

**HUMAN FACTORS &
TECHNOLOGICAL DESIGN INNOVATION
3**

ATTI DEL SEMINARIO INTERNAZIONALE

LE MURA URBANE CROLLANO

**CONSERVAZIONE E MANUTENZIONE PROGRAMMATA
DELLA CINTA MURARIA DEI CENTRI STORICI**

A CURA DI
MICHELE DI SIVO, DANIELA LADIANA

CON I CONTRIBUTI DI

CANIVELL JACINTO, CASINI LEONARDO, CID PATRICIA, CINELLI FABRIZIO, DE FALCO ANNA,
DI SIVO MICHELE, GÓMEZ SEBASTIÁN, GRACIANI GARCÍA AMPARO, JARAMILLO CARLOS,
JARAMILLO-MORILLA ANTONIO, KARWACKA CODINI EWA, LADIANA DANIELA, LANDI STEFANIA,
LEÓN SANTIAGO, LINERO BARONI MIRTA, MASCORT-ALBEA JOSÉ EMILIO, PAGLIARA STEFANO,
PALERMO MICHELE, ROMERO-HERNÁNDEZ ROCÍO, SCALICI MARIA

P | S | A
UNIVERSITY
PRESS

Le mura urbane crollano : conservazione e manutenzione programmata della cinta muraria dei centri storici : atti del seminario internazionale, Pisa, 29 giugno 2018 / Michele Di Sivo, Daniela Ladiana ... [et al.] . - Pisa : Pisa university press, 2019. - (Human factors & technological design innovation ; 3)

725.960288 (WD)

I. Di Sivo, Michele <1951- > II. Ladiana, Daniela 1. Mura – Manutenzione 2. Mura – Conservazione

CIP a cura del Sistema bibliotecario dell'Università di Pisa

UPI
UNIVERSITY
PRESS ITALIANE

Peer reviewed work
in compliance with
UPI protocol

Responsabile scientifico

Michele Di Sivo

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni

Università di Pisa

La pubblicazione degli atti è stata possibile grazie al contributo della Regione Toscana e del Dipartimento D.E.S.T.eC

In copertina: dall'alto: foto 1 e 2: La cinta muraria di Pisa (Autore Daniela Ladiana); foto 3: Il Torrione di Magliano in Toscana (Autore Anna De Falco); foto 4: Batería de San Jerónimo, Portobelo (Autore Patricia Cid e Leonardo Casini).

© Copyright 2019 by Pisa University Press srl

Società con socio unico Università di Pisa

Capitale Sociale € 20.000,00 i.v. - Partita IVA 02047370503

Sede legale: Lungarno Pacinotti 43/44 - 56126 Pisa

Tel. + 39 050 2212056 - Fax + 39 050 2212945

press@unipi.it

www.pisauniversitypress.it

ISBN 978-88-3339-175-5

layout grafico: 360grafica.it

impaginazione: Ellissi

L'Editore resta a disposizione degli aventi diritto con i quali non è stato possibile comunicare, per le eventuali omissioni o richieste di soggetti o enti che possano vantare dimostrati diritti sulle immagini riprodotte.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633.

Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi - Centro Licenze e Autorizzazione per le Riproduzioni Editoriali - Corso di Porta Romana, 108 - 20122 Milano - Tel. (+39) 02 89280804 - E-mail: info@clearedi.org - Sito web: www.clearedi.org

COMITATO SCIENTIFICO

Marco Giorgio Bevilacqua

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni
Università di Pisa

Cristiana Cellucci

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni
Università di Pisa

Bruno Daniotti

Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito
Politecnico di Milano

Marco D'Orazio

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e dell'Architettura
Università Politecnica delle Marche

