HUMAN FACTORS &
TECHNOLOGICAL DESIGN INNOVATION
3

LE MURA URBANE CROLLANO

CONSERVAZIONE E MANUTENZIONE PROGRAMMATA DELLA CINTA MURARIA DEI CENTRI STORICI

A CURA DI
MICHELE DI SIVO, DANIELA LADIANA

PISA
UNIVERSITY
PRESS

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, LEON SANTIAGO, LINERO BARONI MIRTA, MASCORT-ALBEA JOSÉ EMILIO, PAGLIARA STEFANO, PALERMO MICHELE, ROMERO-HERNÁNDEZ ROCÍO, SCALICI MARIA

PISA
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

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 Autorizzazioni 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 si 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 Rrjolli

Editing: **Daniela Ladiana**

SOMMARIO

PREFAZIONE 9
Marco Giorgio Bevilacqua

INTRODUZIONE
Le mura urbane crollano 13
Michele Di Sivo, Daniela Ladiana

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
Ewa Karwacka Codini 19

2. Metodologia di analisi e di intervento per la conservazione dei centri fortificati della Bassa Sabina
Stefania Landi 41

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 57

II
FATTORI DI RISCHIO 71

4. Valutazione dello stato di sicurezza delle mura urbane
Anna De Falco 73

5. Control of biodeterioration in urban walls
Fabrizio Cinelli 87

6. Problemi idraulici connessi a crolli di mura urbane
Stefano Pagliara, Michele Palermo 107

III
DIAGNOSTICA 117

7. Metodología de evaluación y monitorización del patrimonio basado en la gestión cartográfica digital. La Muralla de Sevilla
Jacinto Canivell, Antonio Jaramillo-Morilla, José Emilio Mascort-Albea, Rocío Romero-Hernández 119

8. Le tecnologie *no-dig* per la ricerca, la mappatura e la diagnostica delle reti
Daniela Ladiana, Michele Di Sivo 137

IV
MANUTENZIONE E CONSERVAZIONE 155

9. La conservazione programmata del patrimonio storico-architettonico. Tecnologia di processo basata sulla conoscenza e l'informazione
Michele Di Sivo 157

10. Strategie e strumenti delle tecnologie di manutenzione per la conservazione programmata del patrimonio storico-architettonico
Daniela Ladiana 175

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

Elenco degli autori 215

DOI: 10.12871/978883339175513

11.
CONSERVACIÓN DEL LEGADO TÉCNICO CULTURAL DEL REAL CUERPO DE INGENIEROS EN PANAMÁ: EL PATRIMONIO FORTIFICADO DE PORTOBELO Y SAN LORENZO

Patricia Cid, Leonardo Casini, Santiago León, Sebastián Gómez, Carlos Jaramillo, Mirta Liñero Baroni, Maria Scalici

Sommario

Las fortificaciones de Portobelo y San Lorenzo representan un importante testimonio de la aplicación en el Nuevo Mundo de los modelos desarrollados en Europa entre los siglos XVI y XVIII. Las primeras estructuras en Panamá fueron proyectadas por el ingeniero italiano Battista Antonelli a finales del siglo XVI, en el ámbito de un amplio plan estratégico de defensa regional para el Caribe las cuales, se encuentran entre las primeras aplicaciones en América de la tipología de la "Fortificazione alla Moderna". Luego del ataque inglés por el almirante Vernon a Portobelo (1739), San Lorenzo (1740) y Cartagena de Indias (1741), la Corona Española decidió realizar un nuevo plan de defensa que contará con Ignacio Sala y Manuel Hernández del Real Cuerpo de Ingenieros como los principales exponentes encargados de la redefinición de estas "Plazas fortificadas" y quienes emplearán los modelos planteados por las Reales Academias Militares españolas bajo la influencia de las teorías francesas de la época.

El texto a continuación, presenta los resultados del estudio efectuado a los Fuertes construidos durante la segunda mitad del siglo XVIII en la costa Atlántica de Panamá el cual, se ha concentrado en el análisis de las técnicas constructivas y en el estudio de los modelos técnicos y formales de referencia de la época, con la finalidad de individuar un método para la conservación de las estructuras y documentación del contexto cultural donde se desarrollaron.

Parole chiave
Reales Academias Militares españolas; Ignacio Sala; ingeniería militar española; puertos fortificados; patrimonio arquitectónico; conservación de bienes culturales.

11.1. Introducción

Los Fuertes de Portobelo y San Lorenzo forman parte de un amplio sistema de estrategia militar implantado en la costa atlántica de Panamá que pertenecen a dos períodos reconocibles. El primero, realizado por los ingenieros militares Antonelli (Battista Antonelli, Cristoforo Rota Antonelli y Juan Bautista Antonelli) entre los siglos XVI y XVII y proyectado bajo las bases del sistema italiano de la *"fortificazione alla moderna"* introducido en España por el rey Felipe II y posteriormente, implantado en el Caribe para la defensa de la ruta político – comercial.

