

DUECENTO ANNI DI SOLITUDINE: INDAGINE SULL'IDENTITÀ COSTRUTTIVA DI CEPITÁ

Prof. Arch. Michele Paradiso - Università degli Studi di Firenze, Italia

Prof. Ing. Ricardo Alfredo Cruz Hernández - Universidad Industrial de Santander, Colombia

Arch. Fabio Papparazzo - Università degli Studi di Firenze, Italia

Arch. Giovanni Pianigiani –Università degli Studi di Firenze, Italia



Figure 1: *Prospetto di un'abitazione di Cepitá*
Fonte: *Autori, 2019.*

Riassunto

Il lavoro trattato nell'articolo nasce dalle esperienze di ricerca basate sulle conoscenze apprese nel seminario tematico coordinato dal professor Michele Paradiso "Materiali e tecniche costruttive storiche per il dialogo interculturale per i paesi del sud del mondo", e maturate in secondo luogo durante un periodo di mobilità nel dipartimento di Santander, in Colombia. Il lavoro si è poi concretizzato, per i due autori, nella tesi di laurea in

architettura, discussa presso la Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze nell'a.a. 2018-2019.

Prendendo come riferimento Cepitá, un piccolo centro abitato originariamente composto da sole case costruite in *tapiapisada* (terra battuta) nel cuore del secondo canyon più grande al mondo, l'intento del lavoro è stato quello di identificare e classificare le tecniche e le tecnologie costruttive di quest'area, e di sottoporre alcuni manufatti in terra a un'indagine sulla vulnerabilità sismica.

L'avvento dei moderni materiali da costruzione ha avuto gravi ripercussioni sul patrimonio architettonico in terra, rendendolo obsoleto nell'immaginario collettivo e favorendo l'abbandono delle tecniche ad esso legate.

Testimoniare le pratiche costruttive di quest'area, estremamente isolata e rimasta priva di connessione con i giorni nostri, e quindi rimasta intatta nel tempo, significa descrivere la sapienza dei maestri costruttori che hanno saputo affinare la tecnica nel corso dei secoli in base ai soli materiali disponibili *in loco*, e può quindi rappresentare un supporto tecnico per contrastare il suddetto fenomeno.

Inoltre, ottenendo un indice di vulnerabilità sismica di alcuni manufatti con una metodologia speditiva basata sulla valutazione di 14 parametri, si cerca di fornire un'analisi utile per la tutela e per la prevenzione in una zona altamente a rischio.

Parole chiave

Canyon del Chicamocha, Cepitá, TapiaPisada, cultura costruttiva, vulnerabilità sismica, tutela del patrimonio.

TWO HUNDRED YEARS OF SOLITUDE: SURVEY ON THE BUILDING IDENTITY OF CEPITÁ

Prof. Arch. Michele Paradiso - Università degli Studi di Firenze, Italia

Prof. Ing. Ricardo Alfredo Cruz Hernández - Universidad Industrial de Santander, Colombia

Arch. Fabio Papparazzo - Università degli Studi di Firenze, Italia

Arch. Giovanni Pianigiani - Università degli Studi di Firenze, Italia



Figure 2: *Scorcio di tetti, Cepitá*
Fonte: *Autori, 2019.*

Abstract

This article was born thanks to the research experiences based on the knowledge acquired during the thematic seminar “Historical architectural materials and techniques for an intercultural dialogue on the global South”,

coordinated by Professor Michele Paradiso, and matured in a second phase during an organized trip in the Santander Department, Colombia.

The work then materialized, for the two co-authors, in their degree thesis in architecture, discussed at the Faculty of Architecture of the University of Florence in the academic year. 2018-2019.

Using Cepitá as reference, a small residential area originally composed only by *tapia pisada* (rammed earth) fabricated houses, in the core of the second world's biggest canyon, the aim of the work is to identify and classify the architectural techniques and technologies of this area, and to examine the seismic vulnerability

of some earthen artefacts. Arduous consequences on the earthen architectural heritage arose with the arrival of modern architectural materials, which made it appear antiquated to the collective consciousness, promoting the abandonment of its own techniques.

Giving testimony on the architectural practices of this area, extremely isolated and remained without driveway connections to the present day, and therefore remained intact, means describing the knowledge of the master craftsmen, sharpened over the centuries, based only on the local materials availability, which can represent a technical support against the above-mentioned phenomenon.

In addition, based on the evaluation of 14 parameters and thanks to a prompt methodology, an obtained seismic vulnerability index aims to provide a useful analysis for the safeguard and prevention of a high-risk area.

Keywords

ChicamochaCanyon, Cepitá, Tapia Pisada, constructive culture, seismic vulnerability, heritage protection.



Figure 3: *Mappa della diffusione dell'architettura in terra cruda*
Fonte: *Elaborazione grafica degli autori.*

INTRODUZIONE

La terra è il più immediato, economico e diffuso materiale naturale da costruzione. L'uso della terra cruda nel campo dell'architettura, però, ha avuto molti alti e bassi nel corso della sua lunga e sicuramente non conclusa storia; un uso che è sembrato spegnersi molte volte, poiché soppiantato da materiali, come il calcestruzzo, considerati più "nobili" e durevoli.

L'abbandono della terra e delle tecniche costruttive ad essa legate deriva dalla convinzione, assai diffusa, che sia un materiale utilizzato soltanto da poveri e da primitivi e, in quanto tale, sembra quasi ovvio essere destinato a durare poco.

In termini di consistenza, il patrimonio in terra cruda insiste su una fascia molto estesa del Pianeta, e caratterizza le tipologie architettoniche di numerosissimi paesi, in tutti e cinque i continenti.

Il materiale terra è per sua natura molto versatile e le tecnologie costruttive cui si presta sono numerose. CRATERRE, uno dei maggiori centri di ricerca internazionale sulla costruzione in terra, ha codificato dodici modi d'impiego principali.

In Colombia, le tecniche costruttive che utilizzano la terra cruda differiscono da tecniche simili presenti in altre zone del mondo a causa del tipo di materiale disponibile e dall'espressione conferita dalle culture locali ai propri edifici.

Due aspetti che hanno influito notevolmente sul perfezionamento di determinate tecniche costruttive sono le forti precipitazioni e l'importante attività sismica di questo Paese: le tecniche si sono evolute in modo da ricercare una maggior robustezza e resistenza, conferendo alle architetture alcune tipicità morfologiche e dimensionali.

Anche all'interno dei confini nazionali si distinguono importanti differenze tipologiche: negli altopiani, ad esempio, si è costruito prevalentemente con i mattoni di adobe; in Antioquia, la regione di Medellín, e lungo le rive dei principali fiumi, il Magdalena e il Cauca, predomina l'impiego del bahareque; nel Dipartimento di Santander, invece, troviamo quasi esclusivamente la *tapiapisada*. È proprio nella regione di Santander che si è svolta la nostra ricerca, in particolare nel canyon del Chicamocha.



Figure 4: *Canyon del Chicamocha*
Fonte: *Autori, 2019.*

Il canyon del Chicamocha, che è il secondo più esteso al mondo, è una gola scavata dall'omonimo fiume lungo il suo percorso nei dipartimenti di Boyacà e Santander, dove raggiunge la sua massima profondità nei pressi del comune di Cepitá. Il canyon è sicuramente il luogo di maggior interesse paesaggistico del Dipartimento di Santander e uno dei luoghi naturalistici più affascinanti dell'intera Colombia, tant'è vero che la procedura per renderlo patrimonio dell'umanità dell'UNESCO è attualmente nella fase conclusiva.

