

REINFORCEMENT OF RAMMED EARTH CONSTRUCTIONS WITH GYPSUM IN ARAGON AREA, SPAIN

Fernando Vegas, Camilla Mileto, Valentina Cristini

Universidad Politécnica de Valencia (Spain), Departamento de Composición Arquitectónica, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia (Spain), Tel. + 34 963877440, Fax + 34 96 3877449, e-mail: fvegas@cpa.upv.es

Parole chiave: Terra cruda, rinforzo, gesso

Abstract: Rammed earth walls include occasionally reinforcements in the form of bricks, shards or stones in order to improve the loading capacity of the fabric. But there are also some other types of reinforcement that consist in strengthening the rammed earth wall adding layers of mortar. The addition of this mortar helps to protect, isolate and avoid to a certain extent the rising humidity and dampness. There is a variant of this reinforcement that employs gypsum instead of the common lime mortar. It may be found mainly in the province of Teruel and adjacent areas, where the abundance, economy and quality of the gypsum in front of the cost of producing lime has generated a whole architecture based upon the use of gypsum, even used as structural material. This paper aims to describe its constitution, construction process, main pathologies, restoration and maintenance.

Un muro in pisé si realizza grazie alla ripetizione di strati di terra cruda, che si susseguono in una sequenza modulare. Il procedimento si basa sull'utilizzo di un cassero ligneo, formato da una serie di elementi ausiliari che garantiscono la stabilità del muro nella sua fase costruttiva. Allo stesso tempo la terra utilizzata deve presentare una proporzione regolare di argilla e additivi sgrassanti, come sabbia o fibre naturali, per evitare una eccessiva ritrazione durante la fase di presa; oppure si possono aggiungere inerti per migliorare la plasticità dell'impasto.

In condizioni normali questi muri di terra cruda sono in grado di resistere sia agli agenti atmosferici sia alla compressione esercitata dalle stesse tensioni dell'edificio. Tuttavia, sin dall'antichità, sono conosciute soluzioni costruttive per realizzare muri in terra cruda con rinforzi. Questi possono essere utilizzati sia puntualmente, come con mattoni o pietre, sia con stratificazioni alternate di calce e di terra, per migliorare la

resistenza della muratura. Questi ultimi rinforzi, possibili grazie all'aggiunta di leganti, vengono realizzati durante il processo di compattazione, mediante una distribuzione di leganti sulle pareti del cassero, in modo tale da ottenere un muro facilmente confondibile con una muratura portante con giunti e presenza abbondante di malta.

Allo stesso tempo non bisogna dimenticare altri tipi di rinforzi che consistono nell'aumento della capacità portante del muro grazie all'alternarsi indipendente di strati di legante e di strati di terra cruda, in modo da bilanciare la scarsità di argilla presente nella massa muraria (López Martínez, 1999, pp. 74-89, López Martínez, 2003). È importante considerare anche che l'aggiunta di questi strati di legante permette di proteggere, di isolare e di evitare la presenza di umidità dovuta a capillarità.

Queste aggiunte di legante, dal punto di vista decorativo assumono forme ondulate, dovute al proprio processo di compattazione modulare. Questa alternanza sinusoidale si può verificare sia nella sezione trasversale del muro (*tapia calicastrada*) sia sulla superficie dello stesso (*tapia con brencas*).

Nel primo caso, chiamato *tapia calicastrada*, il muro di terra cruda sembrerebbe una parete realizzata con una massa cementizia, se non fosse che all'interno della struttura sono presenti aree stratificate di terra cruda (López Osorio, 2008, I, II y III). Nel secondo caso invece, denominato di *tapia con brencas*, le ondulazioni dovute al materiale legante sono direttamente visibili nel prospetto del muro, non nella sua sezione, favorendo così anche un risultato decorativo-estetico della muratura, dovuto al proprio processo costruttivo, senza una finitura eseguita a posteriori.

Questi rinforzi applicati ai muri in terra cruda si realizzano tradizionalmente con malta a base di calce, come indica Fray Lorenzo de San Nicolás nel suo trattato di costruzione scritto nel XVII secolo (San Nicolás, 1796/1989). Senza dubbio però esistono anche differenti e interessanti casistiche di rinforzi di murature costruite con malta a base di gesso, come confermano alcuni esempi distribuiti nella provincia di Teruel (Aragona, Spagna Centrale). In queste zone la duplice componente dovuta sia all'abbondanza di gesso allo stato minerale, sia all'assenza di legno come elemento costruttivo utilizzato autoctonamente, hanno favorito la diffusione di una architettura basata sull'utilizzo sistematico del gesso come materia prima per malte strutturali.

