

M

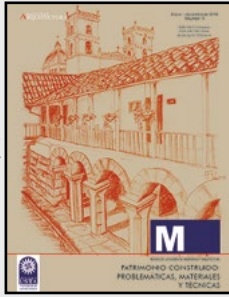
REVISTA DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

**PATRIMONIO CONSTRUIDO:
PROBLEMÁTICAS, MATERIALES
Y TÉCNICAS**

Revista M

Volumen 15
Enero-diciembre 2018
ISSN 1692-5114 Impreso
ISSN 2590-7883 Online
dx.doi.org/10.15332/rev.m

Patrimonio construido: problemáticas, materiales y técnicas
Portada:
Dibujo "Imagen colonial de Barichara", cortesía del Arq. Fabio Andrés Lizcano Prada para Revista M, 2018.



Directivos

Rector Seccional Universidad Santo Tomás

Fray Érico Juan MACCHI CÉSPEDES, O. P.

Vicerrector Académico

Fray Oscar Eduardo GUAYÁN PERDOMO, O.P.

Vicerrector Administrativo-Financiero

Fray José Antonio GONZÁLEZ CORREDOR, O.P.

Decano División de Ingenierías y Arquitectura

Fray Jhon Alexander SÁNCHEZ BARRETO, O.P.

Decano Facultad de Arquitectura

Fabio Andrés Lizcano Prada, Arquitecto Mg

Editora

Ivonne Marcella Duque Estupiñán, Historiadora Mg.

Coordinación Editorial

Carlos Humberto Gómez Arciniegas, Arquitecto, Mg., Ph.D.

Editor invitado

Michele Paradiso, arquitecto
Universidad de los Estudios de Florencia, Italia

Comité Científico y Editorial

Fabio Restrepo Hernández, Arquitecto, Ph.D.
Universidad de los Andes, Colombia

Fernando Gaja i Díaz, Arquitecto, Ph.D.
Universidad Politécnica de Valencia, España

Michele Paradiso, Arquitecto
Universidad de los Estudios de Florencia, Italia

Andrés Satizábal Villegas, Arquitecto, Mg., Ph.D. (c)
Universidad Nacional de Colombia
Manizales, Colombia

Jorge Alberto Galindo Díaz, Arquitecto, Ph.D.
Profesor asociado Universidad Nacional
Manizales, Colombia

Verónica Mercedes Zagare, Arquitecta, Mg., Ph.D. (c)
Instituto Superior de Urbanismo, Territorio y Ambiente
Universidad de Buenos Aires, Argentina

Jemay Mosquera Téllez, Arquitecto Ph.D.
Profesor asociado Universidad de Pamplona
Pamplona, Colombia

Néstor José Rueda Gómez, Historiador, Ph.D.
Profesor investigador Universidad Santo Tomás
Bucaramanga, Colombia

Liliana Rueda Cáceres, Arquitecta, Mg, Dr (c)
Profesor investigador Universidad Santo Tomás
Bucaramanga, Colombia

Traducción Técnica

Carlos Humberto Gómez Arciniegas, Arquitecto, Mg., Ph.D.

Director Departamento de Publicaciones

Freddy Luis Guerrero Patarroyo

Directora Unidad de Investigación

Gloria Judith Palacio Osorio

Diseño y producción gráfica

Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga
CEDII - Centro de Diseño e Imagen Institucional

D. G. Olga Lucía Solano Avellaneda
Directora

C.S. María Amalia García Núñez
Corrección de estilo

M.P. Luis Alberto Barbosa Jaime
Diseño y diagramación

Impresión

División de Publicaciones
Universidad Industrial de Santander
Carrera 27 con calle 9ª, Ciudad Universitaria
Teléfono: (+57-7) 634 40 00 ext. 1109
Bucaramanga, Colombia

Facultad de Arquitectura
Universidad Santo Tomás, Colombia
Carrera 27 N° 180 – 395 Autopista Floridablanca
Correo electrónico: revistam@ustabuca.edu.co
Teléfono: 698 58 58 Ext. 6496
Bucaramanga, Colombia

Contenido

EDITORIAL

Michele Paradiso.....2 - 7

*La Chiesa di Santa Lucia di Guane - Barichara:
Analisi strutturale per la sua salvaguardia*
La iglesia de Santa Lucía de Guane - Barichara:
análisis estructural para su salvaguardia
Michele Paradiso, Chiara Bini, Natascia Crescenzi
Carlos Humberto Gomez Arciniegas.....8 - 27

La Basilica minore di Nuestra Señora del Socorro
e il suo grado di sicurezza strutturale
Basilica menor de Nuestra Señora del Socorro
y su grado de seguridad estructural
Michele Paradiso, Carlos Humberto Gómez Arciniegas.....28 - 47