Kazmer Kovacs

Sapientia Hungarian University
Transylvania

Amparo Graciani García

Universidad de Sevilla

Daniela Ladiana

Dipartimento di Architettura
Università di Chieti-Pescara

Stefania Landi

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni
Università di Pisa

Horia Radu Maldovan

Universitatea de Arhitectură și Urbanism
"Ion Mincu"
Bucuresti

Antonello Sanna

Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura
Università di Cagliari

Giovanni Santi

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni
Università di Pisa

Luisa Santini

Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni
Università di Pisa

COMITATO EDITORIALE

Marco Occhipinti
Lediana Rjolti

EDITING: Daniela Ladiana

SOMMARIO

PREFAZIONE	9
<i>Marco Giorgio Bevilacqua</i>	
INTRODUZIONE	
Le mura urbane crollano	13
<i>Michele Di Sivo, Daniela Ladiana</i>	
I	
CONOSCENZA	17
1. Pisa e Ripafratta. Alcune riflessioni sulla metodologia della ricerca storica, sui valori e le potenzialità del sistema difensivo urbano e extraurbano	
<i>Ewa Karwacka Codini</i>	19
2. Metodologia di analisi e di intervento per la conservazione dei centri fortificati della Bassa Sabina	
<i>Stefania Landi</i>	41
3. Unas notas para la caracterización y la evaluación de las murallas de tierra compactada (tapial) en el Sur de la Península Ibérica	
<i>Amparo Graciani García, Jacinto Canivell</i>	57

II		
FATTORI DI RISCHIO		71
4. Valutazione dello stato di sicurezza delle mura urbane		
<i>Anna De Falco</i>		73
5. Control of biodeterioration in urban walls		
<i>Fabrizio Cinelli</i>		87
6. Problemi idraulici connessi a crolli di mura urbane		
<i>Stefano Pagliara, Michele Palermo</i>		107
III		
DIAGNOSTICA		117
7. Metodología de evaluación y monitorización del patrimonio basado en la gestión cartográfica digital. La Muralla de Sevilla		
<i>Jacinto Canivell, Antonio Jaramillo-Morilla, José Emilio Mascort-Albea, Rocío Romero-Hernández</i>		119
8. Le tecnologie <i>no-dig</i> per la ricerca, la mappatura e la diagnostica delle reti		
<i>Daniela Ladiana, Michele Di Sivo</i>		137
IV		
MANUTENZIONE E CONSERVAZIONE		155
9. La conservazione programmata del patrimonio storico-architettonico. Tecnologia di processo basata sulla conoscenza e l'informazione		
<i>Michele Di Sivo</i>		157
10. Strategie e strumenti delle tecnologie di manutenzione per la conservazione programmata del patrimonio storico-architettonico		
<i>Daniela Ladiana</i>		175

11. Conservación del legado técnico cultural del Real Cuerpo de Ingenieros en Panamá: el patrimonio fortificado de Portobelo y San Lorenzo <i>Patricia Cid, Leonardo Casini, Santiago León, Sebastián Gómez, Carlos Jaramillo, Mirta Linero Baroni, Maria Scalici</i>	193
Elenco degli autori	215

3.

UNAS NOTAS PARA LA CARACTERIZACIÓN Y LA EVALUACIÓN DE LAS MURALLAS DE TIERRA COMPACTADA (TAPIAL) EN EL SUR DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

AMPARO GRACIANI GARCÍA, JACINTO CANIVELL

Sommario

Ante la importancia del patrimonio defensivo construido en tapia en el Sur de la Península Ibérica y las deficiencias que presenta el estado de estas fábricas, se propone un procedimiento metodológico para su caracterización y evaluación, como soporte para diagnosticar su estado de conservación, como apoyo a procesos de intervención y para desarrollar la conservación preventiva.

Parole chiave

Metodología; riesgo; fortificaciones; conservación preventiva.

3.1. Antecedentes. Objeto de estudio

En España la técnica de construcción encofrada en tierra compactada se denomina *tapia*, término que en el Sur se sustituye por “tapial” (que es el encofrado de madera) al aplicar una figura lingüística, la metonimia, por la que – entre otras cuestiones – el contenido se denomina en función del continente.

Si bien esta técnica, que ha llegado hasta nuestros días (Font e Hidalgo, 2011) se empleó históricamente desde época prerromana (Font 2005), fue a partir de la invasión islámica cuando se difundió, aplicándose a la arquitectura doméstica, palaciega y militar. Aunque en la fase califal las construcciones militares de época militar se ejecutaron en sillería (Gurriarán, 2018), la técnica común a partir de las

invasiones de las dinastías africanas – almorávides y almohades – fue el tapial.

El perfeccionamiento técnico experimentado durante la segunda mitad del siglo XII, consiguiente a la invasión almohade (1147-1269), durante cuya ocupación en las principales ciudades del Sur de la Península experimentaron procesos de renovación y ampliación urbana y la construcción de nuevas murallas, como consecuencia del esplendor de la época. Sin duda el recinto urbano de más entidad fue el de la capital, Isbilya (Sevilla), reconquistada en 1248, que en estos años experimentó un verdadero florecimiento económico, demográfico, cultural y artístico (Valor, 2008).

