

## Le mura di Cartagena de Indias tra sperimentazione metodologica e protocolli operativi. Strumentazioni digitali a confronto per lo studio del sistema difensivo antonelliano

The walls of Cartagena de Indias through methodological experimentation and survey systems protocols. Digital tools comparison for the study of the Antonelli's defense system

**Sandro Parrinello<sup>a</sup>, Francesca Picchio<sup>b</sup>, Anna Dell'Amico<sup>c</sup>, Chiara Malusardi<sup>d</sup>**

<sup>a</sup> Università degli Studi di Pavia, Pavia, Italy, [sandro.parrinello@unipv.it](mailto:sandro.parrinello@unipv.it)

<sup>b</sup> Università degli Studi di Pavia, Pavia, Italy, [francesca.picchio@unipv.it](mailto:francesca.picchio@unipv.it)

<sup>c</sup> Università degli Studi di Firenze, Florence / Università degli Studi di Pavia, Pavia, Italy, [anna.dellamico@unipv.it](mailto:anna.dellamico@unipv.it)

<sup>d</sup> Università degli Studi di Pavia, Pavia, Italy, [chiara.malusardi01@universitadipavia.it](mailto:chiara.malusardi01@universitadipavia.it)

### Abstract

Cartagena de Indias, one of the main Spanish commercial ports in the Caribbean Sea, was strategically built on a system of islands and peninsulas that formed a lacustrine system along the coast of Tierra Firme, known today as Colombia. For several centuries, Cartagena fortifications have been at the fore-front of Spanish military technologies. This site became the scene of action of the main military engineers at the service of the Spanish crown. In 1586 Battista Antonelli received from King Philipe II the task to design this monumental defensive system. The first project for the Cartagena wall enclosure (1595) is due to Battista and it was continued and modified by his nephew Cristoforo Roda. Nowadays, Antonelli walls still fit into the urban fabric of the city and delineate the perimeter of the historic city. The research project follows the previous research experiments conducted by the Lab DAda-LAB of the University of Pavia in the territory of Panama for the study of the Antonelli fortifications systems of Portobello and San Lorenzo del Chagres. It concerned an extensive action aimed at the documentation and to the study of the entire fortified system of the historic center of Cartagena. The perimeter walls of the old city and the fort of San Felipe de Barajas have been documented through the use of a mobile laser scanner that uses SLAM technology, evaluating the most effective performed strategies for fast survey activities. In parallel, a more specific action was conducted on the portion of the Baluarte of Santa Catalina walls, where it was possible to give a comparison between different methods and instruments, in order to verify the reliability of the 3D databases. Analysis protocols have been developed for the documentation and study of the defensive system. The paper will highlight the construction technologies that qualify the fortresses of Cartagena de Indias and the results obtained by the comparison between different data acquisition technologies to evaluate the quality of the models for the development of documentation strategies for heritage enhancement and protection.

**Keywords:** Digital heritage, digital survey, digital reconstructions, laser scanner, drone, lidar, Antonelli, Cartagena de Indias.

## 1. Cartagena de Indias, la ciudad amurallada

“Videro le rovine dell’antichissima ed eroica città di Cartagena de Indias, la più bella del mondo, abbandonata dai suoi abitanti [...] dopo aver resistito a ogni tipo di assedio di inglesi e angherie di bucanieri per tre secoli. Videro le mura intatte, le erbacce delle strade, le fortificazioni divorate dalle viole del pensiero, i palazzi di marmo e gli altari d’oro” (Gabriel García Márquez, *L’amore ai tempi del colera*).