*La Guadua e l'informale. La conoscenza strutturale e la qualificazione dei
materiali naturali nel barrio de invasión Nueva Esperanza,
Km 41, Manizales, Colombia*
Guadua e informalidad. El conocimiento estructural y la evaluación
de los materiales naturales en el barrio de invasión Nueva Esperanza,
km41, Manizales
Michele Paradiso, José Fernando Muñoz Robledo,
Bianca Galmarini, Valentina D'Ippolito.....48 - 69

*Usage of bamboo powder as an additive in adobe bricks and bamboo canes
frame for the reinforcement of adobe structure*
Uso del polvo de bambú como aditivo en ladrillos de adobe y entramados
de bambú para el refuerzo de estructuras en adobe
Michele Paradiso, Ricardo Alfredo Cruz Hernández, Francesca Bizzeti,
Antonio Farigu, Olimpia Lotti.....70 - 79

*Timber structural techniques from the dawn of the civilization to the ex-
pansion of cities in the XIX century in Europe and its colonies*
Técnicas estructurales en madera desde los albores de la civilización has-
ta el crecimiento de las ciudades europeas y sus colonias en el siglo XIX
Elena Perria....80 - 114

Guía para autores de artículos | 115 - 117

Authors guidelines for summiting articles | 118 - 120

Revista M es una publicación de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga. Con edición continua desde el 2003. Nace con el objetivo de proyectar en el escenario académico, el pensamiento y las acciones del quehacer profesional del oficio del arquitecto y de sus profesiones afines, mediante la publicación de resultados del ejercicio investigativo, analítico, crítico y propósito de este quehacer. Revista M está dirigida a un público conformado por profesionales y estudiantes del área de la arquitectura, el urbanismo y la planificación urbana y regional. Los artículos presentados son de responsabilidad exclusiva de sus autores, que han autorizado previamente su publicación en este medio, así como garantizar el carácter inédito de los mismos.

Es para mí un honor presentar el contenido de este número especial de Revista M, publicación de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga, número dedicado a algunos de los resultados obtenidos a través de la larga colaboración entre esta Facultad y la Escuela de Arquitectura y el Departamento de Arquitectura (DiDA) de la Universidad de Florencia (UNIFI), Italia. Se puede afirmar que con esta edición especial se celebran 10 años de intensa colaboración académica y científica entre las dos instituciones. Personalmente, tengo el honor de ocupar, en nombre de mi Departamento DiDA, el cargo de referente internacional para los acuerdos de colaboración interuniversitaria con muchas universidades colombianas (Universidad Santo Tomás, Universidad Nacional de Colombia, Universidad de los Andes, Universidad Industrial de Santander, Universidad de Cartagena, Universidad Católica de Manizales), pero es la Santo Tomás de Bucaramanga con la primera que se iniciaron una serie de reciprocidades que dieron lugar a la más proficua colaboración.

Nada se hubiese logrado hace diez años, cuando iniciamos, sin el apoyo de algunas personas de la USTABUCA, que pasaron de ser colegas a grandes amigos míos; entre estas la anterior decana Arq. Claudia Patricia Uribe Rodríguez y los arquitectos Carlos Humberto Gómez Arciniegas y Eneyda Abreu Plata. Estoy particularmente agradecido con Claudia Uribe por el impulso dado y la colaboración durante el período en que fue decana de la Facultad de Arquitectura, impulso que ahora advierte el actual decano Arq. Fabio Andrés Lizcano Prada, una productiva línea de continuidad.

En términos de movilidad estudiantil, la Escuela de Arquitectura de Florencia presenta notables indicadores, ya que en la última década, un total de 45 estudiantes de USTABUCA han cursado estudios durante un año académico en Florencia para profundizar sobre problemas de conservación del patrimonio histórico construido, historia de la arquitectura renacentista florentina y diseño integrativo. Algunos de ellos han tenido también la oportunidad de realizar sus prácticas profesionales de pregrado en Florencia en la Superintendencia Local de Bellas Artes. Estos, a su vez, motivo común de orgullo, han proseguido su formación accediendo a cursos europeos de maestría sobre conservación del patrimonio cultural.