Los almohades fueron pródigos en el empleo de esta técnica constructiva que aplicaron a edificaciones domésticas, palaciegas y especialmente en las militares (Graciani 2009a), recurriendo a esta arquitectura como representación del poder de un estado centralizado (Márquez y Gurriarán 2008).

Fue precisamente en las construcciones militares (Valor 2009) (entre ellas, murallas urbanas, alcazabas y torres de almenara) en las que por el espesor murario los almohades hubieron de poner en práctica las mejoras del encofrado (Graciani 2009b), encaminadas a reforzarlo para que pudiera soportar el incremento de presiones durante el batido y apisonado de la masa, como consecuencia por una parte de que, por las necesidades defensivas, las fábricas precisaban un mayor espesor y, por otra, de que ante la urgencia constructiva y la incorporación de mayores recursos, se incrementaba el número de operarios trabajando simultáneamente dentro del mismo cajón.

Aunque en esencia las murallas urbanas almohades comparten con las alcazabas y con las torres albarranas las mismas características constructivas, por sus diferencias en lo relativo a la integración en la ciudad, salvo casos como los de Sevilla o Jerez de la Frontera, donde los recintos urbanos enlazan con las alcazabas, unos y otros presentan una diferente problemática de conservación e intervención, en lo que se refiere, por ejemplo, a la accesibilidad a la obra,

las circunstancias del acopio de material, y los condicionantes ambientales y turísticos).

Las murallas almohades de Andalucía Occidental deben ser abordadas desde premisas diversas, en función de su integración urbana, sus propias características constructivas y su estado de conservación. De hecho, las murallas de algunas poblaciones son solo en parte de época almohade, precisando en algunos casos de estudios constructivos críticos (Canivell y Graciani 2015) y evidentemente estudios arqueológicos ya que en muchos casos en época bajomedieval cristiana las murallas islámicas fueron reparadas (Muralla de Marchena) o amortizadas, haciendo más complejo – como sucede en el recinto de Córdoba (Córdoba y Márfil 1995) – su datación y estudio. Incluso la adscripción de la muralla de Sevilla es aún discutida, pues algunos autores insisten en la existencia de una fase almorávide, como sucede, por ejemplo en la de Palma del Rio (Sevilla).

Hablamos de murallas de compleja estructura, con una medina cerrando el núcleo de la ciudad medieval, una alcazaba, que es el cerco de menor extensión que cierra el centro del poder político y militar del exterior y de posibles agresiones internas y cercas secundarias, que protegen arrabales, huertos, jardines, y elementos de interés estratégico y general como por ejemplo, los depósitos de agua. Presentan, generalmente un doble recinto perimetral, conformado por una barbacana o antemuro al que sigue la muralla propiamente, de mayor altura. Sus muros son de gran espesor (que superan 2 m, lo que como se indicó vino posibilitado por el perfeccionamiento de los encofrados, por ejemplo, con la sustitución de agujas pasantes por medias agujas y el uso de clavos para anclarlas a la argamasa); por mencionar algunos casos, diremos que los de la Alcazaba de Almería y los de Jerez de la Frontera alcanzan los 3 m. y 2,60 m. respectivamente. Tienen remates almenados, generalmente con merlones de coronación prismática. Los lienzos han sido ejecutados en lo que hoy denominamos tapias simples, es decir, superponiendo cajones de argamasa, sin hiladas de nivelación salvo puntualmente (por ejemplo en Sevilla) incorporando verdugadas ornamentales. En ocasiones no

se aprecian los encuentros de los cajones porque se utilizan encofrados continuos. Los muros se ejecutan sobre cimientos de mampostería o en tapial desde los cimientos. Los lienzos están interrumpidos por torres octogonales y, sobre todo, cuadrangulares. Suelen ser de tapial encadenado, presentando cadenas de ángulo (de sillería o ladrillo). Pueden ser macizas hasta el paseo de ronda donde suele existir una cámara aboveda y sus puertas son de arco de herradura. Las fábricas de tapial suelen presentar una alta dosificación de cal en su composición, alcanzando en algunos casos el 25 % por lo que llegan a ser auténticos hormigones de cal.