Il canyon si trova inoltre in prossimità della Mesa de Los Santos, un altopiano presso il quale si registra il maggior numero di eventi sismici del Paese.



Figure 4: Foto di Cepitá, vista dall'alto.
Fonte: Autori, 2019.

Nel cuore della gola si trova Cepitá, un piccolo centro abitato fondato nel 1751 e composto da sole case costruite con la tecnica della *tapiapisada*, in Italia conosciuta come terra pressata, terra battuta o pisé.

Cepitá si trova in una posizione molto isolata e lontana da qualsiasi città o paese: la città più vicina, Bucaramanga, dista circa due ore e mezzo di macchina ed è raggiungibile solo passando per l'unica strada carrabile che permette la risalita del canyon, costruita nel 1987, dopo più di duecento anni dalla sua fondazione e tuttora rimasta sterrata per metà.

Fino a questa data, per qualsiasi spostamento, era necessario l'utilizzo di cavalli e muli. Il piccolo centro urbano di Cepitá sorge in una limitata area pianeggiante, in prossimità del fiume Chicamocha e di un suo affluente, il torrente Perchiquez, ed è organizzato secondo il tipico schema a scacchiera delle colonie romane e degli insediamenti europei in Sudamerica.

CLASSIFICAZIONE MORFOLOGICA E TIPOLOGICA DEL TESSUTO URBANO

1. IDENTIFICAZIONE GENERALE

1.1 UBICAZIONE
 Lotto: 12
 Edificio: 01
 Numero di piani: 1

1.2 DESTINAZIONI D'USO
 1. Residenziale

2. MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE
 Tipo costruttivo: Tappa piana
 Copertura: Tegole di argilla - tecnica tradizionale

3. AUTENTICITÀ
 Autentico
 Trasformazioni moderate
 Trasformazioni significative
 Materiali non tradizionali

4. STATO DI FATTO
 Nuova costruzione
 Ottimo stato
 Buono stato: lesioni superficiali
 Cattivo stato: senza lesioni strutturali
 Cattivo stato: con lesioni strutturali
 Rudere

Denominazione	Parte alta della facciata	
	Parte bassa della facciata	
Facciata	Superficie	<input checked="" type="checkbox"/>
	Struttura	
	In prossimità dell'architrave	
Disgregazione		<input checked="" type="checkbox"/>
Distacco		
Macchia		
Aggiunta di elementi non tradizionali		
Copertura	Denominazione	
	Vegetazione infestante	
	Mancaenza	
	Aggiunta di elementi non tradizionali	

1. IDENTIFICAZIONE GENERALE

1.1 UBICAZIONE
 Lotto: 12
 Edificio: 09
 Numero di piani: 1

1.2 DESTINAZIONI D'USO
 1. Residenziale
 2. Commerciale

2. MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE
 Tipo costruttivo: Tappa piana
 Copertura: Tegole di argilla - tecnica tradizionale

3. AUTENTICITÀ
 Autentico
 Trasformazioni moderate
 Trasformazioni significative
 Materiali non tradizionali

4. STATO DI FATTO
 Nuova costruzione
 Ottimo stato
 Buono stato: lesioni superficiali
 Cattivo stato: senza lesioni strutturali
 Cattivo stato: con lesioni strutturali
 Rudere

Denominazione	Parte alta della facciata	<input checked="" type="checkbox"/>
	Parte bassa della facciata	
Facciata	Superficie	<input checked="" type="checkbox"/>
	Struttura	
	In prossimità dell'architrave	
Disgregazione		<input checked="" type="checkbox"/>
Distacco		
Macchia		
Aggiunta di elementi non tradizionali		
Copertura	Denominazione	
	Vegetazione infestante	
	Mancaenza	
	Aggiunta di elementi non tradizionali	






Figure 6: *Inventario degli edifici nel paese di Cepitá*
 Fonte: *Elaborazione grafica degli autori.*

Il primo lavoro svolto nel paese ha portato alla catalogazione e alla classificazione di tutti gli edifici del nucleo urbano. La schedatura ha avuto la finalità di mappare l'architettura in terra di quest'area evidenziandone lo stato di conservazione, il grado di autenticità preservato e i danni ricorrenti dei singoli edifici, cercando quindi di contribuire alla valorizzazione del patrimonio locale.



Figure 7: *Tecnica costruttiva – Autenticità*
 Fonte: *Elaborazione grafica degli autori.*



Figure 8: *Stato di conservazione – tipologia di coperture*
 Fonte: *Elaborazione grafica degli autori.*

A prima vista non è facile distinguere le case in terra da quelle costruite con materiali moderni, poiché quasi tutti gli edifici mantengono una coerenza estetica a causa dell'intonacatura e dalla verniciatura con i due colori caratteristici del paese: il bianco e il marrone.

La schedatura, oltre a testimoniare graficamente la presenza massiccia dell'architettura in terra, ha fatto risaltare la tendenza di intervenire sugli edifici con l'impiego di materiali non compatibili, andando a danneggiare i manufatti non solo da un punto di vista estetico, ma anche per quanto riguarda la risposta strutturale.

I fenomeni di dissesto sono spesso ascrivibili ad errori costruttivi e alla mancata manutenzione.

Quest'analisi evidenzia inoltre come nei lotti non ancora edificati e in posizione più defilata rispetto alla piazza principale si tenda a scegliere materiali alternativi per la realizzazione di nuove costruzioni.

La terra cruda presenta molte qualità che rendono unici i manufatti costruiti con questo materiale, ma altrettante regole da rispettare per gli coloro che ne usufruiscono in modo da assicurare una buona longevità agli edifici.

Il patrimonio esistente in terra in tutto il mondo dimostra come questo tipo di costruzione sia particolarmente vulnerabile all'incuria e alla mancata manutenzione, circostanza che si verifica sempre di più a causa dell'abbandono generale delle case in terra ma anche della non conoscenza del materiale e delle tecnologie ad esso legate da parte degli utenti.

Per questo motivo i fattori antropici, che possono verificarsi nella scelta di un materiale non idoneo o in fase progettuale, sono moltissime volte la causa di danneggiamento prematuro delle strutture.

La maggior parte delle volte, infatti, i problemi non sono legati al materiale terra, ma derivano esclusivamente dall'uso che se ne fa.