Usualmente la trasformazione del gesso da minerale a legante, richiede all'incirca 24 h di cottura continua, a differenza del processo di calcinazione che può prolungarsi per ben sette giorni consecutivi, durante i quali si realizza una cottura ininterrotta (Mileto, & Vegas, 2008, pp. 174-178, 194-200).

Senza dubbio a parità di disponibilità di materia prima minerale, la cottura del gesso risultava sette volte piú economica rispetto alla preparazione della calce; questo senza dimenticare il fatto che il legname nell'antichità era un bene esportato e pertanto non risultava vantaggioso un suo dispendio come materiale combustibile.

L'architettura autoctona pertanto utilizzò il gesso come elemento fondamentale per realizzare malta strutturale, variamente impiegata in pilastri, solai con voltine o diafani tramezzi di lastre di pietra. La grande resistenza e le straordinarie prestazioni tecniche del gesso della provincia di Teruel sono state studiate, con risultati sorprendenti, anche da parte dei professionisti che hanno realizzato le analisi (Bianco & Guerrisi, 2005, pp. 106-113).

Considerare l'importanza dell'uso locale del gesso come legante strutturale, è indispensabile per comprendere le caratteristiche proprie delle brencas, ovvero delle "ondulazioni" che marcano i muri di terra cruda, realizzate con gesso e non con calce. Anche in altre zone della Spagna continentale si possono incontrare esempi di murature in terra cruda rinforzata, come nel caso della Valle del Guadalquivir (Andalucía) e in zone/valli adiacenti alla provincia di Teruel.

Per quanto riguarda invece lo studio delle tipologie costruttive realizzate con tapia con brencas, ci troviamo dinnanzi a una eterogenicità di casi: esistono sia edificazioni residenziali (in molti casi i muri sono rivestiti con intonaco) sia edifici rurali di servizio per l'agricoltura o il pascolo, sia muri di cimiteri, sia tramezzi, sia torri difensive con murature ortogonali o curvate.

1. PROCESSO COSTRUTTIVO

Il processo costruttivo con cui si realizzano muri di terra rinforzata con gesso non differisce molto dal metodo tradizionale senza l'aggiunta di ulteriori leganti all'impasto. Nel caso specifico di murature con rinforzo in gesso, il muro di terra appoggia su un basamento di pietra, alto circa 50 cm, per evitare la risalita di acqua capillare. In alcune zone, dove è maggiore la qualità e la quantità delle pietre disponibili, tale basamento costituisce totalmente il primo livello dell'edificazione. Di seguito si realizza il primo strato di muratura in terra senza la presenza del rinforzo in gesso, data la vicinanza con il terreno e il rischio di essere a contatto con umidità residuale.

Realizzato questo primo livello, si continua con la costruzione modulare dei muri formacei che vengono arricchiti da strati di malta a base di gesso. Ogni volta che si monta il cassero viene steso uno strato abbondante (circa 3 cm) di malta a base di



Figura 1. Muro di terra rinforzato con gesso. Cimitero di Torrebaja, Valencia, paramento occidentale (foto degli autori).

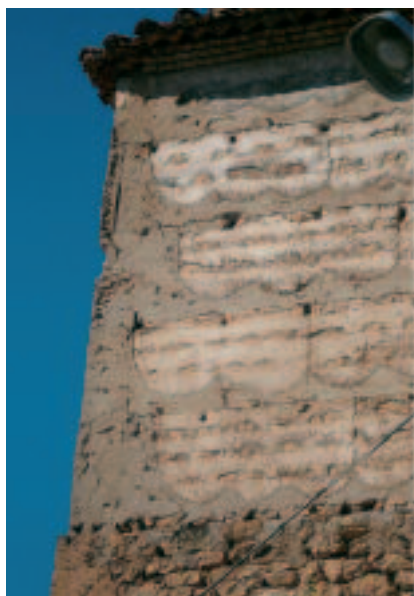


Figura 2. Particolare del paramento orientale della Canonica di Castielfabib (Valencia), con muro realizzato in calcestruzzo di calce e pietre con rinforzi ondulati di gesso (foto degli autori).

gesso su tutta la superficie inferiore dei tavolati e nella parete laterale già costruita con terra. In particolare negli angoli del cassero si applica più gesso, in modo che con il processo di compattezza si garantisca un rinforzo puntuale a forma di "L", che riveste le estremità inferiori della muratura formacea come in una sorta di apparecchio di mattoni a grande scala.