En general, estas murallas han experimentado históricamente procesos muy similares: derribos de lienzos, apertura de nuevas puertas y de hornacinas, deterioro y abandono,... Aunque en algunos casos (como el del recinto de Córdoba) los derribos tuvieron lugar en época bajomedieval (en el siglo XIV) para construir las murallas cristianas, la mayor parte fue en el siglo XIX, asociados a los procesos de ampliaciones urbanas que acontecieron a partir de la revolución de 1869 y a la llegada del ferrocarril. En el caso de la muralla de Sevilla, se salvaron siete torreones cuadrados y uno octogonal, además de algunos tramos (en los jardines del Valle y el la Macarena) y el sector de los Reales Alcázares. En el de Córdoba, se destruyeron los tramos de murallas y de las puertas de la ciudad de los lienzos septentrionales y occidental. Un caso muy significativo fue el del recinto de Andújar (Jaén) de cuyo perímetro (en origen de 1470 m) solo se conserva un 5%.

Estas murallas suelen presentar oquedades abiertas en sus fábricas a lo largo de la historia, bien nuevas puertas (en los siglos XVI y XVII para facilitar la entrada de carruajes) o, desde la Edad Media, simples hornacinas para colocar figuras de advocaciones; también se vieron sometidas a un proceso de abandono y de degeneración, favorecido por la formación de basureros y pastizales en los pomerios y en los espacios entre la muralla y la barbacana, llegando estas en ocasiones a desaparecer. Algunos tramos, en ocasiones mayoritarios, quedaron ocultos por el adosamiento de viviendas y establecimientos, como fue

especialmente significativo, por mencionar algún caso, en Jerez de la Frontera (Cádiz). Las torres se adaptaron a nuevos usos. Las rasantes originales suelen estar elevadas; también presentan refuerzos y reparaciones posteriores, en general en forma de parcheados latericios.

Las murallas están protegidas unas desde 1931 (como Monumentos Nacionales) y otras desde 1985 (como BIC, Bien de Interés Cultural). Sin embargo, salvo excepciones, no existen documentos específicos de protección y cuando existen no suelen aplicarse. Por ejemplo, Jerez de la Frontera cuenta con un Plan Director de la Muralla – que en este caso no se ha llevado a cabo – o la de Marchena que con un Plan Especial (Plan especial de Protección del Conjunto Histórico de Marchena: Recinto de la antigua Alcazaba y recinto de la ciudad medieval). Otro importante problema es que no se aplican criterios específicos de intervención si bien el progresivo interés que en España se viene evidenciando desde 2005 por las fábricas históricas de tapia y sus técnicas de restauración, concretado entre otras cuestiones en la celebración de los congresos Restapia desde 2012 y los trabajos un progresivo número de investigadores – entre los que destacan Canivell (2011) y Mileto y Vegas (2015) entre otros investigadores, viene facilitando la implementación de soluciones más acordes y respetuosas con la fábrica original. El Plan de Arquitectura Nacional de Defensiva (2012) del Instituto del Patrimonio Cultural de España abre nuevas perspectivas que auguran intervenciones más acertadas.

3.2. Protocolo de caracterización y evaluación

El gran patrimonio fortificado existente en Andalucía y su mejorable estado de conservación hace necesario un enfoque preciso y adaptado para su caracterización, análisis y diagnóstico. El conjunto de bienes declarados y protegidos es considerable solo teniendo en cuenta las murallas urbanas. Ciudades como Sevilla, Córdoba, Jaén, Granada, Niebla, Jerez de la Frontera, Palma del Río, entre otras muchas, conservan total o parcialmente sus recintos amurallados, muchos de ellos en un estado deficiente de conservación, o bien poco documentados y analizados.

Ante este conjunto patrimonial, se hace necesario una mirada analítica común, considerando las particularidades locales. Por ello, se propone un procedimiento metodológico que sirve como elemento para su caracterización, como soporte para diagnosticar su estado de conservación y como apoyo para su intervención.

Si se considera el estudio de los materiales y técnicas constructivas para la intervención en un bien patrimonial, el procedimiento propuesto corresponde a la primera fase (Figura 1), en la que se caracteriza cualitativa y semi-cuantitativamente los parámetros de la construcción. En la figura 1 se detalla una segunda fase – que no es objeto de esta publicación – que corresponde a la intervención en la que se realiza la caracterización cuantitativa tanto de los materiales existentes como de los que van a ser empleados para la intervención, así como los procedimientos necesarios para un control de obra que garantice la calidad de los resultados.