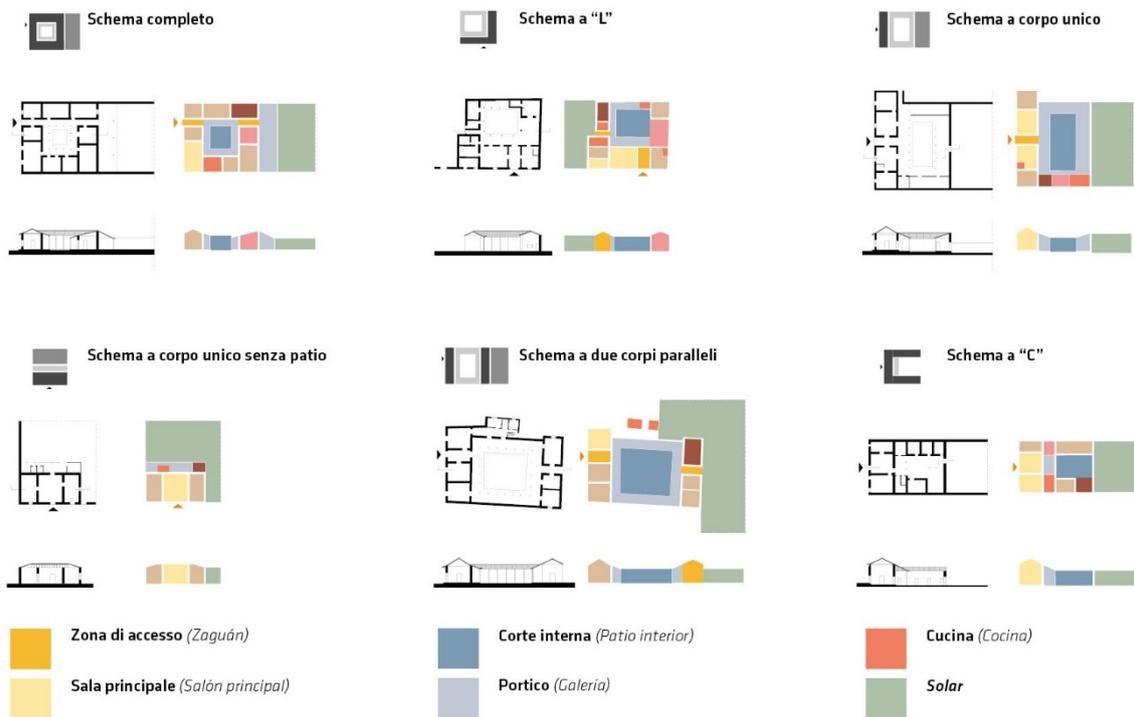


Figure 9: Schemi distributivi ricorrenti
Fonte: Elaborazione grafica degli autori.



Figure 9a: Esempi di patio – vista dall'alto. Cepitá
Fonte: Autori, 2019.

Una seconda analisi effettuata riguarda le tipologie abitative.

Gli edifici coloniali importati in Sud America dagli europei sono il risultato di una contaminazione avvenuta nel corso dei secoli in zone distinte del pianeta, per questo motivo è stato possibile individuare alcune caratteristiche e schemi ricorrenti nella distribuzione e nell'organizzazione interna degli edifici di Cépita.

La maggior parte di essi è caratterizzata da una forte matrice rurale che ne definisce gli spazi, che sono molto legati alle principali attività agricole della zona del Chicamocha, come la coltivazione del tabacco.

Gli edifici del paese sono molto spesso case con patio, o comunque derivanti dalla divisione di edifici di questo tipo.

Il *zaguán*, ovvero lo spazio di ingresso, è il filtro tra la strada e l'interno dell'abitazione; questa zona nasce con una duplice funzione: preservare visivamente l'intimità domestica e come ambiente coperto di sosta per gli animali da soma.

Il *solar*, invece, è la zona più lontana dalla strada. In questo spazio all'aperto si trovavano la stalla, il lavabo di pietra per farsi il bagno (*pila de piedra*) e, eventualmente, un pozzo.

Il patio rappresenta ovviamente il fulcro funzionale e sociale della casa. A volte è pavimentato, ma solitamente vi sono coltivate piante decorative o arbusti e alberi che assicurano porzioni d'ombra nelle ore più calde della giornata.

Nella zona del canyon del Chicamocha la struttura portante di quasi tutti gli edifici autentici è stata realizzata con la tecnica della tapiapisada, utilizzando i mattoni in adobe sporadicamente.

Le tecniche indigene, invece, sebbene in gran parte sostituite dalla tradizione costruttiva europea, non furono completamente abbandonate.

Il caso più rilevante riguarda le partizioni interne e i timpani degli edifici, in cui spesso si utilizza il bahareque o tecniche simili.

Quando si vogliono realizzare strutture leggere o di forma difficilmente realizzabile in terra battuta, infatti, si ricorre ad esempio all'impiego di un telaio di legno di supporto ad un intrecciato di canne splittate coperte di fango o ad un incanniccato, che può essere singolo o doppio.



Figure 10: Estrazione della terra in prossimità di un cantiere, Barichara
Fonte: Autori, 2019.

LA TECNICA COSTRUTTIVA DELLA TAPIA PISADA

La *tapiapisada* è una tecnica costruttiva che prevede la realizzazione di un sistema monolitico con funzionamento scatolare che lavora bene a compressione.

Per poter essere utilizzata come materiale da costruzione, la terra deve presentare particolari caratteristiche chimico-fisiche, dovrà essere pastosa,

relativamente ricca di argilla e di materiali ferrosi, atti a favorire la coesione tra le particelle anche dopo la completa disidratazione.

Questo tipo di terra è generalmente reperibile in vicinanza di corsi d'acqua.

La terra, che solitamente proviene dallo stesso luogo in cui sarà costruito l'edificio, viene confinata all'interno di casseforme in legno e poi pressata, strato dopo strato, con l'aiuto di strumentazione apposita.

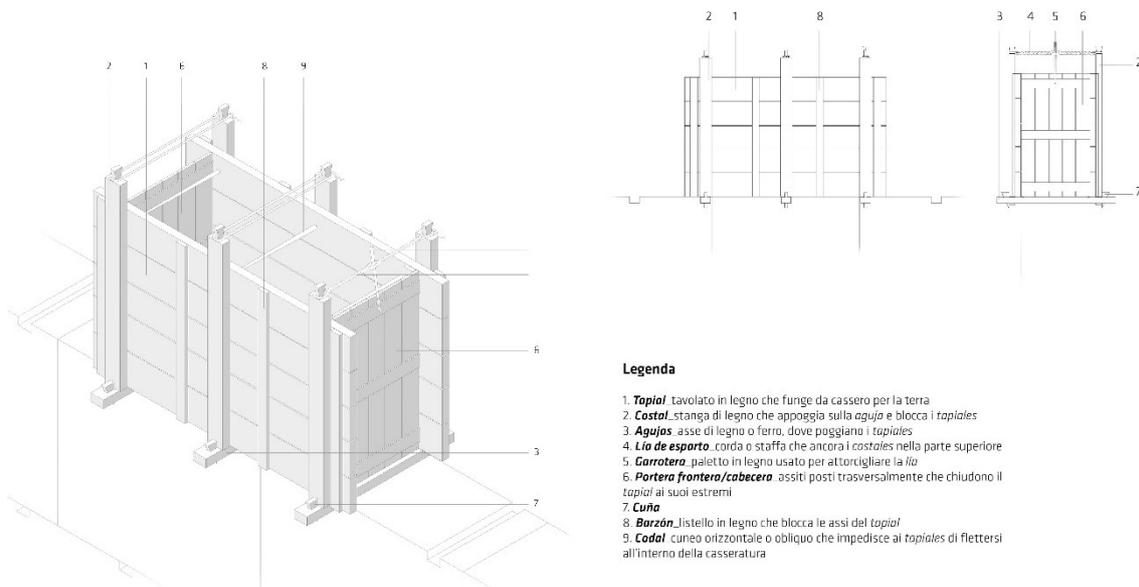


Figure 11: Elementi del Tapial
Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

Le casseforme di legno dentro le quali avviene la compattazione si chiamano *tapiales*, e sono composte da due assi di lunghezza che varia tra i 100-120 cm e un'altezza che può variare tra i 50 cm e il metro.