Questi rinforzi in gesso, infatti, costituiscono una autentica garanzia di durata delle murature modulari, dal momento che proteggono e sigillano i giunti durante il processo costruttivo e non a posteriori. Molti esempi di muri in terra cruda della zona magrebina (es. Muralla di Fez) o nella Spagna continentale (es. Castello di Alcalá di Chivert) sono caratterizzati da questo sistema di rigiuntato, con una malta molto ricca in calce (Hofbauerová, & De Antonio 2001, pp. 74-85).

Si può definire questo metodo come un vero "sigillante istantaneo" dei moduli discontinui della muratura formacea, un autentico esempio del pragmatismo e rigore celato dietro all'apparente semplicità dalla tradizione costruttiva vernacolare. Una differenza importante rispetto alla risigillatura a posteriori della muratura, è data dalla impossibilità di coprire e proteggere i fori pontai durante il processo costruttivo. Nel caso della *tapia con brencas*, infatti, questi punti discontinui si possono sigillare solo a posteriori.

In queste murature gli strati con gesso sono contemporanei al processo

costruttivo e la loro forma deriva dal processo di compattazione, non si applica malta di gesso. A differenza della malta a base di calce, che presenta un elevato grado di umidità e applicazione di strati abbondanti, la malta a base di gesso è caratterizzata da una capacità di presa più rapida; inoltre presenta minore percentuale di umidità e si stende con strati più sottili.

Osservando esempi regionali di edifici realizzati con muri di terra rinforzati con gesso, possiamo vedere come gli strati di gesso sono molto spessi, non applicati sui bordi laterali (Canonica di Castielfabib o Torre di Torrealta - Rincón de Ademuz - Spagna). Vista la forma delle ondulazioni è difficile credere che queste siano state realizzate in fase di cantiere, anche a patto di aver realizzato il muro con grande velocità, per contrastare la presa rapida del gesso. Tuttavia la presenza di pietrame di rinforzo, utilizzato in ciascuno strato di terra, conferma il tentativo di rallentare la presa del gesso utilizzato nella fase di compattazione (Vegas, Mileto & Zuccoloto, 2001, p. 114). Infine non si deve trascurare la finitura di questi muri, sempre rivestiti da coperture, protezioni, tegolati, ecc., di solito realizzati con tegole artigianali (*tejas árabes*) riprese con malta a base di terra e paglia e disposte con una inclinazione variabile, influenzata dal regime di precipitazioni locali.



Figura 3. Muro di terra rinforzato con gesso. Cimitero di Torre3. Casa-torre di Torrealta (Valencia), i cui muri sono realizzate con calcestruzzo di calce e pietre con rinforzi ondulati di gesso, nella casa e con calcestruzzo di calce e mattoni nella torre (foto degli autori).

2. ESEMPIO DI ANALISI MINERALOGICA¹

Sono stati analizzati campioni di muratura dalla Canonica di Castielfabib (Casa del Cura-Rincón di Ademuz - Spagna). I risultati ottenuti stabiliscono che la *brenca*, ovvero lo strato di rinforzo con gesso, è costituita da una miscela di malta a base di gesso e da inerti a base di minerali gessosi, in rapporto 1:1 (pertanto si tratta di una malta abbastanza grassa). Inoltre nella miscela è riscontrabile una percentuale di gesso piuttosto alta (68%) con una bassa proporzione di impurità argillose (30%), data dall'utilizzo del legante che presenta un discreto livello di impurità, data dalla mescolanza con gli inerti della malta. La presenza dei minerali argillosi, invece, è riconducibile a un parziale o eccessivo processo di cottura del minerale.

Il muro della Canonica presenta anche tracce di malta a base di calce area (campione prelevato all'interno del muro di terra), con inerti di granulometria variabile, non

selezionati (tracce di rocce a base di carbonato, quarzo e frammenti di minerali gessosi). Trattandosi di inerti dai bordi con forma arrotondata, si può ipotizzare la loro origine fluviale. In questo caso la miscela è parzialmente grassa, con un rapporto legante/inerte di 1:2 o 1:3.