El segundo período, en cambio, contempla la actualización y extensión del sistema defensivo a través de la incorporación de nuevas instalaciones militares construidas durante el siglo XVIII por el Real Cuerpo de Ingenieros de la corona española y creadas bajo las nuevas teorías y parámetros franceses las cuales, estarán a cargo del Gobernador de Cartagena de Indias y Comandante General de la Armada Española, Ignacio Sala y luego, ejecutadas por el ingeniero militar Manuel Hernández, formado en la Real Academia de Matemáticas de Barcelona.

Actualmente, los Fuertes de Portobelo y San Lorenzo son monumentos históricos nacionales y reconocidos como *"Patrimonio Cultural de la Humanidad"* por UNESCO desde 1980. A partir del 2012, su alto grado de degradación, la pérdida de algunos de sus componentes y estructuras, la falta de recursos económicos e institucionales de tipo actuativo, la incapacidad de una rápida intervención ante las calamidades naturales y una limitada planificación de conservación los han llevado a ser inscritos en la Lista del *"Patrimonio Mundial en Peligro"*[1].

A pesar del interés de las instituciones responsables panameñas, la carencia de medios económicos suficientes han limitado las intervenciones técnicas necesarias a sus estructuras. Por esta razón, el Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO ha pedido a Panamá, en julio del 2015, la elaboración de nuevas medidas normativas "urgentes" que permitan implementar estrategias correctivas e individuar acciones claras y específicas ante este caso y la posible pérdida de su "Valor Universal Excepcional".

En el presente, la problemática de las Fortificaciones de Portobelo y San Lorenzo continúa a ser un caso de "Emergencia Nacional" para el cual, se ha creado un programa de rescate que deberá ser implementado antes de julio de 2019, según los acuerdos con UNESCO. Los resultados de la presente investigación[2] brindan información que permite profundizar en el conocimiento de las construcciones militares de época colonial y colaborar con material que sirva de base para las correctas praxis de intervenciones restaurativas y conservativas que preserven el lenguaje arquitectónico y tecnológico constructivo de estos monumentos, así como, su estudio desde el campo académico.

Consiste en una investigación de tipo cualitativa y aplicativa con orientación al campo histórico, técnico, científico y educativo dedicado a estudiar y documentar el sistema tecnológico constructivo de época colonial utilizado en el siglo XVIII por la Corona Española en las fortificaciones del Caribe panameño, como una estrategia para la conservación y preservación del lenguaje técnico y arquitectónico de las estructuras más representativas de este complejo monumental.

Para los análisis comparativos, se utilizó una base histórica conformada por documentación original como planimetrías, estados de cuentas de las obras, comunicaciones sobre la administración de la obra, materiales y trabajadores obtenidos en el Archivo General de Indias de Sevilla, el Instituto de Historia y Cultura Militar de Madrid, el Centro Geográfico del Ejército de Madrid y el Archivo General de la Nación de Colombia, así como, importantes tratados de fortificación

(Vauban, Sala, Lucuze, Sánchez Taramas y Rojas) alusivos al conocimiento de formación de los ingenieros militares embarcados hacia América.

Con la finalidad de verificar la información histórica, los tratados y los proyectos militares estudiados con lo construido en el lugar, se procedió a la organización y toma de datos *in situ* a través de la clasificación por tipologías de los principales elementos arquitectónicos, estructurales y decorativos que caracterizan los cuerpos de las fortificaciones, al levantamiento métrico de éstos, al estudio de los materiales constructivos y su dimensionamiento, y a la identificación de las técnicas edilicias empleadas.

El funcionamiento del sistema tecnológico constructivo fue analizado a través del levantamiento fotogramétrico y tridimensional. Complementan la información recopilada, visitas técnicas a las fortificaciones de Cartagena de Indias y Cádiz relacionadas con la figura del ingeniero militar Ignacio Sala, importantes para la comparación de las estrategias defensivas, arquitectónicas y constructivas realizadas en Panamá.

Los materiales constructivos de las fortificaciones, así como, los posibles sitios de extracción de los componentes principales fueron individuados mediante la colaboración del Departamento de Paleoecología y Arqueología del Instituto Smithsonian de Investigación Tropical. Análisis macroscópicos permitieron en fase inicial, identificar la caracterización litológica de los materiales rocosos los cuales, fueron confirmados a través de los análisis petrográficos en laboratorio de las muestras tomadas. Mientras que, el estudio de los morteros históricos, sus componentes, granulometría, morfología y las relaciones cuantitativas de éstos fueron analizados en Italia, en el laboratorio del Departamento de Restauración y Conservación de Bienes Culturales de la empresa Restauro Italia s.r.l.

El análisis histórico – técnico desde la perspectiva de la arqueología vertical estuvo a cargo de la Dra. Mirta Linero Baroni de Arqueo Asesores, quien por su valiosa experiencia como Directora del Departamento de Arqueología del Patronato de Panamá Viejo, brindó

importante información comparativa entre ambos sitios monumentales, entre otros.