Il sistema di chiusura scatolare deve essere rigido per evitare spostamenti durante la procedura di pressatura della terra, per questo motivo vengono usati vari elementi che, una volta assemblati correttamente, possano resistere alle spinte laterali.

Il pestello (*pisón* in spagnolo), è lo strumento che si utilizza per la pressatura manuale della terra e, simile a un remo, è solitamente di legno, e le sue

dimensioni devono consentire a un operaio di lavorare rimanendo comodamente in piedi dentro al cassero (anche se la forma e il peso dell'attrezzo variano molto da una regione all'altra).

All'interno del *tapial*, infatti, deve esserci lo spazio necessario affinché i costruttori possano muoversi all'interno per la realizzazione degli strati di terra pressata, e di conseguenza le casseforme sono montate a una distanza che solitamente varia tra i 40 e 60 centimetri, motivo per il quale i muri che si realizzano con questa tecnica hanno un grande spessore (oltre ad essere importante la dimensione della sezione resistente della struttura monolitica).

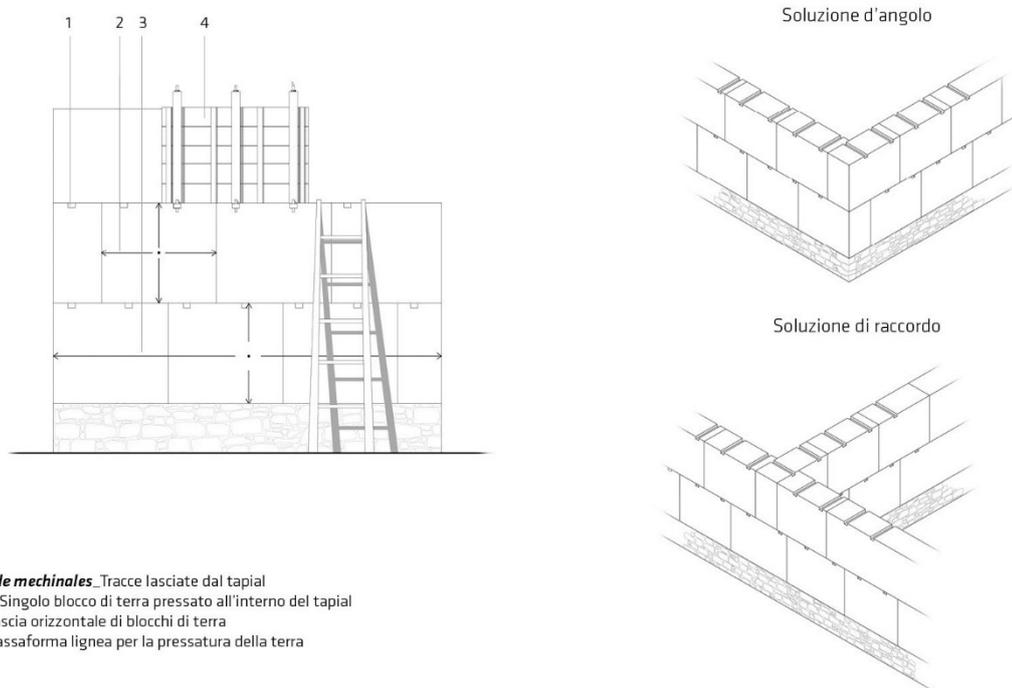
La corretta realizzazione di un manufatto in terra prevede l'attuazione della regola non scritta secondo la quale l'edificio deve avere "un buon cappello e dei buoni stivali": questa espressione si riferisce all'attenzione particolare che richiedono il sistema di copertura e quello fondazionale.

Molto spesso, infatti, le zone in cui la cultura costruttiva che utilizza questo materiale è predominante coincidono con regioni in cui le precipitazioni atmosferiche sono elevate.

Lo zoccolo di fondazione è continuo ed è importante che raggiunga una profondità tale da potersi posare su uno strato abbastanza solido del terreno, superando la parte organica superficiale.

Inoltre, è imprescindibile che la fondazione s'innalzi dal piano di campagna di almeno 30-50 centimetri, a formare un basamento esterno, in modo che si evitino la risalita di umidità per capillarità e i fenomeni deterioranti che derivano dall'azione dell'acqua superficiale e da altre azioni dannose che possono verificarsi a livello del suolo.

Sopra le fondazioni s'impone il primo corso di terra, la cui altezza è definita dall'altezza della cassaforma; una volta completato il primo strato attraverso l'azione di pressatura (*tapiada*), si passa al disarmo e al ripristino del cassero nel tratto successivo. Solitamente si realizzano tutti gli strati di terra procedendo orizzontalmente e completando di volta in volta il perimetro dell'intero edificio (*hilada*).



Legenda

- 1. *Orificios de mechinales*_Tracce lasciate dal tapial
- 2. *Tapiada*_Singolo blocco di terra pressato all'interno del tapial
- 3. *Hilera*_Fascia orizzontale di blocchi di terra
- 4. *Tapial*_Cassaforma lignea per la pressatura della terra

Figure 12: *I muri in tapiapisada*
 Fonte: *Elaborazione grafica degli autori.*

Un accorgimento importante durante la giustapposizione degli strati consiste nello sfalsamento dei giunti che derivano dalla chiusura di testa del cassero, in modo che si venga a creare una texture simile a quella di una muratura in mattoni.

Le singole aperture devono essere architravate, con un ammorsamento all'interno del muro di almeno 25 cm, oltre che rispettare una distanza minima dagli angoli dell'edificio.

Coperture e orizzontamenti non devono essere spingenti, o quanto meno le spinte che si generano per la tipologia statica adottata devono essere contrastate.

Dopo la realizzazione della struttura portante viene posto l'incanniccio, legato insieme da canne più grosse, le canne maestre. Per il completamento dell'edificio si passa alla stesura di uno strato di fango sull'incanniccio che funge da letto di posa per i coppi laterizi e alla messa in opera dei coppi stessi.

L'ultima fase consiste nella stesura di uno strato di intonaco traspirante a base di terra; utilizzare intonaci a base di materiali che non consentono la traspirazione del muro (come le malte cementizie e le malte bastarde) significa bloccare la normale fuoriuscita dell'umidità dalla parete e, di conseguenza, generare fenomeni di degrado.



Figure 13: Vista interna della copertura in un edificio, Cepitá
Fonte: Autori, 2019.

TIPOLOGIE DI COPERTURA

Quello che è emerso dalle nostre analisi sulle coperture è che sono tutte derivanti dalla cultura costruttiva importata dagli spagnoli, i quali hanno affinato la tecnica e migliorato le prestazioni statiche degli elementi nel corso dei secoli. Le tre tipologie ricorrenti nel paese di Cepitá sono la tipologia “*de pares*”, quella “*de cerchas*”, e quella “*par y picadero*”, tutte con una struttura portante in legno ed elementi reperiti in loco, e vedono la loro applicazione in base alle caratteristiche dimensionali dei vani.