All’epoca del dominio spagnolo nei territori delle Indie Occidentali, principale interesse commerciale del continente europeo, la Corona Spagnola istituì specifiche regolamentazioni per amministrare il traffico navale “da” e “verso” la i territori del Nuovo Mondo, realizzando numerosi porti costieri, città fortificate e nuove rotte fluviali. Tali sistemi costituirono un elemento chiave di connessione con il Centro America e permisero lo sviluppo di un’importante rete strategica in grado di controllare il commercio nei territori d’oltreoceano e definire un’autonomia culturale e sociale delle colonie spagnole. (Parrinello, Picchio, 2019) Cartagena de Indias,<sup>1</sup> per la sua posizione strategica, divenne una delle principali colonie portuali, punto di arrivo di molti “cammini dell’oro”, realizzati nell’entroterra delle foreste tropicali, attraverso cui venivano trasportare le ricchezze provenienti principalmente della Colombia e dal Perù (Fig. 1).

L’oro spagnolo e le ricchezze collezionate del Nuovo Mondo approdavano nei centri costieri caraibici, dai quali salpavano le navi cariche di merci per la Spagna, soggette ad un sempre più frequente attacco da parte della crescente potenza navale inglese. A causa della minaccia rappresentata dalla pirateria, Filippo II decise di far realizzare un sistema di fortificazioni distribuito nelle numerose colonie costiere caraibiche, tra cui Cartagena.<sup>2</sup> Con il “Piano di difesa delle Indie Occidentali” il Re di Spagna commissionò all’ingegnere militare Battista Antonelli<sup>3</sup> (Fig. 2) un sistema diffuso di fortificazioni dalla forma “irregolare” e “alla moderna”, che costituì un’inedita scenografia territoriale di fortezze e bastioni a difesa delle rotte commerciali nel Mar dei Caraibi<sup>4</sup> (Zapatero, 1985).

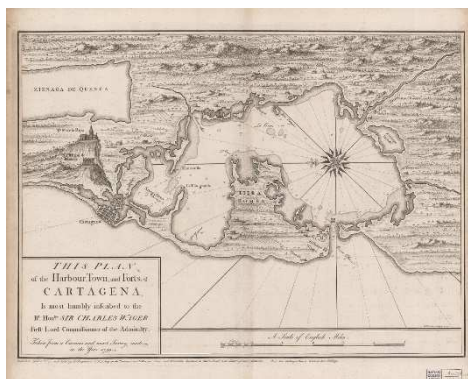


Fig. 1. Locazione della città sul territorio denominato “Tierra Firma”.



Fig. 2. Cartagena e le sue mura. Piano di Battista Antonelli, 1594. (Archivio General de Indias, Siviglia).

Battista si dedicò alla progettazione e alla realizzazione della cinta muraria della città nel 1595, ideando un sistema fortificato dalla duplice finalità difensiva sul territorio: da una parte, attraverso un’operazione di tipo estensivo, venne progettato un perimetro murario lungo 5 km a protezione dell’intero centro urbano, dall’altra, con un’azione più circoscritta, vennero progettati baluardi, bastioni e garitte a difesa delle cortine più esposte al tiro e all’attacco nemico.

La prima cinta perimetrale era costituita da una recinzione realizzata con materiali di ripiego, terra e fascine, una struttura poco durevole, che finì rasa al suolo dopo pochi anni. Nel 1608 ne venne affidata la ricostruzione a Cristoforo Roda<sup>5</sup>, nipote di Battista, secondo il nuovo disegno che Tiburzio Spannocchi<sup>6</sup> aveva riadattato sul precedente di Antonelli.

La nuova recinzione, caratterizzata da una struttura muraria composta da blocchi omogenei in pietra bugnata locale, denominata “caliza”, inglobava l'intera città, comprendendo una superficie più grande di quella originalmente concepita da Battista Antonelli. I lavori iniziarono nel settembre 1614 dal bastione di San Felipe (oggi di Santo Domingo), proseguendo il quale le mura si sviluppavano costeggiando il mare sino alla trincea di Santa Catalina, il fronte a terra della città. Le opere venivano realizzate lentamente per la scarsità delle risorse e, ad aggravare la situazione, il 12 febbraio 1618 si scatenò una forte tempesta che provocò ingenti danni alle opere difensive. Fu necessario ricostruire le mura e modificare il disegno e la posizione delle fortificazioni lungo le murature maggiormente esposte alla forza delle maree, e dove la forza delle onde aveva modificato l'orografia del terreno. Nel 1779 l'Ingegnere Antonio de Arévalo realizzò, in annessione al Bastione di Santa Catalina, un frangiflutti perpendicolare alla muratura esistente, denominato successivamente “la Tenaza”, con lo scopo di attenuare gli effetti dell'acqua marina sulle mura. Tale aggiunta si rivelò ben presto una scelta difensiva infelice, divenendo un punto facilmente attaccabile e un possibile approdo per le navi nemiche.