De igual forma, la colonia de estudiantes florentinos que han pasado un semestre completo en la USTABUCA ha sido bastante nutrida, ya sea para matricularse en cursos específicos que cuentan con el reconocimiento de los créditos correspondientes en la Universidad de Florencia como para trabajar en su tesis de grado, generalmente en temas colombianos relacionados con el patrimonio histórico construido. Otros, simplemente aprendieron a conocer y apreciar la cultura colombiana, participando en una “Cátedra Viajera”, componente del Seminario que desarrollo en Florencia, titulado Materiales y Técnicas Constructivas en América Latina, con la finalidad de promover un diálogo intercultural. Durante los últimos dos años, nuestra alma máter florentina ha promovido la colaboración con universidades no europeas mediante la apertura del programa “Erasmus Extra UE”, que otorga becas para sufragar los gastos de viaje y alojamiento para estudiantes aventajados de la Escuela de Arquitectura de Florencia. Por este motivo, se distribuyeron becas a destinos en todo el mundo fuera de Europa. En este sentido, es importante recordar que en 2018 el mayor número de becas, diez en total, fueron concedidas a estudiantes que escogieron la Santo Tomás como destino académico. En los últimos años, el número de estudiantes florentinos que simplemente han visitado o pasado períodos más largos en Bucaramanga oscila alrededor de 60.

La movilidad docente de UNIFI hacia Bucaramanga también ha tenido lugar durante largos períodos con la figura de profesor visitante, impartándose cursos en español (Elena Perria, Paolo Costa, Michele Paradiso). A esto se suman visitas de corta duración para hacer seguimiento tutorial a tesis de grado, participación en conferencias y seminarios locales y otras actividades ligadas a la investigación científica conjunta. Además, dado que el DiDA apoyó la creación de la Maestría en Ordenamiento Territorial (MOT), algunos docentes florentinos han participado en sus cohortes (Paolo Costa, Michele Paradiso). La siguiente meta mira hacia la nueva Maestría en Arquitectura, recientemente creada, la cual prevé en su plan de estudios temas sobre la Conservación del patrimonio histórico construido, por lo que se espera que esta se constituya como otro escenario de colaboración académica.

No menos activa se presenta la movilidad docente desde la Santo Tomás hacia UNIFI: evoco la llegada a UNIFI, en mayo de 2013, de un nutrido grupo de docentes colombianos que participó en un seminario conjunto USTABUCA-DiDA sobre temas afines de investigación; la visita de cortesía del Padre Rector General a nuestro Rector en septiembre de 2013, así como viajes frecuentes del colega y referente para el acuerdo de colaboración académica con USTABUCA, Carlos Gómez Arciniegas. En mayo de este año, el DiDA acogió también el Vicerrector Académico de la USTABUCA, Fray Oscar Eduardo Guayán Perdomo, O.P.

Lejos de ahondar en detalles relativos a las innumerables actividades académicas realizadas en común, es importante mencionar el apoyo de la USTABUCA y el DiDA al tema de la Escuela Normal Superior de Bucaramanga, dirigida en ese momento por la Dra. Dora Herrera Anaya, para prevenir o mitigar el impacto negativo que habría causado sobre las áreas verdes del colegio la ejecución de la infraestructura vial diseñada por el Arq. Mazzanti (intercambiador del Mesón de los Búcaros). De igual manera, sobresale la participación conjunta por invitación de la Embajada de Italia en Bogotá al evento denominado “El día de Europa” (2014), una iniciativa de la Unión Europea dedicada a Europa en Colombia. El evento se llevó a cabo durante dos días en Bucaramanga, con la participación de expertos seleccionados por temáticas y provenientes de 17 embajadas europeas. A Italia se le encomendó el tema de la “Conservación del patrimonio histórico construido” y el DiDA involucró a la USTABUCA en la construcción de un interesante juego de roles participativos sobre el patrimonio histórico de Bucaramanga. Otra actividad de la que es imposible no hablar es la labor común para salvaguardar el centro poblado de Guane y su iglesia de la expansión del turismo agresivo de la cercana Barichara. Asimismo, merece una mención la batalla común en Bucaramanga por la restauración de la Casa Museo Bolívar, así como la cercana Iglesia de San Laureano. Más reciente, la protección de la Basílica Menor de Socorro o de las aldeas situadas en la cuenca del Cañón del Chicamocha.

Desde el año pasado, la colaboración DiDA - USTABUCA ha experimentado un importante salto de calidad, con un trabajo preliminar de un año, en colaboración con el arquitecto Carlos Humberto Gómez Arciniegas, y con el apoyo de las Direcciones DiDA y USTABUCA, mediante el cual se busca firmar un acuerdo para materializar el proyecto de doble titulación entre ambas facultades de Arquitectura. Se espera que a partir de septiembre de 2019 diez estudiantes colombianos y diez estudiantes florentinos puedan comenzar una estadía de un año en ambos lugares para obtener el doble título.

Retomando el presente número de la Revista M, su contenido presenta artículos relativos a algunas investigaciones comunes, algunas materializadas en trabajos de grado.