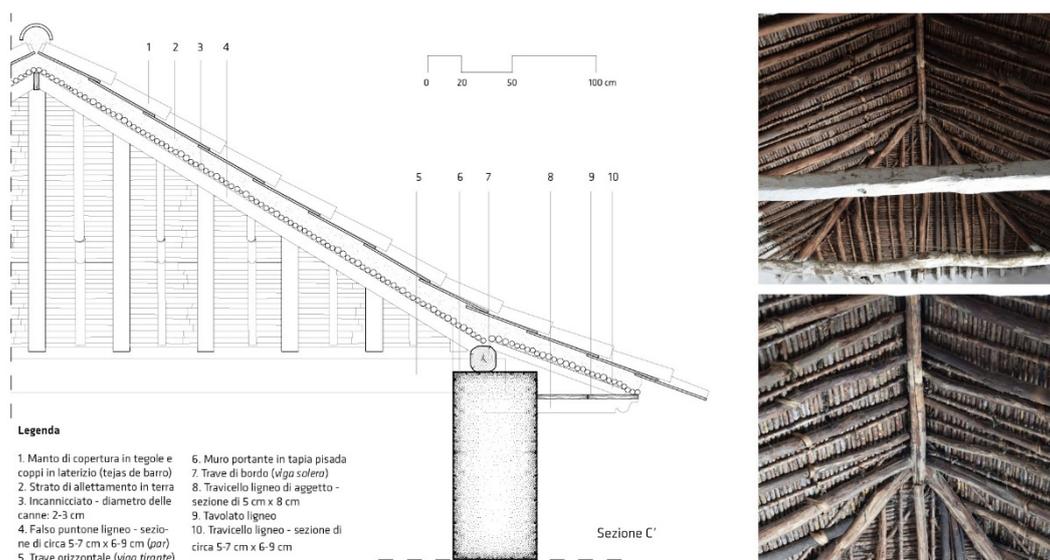


Figure 14: Copertura a “*par e hilera*”
Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

Ad esempio, la struttura “*par e hilera*”, la più comune negli edifici del paese, è contraddistinta da forti spinte orizzontali contrastate da una catena, al fine di garantire una buona stabilità.

Queste spinte vengono incrementate con l’aumentare della luce della struttura e con il diminuire della pendenza delle falde.

La struttura “*par e hilera*” rappresenta la soluzione più semplice e si realizza giustappponendo coppie di travicelli obliqui ed interponendovi un’asse orizzontale, chiamata *hilera*, incaricata di dare stabilità trasversale all’intera struttura.

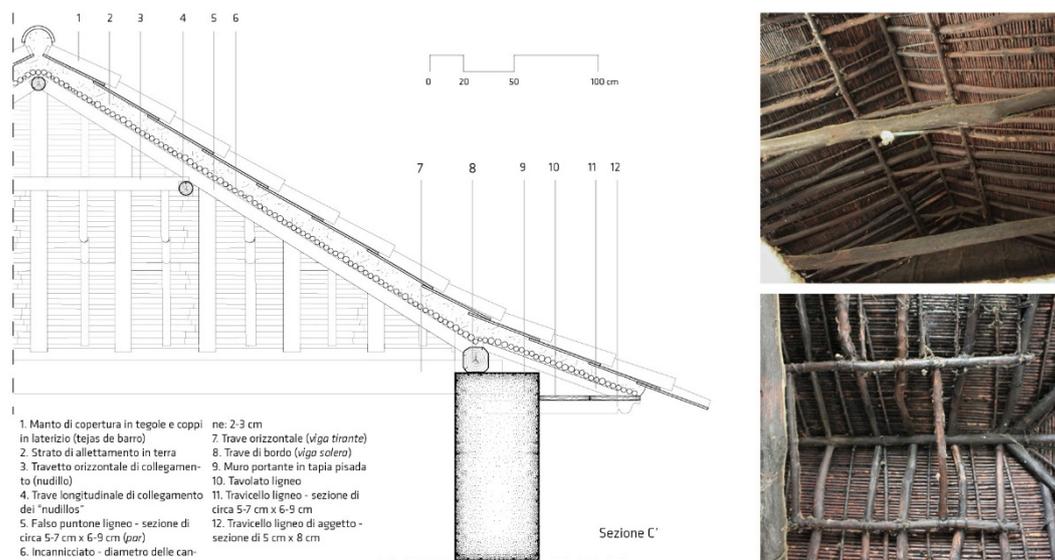


Figure 15: Copertura a “*par y nudillo*”
Fonte: *Elaborazione grafica degli autori.*

Un problema che può verificarsi in coperture di questo tipo è che, in caso di luci maggiori, i *pares* non siano in grado di contrastare le sollecitazioni di flessione.

Per risolvere questo problema i mastri carpentieri spagnoli idearono la soluzione a “*par y nudillo*”.

La struttura a “*par y nudillo*” può essere considerata come l’evoluzione tecnologica della precedente. L’introduzione del *nudillo*, un travetto orizzontale di collegamento tra le falde, dà un contributo importante alla riduzione dello sforzo a flessione.

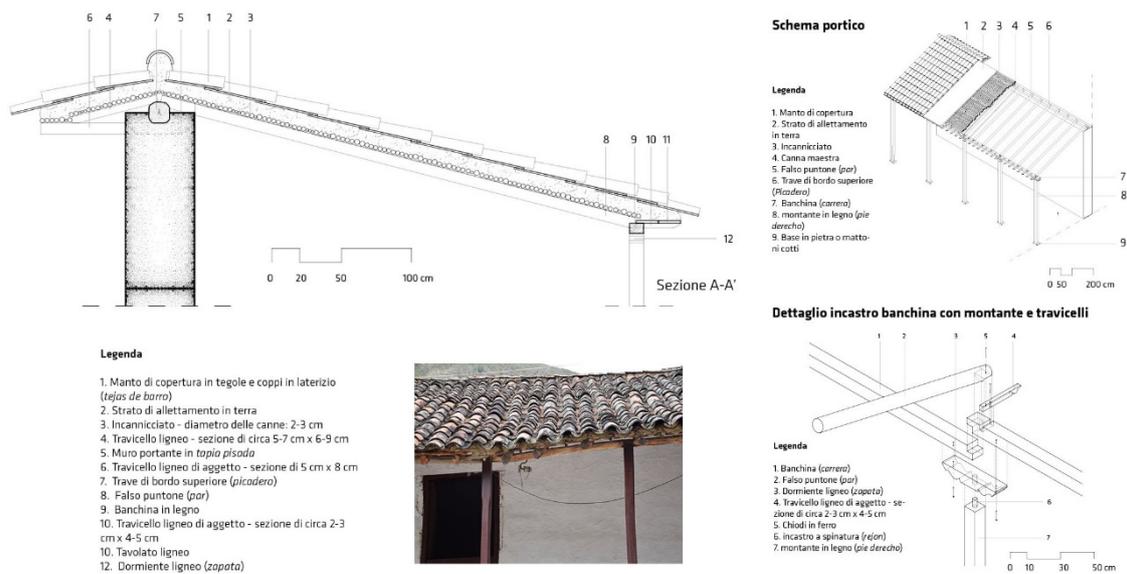


Figure 16: Copertura a "par y picadero"
 Fonte: *Elaborazione grafica degli autori.*

L'ultima tipologia rinvenuta negli edifici del paese è rappresentata dal "par y picadero", che si utilizza in piccole costruzioni con poca luce da coprire poiché, lavorando a flessione, non sarebbe in grado di sostenere le spinte provocate da una luce eccessiva. Questo tipo di struttura è composto dai *pares*, i travicelli obliqui, e dal *picadero*, la trave di bordo.