I lavori, a cui partecipò anche Gian Battista Antonelli, figlio di Battista e cugino di Cristobal Roda, puntarono a rinforzare vari punti delle mura e la parte anteriore del bastione di Santa Catalina. La realizzazione delle mura perimetrali della città venne terminata nel 1629 sotto il governo di Francisco Murga (Cabrera Cruz, 2017). Nonostante le modifiche e i lavori di consolidamento delle mura fatti durante il secolo XVIII, i bastioni di Santa Catalina costituiscono la porzione meglio conservata e quella che rispecchia con maggior fedeltà il progetto antonelliano (Turchi, 2010).

Le mura di quella che nel 1959 venne nominata “Ciudad Amurallada” (Fig. 3), sono diventate un simbolo dell'identità storica e culturale di Cartagena, tanto da venire inserita nel 1984 nella lista dei Patrimoni dell'Umanità dell'UNESCO.

Le tracce dell'impianto storico del sistema fortificato, ancora oggi un segno distinguibile osservando la planimetria urbana, dimostrano come il sistema fortificato sia divenuto parte integrante dell'impianto urbano, mutando la sua destinazione da sistema difensivo a sistema di delimitazione e di accesso al centro storico (Sartor, 2009). Oggigiorno le mura, costituite da ambienti riconvertiti in attività commerciali, costituiscono un vero e proprio filtro di permeabilità urbana, identificando le mura non solo come attrattiva turistica, ma anche come un luogo di aggregazione socio-culturale per la popolazione locale.

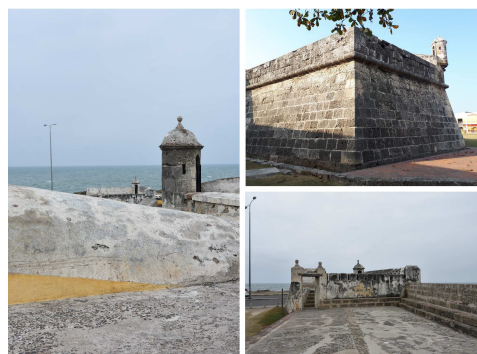


Fig. 3. Alcuni elementi fortificati delle mura della città, tra cui garitte, bastioni e frangiflutti.

## 2. Il progetto di documentazione per la valorizzazione e la tutela del patrimonio del sistema fortificato Antonelliano

Digitalizzare il patrimonio tramite la creazione di modelli 3D metricamente affidabili, che siano la trasposizione digitale della condizione in cui vertono i complessi monumentali, necessita di una valutazione preliminare sulle metodologie e sugli strumenti necessari per la rappresentazione del dato digitale. Tale valutazione deve tenere conto della morfologia e dell'estensione della superficie che deve essere digitalizzata, del tempo a disposizione e delle finalità che vogliono essere raggiunte.

Se da un lato i laser scanner terrestri (TLS) permettono di acquisire nuvole di punti ad elevata precisione e qualità nel dato, la campagna di rilievo risulta spesso lunga ed articolata, soprattutto se l'oggetto da acquisire è composto da concatenazioni di ambienti interni ed esterni e se la visi-

bilità di ogni scansione risulta limitata per la presenza di pareti aggettanti e altri ingombri. La scansione laser mobile (MLS), differentemente, offre un'acquisizione molto più rapida ma meno dettagliata, bastata sulla localizzazione e mappatura simultanee (SLAM), offrendo la possibilità di coprire rapidamente aree ampie e riducendo le problematiche legate alle occlusioni, poiché i dati vengono misurati continuamente durante il movimento dell'operatore. (Lehtola et al. 2017) Alla strumentazione di tipo *range based* possono essere integrate procedure *image based* fotogrammetriche che, utilizzando metodologie SfM di tipo close range, da terra o in quota, permettano la produzione di nuvole di punti dotate di componenti colorimetriche. L'acquisizione tramite drone, come il laser scanner mobile, offre il vantaggio di poter pianificare una campagna di rilievo estremamente rapida, coprendo attraverso piani di volo vaste aree, ma ottenendo risultati metricamente meno affidabili.