El primero, “La iglesia de Santa Lucía en Guane (Barichara): Análisis estructural para su salvaguarda” (Michele Paradiso, Carlos Humberto Gómez Arciniegas, Chiara Bini, Natascia

Crescenzi) quiere ser un homenaje a la historia de la colaboración. Expone los resultados del trabajo para la tesis de grado de dos estudiantes florentinas sobre el estado de degradación estructural de esta importante iglesia, monumento nacional, trabajo también incluido en la investigación conjunta para la conservación del centro poblado de Guane, en la cual participaron varios estudiantes colombianos, coordinado por Nahir Pabón Castro y Carlos Gómez Arciniegas.

El segundo, “La Basilica Menor de Nuestra Señora del Socorro y su grado de seguridad estructural” (Michele Paradiso, Carlos Humberto Gómez Arciniegas) aborda un tema aún actual: el estado de precariedad mecánica del edificio eclesiástico, afectado por un preocupante conjunto de lesiones, las cuales aún no han sido remediadas, prefiriendo soluciones extemporáneas y de “fachada”.

Sigue “La guadua y lo informal. Conocimiento estructural y cualificación de materiales naturales en el *barrio de invasión* nueva esperanza, km 41, Manizales, Colombia” (Michele Paradiso, José Fernando Muñoz Robledo, Bianca Galmarini, Valentina D’Ippolito), investigación aún en progreso, resultado de una colaboración triangulada con la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, que apoya el trabajo de los colegas de Manizales para llegar a la legalización de este “asentamiento espontáneo”, construido en una emergencia con cañas de guadua angustifolia.

En esta línea prosigue “El uso del polvo de bambú como aditivo en ladrillos de adobe y cañas de bambú para el refuerzo de estructuras en adobe” (Michele Paradiso, Ricardo Alfredo Cruz Hernández, Antonio Farigu, Olimpia Lotti), investigación experimental donde se muestra cómo usar el polvo de bambú como aditivo en el adobe, utilizando residuos del procesamiento de paneles de aglomerado de guadua, técnica que ofrece un alto rendimiento mecánico de resistencia a la compresión.

El último artículo, “Técnicas estructurales de la madera desde la alborada de la civilización hasta la expansión de las ciudades en el siglo XIX en Europa y sus colonias” (Elena Perria), es el resultado de un diálogo intercultural. Elena Perria, exprofesora de estructuras de madera en USTABUCA y ahora profesora en la Facultad de Ingeniería de la Technische Universität de Braunschweig en Alemania, se formó en la Escuela de Arquitectura de Florencia y posteriormente pasó varios períodos en Centroamérica estudiando la arquitectura colonial con todas sus acepciones.

¡No me resta más que desearles una buena lectura!

“Considerad vuestra simiente:
hechos no fuisteis para vivir como brutos,
sino para perseguir virtud y conocimiento”
(Dante Alighieri, *Infierno* XXVI).

Todas las cosas son hermosas por sí mismas,
y más hermosa aún se vuelven
cuando el hombre las aprende.
El conocimiento es vida con alas.
(Khalil Gibran).

Michele Paradiso
Departamento de Arquitectura
Universidad de los Estudios de Florencia, Italia

E' per me un onore introdurre qui il contenuto di questo numero speciale della "Revista M", pubblicazione della Facoltà di Architettura della Universidad Santo Tomás de Bucaramanga, numero dedicato ad alcuni risultati ottenuti durante la lunga collaborazione tra questa Facoltà e la Scuola di Architettura e il Dipartimento di Architettura (DiDA) dell'Università degli Studi di Firenze (UNIFI), Italia. Si può quasi affermare che con questo numero speciale si celebrano 10 anni di intensa collaborazione accademica e scientifica. Personalmente ho l'onore di ricoprire per conto del mio Dipartimento DiDA l'incarico di Referente per gli accordi di collaborazione interuniversitaria con molte Università Colombiane (Universidad Santo Tomás, Universidad Nacional de Colombia, Universidad de Los Andes, Universidad Industrial de Santander, Universidad de Cartagena, Universidad Católica de Manizales), ma certamente la Santo Tomás di Bucaramanga è stata la prima, risultando certamente fra tutte la più proficua nella collaborazione. Quando abbiamo iniziato, dieci anni fa, nulla si sarebbe ottenuto se non fosse stato per alcune persone della USTABUCA, allora semplici colleghi ed ora per me amici fraterni; voglio citare tra questi la precedente Decana Arq. Claudia Patricia Uribe Rodríguez, l'Arq. Carlos Humberto Gómez Arciniegas, l'Arq. Eneyda Abreu Plata. Sono particolarmente grato a Claudia Uribe per l'impulso dato a questa collaborazione nel periodo in cui è stata Preside della Facoltà di Architettura, impulso che vede ora, con l'attuale decano Arq. Fabio Andres Lizcano Prada, una proficua linea di continuità.