Il sistema edilizio locale è contraddistinto dalla presenza del loggiato e del portico in quasi tutte le abitazioni, e la struttura a "par y picadero" rappresenta la soluzione utilizzata in questi casi.

Quando la casa ha dimensioni modeste, la copertura del loggiato può essere il semplice prolungamento della falda del corpo di fabbrica; quando invece l'edificio ha dimensioni maggiori, la falda della copertura del loggiato può essere indipendente.

Le soluzioni di gronda vengono risolte con due tipologie principali; la prima prevede l'affiancamento di travicelli aggettanti ai falsi puntoni, prolungando così

la base d'appoggio per il manto di copertura verso l'esterno. La seconda prevede piccoli travetti imbevuti nel muro, con la possibilità di variare la base d'appoggio tra l'incannicciato e un tavolato ligneo.

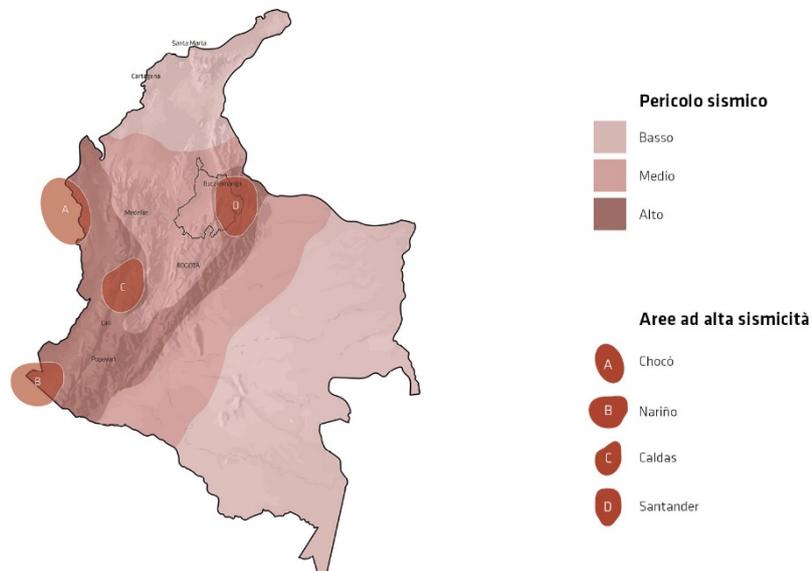


Figure 17: *mappa del rischio sismico in Colombia*
Fonte: *Elaborazione grafica degli autori.*

LA VULNERABILITÀ SISMICA

Il tema della vulnerabilità è sicuramente uno dei più delicati per quanto riguarda i manufatti in terra cruda. Sebbene molti dei centri storici costruiti in terra battuta in Colombia e in Sudamerica abbiano resistito a lungo incolumi a eventi sismici, l'esperienza accumulata in questo campo evidenzia la grande vulnerabilità degli edifici costruiti con questo materiale.

La valutazione del rischio sismico in una determinata area dipende dall'interazione di tre fattori: la pericolosità, l'esposizione e la vulnerabilità.

A differenza della pericolosità e dell'esposizione, la vulnerabilità è strettamente legata alle caratteristiche costruttive e qualitative dei singoli manufatti, rendendo necessaria un'analisi specifica sui materiali e le tecniche impiegate.

Parametri		A	B	C	D	W_i
1	Distribuzione dei muri	0	10	20	50	0.3
2	Tipo e organizzazione del sistema resistente	0	10	20	50	1.0
3	Qualità del sistema resistente	0	10	20	50	0.25
4	Rapporto capacità/domanda	0	10	20	50	1.0
5	Posizione dell'edificio e fondazioni	0	10	20	50	0.65
6	Configurazione planimetrica	0	10	20	50	0.35
7	Orizzontamenti	0	10	20	50	1.0
8	Copertura	0	10	20	50	1.0
9	Configurazione in elevazione	0	10	20	50	1.0
10	Rapporto pieni-vuoti	0	10	20	50	0.4
11	Stato di fatto	0	10	20	50	1.0
12	Elementi non strutturali	0	10	20	50	0.25
13	Età	0	10	20	50	0.15
14	Edifici adiacenti	0	10	20	50	0.25

$$I_v = \sum_{i=1}^{14} K_i W_i$$



Figure 18: tabella per il calcolo dell'indice di vulnerabilità

Fonte: *Elaborazione grafica degli autori.*

La metodologia utilizzata per la valutazione della vulnerabilità sismica di edifici in terra si basa sul metodo dell'indice di vulnerabilità, e in particolare si ispira a quello introdotto in Italia e proposto per la prima volta nel 1984 e ripreso poi dal Gruppo Nazionale Difesa Terremoti (GNDT).

Il processo valutativo consiste nell'individuare un indice di vulnerabilità attraverso la valutazione di 14 parametri rilevanti. A ogni parametro, che possiede una differente influenza sulla vulnerabilità dell'edificio, viene associato un coefficiente di peso che va 0.15 a 1.0. Tali parametri vengono valutati su una scala da A a D, dove A rappresenta il punteggio massimo e sono:

1. Distribuzione dei muri
2. Tipo ed organizzazione del sistema resistente
3. Qualità del sistema resistente
4. Relazione domanda-capacità
5. Posizione dell'edificio e fondazioni
6. Configurazione planimetrica

7. Orizzontamenti
8. Copertura
9. Configurazione in elevazione
10. Rapporto pieni-vuoti
11. Stato di fatto
12. Elementi non strutturali
13. Età
14. Edifici adiacenti

Sommando il punteggio dei singoli parametri moltiplicati per i corrispettivi coefficienti si ottiene infine l'indice di vulnerabilità dell'edificio; tale punteggio, compreso tra 0 e 430, metterà in evidenza la vulnerabilità dell'edificio in relazione alla priorità di intervento.



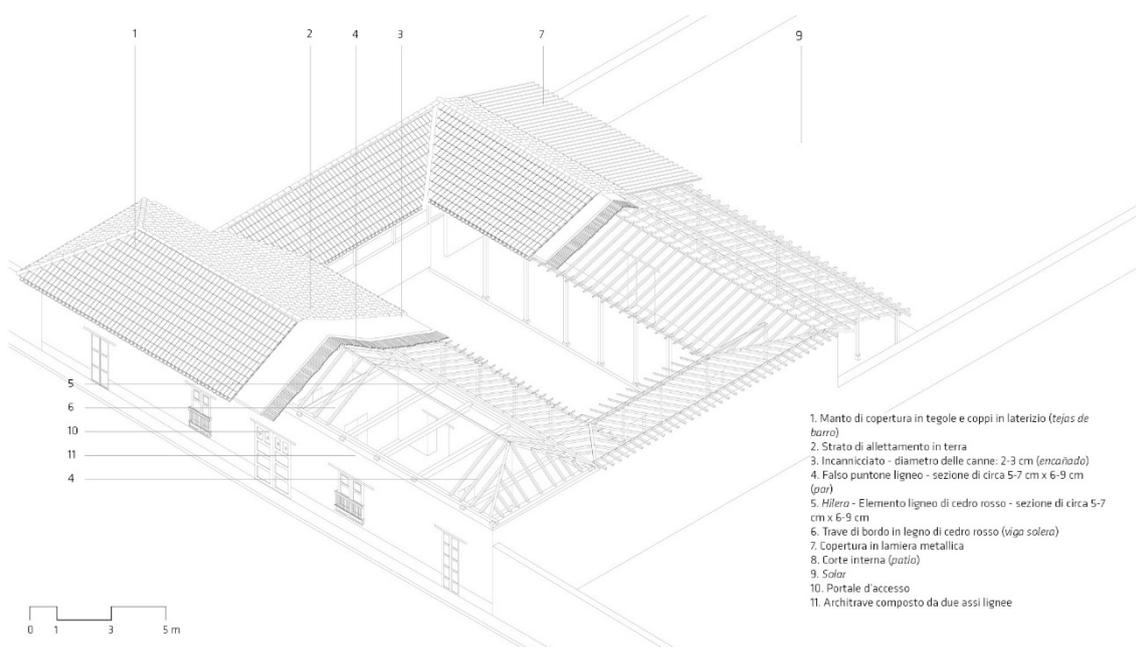
Figure 19: Fasi di rilevamento di alcuni edifici di Cepitá
Fonte: Autori, 2019.