Con la finalità di sperimentare differenti metodologie di acquisizione digitale per documentare la cinta fortificata della città di Cartagena de Indias, sono state condotte alcune campagne di rilevamento digitale integrato, nelle quali tali strumenti sono stati applicati in maniera estensiva.



Fig. 4. La mappa semplificata della città sopra riportata mostra il percorso realizzato con il laser scanner mobile KAARTA lungo tutto il perimetro delle mura e viene evidenziata l'area rilevata anche tramite sistemi di acquisizione UAV e TLS.

Occasione per i ricercatori del Laboratorio DADALAB per sperimentare sul campo le tre diverse

metodologie di acquisizione del dato, laser scanner terrestre, mobile e ripresa aerea da drone. Infatti, parallelamente alle attività di documentazione previste dal seminario, che hanno interessato le metodologie di acquisizione di una porzione di mura compresa tra il Bastione di San Lucas e il Bastione di Santa Catalina, è stato rilevato l'intero perimetro fortificato che racchiude il Casco Antiguo (Fig. 4). L'obiettivo della sperimentazione è la realizzazione di una banca dati tridimensionale a scala territoriale, architettonica e di dettaglio, in grado di ottimizzare gli output ottenuti dai singoli strumenti di rilievo impiegati (che si basano su metodologie *image based* e *range based*) per realizzare un *corpus* documentale inedito, un archivio digitale in grado di descrivere, valorizzare e gestire l'esteso sistema fortificato che costituisce l'opera della famiglia Antonelli nel mondo. Per quanto riguarda l'attività svolta sulle mura di Cartagena, il processo metodologico, basandosi sull'analisi critica delle esperienze pregresse sviluppate su altri contesti<sup>7</sup> (Bertocci, *et al.*, 2012), ha permesso di testare l'affidabilità di differenti strumenti di rilievo analizzando l'estensione e la complessità morfologica del sistema difensivo, progettando accuratamente le campagne di rilievo in funzione delle performance degli strumenti utilizzati, delle condizioni al contesto e delle finalità a cui il rilievo è indirizzato.

Le operazioni di rilievo hanno previsto tre differenti fasi procedurali. Un primo sopralluogo effettuato sia sulla porzione del Bastione di Santa Catalina e San Luca, sia lungo l'estensione delle mura perimetrali (sia verso l'interno che verso l'esterno della città) finalizzato alla progettazione della campagna di rilievo e alla scelta della strumentazione da utilizzare. A questo è seguita la fase di acquisizione attraverso una metodologia di rilievo digitale integrato, finalizzata a produrre un archivio esaustivo sul patrimonio. Per concludere, il dato è stato analizzato nei suoi differenti output e, verificatane l'affidabilità metrica e qualitativa, restituito attraverso l'elaborazione di disegni tecnici e modelli tridimensionali sui quali sviluppare ulteriori analisi sullo stato di conservazione e gestione del sistema fortificato.

### 3. Sperimentazioni metodologiche per la documentazione delle fortificazioni Antonelliane

Per il rilievo della macro scala urbana è stata sperimentata la tecnologia laser mobile, utilizzando lo strumento laser KAARTA Stencil. Questo, montato su un'asta ed utilizzato da un operatore in movimento che lo fa leggermente oscillare sull'asse verticale ed orizzontale, registra di volta in volta porzioni di superfici in base all'angolo di ripresa dello strumento.