In termini di mobilità studentesca, la Scuola di Architettura di Firenze ha al suo attivo, nell'ultimo decennio, un totale di 45 studenti della USTABUCA, presenti per un anno in Firenze per approfondire le tematiche della conservazione del Patrimonio Storico Costruito, della Storia dell'Architettura del Rinascimento Fiorentino, della Progettazione Integrata. Alcuni hanno anche avuto la possibilità di svolgere a Firenze il Tirocinio Pre-Laurea presso la locale Soprintendenza alle Belle Arti. Questi stessi, ed è questo comune motivo di orgoglio, sono ora impegnati, una volta laureati, a seguire corsi di Master in Europa sulla Conservazione dei Beni Culturali.

Ma è stata anche nutrita la colonia di studenti fiorentini che hanno trascorso un intero semestre presso la USTABUCA, sia per seguire specifici corsi che avessero il riconoscimento in Firenze dei corrispettivi crediti formativi, sia per lavorare alla propria tesi di laurea, generalmente su temi colombiani relativi al Patrimonio Storico Costruito. Altri semplicemente hanno imparato a conoscere e ad apprezzare la cultura colombiana, partecipando ad una Cátedra Viajera, all'interno del Seminario da me tenuto in Firenze, dal titolo Materiali e tecniche costruttive dell'America Latina per il dialogo interculturale. Da due anni il nostro Ateneo Fiorentino ha voluto dare impulso alla collaborazione con Università non europee aprendo il programma Erasmus Extra UE, che assegna borse di studio per supportare spese di viaggio e soggiorno a studenti meritevoli della Scuola di Architettura di Firenze. Per tale motivo, sono state distribuite borse verso destinazioni di tutto il mondo extraeuropeo. A riguardo, è significativo ricordare che nel 2018 alla Santo Tomás è stato assegnato il numero più alto di borse, ben dieci. Negli ultimi anni si può fissare in circa 60 il numero di studenti fiorentini che hanno semplicemente visitato o trascorso periodi sostanziosi a Bucaramanga.

La mobilità docente verso Bucaramanga si è principalmente sostanziata in alcuni lunghi periodi come visiting professor, durante i quali sono stati tenuti corsi di insegnamento in spagnolo (Elena Perria, Paolo Costa, Michele Paradiso), ma anche in visite di più breve periodo, per tutorare attività connesse allo svolgimento di tesi di laurea, partecipazione a congressi e seminari locali, svolgere attività in presenza in ricerche scientifiche in comune.

Inoltre essendo il DiDA patrocinatore fin dalla sua fondazione della locale Maestria en Ordenamiento Territorial (MOT), alcuni docenti fiorentini hanno coordinate cohorti di insegnamento in presenza (Paolo Costa, Michele Paradiso). La speranza è che anche nel nuovo Master appena annunciato, Maestria en Arquitectura, che prevede un curriculum sulla Conservazione del Patrimonio Storico Costruito, la presenza fiorentina possa essere di aiuto e collaborazione.

Non meno attiva la mobilità docente dalla Santo Tomás a UNIFI: ricorderò la visita di un nutrito gruppo di docenti colombiani nel maggio del 2013, partecipando a un seminario congiunto USTABUCA-DiDA su tematiche di ricerca comuni, la visita di cortesia del Padre Rector General al nostro Rettore nel settembre del 2013, frequenti visite del collega referente dell'accordo per la USTABUCA, Carlos Gómez Arciniegas. Nel maggio di quest'anno il DiDA ha ricevuto la importante visita del Vicerrector Académico della USTABUCA, Fray Oscar Eduardo Guayán Perdomo O.P.

