional de Investigadores

nivel 2. Además, es fundador-presidente de la Asociación Mexicana de Intérpretes del Patrimonio y profesor del posgrado en Estudios y Prácticas Museales de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía del INAH.

SANTIAGO GANDOLFO

Diseñador industrial argentino, egresado de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Se especializa en el desarrollo de productos y sistemas de mobiliario para entornos institucionales y comunitarios. Es fundador y director de ZUNI, empresa dedicada al diseño y fabricación sustentable de mobiliario educativo con énfasis en flexibilidad de uso y optimización de procesos productivos. Ha coordinado proyectos de equipamiento para escuelas, fundaciones y centros culturales en varias provincias de Argentina, integrando criterios pedagógicos, ergonómicos y ambientales. Paralelamente, es socio de la agencia de diseño YMAGO, donde dirige desarrollos de producto y asesorías estratégicas para organizaciones públicas y privadas. A lo largo de su trayectoria, ha recibido el Premio INNOVAR del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación “al producto innovador” y el Sello de Buen Diseño Argentino del Ministerio de Industria. Actualmente enfoca su trabajo en el desarrollo de proyectos de productos y sistemas de impacto y escalabilidad con foco en modelos de producción distribuida para su implementación en América Latina.

DOMINIK LENGYEL

Dominik Lengyel has been a full university professor and Chair of Architecture and Visualisation at the BTU Brandenburg University of Technology Cottbus-Senftenberg since 2006. He studied mathematics and physics for one year before studying architecture at the University of Stuttgart in Germany, where he graduated with distinction and received an architecture prize after studying for two years at the École d'Architecture Paris-Tolbiac and

the ETH Zurich in Switzerland. He worked in the Planning Department of the architectural office of Prof. O. M. Ungers in Cologne, Germany, where he also founded an office for architectural visualisation together with architect Catherine Toulouse. He first became a deputy professor, then a full professor at Cologne University of Applied Sciences and was offered a position as a full professor at Mainz University of Applied Sciences. He is a member of the European Academy of Sciences and Arts in Salzburg. His research projects have been funded by the German Research Foundation, the private German Gerda Henkel Foundation for Historical Humanities, and the Federal Ministries for Education and Research, for Economic Affairs and Energy and for the Interior, Building and Housing, among others.

ERIC J. LÓPEZ JORGE

Sus áreas de interés son el estudio del deporte, las fortificaciones y la historia militar. Obtuvo el grado de maestría en 2007 con la tesis “En búsqueda del ‘Tom Brown’ puertorriqueño: Cristiandad muscular, YMCA y Boy Scouts en el proceso civilizador, 1898-1913”, y el doctorado en 2019 con la tesis “De bastión español a reservación militar estadounidense: Estrategias y transformaciones de los paisajes militarizados de San Juan, Puerto Rico”, ambos en la Universidad de Puerto Rico, recinto de Río Piedras (UPR-RP). En 2004 recibió la beca de la Fundación Felisa Rincón de Gautier. Entre 1998 y 2008 se desempeñó como maestro en el sistema público de Cayey y en colegios privados de Guaynabo. Desde 2009 es el Historiador del Sitio Histórico Nacional de San Juan, una unidad del Servicio de Parques Nacionales. Además, se desempeña como profesor en el Departamento de Historia de la UPR-RP. Ha publicado en revistas como *Hereditas*, y en libros como *La patria deportiva* (2018), editado por Walter Bonilla Carlo y Carlos Mendoza, y *Puerto Rico en la Segunda Guerra Mundial: El escenario regional* (2015), editado por Jorge Rodríguez Beruff y José Bolívar Fresneda.