Tale metodologia di acquisizione, ritenuta la più adatta a ricoprire l'estensione di 5 km di mura in tempi brevi, ha richiesto la necessità di una precisa programmazione dei percorsi da seguire al fine di garantire l'acquisizione completa della cinta muraria. Un primo sopralluogo ha permesso l'identificazione e lo studio dell'andamento del sistema fortificato individuando e definendo le tipologie diverse tipologie di percorsi e analizzando i diversi limiti e le diverse criticità riscontrabili lungo il perimetro. È stato necessario effettuare una scomposizione del macro-sistema della cinta muraria in sottosistemi che sono stati rilevati come singole unità. A tal fine sono stati individuati tutti i punti in cui la cinta muraria si interrompe e in cui sono posizionate le porte di accesso al centro storico. L'individuazione di tali "punti aperti" ha permesso la scomposizione della cinta in 12 blocchi.

Le 12 porzioni sono state rilevate come se fossero un'unica unità, in maniera da agevolare le operazioni di rilievo, ed avere il controllo dei singoli tratti rilevati.

Al fine di ottenere un rilievo completo, per ciascuna porzione è stato necessario individuare dei percorsi diversificati cercando di raggiungere diverse quote di calpestio (livello 0-terra, livello 1-intermedio, livello 2-camminamento sulla cinta muraria).

Durante l'acquisizione è stata prevista l'acquisizione del perimetro esterno ed interno della cinta percorrendo dei tratti più lunghi, comprendenti di porzioni di blocchi tra loro contigui al fine di permettere in fase di registrazione del dato un corretto orientamento tra i singoli blocchi.

La registrazione delle nuvole (totale 76) è stata effettuata tramite l'individuazione di punti in comune tra le singole scansioni contigue e successivamente tra i singoli blocchi utilizzando il software Cyclone. Analizzando i dati di registrazione: tra le singole scansioni è riportato un errore che va da un minimo di 2 cm a un massimo di 7 cm, durante l'unione dei macro blocchi è stato riscontrato un errore di allineamento di circa 10 cm.

Le attività di acquisizione del laser scanner terrestre (TLS) e di riprese fotogrammetriche da drone sono state circoscritte a 1 dei 12 blocchi individuati in particolare la porzione compresa tra il bastione di Santa Catalina ed il bastione di San Lucas, compresa la Tenaza, oggetto del workshop internazionale. La campagna di acquisizione laser scanner è stata operata attraverso lo strumento FARO serie S e, trattandosi di un laser di tipo TLS, è stato necessario scomporre l'area di ripresa secondo specifici criteri metodologici in base alla morfologia e alla complessità geometrica della struttura. L'area da acquisire è stata suddivisa in un livello superiore e in uno inferiore. Dal livello superiore sono stati acquisiti i baluardi e le cortine murarie, del livello inferiore sono stati individuati i percorsi perimetrali, interni ed esterni alla cortina muraria, e gli ambienti interni ai bastioni. Durante l'acquisizione particolare attenzione è stata dedicata nei punti di collegamento tra i diversi blocchi, che ha garantito il risultato in fase di registrazione. Le scansioni totali acquisite (244) per l'intero complesso del Bastione di Santa Catalina e San Luca sono state registrate, con un errore misurato inferiore ai 4 mm, attraverso l'uso del software proprietario FARO SCENE. Tale errore è calcolato sulle scansioni originali non ripulite dal rumore e dalla sovrabbondanza di dato scaturito dal passaggio di turisti e del traffico della circoscrizione urbana.

Infine, per integrare il rilievo del dato colorimetrico è stato operato un rilievo fotogrammetrico da drone utilizzando un modello di tipo DJI Phantom 4 Pro. Al fine di garantire una qualità della texture ottimale priva di errori dovuti a coni d'ombra o ad un'illuminazione troppo incidente, è stata progettata la campagna di acquisizione fotografica durante le prime ore del mattino, con una luce naturale uniforme priva di contrasti. Le

riprese fotografiche sono state effettuate tramite due metodologie diverse:

- l'impostazione di piani di volo attraverso una griglia regolare utilizzando l'app DJI GSP, che permette di definire un'inclinazione differente dell'asse della camera, in modo da migliorare l'acquisizione delle superfici verticali ed orizzontali;
- l'impostazione di una ripresa tramite l'individuazione di un punto d'interesse attorno al quale il drone struttura un percorso elicoidale.