Senza entrare nel dettaglio del racconto delle tante attività accademiche svolte in comune, vorrei ricordare il sostegno della USTABUCA e del DiDA al tema de la Escuela Normal Superior di Bucaramanga, allora diretta dalla Dra. Dora Herrera Anaya, per impedire o mitigare le conseguenze negative sul giardino di quel collegio dall'intervento infrastrutturale progettato dall'Arq Mazzanti (intercambiador del Mesón de los Búcaros), o la partecipazione congiunta su invito dell'Ambasciata di Italia in Bogotá all'evento denominato "El día de Europa" (2014), iniziativa dell'Unione Europea dedicata all'Europa in Colombia. L'evento si svolse per due giorni proprio a Bucaramanga, con la partecipazione di esperti indicati, tematica per tematica, da ben 17 Ambasciate europee. All'Italia fu affidato il tema della Conservazione del Patrimonio Storico Costruito e il DiDA coinvolse proprio la USTABUCA costruendo un interessante gioco di ruoli partecipato sul patrimonio storico di Bucaramanga. Un'altra attività della quale è impossibile non parlare è quella del lavoro comune per salvaguardare la Chiesa e il paesino di Guane dall'espansione del turismo aggressivo della vicina Barichara. O la battaglia comune in Bucaramanga per il consolidamento dell'edificio denominato Casa Museo Bolivar, oltreché la vicina Chiesa di San Laureano. Più recentemente per la salvaguardia de la Basilica Minore di Socorro o dei paesini al fondo del Cañon de Chicamocha.

Dall'anno scorso la collaborazione DiDA - USTABUCA sta vivendo un importante salto di qualità: con un lavoro istruttorio durato un anno, in collaborazione con l'Arq, Carlos Humberto Gomez Arciniegas, e con l'appoggio delle Direzioni del DiDA e della USTABUCA si sta arrivando alla firma del protocollo d'intesa per il doppio titolo di laurea in Architettura. Si spera che già dal settembre 2019 dieci studenti colombiani e dieci studenti fiorentini possano iniziare un soggiorno di un anno presso entrambi le sedi per arrivare alla doppia laurea.

Tornando al presente numero della Revista M questo contiene articoli riferiti ad alcune ricerche comuni, che siano state o no occasioni per tesi di laurea.

Il primo, "La chiesa di Santa Lucia Di Guane - Barichara: Analisi strutturale per la sua salvaguardia" (Michele Paradiso, Carlos Humberto Gomez Arciniegas, Chiara Bini, Natascia Crescenzi) vuole essere un omaggio alla storia della collaborazione. Espone i risultati del lavoro per la tesi di laurea di due studentesse fiorentine sullo stato di degrado strutturale di questa importante chiesa, monumento nazionale, lavoro peraltro inserito nella ricerca congiunta per la conservazione del poblado di Guane, cui parteciparono molti studenti colombiani, coordinato da Nahir Pabón Castro e da Carlos Gómez.

Il secondo, “La Basilica Minore di Nuestra Señora del Socorro e il suo grado di sicurezza strutturale” (Michele Paradiso, Carlos Humberto Gómez Arciniegas) entra in un tema ancora attuale: lo stato di precarietà meccanica dell’edificio ecclesiastico, percorso da un insieme preoccupante di lesioni, al quale non si è riusciti ancora a porre rimedio, preferendo soluzioni estemporanee e “di facciata”.

A seguire, “La guadua e l’informale. la conoscenza strutturale e la qualificazione dei materiali naturali nel *barrio* de invasión Nueva Esperanza, km 41, Manizales, Colombia” (Michele Paradiso, José Fernando Muñoz Robledo, Bianca Galmarini, Valentina D’Ippolito), ricerca ancora in corso, è il frutto di una collaborazione triangolata con la Facultad de Arquitectura della Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, e appoggia il lavoro dei colleghi di Manizales per arrivare alla legalizzazione di questo “asentamiento espontáneo”, costruito in modo emergenziale con culmi di guadua agustofolia.

Ancora, “Usage of bamboo powder as an additive in adobe bricks and bamboo canes frame for the reinforcement of adobe structure” (Michele Paradiso, Ricardo Alfredo Cruz Hernandez, Antonio Farigu, Olimpia Lotti), è una ricerca a carattere sperimentale dove si dimostra come additivare l’adobe con polvere di bambù, scarto della lavorazione di pannelli di truciolare di guadua, porta prestazioni meccaniche di resistenza alla compressione inaspettatamente alte.

L’ultimo articolo, “Timber structural techniques from the dawn of the civilization to the expansion of cities in the XIX century in Europe and its colonies” (Elena Perria), è il risultato di un dialogo interculturale. Elena Perria, già docente di Strutture in legno alla USTABUCA e ora docente alla Facoltà di Ingegneria della Technische Universität di Braunschweig in Germania, si è formata alla Scuola di Architettura in Firenze e successivamente ha trascorso vari periodi in Centro America studiando l’architettura coloniale in tutte le sue accezioni.

Non mi rimane, dunque, che augurarvi buona lettura!!