Figura 1. Esquema de las fases para el análisis cualitativo y cuantitativo de una intervención sobre una muralla urbana.

Durante la primera fase, la primera tarea se dedica recabar información sobre bien patrimonial, para documentar los antecedentes histórico-artísticos, administrativos y técnicos. En caso de no disponer

de documentación gráfica, en la tarea 2, se desarrollarán distintas acciones para acceder o generar una representación adecuada para los fines deseados.

A partir de este momento, será necesario realizar una toma de datos más exhaustiva de la construcción para atender a los detalles técnicos existentes en las fábricas. En estas tareas podría ser necesario el apoyo para la inspección de medios auxiliares o pequeñas ayudas de albañilería para la realización de catas o limpieza de la zona de trabajo.

Todos los parámetros que a continuación se van a describir, se recogen durante el trabajo de campo por medio de fichas de toma de datos. Posteriormente la información se vuelca en una base de datos, por la cual se establecen las relaciones entre los parámetros y se obtienen las evaluaciones preliminares de las fábricas. La figura 2 representa la estructura fundamental de la base de datos y su relación con la metodología de evaluación y con el sistema de toma de datos.

El primer bloque de datos corresponde con la información general sobre el objeto de estudio. Se recogen datos sobre la localización, orientación del elemento, el entorno, sobre su datación y en su caso, sobre las intervenciones de restauración a las que ha sido sometido. A este respecto, se detallan solo aspecto básico: año y finalidad de las obras, empresa constructora y dirección técnica y tipos de reparaciones llevadas a cabo.

Figura 2. Estructura de la base de datos y su correspondencia con el procedimiento metodológico.



Todas estas propiedades se asocian a un determinado elemento denominado *Unidad Lógica de Análisis*, que es escalable y puede hacerse corresponder desde un tramo completo de lienzo a sectores más precisos, por medio de la división de la edificación en partes. Cada una de ellas tendrá asignada una entrada en la base de datos, a la que se le asociarán los cuatros conjuntos de parámetros: generales, constructivos, lesiones y vulnerabilidades.

3.2.1. Caracterización constructiva

Los parámetros de este bloque de información de la base de datos se clasifican según tres aspectos: técnica constructiva, materiales empleados y métrica de las fábricas.

Los campos de la base de datos son específicos de la técnica constructiva del tapial, ya que es la técnica predominante de las fortificaciones estudiadas. No obstante, es posible la adaptación a otras circunstancias. En primer lugar se identifica el sistema constructivo por medio de la cronotipología propuesta por Graciani y Tabales (Graciani y Tabales 2008), que abarca desde las tapias más sencillas – las monolíticas –, hasta otras más elaboradas, como las de fraga, en las que la tapia se combina con refuerzos pétreos o latericios que pueden ser verticales (encadenados) y horizontales (verdugadas). En este tipo de muros es importante registrar la configuración de los mechinales de las agujas y el tipo de cajones, pues se precisan algunos aspectos de proceso de ejecución del muro. Por ejemplo, la aparición de juntas inclinadas o en su defecto de juntas verticales, la existencia de calicostrados o de remates en los mechinales, implican formas de construir diferenciadas, que son a su vez rasgos diferenciadores que deben ser tenidos en cuenta en una intervención patrimonial.

Una fábrica de tapia se puede caracterizar a partir de ciertas dimensiones. Además del propio espesor del muro, el denominado módulo (altura del cajón de tapia) suele ser repetitivo, no solo en una misma fábrica, si no entre tipologías relacionadas cronológicamente (Graciani y Tabales 2008). Aunque es variable, se puede establecer un módulo alto (85-95 cm) y otro bajo (menos de 80 cm), siendo este úl-

timo más frecuente en etapas más tempranas (siglos XI y XII). Cuando aparecen juntas verticales, cuestión poco frecuente, suele ser indicativo de las dimensiones de los encofrados empleados. Otras veces, incluso es posible registrar las mismas marcas de los encofrados, por lo que es posible determinar su largo o el número de tablas de madera que lo conformaba o los clavos a tenor de las marcas de sus cabezas.