El arte de construir de las Fortificaciones Atlánticas de Panamá del siglo XVIII se documentará en un manual que expresa gráficamente, la información técnica y científica obtenida, acompañada de textos explicativos sobre la caracterización arquitectónica de estos monumentos.

El manual será utilizado como instrumento para la difusión de la técnica constructiva del siglo XVIII y del legado histórico – cultural de los exponentes del Real Cuerpo de Ingenieros en el territorio americano.

11.2. Sistema Fortificado de la Costa Atlántica de Panamá

Del complejo fortificado de la costa atlántica de Panamá, las estructuras más representativas y que conservan en mayor parte la integridad de sus edificaciones son: el **Fuerte de San Lorenzo** en la boca del río Chagres (ver Figura 1) y las **Baterías de San Fernando** (ver Figura 2), **Santiago** (ver Figura 3) y **San Jerónimo** (ver Figura 4) en la bahía de Portobelo. En cuanto a las estructuras menores que se extendían como puntos de observación y defensa, en su gran mayoría han desaparecido o cuenta con restos en ruinas.

Figura 1. *Fuerte de San Lorenzo. Fotografía: L. Casini y P. Cid, 2018.*

Figura 2. *Baterías de San Fernando (baja y alta), Portobelo. Fotografía: L. Casini y P. Cid,* 2018.

Figura 3. *Batería de Santiago, Portobelo. Fotografía: L. Casini y P. Cid, 2018.*

Figura 4. *Batería de San Jerónimo, Portobelo. Fotografía: P. Cid y L. Casini, 2017.*

En San Lorenzo, las fortificaciones fueron fundamentalmente construidas en piedra; mientras que, en Portobelo, en bloques coralinos. Sus muros eran revestidos con un mortero para la protección de su superficie ante los agentes atmosféricos y naturales de la selva húmeda tropical de Panamá. Hoy en día, quedan muy pocos restos de mortero. Su aspecto formal cuenta con soluciones de ornato[3] que aplicaba un orden arquitectónico realizado en piedra labrada o en ladrillos, así como, dictaban las prácticas del Real Ejército de su Majestad, los Tratados de la época y las lecciones impartidas en las Reales Academias españolas (ver Figura 5).

Figura 5. *Superior: Ejemplos de Portadas Principales para el Cuerpo de la Plaza, Tratado de Fortificación, Manuel Sánchez Taramas, 1769. Inferior: Portada Principal de la Batería de San Fernando en Portobelo (izquierda) y Cuerpo de Guardia del Fuerte de San Lorenzo (derecha). Fotografías: P. Cid y L. Casini, 2017.*

11.3. Prácticas edilicias y tipológicas del Real Cuerpo de Ingenieros

La organización de las obras estuvo comprometida a la extracción de la materia prima directamente en el lugar. En la investigación se han identificado tres afloramientos: uno, de roca sedimentaria: la "arenisca

calcárea o grainstone" en San Lorenzo. Y otro, de roca volcánica: la "andesita basáltica" en el lado de *tierra firme* y a espaldas de la batería de Santiago en Portobelo; y por último, otro de "andesita porfirítica" al *otro lado de la bahía*, a orillas de la batería baja de San Fernando.

De acuerdo con los análisis petrográficos obtenidos, el **Fuerte de San Lorenzo** fue levantado sobre un promontorio de areniscas calcáreas, roca sedimentaria de grano medio, de estructura masiva, rica en conchas, con cuarzo, fedelspato y fragmentos líticos en menor proporción que sirvió de cantera para la producción de bloques de piedra y morteros durante las obras.

Las tipologías murarias del Fuerte difieren entre sí, de acuerdo al uso militar o civil de sus estructuras. Los muros perimetrales del foso, el área abaluartada y la luneta, sustancialmente, expuestos al combate están caracterizados por un aparejo pseudoisódomo de bloques de arenisca calcárea o grainstone[4], tallados rectangulares cuyas dimensiones obtenidas oscilaron en hiladas de 40 a 42 cm (1 1/2 pie aprox.) de alto y de largo variable entre 56 y 80 cm (2 a 3 pies aprox) unidos por un mortero de colocación de espesor variable y con restos de ladrillos o tejas de relleno o también utilizados para la nivelación del plano de montaje de los bloques (ver Figura 6). Los bloques cuya profundidad pudo ser tomada, eran proporcionales a la altura de la hilada y venían apoyados a rellenos de tierra (área de la luneta), a la roca del promontorio (hornabeques), o a conglomerados de obra mixta conformados por cantos de dimensiones variables y formas irregulares y mortero de relleno que formaban los muros internos del área a uso civil.

Figura 6. *Detalle constructivo de la estructura muraria en el Fuerte de San Lorenzo (izq.) y particular de la aplicación de restos de tejas como relleno y nivelación del plano de posa (der.). P. Cid y L. Casini, 2017.*

La unión entre la escarpa y el parapeto contaban con la decoración de un cordón formado por piezas de ladrillos con el lado externo de borde semicircular (ver Figura 7).