ANTONIO MARTÍNEZ COLLAZO

Es catedrático en el Departamento de Física de la Universidad de Puerto Rico, recinto de Río Piedras (UPR-RP). Ostenta un bachillerato en Física de dicha institución y un doctorado en Física con especialidad en Física de la Materia Condensada de la American University, en Washington D. C. Laboró como físico investigador en el Naval Surface Weapons Center, Silver Spring, MD, del 1980 al 1991, cuando se incorporó a la UPR-RP. Ha realizado estudios relacionados con la síntesis y caracterización de películas delgadas de ferroeléctricos y semiconductores. Actualmente su área de investigación personal se centra en la caracterización físico-química del legado cultural.

FRANK G. MATERO

Frank Matero es catedrático y pasado director del Departamento de Conservación Histórica en la Stuart Weitzman School of Design de la Universidad de Pensilvania, donde fundó y dirige el Center for Architectural Conservation. Con más de cinco décadas de experiencia, ha sido un referente en la teoría y práctica de la conservación arquitectónica en los Estados Unidos y a nivel internacional. Es fundador y editor en jefe de *Change Over Time*, revista académica sobre conservación del patrimonio construido, publicada por Penn Press. Es miembro de juntas editoriales y organizaciones profesionales como el American Institute for Conservation (AIC), US/ICOMOS y el *Journal of Architectural Conservation*. Por más de una década fue profesor visitante en el ICCROM/UNESCO en Roma. Su labor académica y de investigación se centra en la conservación de materiales constructivos en edificios y sitios históricos, con énfasis en la construcción en mampostería, la conservación de sitios arqueológicos y la gestión del riesgo patrimonial frente al cambio climático. Es autor de más de un centenar de publicaciones, ha

sido profesor visitante en diversas universidades y ha recibido múltiples premios por excelencia docente e investigación.

CÉSAR PIÑEIRO

Posee un bachillerato en Estudios Generales de la Universidad de Puerto Rico y una maestría en Conservación de Arte de la Universidad de Antioch en Yellow Springs, Ohio. Además, se graduó del Programa de Conservación de Muebles del Smithsonian Institute en Washington D. C., y obtuvo un diplomado en Preservación del Patrimonio Cultural Metálico en la Escuela Nacional de Restauración y Conservación Manuel del Castillo Negrete, INAH, CDMX, en colaboración con la Universidad Autónoma de Madrid, España. Es conservador asociado del Consorcio Americano de Conservación con Marc Williams, exdirector de Conservación de Muebles y Objetos del Smithsonian Institute; y consultor y conservador para instituciones como la Casa Blanca, el Departamento de Estado, el Capitolio, la Casa Decatur en Washington D. C., y la Casa George Washington en Mount Vernon, Virginia. En 2017 participó en el proyecto de limpieza de moho en la Casa y Museo Mark Twain en Hartford, Connecticut. En Puerto Rico, ha colaborado en la preservación del patrimonio cultural de la Fortaleza, museos del Instituto de Cultura Puertorriqueña, el Sitio Histórico Nacional de San Juan, los fuertes San Felipe del Morro y San Cristóbal, la Fundación Luis Muñoz Marín, la Universidad de Puerto Rico, entre otros.

ESTEVÃO ROSIM FACHINI

Es profesor catedrático del Departamento de Ciencias Físicas de la Facultad de Estudios Generales de la Universidad de Puerto Rico (UPR). Obtuvo su doctorado en Química con concentración en Química Analítica de la UPR, recinto de Río Piedras. Tiene un grado de Ingeniería Química y una maestría en Ingeniería Química con concentración en Ingeniería Bioquímica, ambos de la Escola

Politécnica da Universidade de São Paulo, campus Governador Armando de Salles Oliveira. Ha publicado en revistas científicas arbitradas más de treinta artículos sobre análisis de superficies, electroquímica y desarrollo de catalíticos, espectroscopía de fotoelectrones y microscopía electrónica. Ha colaborado con grupos de investigación científica en diferentes áreas de la química, física y electrónica en Puerto Rico, Estados Unidos, Brasil y otros países de Latinoamérica. Ha creado secuencias curriculares y cursos en áreas de ciencias físicas, nanotecnología y conservación de patrimonio cultural, siempre desde una perspectiva interdisciplinaria. Actualmente, su área de investigación se dirige a proyectos y estudios científicos aplicados a la conservación de patrimonio cultural.