L'area è stata scomposta in due sistemi per garantire una ripresa dettagliata delle singole porzioni e per facilitare le operazioni di elaborazione del dato attraverso il programma Metashape (Agisoft). E' stato impostato un piano di volo sia per la porzione del bastione di Santa Catalina, che ha contato l'acquisizione di 401 fotografie, sia per il bastione di San Lucas, per il quale sono state effettuate 561 riprese fotografiche. I due modelli sono stati infine allineati tra loro, con un errore di allineamento di 6mm, grazie l'individuazione di alcuni punti omologhi, individuati sia sulle superfici verticali che orizzontali, che ne hanno permesso la gestione in un unico database fotogrammetrico (Fig. 5).

#### 4. Analisi comparativa dei dati ottenuti

In seguito all'organizzazione degli output ottenuti è stato possibile analizzare il dato secondo differenti livelli di indagine, per permettere la realizzazione di un unico database per la restituzione di modelli 3D esaustivi volti alla conservazione, valorizzazione e analisi dell'oggetto del rilievo.

Al fine di ottenere un confronto tra i database ottenuti da strumentazioni *range based* ed *image based*, le nuvole di punti sono state inserite all'interno di uno stesso sistema in modo che i database possedessero la stessa origine e georeferenziazione nello spazio. Analizzato il "rumore" ottenuto dalle varie strumentazioni e il livello di affidabilità, confrontando sistemi mobile e fotogrammetrici con l'output ottenuto dall'applicazione del laser scanner terrestre, sono stati attribuiti più valori ai gradi di affidabilità alle nuvole di punti.

A questo aspetto si aggiunge la problematica del "rumore", che, in forma presente in tutte le nuvole, ha finito per generare alcune problematiche nella comparazione tra i database, vincolando l'affidabilità del risultato finale.

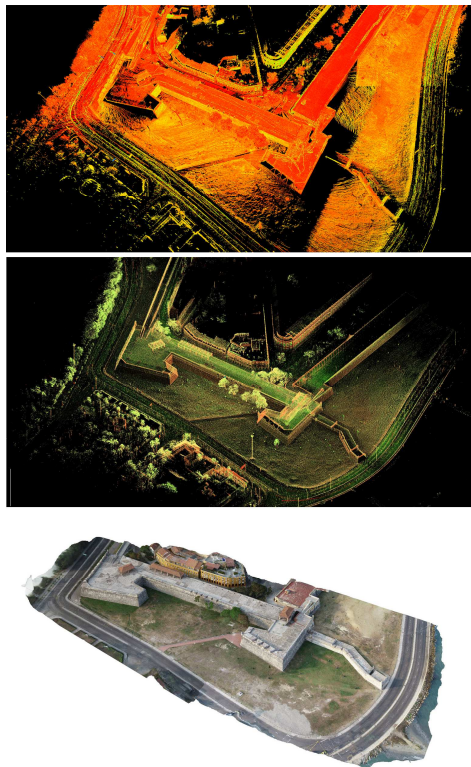


Fig. 5. Differenti banche dati ottenute da laser scanner mobile KAARTA, laser scanner FARO e drone.

Per la realizzazione di un paragone efficace tra i dati ottenuti, che tenesse conto dell'affidabilità del dato sia a livello architettonico che a livello territoriale, la porzione interessata dal confronto tra i vari output è stata suddivisa in due macro sistemi, quello che tenesse conto della geometria dell'oggetto e quello che tenesse conto dello strato superficiale delle pareti. La comparazione geometrica è stata effettuata sull'intera porzione acquisita dalle tre strumentazioni, superfici orizzontali esterne, superfici verticali esterne e superfici interne. Il confronto, svolto per avere una stima della qualità metrica dei database generati, è stato svolto analizzando a due a due i dati ottenuti, mantenendo la *point cloud* dello strumento

FARO come riferimento e focalizzandosi sul bastione di Santa Catalina e la tenaglia (Fig. 6).