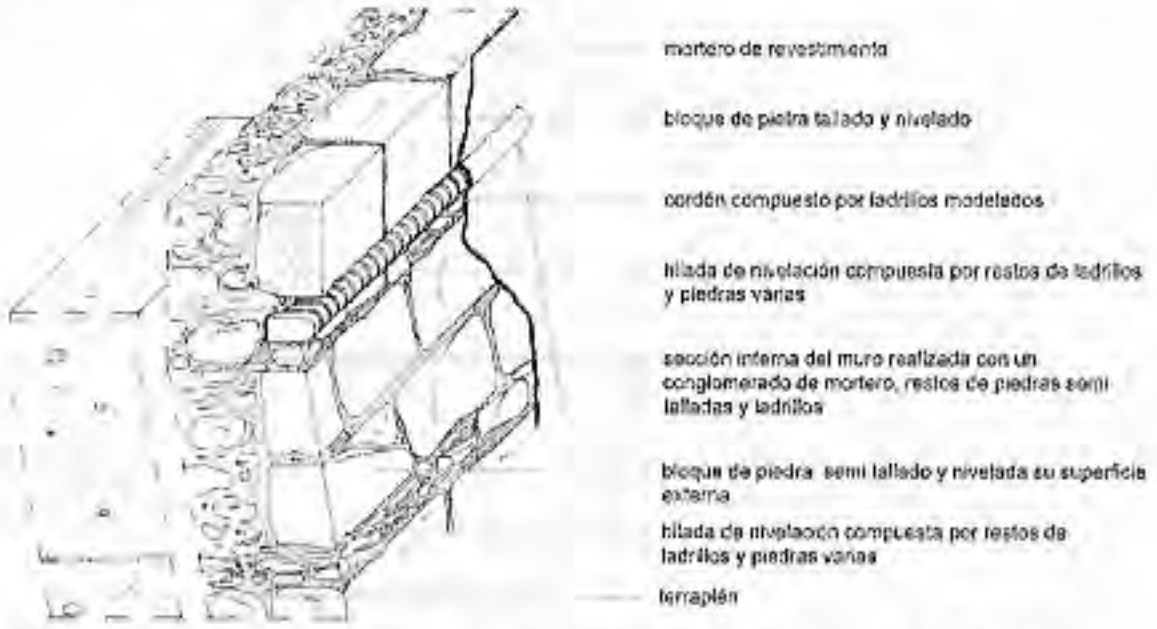

Figura 7. *Representación tipológica de las cortinas perimetrales del Fuerte de San Lorenzo, P. Cid y L. Casini, 2017.*

Los muros del área de la Plaza de Armas estaban conformados por una primera hilada de bloques *a vista* en arenisca calcárea o grainstone que definía además, el contorno de los vanos de ingreso a las habitaciones[5]; mientras que, el resto del muro se levantaba en arenisca volcánica[6] con 5 cm para el mortero de revestimiento y el relieve de los bloques. Una muestra de las técnicas y buenas prácticas edilicias utilizadas por los ingenieros militares a causa de lo propensa que es esta piedra a sufrir procesos de disolución y desgaste por exposición a agentes erosivos como el agua y el viento de los que, actualmente, padece. El borde de cornisa superior, en cambio, fue realizado con piezas de ladrillo (ver Figuras 8).

Los diversos procesos de construcción de la fábrica se han observado en el cambio de las técnicas y los tipos de materiales a causa de la paralización de las obras en el tiempo. Por ejemplo, en los muros internos de las galerías centrales en San Lorenzo, donde se aprecia la finalización del muro de mampostería en arenisca volcánica y luego, el inicio de otro período constructivo con la realización de dos hila-

Figura 8. *Superior: Levantamiento del sector sur (habitaciones y rampa) del Fuerte de San Lorenzo, P. Cid y L. Casini, 2017. Inferior: Hipótesis reconstructiva, P. Cid y L. Casini, 2017.*

das de bloques tallados rectangulares en lodolita tobácea[7] que servían de imposta para la bóveda de ladrillos (ver Figura 9).

Figura 9. *Elevación de una porción de muro y bóveda en galería, Fuerte de San Lorenzo, P. Cid y L. Casini, 2017.*

La actual falta del mortero original en algunas áreas de los ambientes abovedados, ha permitido leer la construcción de estos elementos. Todas las bóvedas son de medio cañón y en ladrillos de espesores variables que van de 3 a 4,5 cm por un ancho entre 12 y 13 cm (1/2 pie con el mortero de junta) y un largo entre 27 y 28 cm (1 pie) y fueron realizadas en hiladas alternadas montadas: una, de soga, y la otra, de tisón; distribuidas en el sentido longitudinal de la galería (ver Figura 10).