Il gesso utilizzato nella malta di rinforzo dei muri perimetrali in terra della Canonica di Castielfabib, presenta un color grigio-nocciola, una buona coesione e buon livello di conservazione (analisi visiva); pur non avendo realizzato un'analisi sistematica di malte della zona, molti altri casi possono essere assimilati a questo esempio citato.

Non vale la stessa considerazione, invece, per il tipo di miscela di terra cruda utilizzata. Si tratta infatti di una miscela speciale, con un arricchimento di terra e calce, che non esclude la possibile relazione tra la Canonica e parti di recinto difensivo della città murata. La casa citata, infatti, poteva essere assimilata ad una delle tante torri difensive, per questo motivo con murature più resistenti rispetto ai muri formacei della Comarca, realizzati con semplice terra cruda. Questo giustificerebbe la miscela ricca di calce e la contemporanea presenza di pietrame di rinforzo.

Esistono altri esempi di muri di terra cruda e rinforzi con malta di gesso nella provincia, come quello della Torre di Torrealta. In questo caso, al contrario della Canonica di Castielfabib, il gesso è protagonista assoluto della costruzione, per le sue alte prestazioni tecniche fornite. Di fatto la stessa estrazione del campione di malta da analizzare ha richiesto numerosi tentativi di prelievo, trattandosi di una malta assolutamente resistente e aderente.

3. DEGRADO

La forma di degrado più ricorrente in un muro di terra cruda è vincolata normalmente alla presenza di danni nel basamento o nella copertura, dove sono visibili processi di degrado vincolati alla presenza di umidità per risalita di acqua capillare (*Terra Incognita*. 2008, I, II). Un altro esempio di forma di degrado riscontrabile comunemente in muri di terra cruda è il caso della perdita della crosta superficiale della muratura; questo problema si può riscontrare sia in muri di *tapia calicestrada*, sia in muri di pisé tradizionali. Il distacco della crosta può anche essere dovuto alla presenza di una finitura realizzata a posteriori, per esempio con un intonaco a base di cemento, che irrigidisce la superficie esterna della muratura e non permette la sua traspirazione.

Frequentemente la perdita della crosta superficiale si trasforma in un processo a catena di degrado, con fenomeni complessi da risolvere in fase progettuale. Anche la presenza di aperture o di fori pontai del cassero possono favorire la decoesione delle



Figura 4. Fenomeno di distacco del rivestimento in un paramento di terra rinforzata con gesso dovuto all'impiego del cemento nell'intonaco, Torrebaja (Valencia) (foto degli autori).



Figura 5. Fenomeno di perdita della superficie del paramento occidentale della Canonica di Castielfabib (Valencia), per mancata manutenzione ed esposizione agli agenti atmosferici (foto degli autori).

superfici e allo stesso tempo facilitare la presenza di umidità e ristagni.

I muri di tapia con rinforzi in gesso non presentano una forma di degrado specifica; tuttavia non si può dimenticare che la presenza del gesso con le sue accentuate proprietà igroscopiche, facilita reazioni incontrollate della muratura di terra a contatto con l'umidità.

Allo stesso tempo non si può trascurare l'importante fattore di protezione dato dalle finiture in gesso, elementi che proteggono i giunti tra le casseforme e che bloccano in modo sistematico l'assorbimento di acqua. La continuità delle ondulazioni può essere a sua volta oggetto di degrado: infatti in seguito al distacco puntuale di giunti si può innescare un meccanismo a catena di perdita delle finiture anche nelle casseforme adiacenti.

4. RESTAURO

Il restauro di un muro di terra cruda è un processo complesso, non solo da un punto di vista tecnico ma anche da un punto di vista concettuale. Si tratta infatti di un restauro critico, escludendo casistiche imprescindibili, come la riparazione del basamento in pietra o come la manutenzione della copertura o del sottogronda. La difficoltà più grande si incontra soprattutto nel consolidamento

puntuale del muro, nella riparazione della sua crosta. Questi elementi, se danneggiati, possono innescare conseguenze irreparabili per la muratura, dovute all'inesorabile e progressivo degrado del muro.

Il consolidamento del muro si presenta come un processo dialettico: il rispetto delle tracce del degrado atmosferico e temporale, permette di mantenere i segni lasciati dal passare del tempo però allo stesso momento non esula dalla minaccia del degrado. Questa considerazione vale soprattutto per zone strategiche, come il basamento del muro di terra cruda, dove è più marcata la probabile perdita di stabilità e sicurezza.