Considerate la vostra semenza:
fatti non foste a viver come bruti,
ma per seguir virtute e conoscenza
(Dante Alighieri, Inferno XXVI)

Tutte le cose sono belle in sé,
e più belle ancora diventano
quando l’uomo le apprende.
La conoscenza è vita con le ali.
(Khalil Gibran)

Michele Paradiso
Departamento de Arquitectura
Universidad de los Estudios de Florencia, Italia

LA CHIESA DI SANTA LUCIA DI GUANE - BARICHARA: ANALISI STRUTTURALE PER LA SUA SALVAGUARDIA*

Michele Paradiso ** - Università degli Studi di Firenze, Italia

Chiara Bini *** - Italia

Natascia Crescenzi **** - Italia

Carlos Humberto Gomez Arciniegas ***** - Universidad Santo Tomás, Colombia



Strade di Guane, Santander (Colombia)

Fonte: Autori, 2013.

* Articulo de investigación. Conservazione del patrimonio storico costruito latinoamericano. Dipartimento di Architettura, DiDA – Università degli Studi di Firenze (Italia).

** Profesor asociado de Rehabilitación Estructural de Patrimonio Histórico Construido, Departamento de Arquitectura, DiDA - Universidad de los Estudios de Florencia, Italia; miembro de: Icomos-Cuba; IcoFort/Icomos; Iscarsah/Icomos. Lleva 40 años investigando sobre el comportamiento estructural de arcos y bóvedas de mampostería, y además en técnicas sustentables de consolidación de monumentos históricos. Correo electrónico: michele.paradiso@unifi.it

*** Arquitecta por la Universidad de los Estudios de Florencia (Italia). Después de su trabajo de grado, trabajó en la ONG Medina - Asociación para la Cooperación entre los Pueblos, específicamente en el proyecto Ciudad y Mujeres, "Enfoque de género en la planificación urbana y en la gestión del territorio", financiado por la Unión Europea. Posteriormente, trabajó para la empresa Acuarela en Bucaramanga (Santander), realizando un estudio de las características estéticas de la arquitectura colonial de la región con miras a posteriores procesos de planificación en la Mesa de Los Santos. A su regreso en Italia, laboró en trabajos de levantamiento arquitectónico y de investigación en el Castillo Mediceo de Cafaggiolo en la ciudad Barberino del Mugello (provincia de Florencia). Actualmente se dedica a la restauración de edificios históricos. Correo electrónico: chiara3ini@gmail.com

RIASSUNTO

L'articolo si riferisce allo stato di degrado strutturale della Chiesa di Santa Lucia, in Guane, Comune di Barichara, nel Dipartimento di Santander (Colombia). Lo studio fu effettuato negli anni 2012-2013 in collaborazione con la Facoltà di Architettura dell'Universidad Santo Tomás, sede Bucaramanga. E' stata applicata la metodologia tipica indicata dalle Carte Internazionali del Restauro di ICOMOS-UNESCO. Il quadro fessurativo, complesso e preoccupante, che presentava la Chiesa, Monumento Nazionale, alla data della presa in carico del lavoro, è conseguente al cedimento verticale delle fondazioni, peraltro molto scarse, dell'angolata destra in facciata principale. Lo studio che qui si presenta indica le soluzioni di messa in sicurezza dell'edificio e le ipotesi di massima per un suo consolidamento, con tecniche non invasive. L'occasione di questo racconto è per gli autori, anche l'occasione per riflettere sulle dinamiche di gestione a livello nazionale, della conservazione del patrimonio storico costruito. Dinamiche che appaiono lente, estremamente burocratizzate e accompagnate da scarso dialogo tra le istituzioni preposte alla salvaguardia del bene storico. Il lavoro si è poi concretizzato, per le due coautrici, nella loro tesi di laurea in architettura, discussa presso la Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze nell'a.a. 2012-2013.

PAROLE CHIAVE

Conservazione, Guane, meccanismi di collasso, restauro, cedimento del suolo.

LA IGLESIA DE SANTA LUCÍA DE GUANE - BARICHARA: ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA SU SALVAGUARDIA



Interior de la Iglesia de Santa Lucía. Guane, Santander (Colombia)
Fuente: Autori, 2013.

RESUMEN

El artículo se refiere al estado de deterioro estructural de la iglesia de Santa Lucía, en Guane, municipio de Barichara, en el departamento de Santander (Colombia). El estudio se llevó a cabo en los años 2012-2013 en colaboración con la Facultad de Arquitectura de la Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga. Se aplicó la metodología típica indicada por las “Cartas Internacionales de la Restauración ICOMOS_UNESCO”. El conjunto de grietas, complejo y preocupante, que sufre la iglesia, Monumento Nacional, a la fecha de hacerse cargo del estudio, es como consecuencia de la subsidencia vertical de las cimentaciones, que son muy escasas, empezando por la esquina derecha de la fachada principal. El estudio presentado aquí indica las soluciones para poner en seguridad estructural al edificio y las hipótesis para una primera idea de consolidación estructural, utilizando técnicas no invasivas. Este estudio es también para los autores una oportunidad para reflexionar sobre la dinámica de la gestión, a nivel nacional, de la conservación del patrimonio histórico construido. Dinámicas que parecen lentas, extremadamente burocráticas y acompañadas por un diálogo deficiente entre las instituciones responsables de salvaguardar el patrimonio histórico. La investigación se materializó en cierta manera gracias al trabajo de las dos coautoras, en su tesis de grado en Arquitectura, en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Florencia en 2012-2013.