Figura 10. *Detalle constructivo de la bóveda de cañón en las galerías del Fuerte de San Lorenzo, P. Cid y L. Casini, 2017.*

Por otro lado, algunas de éstas que aún conservan el mortero de revestimiento, también conservan la huella de las cimbras dejando apreciar el empleo de dos métodos que podrían corresponder a dos momentos distintos de construcción, a dos grupos de trabajadores, al cambio en la mano de opera o a la falta de material en la obra. El primero, por tablones de madera donde la distancia marcada por la cimbra es de 2 metros apróximadamente lo que, equivaldría a 2 ½ varas. El segundo, en cambio, refleja marcas a una distancia mucho más breve y con pequeñas incisiones diagonales que se hipotiza, haya sido un sistema de cañas o bejucos amarrados con sogas que componían la cimbra misma.

La experiencia constructiva desarrollada en **Portobelo** corresponde a dos sectores de la bahía. *Tierra firme* que alberga a las baterías de Santiago y San Jerónimo y *al otro lado de la bahía*, donde se encuentra el complejo fortificado de San Fernando. Las estructuras murarias eran realizadas en mampostería de bloques coralinos cubiertos por un mortero de revestimiento, con las esquinas de los muros y la boca de las troneras en una piedra con una cualidad estructural más resistente. En San Fernando, se identificó el packstone[8]; y en Santiago y San Jerónimo, la arenisca fosilífera[9] que también fue utilizada en los morteros (ver Figura 11).

Figura 11. *Detalle constructivo de cañonera - Portobelo. P. Cid y L. Castri, 2018.*

El alto conocimiento edilicio previo que poseían los oficiales del Real Cuerpo de Ingenieros enviados a América debido a la formación en las Academias Militares y por laborar en zonas costeras de las costas española y mediterránea, les permitió contar con el dominio de las técnicas constructivas y el reconocimiento del material apto para ser utilizado en las fortificaciones militares según el tipo de función que habría desempeñado dentro del sistema constructivo, así como, el comportamiento de éste ante las condiciones naturales, ambientales y climáticas. Las costas atlánticas panameñas ofrecieron un lugar de alta concentración vegetativa y de crecimiento rápido, de altos niveles de húmedad y expuestos a prolungados períodos de lluvia (8 a 10 meses) en los cuales, los ingenieros militares debieron organizar la programación de las obras de construcción y de mantención adaptando las técnicas de construcción a estas condiciones.

11.4. Edificaciones Militares: los Repuestos de la Pólvora y el Cuerpo de Guardia

Un recurso común utilizado por los ingenieros militares españoles fue la de aplicar un modelo o patrón único de edificación militar el cual, venía ilustrado en los tratados de la época junto con los parámetros arquitectónicos y de construcción. A continuación, se describen los **Repuestos de Pólvora** de las Baterías de San Fernando y San Jerónimo en Portobelo, y el **Cuerpo de Guardia** del Fuerte de San Lorenzo como ejemplos de las edificaciones militares presentes en estas fortificaciones.

En Portobelo, los *"**repuestos de pólvora**"* de San Fernando, San Jerónimo y el *"**almacén de pólvora**"* ubicado alejado de la bahía, mantendrán la tipología individuada por los tratados de la época, adecuando sus dimensiones a la capacidad necesaria que se requería para albergar la pólvora. Una descripción precisa, la encontramos en el Tratado de Lucuze[19].

En Portobelo, las murallas y los 4 *estribos* o contrafuertes de los respuestos de pólvora fueron construidos predominantemente con bloques coralinos tallados y revestidos con mortero.

Las dos pendientes del techo y de los contrafuertes fueron realizadas con restos de ladrillos rotos[11] que luego, eran cubiertos por una capa de mortero impermeabilizante *(cocciopesto)*; mientras que, los bordes de las inclinaciones eran de ladrillos montados de tabla y con el extremo externo semicircular. La cumbrera fue realizada con bloques coralinos tallados en forma triangular con el área central adaptada para embonar en una cumbre plana de 2 hiladas de ladrillos montados a tabla de 1 pie de ancho y que en los lados de las fachadas eran decorados con elementos hechos con ladrillos y modelados con mortero *(cocciopesto)*. En la parte baja del techo, el alero era creado por una cornisa realizada del mismo modo apenas descrito.

El interior de los repuestos de la pólvora eran abovedados de cañón y paredes y techos revestidos de mortero. En los muros del ingreso y el opuesto, se colocaron las ventanas en alto y a mitad de los muros laterales, los *respiraderos* o aspilleras de ventilación *a dado*. En cuanto a la construcción de la bóveda para el almacén de la pólvora, Sánchez Taramas escribe sobre los diversos modos de construir una bóveda a través del estudio de diversos tratadistas de la época[12].