En cuanto a las agujas y mechinales, también se establece el registro de la métrica de algunas particularidades. La posición de la aguja es característica, pues ciertas fábricas presentan mechinales casi en la línea de la junta horizontal entre dos hilos de tapia y en otras circunstancias el mechinal aparece tallado en profundidad en la tapia inferior. La sección de la aguja o en su defecto del mechinal es un parámetro característico según la cronología de la tapia. Sin embargo, la separación o el ritmo de la agujas en un hilo, aunque no aclara su correspondencia temporal, sí puede estar relacionado con algunas particularidades de la ejecución y específicamente en el empleo de diferentes tipos de encofrados (corridos o por piezas).

Por último, se caracteriza cualitativamente el tipo de material empleado. Con una inspección ocular se puede advertir por ejemplo el empleo de cal a partir de la aparición de nódulos, el tamaño del agregado – grueso o más fino – o su tipo predominante – rodado o machaqueo –, o incluso el empleo de materiales de reutilizados como el ladrillo cerámico. Todas estas percepciones, lógicamente serán completadas en etapas posteriores mediante una caracterización cuantitativa en laboratorio, donde además se puede aportar valores físico-mecánicos (resistencia a compresión, densidad o porosidad, granulometría) o químicos.

3.2.2. Caracterización de las lesiones

En este bloque se identifican todos los procesos patológicos del elemento por medio de las lesiones que aparecen y de sus posibles causas. Se trata de un análisis preliminar basado solo en observaciones técnicas cualitativas, por lo que en fases posteriores con datos más certeros, sería necesaria la reevaluación de los elementos.

Las lesiones se dividen en estructurales, materiales o de superficie. La gravedad de cada lesión se cualifica en grave, moderada o leve según su desarrollo y extensión en el elemento. Dependiendo del número de lesiones y su gravedad, a cada elemento se otorga un estado general conservación.

Las lesiones estructurales son aquellas que pueden afectar directamente al desempeño mecánico del muro sin tener en cuenta la calidad del material. Por ejemplo, el tipo y situación de grietas o fisuras, o la aparición de desplomes o pandeos. Las lesiones materiales pueden también alterar el comportamiento estructural del muro, pero se analizan por separado ya sirven para cualificar la calidad del material empleado y su estado de degradación. Fundamentalmente, las lesiones que se registran son erosiones, pérdidas de masa o la descohesión del material. Aunque están relacionadas entre sí, las distinguimos por cuanto cada una tendría tratamientos correctores diferenciados. Las erosiones suelen estar ligadas a pérdidas de material por la acción de agentes externos (humedad, lluvia, viento,...), por lo que estas construcciones tan expuestas suelen ver afectadas amplias superficies por la acción de lavado. Las pérdidas de masa, siendo erosiones, implican una mayor pérdida de material, que puede afectar a una sección considerable del muro; además puede estar asociado a una baja calidad o alteración del material. En este sentido, la descohesión es un factor importante en la degradación, ya sea originado por la baja calidad de ejecución de la tapia o por una degradación posterior. Así, se registran desde materiales duros y cohesionados a otros arenizados. Finalmente, las lesiones de superficie engloban aquellas alteraciones que afectan a la capa más externa y suelen tener baja incidencia en la degradación material y menos en la estabilidad estructural. Nos referimos por ejemplo a la aparición de suciedad, costras, eflorescencias u otras alteraciones en los revestimientos de la tapia.

3.2.3. Caracterización del riesgo

Organizaciones como Icomos (ISCARSAH-ICOMOS 2000) enfatizan la necesidad de evaluar el riesgo y adoptar medidas preventivas. En este sentido, analizar los factores de riesgo en este tipo de edificaciones tan expuestas se plantea como un procedimiento de apoyo al técnico en la toma de decisiones. Este procedimiento posibilita la jerarquización del riesgo y la vulnerabilidad ante determinados escenarios.