Il tipo di indagine da noi condotta appartiene ai cosiddetti “metodi di valutazione speditivi”, ovvero quei metodi, meno onerosi e di più rapida esecuzione, che risultano particolarmente convenienti quando l’obiettivo è quello di estendere lo studio ad una serie di edifici, per stabilirne delle priorità e capire su quali di questi sia necessario intervenire con più urgenza.

Il metodo, presentato dal Professore dell’Universidad Industrial de Santander Ricardo Cruz Hernandez nel 2002, è classificabile come qualitativo, in quanto realizza una classificazione degli edifici mediante l’osservazione delle caratteristiche fisiche, appoggiandosi a calcoli strutturali semplici.

Il rilievo materico e dimensionale da noi riportato raggiunge un livello di dettaglio adeguato all’analisi speditiva. Come già accennato, il lavoro svolto ci ha consentito di reperire le informazioni in modo non invasivo.

L’analisi è stata svolta scegliendo dieci edifici, diversi tra loro per periodo di costruzione, distribuzione interna e posizione nel lotto, ma con alcuni tratti comuni che ci hanno permesso di cogliere gli aspetti complessivi.



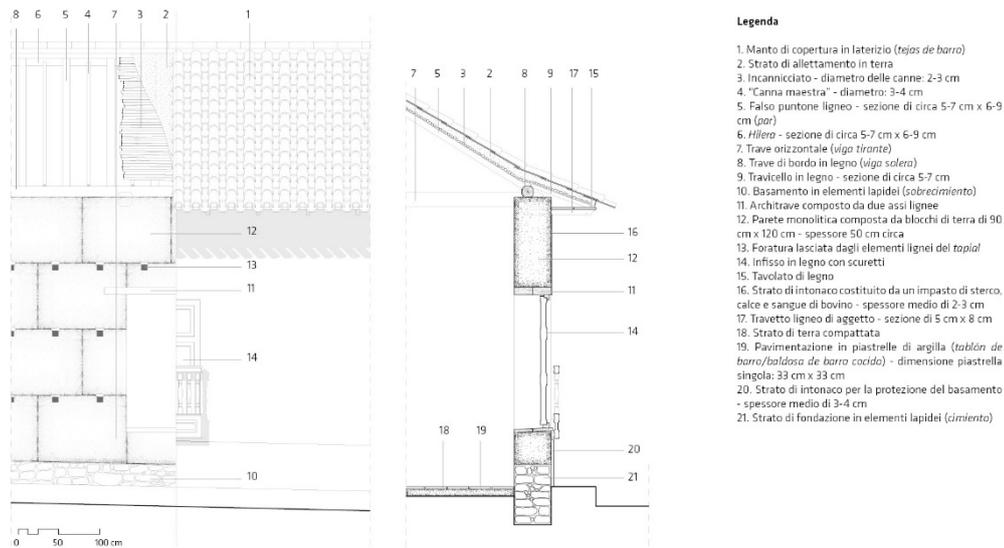


Figure 20-21: Modellazione di un edificio analizzato– Prospetto con sfogliato e sezione di un muro maestro
 Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

La rappresentazione grafica per ogni edificio analizzato è stata utile ad apprezzarne le caratteristiche dimensionali e tecnologiche, ed è stata un supporto per la valutazione dei parametri quantitativi.

Un fattore che gioca un ruolo determinante nel punteggio finale è quello relativo alla configurazione planimetrica dell'edificio che quando presenta una forma regolare e semplice in pianta, mantiene un valore più basso, quindi una miglior risposta in caso di sisma.

Il parametro che riguarda la "distribuzione dei muri" valuta la distanza massima tra le pareti ortogonali ai muri maestri e la densità strutturale, entrambi apprezzabili in pianta e calcolabili grazie alle misure dei vani e lo spessore delle pareti. Gli edifici in terra (e più in generale gli edifici antichi) sono caratterizzati da una presenza importante di muri e colonne; questa peculiarità è dovuta al fatto che le tecniche tradizionali si basano principalmente sulla capacità resistente dovuta al peso proprio della struttura.

Il punteggio del parametro dieci, rapporto pieni e vuoti, è ottenibile calcolando la percentuale delle aperture nelle pareti e verificando la distribuzione lungo l'estensione del muro.



Figure 22: Fase realizzativa di un architrave, Barichara
Fonte: Autori, 2019.

A Cepitá gli architravi sono quasi sempre ben realizzati e raramente non raggiungono i 25 centimetri di ammorsamento, misura considerata minima da rispettare. Una criticità, però, si presenta quando si realizzano nuovi varchi che vanno ad indebolire la risposta strutturale della parete, circostanza molto frequente nel paese.

Un parametro significativo e con un'influenza importante sul risultato della vulnerabilità è il numero cinque, che valuta la posizione dell'edificio e le fondazioni. Per quanto riguarda la consistenza del terreno si fa riferimento alla NSR-98 colombiana, che suddivide i tipo di suolo in quattro classi differenti in base alla qualità del terreno e alla sua consistenza.

La condizione più favorevole, ovviamente, è quando il terreno sul quale poggia l'edificio è completamente piano, e tale condizione peggiora man mano che l'inclinazione aumenta.

Le fondazioni analizzate durante i sopralluoghi mettono in evidenza una buona cultura e una buona esecuzione, soprattutto per quanto riguarda gli elementi lapidei scelti e la profondità che lo strato fondazionale raggiunge.



Figure 23: Fase realizzativa di fondazione e copertura, Barichara - Cepitá
Fonte: Autori, 2019.

Per la valutazione dei parametri qualitativi, che fanno riferimento alla modalità di esecuzione e alla qualità stessa degli elementi che compongono gli edifici, bisogna fare una valutazione dei dati raccolti sul campo, comparandoli con la bibliografia esistente oppure facendo affidamento all'esperienza propria.



Figure 24: Pareti sprovviste di ammorsamento con conseguenti danni strutturali - Cepitá
Fonte: Autori, 2019.

Ad esempio, per il parametro due, relativo alla qualità e all'organizzazione del sistema resistente, si valuta l'efficacia dei collegamenti tra i vari elementi strutturali, che devono essere ben realizzati per garantire una buona ripartizione dei carichi all'interno della struttura; qui viene valutata la presenza e l'efficacia dei collegamenti fra pareti ortogonali, tali da assicurare l'efficienza del comportamento scatolare della struttura.