El Cuerpo de Guardia del Fuerte de San Lorenzo, ingreso principal a la Plaza, fue construido sobre un promontorio (ver Figura 12) que conecta con la luneta frontal hacia la defensa de tierra a través de un puente levadizo. El aspecto actual no corresponde en su plenitud al aspecto original, ya que, se han perdido casi totalmente las superficies del mortero de revestimiento, de los acabados externos y parte de los internos, así como, todos los componentes de madera de los cierres y del puente levadizo, además de, una buena parte de las ornamentaciones ubicadas en la parte superior de la cobertura y en correspondencia con los ejes de las pilastras.

Figura 12. *Detalle constructivo de la base del Cuerpo de Guardia realizada sobre el promontorio, Fuerte de San Lorenzo (izq.), Notas (der.): 1. Estructura perfilada en ladrillos, 2. Hilada de ladrillo de nivelación, 3. Nivelación en ladrillos del plano de posa, P. Cid y L. Casini, 2018.*

A pesar de esto, es evidente el objetivo de enriquecer y distinguir la construcción con una formalidad a través de la decoración de las pilastras externas que, por el uso militar vienen propuestas coherentemente con un tamaño relacionado con un orden toscánico.

Está formado por un paralelepípedo de base cuadrangular de alrededor 8.2 varas equivalentes a cerca 3.5 toesas de lado, correspondientes a 6.8 metros aproximadamente, y cubierto por una bóveda esquifada al extradós. La altura interna al intradós de la bóveda de cubierta fue tomada en la cota media del nivel de piso determinado como el original[13] y es de cerca 7.3 varas, correspondientes a 3.1 toesas y cerca de 6.10 metros. La finalidad de esta construcción era la de albergar al cuerpo de guardia y de contener y proteger la estructura y los mecanismos del puente levadizo que garantían el acceso al fuerte.

El espesor medio del aparejo murario se encuentra en el orden de una vara, aproximadamente 3 pies y alrededor de los 80 cm. Es mixto y está constituido por sillares de piedra delineados en planos sub paralelos[14], alternados por sillares horizontales en ladrillo dispuestos para nivelar los planos horizontales. Otros ladrillos, en cambio, eran empleados para rellenar los espacios vacíos entre los bloques de piedra. Las hiladas externas expuestas a los agentes atmosféricos presen-

tan una trama relativamente más regular con respecto a las internas que muestran piezas de restos de bloques mucho más heterogéneas. La parte superior del aparejo murario, así como, se observa en las hiladas externas, está realizada en ladrillo. Una señal de la necesidad de crear un nivel de posa terminal homogéneo, funcional a la imposta y estribo de la bóveda esquifada de cubierta y a la realización del alero del entablamento.

A nivel de ornamentación, todas las molduras están realizadas en ladrillo. En un inicio, cubiertas y protegidas por el mortero de revestimiento, así como, todavía se observa en las áreas menos expuestas y en el interior de la construcción. Con excepción de algunos elementos labrados todavía presentes sobre la cornisa en unión con la cubierta, no hay obras en piedra tallada.

11.5. Los Morteros Históricos y sus diversas aplicaciones

Se recogieron muestras de los morteros utilizados en la colocación de cantos de piedra, en revestimientos de superficies murarias y en las cubiertas de los almacenes para la pólvora (baterías de San Jerónimo y San Fernando) para el análisis petrográfico en laboratorio. Los resultados de la microscopía óptica polarizada identificaron un tipo de aglomerante en común para todas las muestras, la "cal ligeramente hidráulica", así como, la composición mineralógica del componente agregado o árido, su granulometría y morfología, y la posible presencia de elementos tales como, ejemplos en arcillas cocidas, calizas cocidas o la adición de aditivos de diversos tipos que pueden ser indicativos de tecnologías de producción particulares.

De acuerdo a los resultados mineralógicos, la cal fue realizada de una roca sedimentaria caracterizada por una matriz microesparítica – esparítica con componentes calcáreos dominantes y fragmentos de cuarzo, líticos y restos fósiles. En el caso de San Lorenzo, la arenisca calcárea o grainstone y en Portobelo, la arenisca fosilífera para las baterías en *tierra firme* y la packstone para el complejo de San Fernando.

Se han determinado 2 tipos de arenas compuestas en los morteros de las áreas analizadas. En San Lorenzo, los resultados arrojaron la

prevalencía de una arena fina y homogénea compuesta por fragmentos de rocas volcánicas y sedimentarias, al igual que, en las baterías de San Jerónimo y Santiago en Portobelo que fueron utilizadas para los morteros de colocación. En San Fernando, en cambio, se encontró una arena compuesta por una parte de origen volcánico y otra, carbonática.

A través del estudio de los morteros históricos se alcanzó el objetivo principal de determinar las características de éstos de acuerdo a su función en la fábrica constructiva. De acuerdo a los valores obtenidos y su aplicación se identificaron 3 tipos: un mortero de tipo estructural de granulometría gruesa y no homogéneas utilizado para la creación de las plataformas de las rampas, de las áreas de las cañoneras y la losa que cubre los merlones de las troneras; y otro, fino y homogéneo para la colocación de los bloques. Un segundo, de tipo impermeabilizante *cocciopesto* donde predominan las arcillas en un compuesto fino o medio – fino y no homogéneo utilizado para la protección de las cubiertas de los repuestos de pólvora, garitas y la parte superior de elementos decorativos expuestos al golpe del agua de lluvia. Y por último, un mortero de revestimiento para la protección de muros y fachadas fino y ligeramente no homogéneo el cual, se llegó a observar que su estratigrafía era realizada con 2 a 3 capas de constitución.