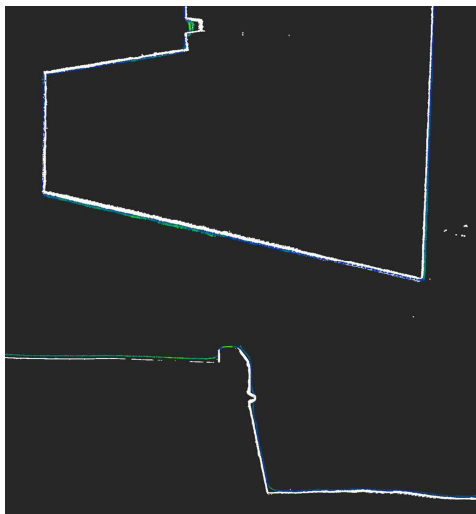


Fig. 6. Confronto tra le banche dati ottenute dai rilievi svolti con laser scanner FARO (database bianco) e drone (database colorati).

Nel confronto tra il dato ottenuto da laser terrestre e quello ottenuto da drone, quest'ultimo presenta alcune difformità nella geometria degli elementi, soprattutto negli spigoli vivi. Il confronto realizzato tra FARO e KAARTA (Fig. 7) mostra uno scostamento che si concentra negli elementi orizzontali (pavimentazione a livello superiore e area verde a livello inferiore). La conclusione a cui si può giungere al termine del confronto tra i sistemi di acquisizione, a cui è associato un errore identificabile nella fase di restituzione dei dati in maniera più o meno rilevante in relazione allo strumento e all'operatore, mostra come l'errore nella sovrapposizione sia presente, anche se con valori contenuti al di sotto dei 10 cm, in entrambi i confronti ma su superfici diversamente orientate ed articolate in relazione allo strumento utilizzato.

## 5. Conclusioni

L'esperienza realizzata durante il workshop Internazionale II Seminario Internacional de Levantamiento<sup>8</sup> ha permesso la sperimentazione dell'utilizzo in maniera sinergica di differenti tecnologie di rilievo ed è stata spunto di riflessione per ulter-

riori sperimentazioni su architetture fortificate tipologicamente affini. La strutturazione di database informativi con diversi *layer* di dettaglio, rende così possibile l'avvio di azioni di programmazione diversificate volte sia alla conoscenza dell'intero sistema difensivo sia all'analisi di dettaglio del singolo oggetto, fornendo un tipo di documentazione esaustivo a diversi livelli di analisi, dalla scala macro territoriale che analizza la possibilità della strutturazione di percorsi di conoscenza e valorizzazione, ad un livello di analisi di dettaglio dello stato conservativo delle strutture. In questo modo è possibile fornire le basi per la strutturazione di azioni concrete di riqualificazione dell'opera architettonica tramite la definizione di azioni programmate ed attività di monitoraggio del sistema fortificato.



Fig. 7. Confronto tra le banche dati ottenute dai rilievi svolti con laser scanner FARO (database bianco) e laser scanner mobile KAARTA (database colorati).

## Note

<sup>1</sup> La città di Cartagena de Indias venne realizzata per opera di Pedro de Heredia (1484-1554), esploratore spagnolo che ne divenne il primo governatore.

<sup>2</sup> Per un approfondimento sull'attività degli Antonelli nelle colonie dei Caraibi, la descrizione e le attività di documentazione di alcune fortezze, cfr. Parrinello, Picchio, 2019.

<sup>3</sup> Battista Antonelli (1547-1616), ingegnere militare italiano, venne inviato dal governo spagnolo per la realizzazione di numerose opere militari che realizzò in più città di fondazione spagnola nei Caraibi.