D'altra parte l'apporto di una aggiunta di materiale per suturare perdite, fessure e lagune dovute al passare del tempo, rischia contemporaneamente di modificare la muratura in modo indelebile, trasformando la superficie con una finitura realizzata *ex novo*. L'aggiunta di terra per riparare il muro, sia che si tratti di una miscela pura o con additivi (calce, inerti, coloranti...), richiede metodi di applicazione differenti (diretti, indiretti...) spesso, in caso di riparazioni profonde, coadiuvati da elementi di connessione puntuali (incannicciati, agganci lignei).

Nel caso-studio del muro perimetrale del cimitero di Torrebaja (Valencia - Spagna), in modo specifico nel suo prospetto settentrionale, le zone con erosione profonda sono state riparate con una miscela di terra e calce (5%). La reintegrazione è stata preceduta da una accurata pulizia, umettazione, preparazione di agganci-chiavi lignee di connessione tra la muratura esistente e la porzione reintegrata.

Questa riparazione è stata realizzata con un cassero unilaterale, grazie al quale è stata fatta aderire, plasmare e pressare, la miscela di terra al muro ammalorato. La fase di compattazione della nuova miscela di terra e calce è stata realizzata sia con una pressione verticale, come avviene in un muro di terra cruda tradizionale, sia in orizzontale (Vegas, & Mileto, 2007, pp. 56-57), per favorire la completa adesione e integrazione del muro esistente con la nuova riparazione.

Nel caso specifico di riparazione di muri di terra cruda con rinforzi in gesso, la realizzazione di una nuova crosta di protezione superficiale del muro complica la riparazione, a causa della necessità di completare e riparare le ondulazioni di gesso erose.

Considerando che la finitura di gesso solitamente si perde prevalentemente nei giunti verticali più che in quelli orizzontali, una possibile soluzione di intervento potrebbe essere quello di introdurre tavole verticali di legno, per rispettare così la modularità delle casseforme delle murature in terra cruda rinforzata.

Nel progetto di restauro del caso-studio del cimitero di Torrebaja (Valencia- Spagna), nel suo prospetto occidentale, i fori pontai delle casseforme e le zone erose sono state riparate nel tempo con malte a base di gesso. In questo caso, pertanto, la opzione di intervento prevista, grazie al buono stato di conservazione della muratura, è stata differente rispetto al caso del prospetto nord, citato pocanzi.

In questo caso non sono state eliminate le serie di riparazioni con gesso susseguites nel tempo e pertanto si è optato per la loro conservazione e consolidamento. La riparazione, solidale con il supporto di materiale preesistente, presenta l'unico inconveniente di essere aleatoria, modificando la modularità e l'estetica dell'intero prospetto.

Per questo motivo si è preferito intonare con velature a base di pigmenti naturali le riparazioni in gesso, uniformando così la superficie di terra con la sua posteriore riparazione. Al termine di questo processo è stata consolidata l'intera parete con tre cicli ripetuti di aspersioni (principio attivo a base di silicato etilico sciolto in solvente nitrocellulosico al 50%) per garantire sia la traspirazione del muro sia la sua protezione dagli agenti atmosferici.

5. MANUTENZIONE

La manutenzione preventiva è consigliabile in generale in tutti i casi riguardanti tecniche costruttive tradizionali, soprattutto nel caso specifico di muri di terra cruda, dal momento che, come specificato pocanzi, sono numerosi conflitti che nascono nel tentativo di realizzare un progetto di conservazione delle superfici (*Terra Incognita*, 2008, I, II).

I muri di terra cruda in generale e quelli con rinforzi in gesso, nel caso specifico studiato, possono realmente durare e garantire a lungo le loro prestazioni, a patto di rispettare uno scrupoloso e continuo processo manutentivo, basato su di una sequenza di regole basilari di intervento. Innanzitutto, la principale raccomandazione riguarda il controllo dell'umidità, sia nel basamento sia nella protezione del muro, ancora più necessaria e imprescindibile se si tratta di murature che presentano la combinazione terra/gesso. In questi casi si consiglia di procedere con un accurato sistema di drenaggio/scolo idrico delle murature in corrispondenza del basamento.