En la batería de San Jerónimo en Portobelo, en cambio, se desarrollaron estructuras que se relacionan con los parámetros y composición de los morteros de colocación encontrados en San Lorenzo pero, de una granulometría más fina. Esto ha permitido identificar que períodos de construcción y ubicación distinta han compartido la misma técnica de elaboración de la mezcla para los morteros de colocación. En este caso, nos referimos al reducto del siglo XVII, al almacén de la pólvora de la batería *a flor de agua* de mitad del siglo XVIII y a las estructuras de las ampliaciones de San Lorenzo realizadas posteriormente.

11.6. Conclusiones

El conocimiento cultural, técnico y científico de un bien histórico es fundamental en la definición de estrategias de salvaguarda y valorización conscientes con lo que el monumento representa e incluye. Este permitirá crear el enfoque necesario para la definición de una metodología y un programa apropiado de intervención. Las Fortificaciones de Portobelo y San Lorenzo son ejemplos únicos y representan una obra maestra del ingenio creativo humano (criterio i – inscripción UNESCO), así como, las adaptaciones posteriores de las características de su arquitectura militar a causa de nuevas estrategias defensivas y de combate (criterio iv) las cuales, representan además, el desarrollo estructural y tecnológico de un sistema militar que funcionó en el Caribe durante los siglos XVI, XVII y XVIII.

Los modelos arquitectónicos e ingenierísticos formales analizados confirman la aplicación de los modelos militares en uso por el Real Cuerpo de Ingenieros de España durante el siglo XVIII y que siguen patrones codificados que continuarán su aplicación en las estructuras militares de los diversos territorios de la corona española. El reconocimiento de los materiales válidos para la construcción, la resistencia mecánica de éstos y su comportamiento ante los factores de degradación, forman parte del bagaje de conocimientos técnicos que los ingenieros del Real Cuerpo debían poseer y ser en grado de aplicarlos en la creación de un sistema tecnológico fortificado para el éxito de la empresa real defensiva.

El manejo de las técnicas constructivas, en cambio, ha estado sujeto a la reinterpretación por la mano de obra a disposición y al grado de especialización en lo requerido. Esto ha ocasionado una construcción condicionada, además, por recursos económicos insuficientes para su terminación y mantención. El reflejo de esta problemática se puede apreciar en el degrado estructural de las fortificaciones de Portobelo y San Lorenzo donde, por ejemplo, la interrupción de los períodos constructivos no han permitido la realización de un tejido continuo y entrelazado de su estructura lo que, en algunos sectores y sin una mantención adecuada y continua, ha provocado la separa-

ción de sus partes. Este es el caso también, de elementos estructurales que no se realizaron, posiblemente, por causa de un presupuesto limitado o por una mala administración de obra, como en el caso entre los ingenieros Belestá y Narváez (1786-1796)[15].

Un factor importante y recurrente en la problemática histórica de estas fortificaciones ha sido el tema de la mantención de estas obras. El deterioro y degradación de las estructuras por un ambiente tan agresivo como el del sector atlántico de Panamá y sin intervenciones periódicas significativas han causado al día de hoy, la pérdida no sólo de elementos individuales sino, de áreas y sectores a diversa escala que no serán recuperables por falta, además, de documentación accesible al lenguaje arquitectónico y constructivo original.

Con la finalidad de documentar la actual información que resta de las estructuras existentes y su complementación a través de material histórico y análisis técnicos y científicos, el presente proyecto de investigación levantó las expresiones arquitectónicas y constructivas más representantivas de este complejo monumental fortificado para la preservación de su información histórico – cultural y la recuperación de su lectura original.

Note

[1] Decision Report WHC-12/36.COM/7B.102, p. 173. Paris, 11 May 2012. Document WHC-12/36.COM/19, p. 221. 36° Session, WHC - UNESCO. Saint Petersburg, Russian Federation. 24 June-6 July 2012.

[2] El Proyecto de Investigación "Análisis de las Técnicas de Construcción de los Fuertes de Portobelo y San Lorenzo" es un aporte a las autoridades panameñas que salvaguardan el patrimonio histórico-cultural de Panamá: Instituto Nacional de Cultura (INAC), Dirección Nacional de Patrimonio Histórico (DNPH) y Patronato de Portobelo y San Lorenzo (PPSL). El proyecto ha sido financiado por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) de Panamá, proyecto 29 – 2017 – FID16 – 144.