El sistema de evaluación se basa en el análisis de los factores de riesgo de una construcción para una vulnerabilidad específica. Para emplear valores cuantitativos que permitan establecer comparaciones, operaciones o jerarquizaciones, se emplean niveles, que se organizan como progresiones numéricas divididas en escalones o etapas. Una vez establecida la vulnerabilidad que va a ser evaluada, se establecen los factores de riesgo asociados, que son condiciones externas o de la construcción. Asignando un valor numérico a cada factor se obtiene el nivel de deficiencia (ND), pero para evaluar todos conjuntamente es necesario establecer diferentes pesos a cada uno, lo cual se obtiene mediante un análisis de criticidad. Para poder evaluar la probabilidad de ocurrencia de lesiones se requiere tener en cuenta la exposición del elemento ante el tipo de vulnerabilidad considerado y la deficiencia actual del elemento. El primer término se establece mediante el nivel de exposición (NE); el segundo será el ND total. Para evaluar la exposición se estima la frecuencia de aparición y la severidad de las posibles lesiones. Al cruzar en una matriz de riesgo prediseñada ND total y NE se determina el nivel de probabilidad (NP). Para valorar el riesgo adecuadamente es importante considerar el alcance de las consecuencias (nivel de consecuencias, NC) en caso de lesión, tanto en aspectos económicos, en pérdidas de funcionalidad o en afecciones a los valores patrimoniales. Por último, al emplear otra matriz para NC y NP, se establece el nivel de riesgo de ese elemento (NR). Mediante el ND o la caracterización de lesiones se puede establecer la necesidad de emprender medidas correctoras. Al introducir el NR se permite valorar la urgencia

para establecer medidas preventivas. En este sentido, cuanto mayor sea NR para un elemento, antes deberían establecerse esas medidas, pues la probabilidad de ocurrencia es considerable y las consecuencias de los daños no son despreciables.

3.3. Conclusiones

La implementación en diversas construcciones defensivas de Andalucía Occidental de este protocolo de caracterización y evaluación de fábricas históricas de tapial desarrollado en el marco del Proyecto BIA 2004-1092, ha permitido generar una información que ha facilitado un primer acercamiento a las características constructivas de este tipo de fábricas (Canivell y Graciani 2015) y, al tiempo, ha sido puesta al servicio de procesos de intervención monumental (por ejemplo, en el Alcázar del rey Don Pedro de Carmona, Sevilla). Actualmente su implementación está siendo realizada en la Muralla de Sevilla, complementada mediante el empleo de sistemas de información geográfica. El desarrollo de estas herramientas por parte de otros grupos de investigación y profesionales de la arquitectura es necesaria para lograr desarrollar y desplegar una conservación preventiva y planes de mantenimiento más eficaces para el patrimonio construido.

Referencias

- Canivell García de Paredes J., *Metodología de diagnóstico y caracterización de fábricas históricas de tapia*, Tesis Doctoral (dirig. por A. Graciani García), Universidad de Sevilla, 2011.
- Canivell García de Paredes J., Graciani García A., *Caracterización constructiva de las fábricas de tapia en las fortificaciones almohades del antiguo Reino de Sevilla*, en «Arqueología de la Arquitectura», 12, 2015, CSIC, pp. e025.
- Córdoba Lallave R., Marfil Ruiz P., *Aportaciones al estudio de las murallas medievales de Córdoba. Estructura y técnicas de construcción en el sector Ronda del Marrubial*, en «Meridies: Revista de historia medieval», 2, 1995, pp. 145-178.

- Font Arellano J., *De Cancho Roano a la Olmeda: mil años de construcción con tierra en la España preislámica*, *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Cádiz, 27-29 enero de 2005, vol. 1, pp. 389-394.
- Font Arellano J., Hidalgo, P., *La tapia en España. Técnicas actuales y ejemplos*, en «*Informes de la Construcción*», 63(523), 2011, pp. 21-34.
- Graciani García A., *La técnica del tapial en Andalucía Occidental*, en *Construir en al-Andalus* (Monografías del Conjunto Monumental de la Alcazaba de Almería, núm. 2), coord. por Ángela Suárez Márquez, 2009a, pp. 111-140.
- Graciani García A., *Improntas y oquedades en fábricas históricas de tapial. Indicios constructivos*, *Actas del VI Congreso Nacional de Historia de la Construcción* (Valencia, 21-24 octubre 2008, coord. por Santiago Huerta), vol. 1, Madrid, 2009b, pp. 683-692.
- Graciani García A., Tabales Rodríguez M.Á., *El tapial en el área sevillana. Análisis cronotipo-lógico estructural*, en «*Revista Arqueología de la Arquitectura*», 5, 2008, pp. 135-158.
- Gurriarán Daza P., *La arquitectura del poder en la frontera sur de Al-Andalus durante el califato de Córdoba*, Tesis doctoral inédita (dir. por M.Á. Tabales Rodríguez), Universidad de Sevilla, 2018.
- ISCARSAH-ICOMOS, *Declaration of Assasi*, vol. *Declaratio. Assasi: International Council on Monuments and Sites*, <http://iscarsah.icomos.org/content/declarations/2000.02.28/Declaration-of-Assisi.doc.>, 2000.
- Márquez Bueno S., Gurriarán Daza P., *Recursos Formales y Constructivos En La Arquitectura Militar Almohade de Al-Andalus*, en «*Arqueología de la Arquitectura*», 5, 2008, pp. 115-134.
- Mileto C., Vegas, F., *La restauración de tapia en la Península Ibérica. Criterios, técnicas, resultados y perspectivas*, Lisboa / Valencia, Argumentum y TC Editores, 2014.
- Valor Piechotta M., *Algunos ejemplos de construcciones defensivas almohades en la provincia de Sevilla*, en *Los almohades, su patrimonio arquitectónico y arqueológico en el sur de al-Andalus*, coord. por José Ramírez del Río, Magdalena Valor Piechotta y José Luis Villar Iglesias, Sevilla, 2004, pp. 145-179.
- Valor Piechotta M., *Sevilla almohade: fragmentación política y esplendor cultural*, Málaga, Editorial Sarriá, 2008.
- Valor Piechotta M., *La arquitectura defensiva desde 1147 a 1300 algunos ejemplos de Andalucía Occidental. En El castillo medieval en tiempos de Alfonso X el Sabio: [conferencias...]* / coord. por Angel Luis Molina Molina y Jorge Alejandro Eiroa Rodríguez, Murcia, 2009, pp. 191-225.