Inoltre è fondamentale come nel caso di altri sistemi costruttivi storici, mantenere la corretta traspirazione del muro, garantendo una specifica protezione nei confronti della condensa di acqua o del suo ristagno. Per questa ragione è importante valutare la natura dei materiali che si utilizzano nel processo di restauro/manutenzione, per ottimizzare la loro compatibilità rispetto al supporto esistente.

Sfortunatamente in molti casi si assiste a interventi in cui muri in terra cruda vengono rivestiti con intonaco a base di cemento, che non solo bloccano la corretta traspirazione del muro ma bloccano e anche irrigidiscono il muro esistente fino ad alterarne il completo assetto strutturale, a causa di infiltrazioni, fessure, distacchi di intonaco che possono interessare anche gli strati più profondi della muratura. Ci sono anche

altri processi manutentivi che possono interessare queste murature: tra questi spiccano gli interventi di eliminazione della vegetazione che con il suo apparato radicale minaccia muri di terra cruda o, d'altra parte, la realizzazione di cortine di verde. Infine vanno anche ricordate le riparazioni di basamenti o coperture (tegole, sottotetti, canalizzazioni, pluviali danneggiati, ecc.). Si tratta pertanto di una serie di interventi localizzati, che contribuiscono al corretto mantenimento della muratura in terra cruda.

Note

¹ Si ringrazia per la gentile collaborazione il Prof. Fabio Frattini dell'Università degli Studi di Firenze, che ha realizzato e fornito i risultati delle analisi dei campioni relativi alla Canonica di Castielfabib.

Bibliografia

AA.VV.: *Terra Incognita. Preserver une Europe des Architectures de Terre*, Argumentum Éditions / Culture Lab Éditions, Portugal / Bélgica 2008/I.

AA.VV.: *Terra Incognita. Decouvrir une Europe des Architectures de Terre*, Argumentum Éditions / Culture Lab Éditions, Portugal / Bélgica 2008/II.

Bianco, Alessia & Guerrisi, Gabriella: "La arquitectura popular a examen: diagnóstico experimental en la comarca del Rincón de Ademuz" in: *Loggia, Arquitectura & Restauración* n. 17, Valencia 2005.

Hofbauerová, Vera & De antonio otal, José Manuel: "Consolidación y restauración del muro de Alafia, Castillo de Xivert (Castellón)" in: *Loggia, Arquitectura & Restauración* n. 11, Valencia, 2001.

López Martínez, Fco. Javier: "Tapias y tapiales" in: *Loggia, Arquitectura & Restauración* n. 8, Valencia 1999

López Martínez, Fco. Javier: *Tapieria en fortificaciones medievales de la región de Murcia*, UPV, Valencia 2003

López Osorio, José Manuel: "Análisis de los materiales de la tapia calicastrada en construcciones islámicas granadinas", testo non pubblicato, Universidad de Málaga 2008/I.

López Osorio, José Manuel: "Análisis constructivo de la tapia calicastrada en la muralla del Albaicín de Granada", testo non pubblicato, Universidad de Málaga 2008/II.

López Osorio, José Manuel: "Restauración de la torre de tapia calicastrada en el castillo de la Peza de Granada", testo non pubblicato, Universidad de Málaga 2008/III.

Mileto, Camilla & Vegas, Fernando: *Homo faber. Arquitectura preindustrial del Rincón de Ademuz*, Mancomunidad de Municipios del Rincón de Ademuz, Zaragoza 2008.

San Nicolás, Fray Lorenzo de: *Arte y uso de la arquitectura*. Ed.: Plácido Barco López, Madrid 1796. Reedición del Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón, Zaragoza 1989.

Vegas, Fernando; Mileto, Camilla & Zuccoloto, Marina: *Memoria construida. Arquitectura tradicional del Rincón de Ademuz*, ADIRA, Valencia, 2001.

Curriculum

Fernando Vegas (Ph. D., 2000) e Camilla Mileto (Ph. D., 2004) sono docenti della *Universidad Politécnica de Valencia, Escuela Técnica superior de Arquitectura* (Spagna). Sono editori della rivista *Loggia*, hanno realizzato numerose pubblicazioni sul tema di conservazione/restauro e hanno ricevuto numerosi premi internazionali per i loro progetti.

Valentina Cristini (Politecnico di Milano-Italia-2000-05) è architetto, ricercatrice e studente di dottorato della *Universidad Politécnica de Valencia*, dove collabora in progetti di restauro e conservazione presso l'*Istituto Restauración de Patrimonio*.