PERE ROVIRA I PONS

Posee una licenciatura en Bellas Artes con especialidad en Conservación-Restauración de la Universidad de Barcelona, y un máster en Dirección de Empresas por la Universitat Oberta de Catalunya. Actualmente es jefe del área de Pintura Mural y Escultura en Piedra del Centro de Restauración de Bienes Muebles de Cataluña. Ha sido conservador-restaurador del Museo de Arte de Girona y de la catedral de Girona, desarrollando su trabajo en la conservación de los elementos artísticos y ornamentales integrados en edificios históricos. Participa como docente en el Máster de Restauración de Monumentos de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Cataluña e imparte los cursos graduados “Architectural Conservation Laboratory” y “Materials Conservation Seminar” en la Universidad Politécnica de Puerto Rico. Los proyectos más importantes que ha dirigido se vinculan al descubrimiento y la conservación-restauración de pinturas murales en las iglesias, así como de la conservación de monumentos, entre ellos el conjunto romano de Tarragona, la iglesia de Sant Climent de Taüll y la portalada románica del monasterio

de Ripoll. Entre otros, ha publicado el libro *La conservación preventiva de las pinturas murales in situ y en su exposición* (2014) y *La historia de la conservación y la restauración de la portada de Ripoll* (2018).

ANDRÉS D. SANTANA MIRANDA

Posee una maestría en Ciencias en Conservación Histórica por la Universidad de Columbia en Nueva York, y un bachillerato en Diseño Ambiental por la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Puerto Rico. Su tesis de maestría, *Experimenting with Vulnerability: Proposing a Hurricane-Related Vulnerability Assessment Beyond Site-Driven Approaches in Puerto Rico*, recibió el premio de tesis destacada y refleja su interés en las intersecciones entre cambio climático, política pública y patrimonio edificado. Ha sido profesor del Programa Graduado en Conservación y Rehabilitación Arquitectónica de la Universidad Politécnica de Puerto Rico y ha colaborado como consultor de investigación con el World Monuments Fund en Nueva York. Actualmente se desempeña como coordinador de proyectos de la División de Edificios y Sitios Históricos del Centro de Conservación y Restauración de Puerto Rico, Inc., y también es consultor de investigación para el NYC LGBT Historic Sites Project.

CATHERINE TOULOUSE

Catherine Toulouse is an architect and founding partner of Lengyel Toulouse. She was assistant professor at the BTU Brandenburg University of Technology Cottbus-Senftenberg from 2006 until 2022. She studied architecture at the Universities of Stuttgart, Paris-Tolbiac and ETH Zurich. After working as an architect in construction and detail planning at the architectural office of Prof. O. M. Ungers in Cologne, Germany, she founded in 1999 her office in Cologne with Dominik Lengyel. From 2005 until 2007 she was member of the Architectural Consultancy Board of the City of Cologne. Her research focuses on

the design and the visualisation of complex spatial concepts, especially uncertainties in the natural sciences and humanities, in particular hypotheses in archaeology, architecture and art history, digital humanities, design research, by combining the architectural methods of abstract form design and virtual photography. Her research has been funded by the German Research Foundation (DFG), the Gerda Henkel Foundation for the Preservation of Cultural Heritage and the German Federal Ministry of Education and Research. She was researcher of the DFG research programme TOPOI Cluster of Excellence and of the DFG priority programme *The Digital Image*. She has published numerous articles but also illustrations in publications by other authors.