L'analisi approfondita effettuata sulle tipologie di copertura ci ha permesso di valutare il parametro relativo in relazione alla loro prestazione statica, e dare un giudizio su questa base, oltre che sulla qualità degli elementi che le compongono.

Generalmente, la scelta della tipologia di copertura nel paese è idonea alle luci da coprire, mentre presentano una maggior criticità i singoli componenti.

Lesioni e danneggiamenti dovuti alla troppa vicinanza tra edifici adiacenti costituiscono un problema molto comune negli edifici in terra.

Quando avviene un terremoto, ogni edificio vibra in accordo con le proprie caratteristiche dinamiche e, di conseguenza, due edifici adiacenti possono dar luogo al fenomeno distruttivo del martellamento; in circostanze del genere, la posizione relativa degli orizzontamenti degli edifici adiacenti diventa rilevante. Quando, ad esempio, i solai di due edifici vicini si trovano ad altezze diverse, uno dei due può colpire la struttura portante dell'altro durante l'evento sismico. Per questo motivo, nel parametro relativo è sempre importante valutare la distanza tra gli edifici, in modo da poter prendere in considerazione la possibilità di un'influenza negativa reciproca in caso di scossa.



Figure 25: *Prospetto di un edificio nella piazza del paese, Cepitá*
Fonte: *Autori, 2019.*

CONCLUSIONI

Gli indici di vulnerabilità dei casi analizzati classificano tutti gli edifici come “poco vulnerabili” o “mediamente vulnerabili”.

I parametri relativi alla posizione dell'edificio, agli orizzontamenti e alla configurazione in elevazione, risultano determinanti in quanto fanno riferimento a caratteristiche comuni a quasi tutti gli edifici dell'area del canyon del Chicamocha. I fattori che determinano questo risultato sono da ricercare negli standard costruttivi e qualitativi delle abitazioni, come la buona pratica di costruire le case ad un solo piano e con un buon ammassamento dei muri portanti.

Inoltre, le strutture delle coperture sono realizzate in modo da contribuire al comportamento scatolare dei manufatti, grazie ad elementi portanti che presentano incastri e unioni di buona qualità. Il risultato di questo lavoro di tesi è l'aver creato una schedatura e classificato le tecniche e i procedimenti costruttivi tramite i quali sono stati realizzati gli edifici in terra cruda nell'area del canyon del Chicamocha. La schedatura ha mostrato una presenza predominante dell'architettura in terra, con le sue regole e gli stili ricorrenti di quest'area geografica, dimostrando che gli esempi studiati non rappresentano casi isolati, ma formano parte di una vera cultura costruttiva locale che, in quanto tali, qualsiasi azione di tutela o di miglioramento sismico si deve inserire all'interno di un universo in cui esistono delle regole costruttive, con dei pregi e delle debolezze, che devono essere rispettate.



Figure 26: *Strada che porta a Cepitá*
Fonte: *Autori, 2019.*

BIBLIOGRAFIA

- Achenza M., Sanna U. (2009) - *Il manuale tematico della terra cruda*, DEI.
- Barre L.A. (1899) - *Carpintería de armar. Pequeña enciclopedia práctica de construcción*. (Madrid)
- Bollini G. (2013) - *Terra battuta: tecnica costruttiva e recupero. Linee guida per le procedure d'intervento*, Milano.
- Centre International De La Construction En Terre (2018) - *Rehabiliter le pise. Vers des pratiques adaptées*. CRAterre - Actes Sud (Arles).
- Di Pasquale G., Dolce, M., & Martinelli, A. 2.2 - *ANALISI DELLA VULNERABILITÀ*.
- Dipasquale L., Mecca S., Rovero L., Tonietti U. e Volpi V. (2009) - *Chefchaouen. Architettura e cultura costruttiva*, Edizioni ETS, Pisa.
- Galdieri E. (1982) - *Le meraviglie dell'architettura in terra cruda*. Laterza (Roma- Bari)
- Minke G. (1994) - *Manual de Construcción en Tierra*, Germania.
- Ortiz P. (2008) - *Geo Von Lengerke: constructor de caminos*, UIS, Bucaramanga.

- Proyecto COREMANS (2017) - *Criterios de intervención en la arquitectura de tierra*, Valencia.

PROFILO DEGLI AUTORI

Michele Paradiso

Professore Associato di *Statica e Stabilità delle Costruzioni Murarie e Monumentali*, Dipartimento di Architettura, DiDA, Università degli Studi di Firenze, Italia. Membro Esperto di Icomos-Cuba, Membro Esperto di Icofort-Icomos, Membro Esperto di Iscarsah-Icomos. Da 42 anni si occupa di meccanismi di collasso di archi, volte e cupole in muratura e di tecniche olistiche di consolidamento strutturale sul patrimonio storico costruito. Dal 1996 ad oggi ha organizzato moltissimi eventi dedicati alle Scuole d'Arte, sia in Italia, che a Cuba. Decorato con il *Sello Cujae* della *Escuela Tecnológica José Antonio Echeverría* de La Habana per il suo sostegno al recupero delle *Escuelas Nacionales de Arte de Cubanacan*. Due volte *Menzione Speciale al Premio Nacional de Restauración de Cuba* (La Habana, 2008 e 2018), *Primo Premio di Arquitectura Vernácula* (La Habana Vieja, 2008). Membro del Comitato Scientifico del Progetto di Cooperazione finanziato dal Ministero degli Esteri Italiano per il restauro, consolidamento e rifunzionalizzazione della Scuola di Teatro (Roberto Gottardi) delle Escuelas de Arte de Cubanacan, progetto da lui ideato e sostenuto in collaborazione col Governo Cubano e finanziato dall'Italia nel 2019 per 2,5 milioni di euro.

michele.paradiso@unifi.it

Ricardo Alfredo Cruz Hernández

Profesor de la Universidad Industrial de Santander. Ingeniero civil y doctor en Ciencias Técnicas de la Technische Universität Wien Austria. Correo electrónico: racruz@uis.edu.

fabio.paparazzo11@gmail.com

Fabio Paparazzo

Laureato in Architettura presso l'Università degli studi di Firenze (Italia). Durante gli studi ha preso parte alla causa sul dialogo interculturale e solidale verso i paesi del Sud del mondo partecipando ad un seminario tematico del professor Michele Paradiso, grazie al quale successivamente, ha intrapreso il percorso per un periodo di mobilità in Colombia presso l' Universidad Santo Tomas di Bucaramanga, durato sei mesi. Il periodo di ricerca e lavoro svolto sul campo, nella regione santanderiana, si è focalizzato sullo studio e la conoscenza dei materiali e delle tecniche costruttive storiche, in terra cruda, della gola del Chicamocha. Il risultato dello sviluppo dei dati raccolti si è poi concretizzato nella tesi di laurea, discussa a Firenze nell'a.a. 2018-2019.

fabio.paparazzo11@gmail.com

Giovanni Pianigiani

**Dottore in Architettura, affascinato dalle tecniche costruttive ancestrali e coinvolto nel tema della sostenibilità nell'architettura, si è laureato con una tesi maturata nel Dipartimento di Santander, in Colombia, sulla cultura costruttiva del luogo e sulla vulnerabilità dei manufatti realizzati in terra battuta nell'area del canyon del Chicamocha.
giovannipianigiani@gmail.com**