<sup>4</sup> Grazie alla relazione da lui redatta *Relazion de Costas sobri Fortificaciones de Cartagena de Yndias, Portobello, Riò Chagres, Las Caxas R.s de Panamá y el Morro de La Havana*, e alla bolla reale emanata in seguito, nel 1588 venne disposta la progettazione di fortificazioni in tali luoghi. Cfr. Zapatero, 1985, p. 51.

<sup>5</sup> A Battista Antonelli si deve il primo progetto per la recinzione murale di Cartagena, ma fu Cristoforo Roda a realizzarla, migliorandola nel disegno, progettando il bastione di Santo Domingo, pianificando la realizzazione di piazze e case reali, riparando i danni causati dalla tempesta tropicale del 1618 e ispezionando il fronte a terra nei bastioni di Santa Catalina e San Lucas.

<sup>6</sup> Tiburzio Spannocchi (Siena 1541 - Madrid 1606), è stato un Ingegnere militare al servizio di

Filippo II, coinvolto nella progettazione, riadattamento e costruzione di numerose fortezze della Corona Spagnola, tra cui Cartagena de Indias, Cadice, Pamplona e il castello di Saragozza.

<sup>7</sup> Le attività di documentazione delle fortezze Antonelliane nel continente europeo e americano sono oggetto di un progetto di ricerca, sviluppato a partire dal 2004, di cui responsabile il Prof. S. Parrinello, Università degli Studi di Pavia. Per un quadro conoscitivo più ampio sul tema, cfr. Bertocci, Parrinello, Pancani, 2012.

<sup>8</sup> Il seminario alla sua seconda edizione è stato organizzato dal prof. Massimo Leserri, Universidad Pontificia Bolivariana sede di Monteria, con la partecipazione del prof. Ricardo Zabaleta Universidad di San Bueventura e Tadeo di Cartagena de Indias ha visto la partecipazione di docenti, ricercatori e studenti di diversi atenei italiani: prof. Gabriele Rossi, Dott. Valentina Castagnolo del Politecnico di Bari, prof. Riccardo Florio, Dott. Raffaele Catuogno dell'Università Federico II di Napoli, prof. Salvatore Barba dell'Università di Salerno e il soprintendente Fernando Errico del Ministero per i Beni e le Attività Culturali.

## Bibliography

- Antonelli, G.B.; Sartor, M., eds. (2009). *Epitomi delle fortificazioni moderne*, Forum dell'editrice Universitaria Udinese, Udine.
- Bertacchi, S. (2012). *Modelli compositivi per la difesa alla moderna. L'esperienza di Giovanni Battista Antonelli*, Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Firenze, Firenze.
- Bertocci, S.; Parrinello, S.; Pancani, G. (2012). *Between Est and West. Transportation of Cultural System and Military Technology of Fortified Landscapes*, Edifir, Firenze.
- Cabrera Cruz, A.R. (2017). *El patrimonio arquitectónico y fortificaciones en cartagena de indias: identidad, significado cultural y prospectiva*, Tesi di Dottorato, Universidad de Granada, Granada.
- Lehtola, V.; Kaartinen, H.; Nüchter, A.; Kaijaluoto, R.; Kukko, A.; Litkey, P.; Honkavaara, E.; Rosnell, T.; Vaaja, M.; Virtanen, J.P.; Kurkela, M. (2017). "Comparison of the selected state-of-the-art 3D indoor scanning and point cloud generation methods", *Remote sensing*, 9(8), p.796.
- Parrinello, S.; Picchio, F. (2019). *Le fortezze di Portobello e del Rio Chagres a Panama. Un progetto di documentazione per la tutela del patrimonio e lo sviluppo di siti UNESCO*, Edifir.
- Segovia, R. (2009). *The fortifications of Cartagena de Indias, Strategy and History*, El Ancora Ed., Bogotá.
- Turchi, M.C., ed. (2010). *La Misura dell'Eldorado: Vita e imprese di emiliano-romagnoli nelle Americhe*, Collana Multimediale della Regione Emilia Romagna.
- Zapatero, J.M. (1985). *Historia del Castillo de S Lorenzo el Real de Chagras*, Madrid.