JEFFERY B. WALKER

Es arqueólogo especializado en tecnologías líticas, con experiencia en el Caribe, Centroamérica, el sureste de los EE. UU. y la región noroeste del Pacífico. Obtuvo su maestría y doctorado en Washington State University. Ha trabajado como consultor privado, arqueólogo en el Instituto de Cultura Puertorriqueña, arqueólogo estatal en la Oficina Estatal de Conservación Histórica, y arqueólogo para el Servicio Forestal en Idaho y Oregon. Por veinte años fue Forest Archaeologist para El Yunque National Forest, lo cual también incluyó trabajos en el Campamento Militar Santiago, en el yacimiento Paso del Indio, entre otros lugares. Concluyó su carrera en el Servicio Forestal como arqueólogo regional (Noroeste del Pacífico) a cargo del Heritage Program que comprende los diecisiete bosques nacionales ubicados en Oregon y Washington. A través de su carrera, ha llevado a cabo numerosos estudios de lítica proveniente de colecciones y contextos arqueológicos, y además ha ofrecido conferencias y publicado en un sinnúmero de revistas y libros. Desde su retiro en 2018, labora como arqueólogo consultor en Puerto Rico.

CARLOS A. RUBIO CANCELA

Obtuvo su grado profesional en Arquitectura en Pratt Institute, en la ciudad de Nueva York. Comenzó su carrera en la empresa privada y luego se incorporó a la entonces denominada Oficina Estatal de Preservación Histórica, hoy Oficina Estatal de Conservación Histórica de Puerto Rico (OECH). En el 2009 asumió por primera vez la dirección ejecutiva de la OECH, y se dio a la tarea de transformar el antiguo Cuartel de Infantería de Ballajá en un edificio sustentable y amigable con el ambiente. Entre sus proyectos más destacados se encuentran el Jardín Mirador Ballajá, en la azotea del cuartel, y Ballajá Plaza Mayor, concebido para convertir el recinto histórico y sus alrededores en un conjunto cultural y turístico. Bajo su liderazgo, la Zona Histórica de San Juan fue reconocida como National Historic Landmark, la máxima distinción que otorga el Gobierno de los Estados Unidos a lugares de importancia nacional, un paso necesario para lograr su sueño inconcluso de que el Viejo San Juan sea declarado Patrimonio Histórico de la Humanidad por la UNESCO. Además, fundó la revista *Patrimonio*, de la cual ha dirigido todos los volúmenes salvo uno. Ha participado en eventos y foros relacionados al tema de la conservación en Estados Unidos, Francia, Cuba y Puerto Rico. En la actualidad, se desempeña por cuarta vez como director ejecutivo de la OECH; presidente de la Junta de Directores del Instituto de Cultura Puertorriqueña y de la Corporación del Centro de Bellas Artes Luis A. Ferré, y miembro *ex officio* de la Junta de Directores de la Corporación de la Orquesta Sinfónica de Puerto Rico. Además, en el 2025 fue electo por sus pares para formar parte de la Junta de Directores del National Conference of State Historic Preservation Officers (NCSHPO).

GLORIA MILAGROS ORTIZ

Es arquitecta y artista del vitral, la cerámica, el tejido, la joyería y la ilustración. Estudió en la Universidad de Puerto Rico y en el Centro de Estudios Avanzados de Puerto Rico y el Caribe. Trabajó en varias firmas de arquitectura de Puerto Rico, donde desarrolló su interés por la investigación técnica e histórica. Más adelante, se dedicó por doce años a la gestión y la promoción cultural, logrando atraer al público al trabajo artesanal y a eventos como ferias y exhibiciones. En 1982, llegó a dirigir la Oficina de San Juan Peatonal del Municipio de San Juan, primeros intentos de hacer la ciudad caminable. En la Oficina Estatal de Conservación Histórica (OECH), trabajó como especialista principal en propiedad histórica en el área de arquitectura desde 1993 hasta 2001. Luego, entre 2001 y 2009, fungió como ayudante del decano en asuntos académicos de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Puerto Rico. Desde allí, dirigió el “Reconocimiento General del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico” en 2006. A partir de 2017, asumió el cargo de subdirectora de la OECH, donde ha gestado y administrado múltiples proyectos de divulgación e investigación alineados con las áreas programáticas de la agencia.