ELENCO DEGLI AUTORI

Jacinto Canivel

Universidad de Sevilla. Departamento de Construcciones Arquitectónicas II. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación

Leonardo Casini

Centro de Investigaciones para la Conservación del Patrimonio Arquitectónico y Urbano. Panamá

Patricia Cid

Universidad Católica Santa María la Antigua, Panamá

Fabrizio Cinelli

Università di Pisa, Scuola di Ingegneria - Dipartimento di Ingegneria dell'Energia dei Sistemi del Territorio e delle Costruzioni

Anna De Falco

Università di Pisa, Scuola di Ingegneria - Dipartimento di Ingegneria dell'Energia dei Sistemi del Territorio e delle Costruzioni

Michele Di Sivo

Università di Pisa, Scuola di Ingegneria - Dipartimento di Ingegneria dell'Energia dei Sistemi del Territorio e delle Costruzioni

Sebastián Gómez

Smithsonian Tropical Research Institute. Center for Tropical Paleoecology and Archaeology. Panamá

Amparo Graciani García

Universidad de Sevilla. Departamento de Construcciones Arquitectónicas II. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación

Carlos Jaramillo

Smithsonian Tropical Research Institute. Center for Tropical Paleocology and Archaeology. Panamá

Antonio Jaramillo-Morilla

Universidad de Sevilla. Departamento de Estructuras de la Edificación e Ingeniería del Terreno. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Avenida de Reina Mercedes 2. Seville, 41012, Spain

Ewa Karwacka Codini

Università di Pisa, Scuola di Ingegneria - Dipartimento di Ingegneria dell'Energia dei Sistemi del Territorio e delle Costruzioni

Daniela Ladiana

Dipartimento di Architettura di Pescara - Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti e Pescara

Stefania Landi

Università di Pisa, Scuola di Ingegneria - Dipartimento di Ingegneria dell'Energia dei Sistemi del Territorio e delle Costruzioni

Santiago León

Centro de Investigaciones para la Conservación del Patrimonio Arquitectónico y Urbano. Panamá

Mirta Linero Baroni

Arqueo Asesores. Asesoría en arqueología vertical. Panamá

José Emilio Mascort-Albea

Universidad de Sevilla. Departamento de Construcciones Arquitectónicas II. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación

Stefano Pagliara

Università di Pisa, Scuola di Ingegneria - Dipartimento di Ingegneria dell'Energia dei Sistemi del Territorio e delle Costruzioni

Michele Palermo

Università di Pisa, Scuola di Ingegneria - Dipartimento di Ingegneria dell'Energia dei Sistemi del Territorio e delle Costruzioni

Rocío Romero-Hernández

Universidad de Sevilla. Departament de Construccions Arquitectòniques II. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación

Maria Scalici

Restauro Italia s.r.l. Dipartimento di Restauro e Conservazione dei Beni Culturali. Italia

Finito di stampare nel mese di marzo 2019
da Tipografia Bongi s.n.c. - San Miniato
per conto di Pisa University Press