[3] Como por ejemplo, menciona Lucuze en relación a los ingresos: «*La portada se hace de piedra labrada; con el ornato de un orden de Arquitectura Toscano, ò Dorico, correspondiente al decoro y magnificencia del Principe, con el Escudo de las Armas Reales. [...]*». Lucuze, Pedro de: "Sección primera, cap. XVII, Obras Accesorias", en *Principios de Fortificación que contienen las definiciones de los términos principales de las obras de*

Plaza, y de Campaña, con una idea de la conducta regularmente observada en el Ataque, y Defensa de las Fortalezas, Barcelona, 1772, p. 76.

[6] Las descripciones de este litotipo correspondió a un tamaño de grano fino a medio de (< 0.5 mm) de color crema-rojizo con textura clástica, caracterizada por una composición híbrida que incluye material siliciclástico y calcáreo.

[7] Esta tipología en las fachadas también ha sido recuperada en la restauración de las habitaciones de la "Punta de Chiriquí" de la Muralla Defensiva del Casco Antiguo de la Ciudad de Panamá, como rescate de las características originales.

[8] Roca sedimentaria de grano fino (< 0.25 mm) de color crema-grisáceo con textura masiva, caracterizada por una baja densidad relativa. La abundante presencia de material arcilloso que produce la tonalidad grisácea de esta unidad y la textura terrosa, evidencia el actual grado de alteración de la roca.

[9] Roca volcánica tobácea o sedimentaria finogranular con alto contenido de material volcagénico de grano muy fino con textura masiva de color crema claro, caracterizada por su baja densidad relativa y el alto contenido de material arcilloso que imprimen un aspecto terroso.

[10] Roca sedimentaria calcárea de color rojizo, grano – soportada, compuesta dominantemente por bioclastos (fragmentos de moluscos) finos a medios, lodo calcáreo y óxidos de hierro.

[11] Roca sedimentaria clástica de color pardo amarillento con partículas tamaño arena fina a media de cuarzo, fragmentos líticos y restos de moluscos cementados con material calcáreo.

[12] Lucuze, Pedro de: "Sección primera, Cap. S. XIX – Edificios Principales", en *Principios de Fortificación...*, op. cit., p. 89, figg. 82 y 83. «*Los almacenes, y repuestos de polvora dentro del recinto, se hacen à prueba* [a prueba de bombas], *con respiraderos en las paredes para la ventilacion: el pavimento inferior se guarnece de un entablado, levantado de tierra un pie, para preservar la polvora de la humedad: se hacen dobles la puerta y ventana, cubriendolas con planchas de hierro, y se toman todas las precauciones contra el incendio. El almacen se circuye de una pared sencilla, para que nadie se acerque à la puerta, ventana y respiraderos*».

[13] Probablemente, estos restos de ladrillos corresponden al material de relleno sobre la bóveda.

[14] Sanchez Taramas, Miguel: *Tratado de Fortificación, ò Arte de construir los Edificios Militares, y Civiles*. Barcelona, 1769, p. III, s. XIX, pp. 357-368, figg. 1 y 2.

«*El espesor de la Boveda es de 3 pies en los riñones, y se forma de 3 roscas de Ladrillo entero la una sobre la otra [según Vauban]; y tangentes à la superficie exterior, se disponen las dos vertientes del Texado [...]*».

«*Tambien se ha de notar, que es mucho mejor hacer la Boveda de una sola rosca de 3 pies de grueso, trabando bien los Ladrillos, que no formarla de 3 cascos diferentes; porque de este modo resultará una Obra de mayor robustez, y resistencia, [según Muller] [...]*».

«*[...] es provechoso dexar [dejar] puestas las Cimbrias [cimbras] sobre que se construyan las Bovedas por espacio de seis meses à lo menos , para que la Obra tenga lugar*

de enxugarse [secarse] y endurecerse sin sufrir empujo ; pues de otro modo seria preciso hacer los Muros mas robustos , para que la Boveda no se hundiese quitandole pronto las Cimbrias».

[13] La cota del nivel de piso del área occidental exterior que cubre las galerías abovedadas del piso inferior, es fruto de una obra de impermeabilización sucesiva y no corresponde a la cota original. Esta situación también se encuentra en las alturas de las bases de las pilastras que hacia el lado oriental hacia la luneta, en cambio, conservan la altura original.

[14] Algunas obras de mantención del relleno de las juntas han modificado, parcialmente, la percepción del corte de los bloques los cuales, se aprecian menos regulares de cuanto en realidad, lo sean.

[15] AGNCo. SC. (Archivo General de la Nación de Colombia. Sección Colonia), Reales Cédulas, autos, causas criminales, certificados, MISCELANEA: SC.39,122,D.9, 1804. Informe de Obras de reconocimiento y fortalecimiento de la Plaza de Panamá. Respuesta a las "Cartas" de 1796 de Narváez sobre el problema de gestión de gastos de Juan Belestá al cual, Narváez tuvo que intervenir para finalizar las obras.

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 Paleoecology 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. Departamento de Construcciones Arquitectónicas II. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación

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