EVELYN M. VILLALOBOS RIVERA

Posee una formación con maestrías en Restauración de Monumentos Arquitectónicos (Universidad Politécnica de Cataluña) y en Patrimonio Virtual (Universidad de Alicante), además de un bachillerato en Arquitectura (Universidad Politécnica de Puerto Rico). Actualmente cursa la maestría en Diagnóstico del Estado de Conservación del Patrimonio Histórico en la Universidad Pablo de Olavide. Es la coordinadora de la Maestría en Conservación Arquitectónica y Rehabilitación, así como del Laboratorio de Conservación Arquitectónica, ambos adscritos a la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Puerto Rico, donde también ha sido docente a nivel de bachillerato y maestría. Desde 2020 trabaja como especialista en propiedad histórica en la Oficina Estatal de Conservación Histórica, principalmente en la evaluación de proyectos de la Sección 106 y en iniciativas educativas, como la creación del juego de cartas *¡Registro!* y la curaduría y recreación de mosaicos para el Museo Histórico Escuela Federico Degetau en Arecibo.

CRISTINA MARTÍNEZ PEDRAZA

Posee un bachillerato en Educación Secundaria en Español y una maestría en Lingüística, ambos de la Universidad de Puerto Rico. Su proyecto de investigación, que gira en torno a las percepciones lingüísticas hacia al contacto dialectal dominico-rriqueño en la Isla, recibió el Premio María T. Vaquero de Ramírez 2017-2018, otorgado por la Academia Puertorriqueña de la Lengua Española a la mejor tesis de Lingüística. Sobre este tema ha publicado en varios libros y revistas académicas y presentado en Puerto Rico, Estados Unidos, España y Ghana. Durante tres años se desempeñó como maestra de español, primero en la Escuela Especializada de Matemáticas, Ciencias y Tecnología del municipio de San Juan y luego en la Escuela Superior Vocacional Tomás C. Ongay de Bayamón. Comenzó a trabajar para el mundo del libro en el 2012 como editora del sello Libros AC. Desde el 2017 es la editora y coordinadora de publicaciones no seriadas de la Editorial del Instituto de Cultura Puertorriqueña. Además, desde su fundación en el 2019, es parte del equipo editorial de Riel, donde se desempeña como editora y, desde mediados del 2023, también como su directora general. Frecuentemente colabora con otros proyectos, principalmente de entidades como el Museo de Las Américas, la Corporación de las Artes Musicales, el Museo de Historia, Antropología y Arte de la Universidad de Puerto Rico, la Oficina Estatal de Conservación Histórica y Para la Naturaleza. Asimismo, participa en paneles, presentaciones, conversatorios, conferencias escolares y universitarias, entre otras actividades vinculadas a su labor editorial.

LILLIAN M. LARA FONSECA

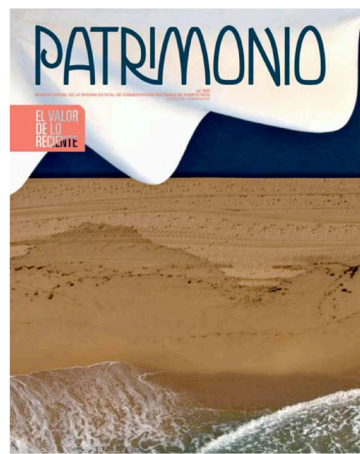
Es doctora en Currículo, Ambientes de Enseñanza y Aprendizaje con especialidad en Arte y Cultura (2011) por la Universidad Ana G. Méndez. Posee además una maestría en Enseñanza de las Bellas Artes (2005) de la misma institución y un bachillerato en Educación de las Artes con una segunda concentración en Historia del Arte (2003) de la Universidad de Puerto Rico, recinto de Río Piedras (UPR-RP). Fue galardonada con la Medalla de Honor en Historia del Arte y reconocida como alumna destacada del programa doctoral. Desde el 2013 labora en la Oficina Estatal de Conservación Histórica (OECH), actualmente como coordinadora del programa institucional. En esta posición ha coordinado y producido los volúmenes siete al quince de *Patrimonio*, la revista oficial de la OECH. Asimismo, orquestó la producción de la guía curricular *Enseñar y construir la historia de Puerto Rico a través del RNLH: Manual para docentes de historia-estudios sociales* (2023) y coeditó el libro *La ciudad en el tiempo: Cinco siglos de representaciones artísticas de San Juan* (2020). Ha publicado artículos académicos en *Patrimonio*, la *Revista del ICP*, el *Cuaderno de Investigación en la Educación y Pedagogía*, estas últimas dos del Centro de Investigaciones Educativas de la UPR-RP. En el 2023 la Editorial del Instituto de Cultura Puertorriqueña publicó su libro *Erradicando el prejuicio racial: una educación artística multicultural para Puerto Rico* (2023), el cual recibió una mención honorífica del Instituto de Literatura Puertorriqueña como una de las mejores obras publicadas en ese año.

AARON SALABARRÍAS VALLE

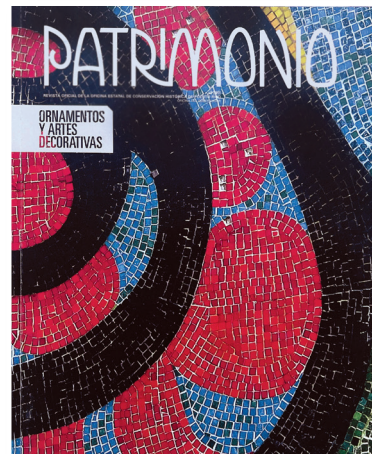
Se destaca como artista plástico y diseñador gráfico, desarrollando una gran variedad de trabajos en diversos medios. Obtuvo un bachillerato en Grabado de la Escuela de Artes Plásticas de Puerto Rico. Posteriormente, culminó una maestría en Pintura en el reconocido Pratt Institute, en Nueva York. Ha realizado numerosas exhibiciones en Puerto Rico y en el extranjero, incluyendo la Bienal de la Habana en Cuba, la Bienal de Pintura en Perú, The Alternative Museum y el Museo del Barrio en Nueva York, el Centro de Arte Moderno de Islas Canarias en España, el Foto Fest en Houston, Texas, el MACLA en California, Documenta Kassel en Alemania, la Bienal de San Juan del Grabado Latinoamericano y del Caribe, el Museo de Arte de Ponce, el Museo de Arte de Puerto Rico, y el Museo de Arte Contemporáneo de Puerto Rico. A lo largo de su carrera, también ha participado en ferias de arte contemporáneo como Proyect Rooms y Cutting Edges de ARCO en España, Art Miami, Art Chicago, Arte América en Miami, y CIRCA en Puerto Rico. Durante cinco años desempeñó labores como artista gráfico en la editorial periodística Primera Hora. Trabajó como diseñador y artista gráfico para el Programa de Artes Plásticas, la Editorial del ICP, la Galería Nacional, la Trienal Poli/Gráfica de San Juan América Latina y el Caribe, y la Poli/Gráfica de Puerto Rico, entidades adscritas al Instituto de Cultura Puertorriqueña. Asimismo, ha colaborado con el MADMi, la Oficina Estatal de Conservación Histórica de Puerto Rico, la Fundación Ángel Ramos, la Fundación Rafael Delgado Márquez, el Museo y Centro de Estudios Humanísticos, la Fundación Chocolates Cortés, el Museo de Las Américas, y varios poetas y escritores. Como diseñador independiente ha producido el diseño de catálogos y ha realizado montajes de diversas exhibiciones.



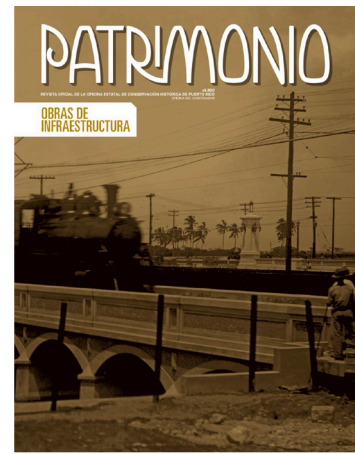
vi 2010
EL TEJIDO URBANO COLONIAL



vii 2011
EL VALOR DE LO RECIENTE



viii 2011
ORNAMENTOS Y ARTES DECORATIVAS



iv 2012
OBRAS DE INFRAESTRUCTURA



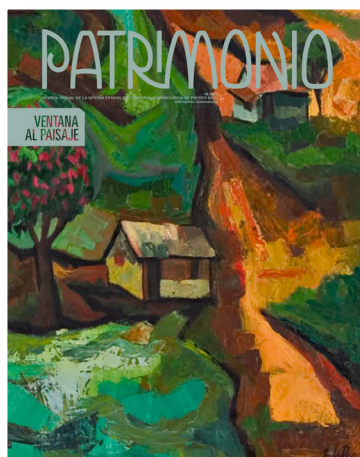
v 2012
ENTRE LA VIDA Y LA MUERTE



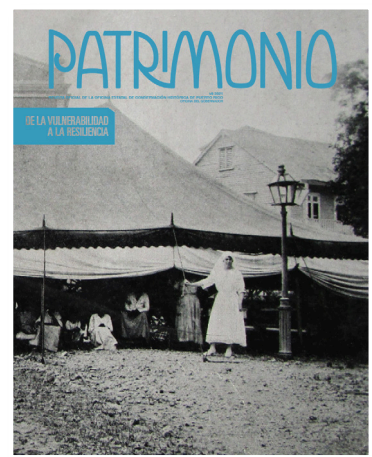
vi 2014
ARQUEOLOGÍA INDUSTRIAL
RECuento DE UN SIMPOSIO



vii 2019
EL INTERIOR DE LA HISTORIA



viii 2019
VENTANA AL PAISAJE



ix 2021
DE LA VULNERABILIDAD A LA RESILIENCIA



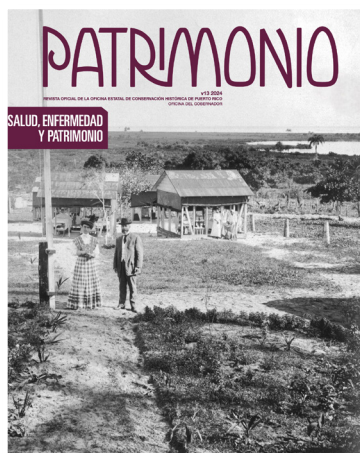
x 2021
AQUÍ HA DE SER LA CIUDAD



xi 2023
ELLAS FUERON SU RUTA



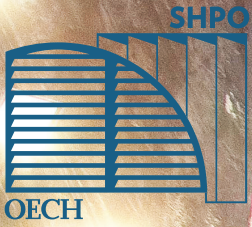
xii 2024
ARQUEOLOGÍA RECIENTE EN P.R.



xiii 2024
SALUD, ENFERMEDAD Y PATRIMONIO

PATRIMONIO
está disponible en el portal de la
Oficina Estatal de Conservación Histórica
www.oech.pr.gov





OFICINA ESTATAL DE
CONSERVACIÓN HISTÓRICA
OFICINA DEL GOBERNADOR

STATE HISTORIC
PRESERVATION OFFICE
OFFICE OF THE GOVERNOR

1/14 2026 PATRIMONIO

REVISTA OFICIAL DE LA OFICINA ESTATAL DE CONSERVACION HISTORICA DE PUERTO RICO
OFICINA DE LA GOBERNADORA