PALABRAS CLAVE

Conservación, Guane, mecanismos de colapso, restauración, subsidencia del suelo.

**** Arquitecta por la Universidad de los Estudios de Florencia (Italia). Su trabajo de grado lo realizó sobre el estado estructural y de conservación de la Iglesia de Santa Lucía, en Guane (Santander). El trabajo de campo allí realizado le sirvió para adquirir mayor experiencia en la restauración y conservación de edificios históricos. Actualmente trabaja en la Asociación Cultural Controchiave en Roma. Correo electrónico: natascia.crescenzi@stud.unifi.it

***** Arquitecto por la Universidad Santo Tomás Bucaramanga (Colombia); especialista en Planificación del Territorio para el Desarrollo - Politécnico di Milano (Italia) - Université de Paris I, Pantheon-Sorbonne, Paris (Francia); MSc en Relaciones Internacionales y Estudios Estratégicos con énfasis en Políticas de Desarrollo - Lancaster University (Inglaterra), y PhD en Planificación Urbana, Territorial y Ambiental - Politécnico di Milano (Italia). Docente investigador, líder de la línea de investigación en Planificación y Gestión del Territorio, adscrita al grupo de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Santo Tomás Bucaramanga (Colombia). Correo electrónico: carlos.gomez@ustabuca.edu.co

INTRODUZIONE

Nel novembre del 2011 il Prof. Michele Paradiso, docente del Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze – Italia e referente dell'accordo di collaborazione interuniversitaria con la Facoltà di Architettura della Universidad Santo Tomás di Bucaramanga, fu invitato dai direttivi locali a trascorrere una settimana di studio a Bucaramanga. Una delle prime occasioni per conoscere il patrimonio storico di Santander, fu la visita a Barichara, e poi al paesino di Guane, visita condivisa con l'allora Preside della Facoltà di Architettura, Architetta Claudia Patricia Uribe Rodriguez. Era interesse della *Decana* coinvolgere il Dipartimento fiorentino, in una collaborazione internazionale volta alla salvaguardia sia della Chiesa di Santa Lucia, sia dell'intero *poblado*. Con i docenti colombiani, componenti il gruppo di studio, denominato *Linea de Patrimonio*, ci si sarebbe occupati di preparare la documentazione necessaria affinché venisse elevata al rango di Monumento Nacional, non solo la Chiesa, che già lo era, ma tutto il paesino. La Chiesa di Guane però soffriva di un importante quadro fessurativo, che ne minacciava la stabilità statica, particolarmente nella zona della cappella del *Niño Jesús*, a destra dell'ingresso. Profonde lesioni evidenziavano già il distacco della cappella dal corpo di fabbrica principale ed era urgente mettere mano ad uno studio approfondito. Questo fu assunto in carico dalla componente fiorentina, mentre la componente docente locale, corroborata da propri studenti, si sarebbe occupata degli aspetti urbanistici, architettonici e ambientali di Guane. Nel gennaio del 2012 arrivò la notizia che una forte pioggia aveva fatto crollare il tetto ligneo della cappella *Niño Jesús*, mettendo in serie ambasce il Parroco. Fu così che nel maggio del 2012 un gruppo di nove studenti fiorentini e il docente succitato, sbarcarono a Guane per iniziare gli studi. Natascia Crescenzi e Chiara Bini decisero che il tema della Chiesa di Santa Lucia di Guane sarebbe stato oggetto della loro tesi di laurea in Architettura. E rimasero a Guane più di tre mesi. Quello che segue è un documento il cui fulcro principale è il risultato dei loro studi e del supporto degli accademici preoccupati per la salvaguardia del patrimonio di Santander.

ASPETTI STORICI, URBANISTICI E ARCHITETTONICI

La chiesa di Santa Lucia a Guane nasce come *iglesia doctrinal* con funzione di centro di colonizzazione, tramite la religione cattolica, del popolo indigeno nativo dell'area centrale del Santander. Quest'opera fu molto ambiziosa se si paragona alle dimensioni ridotte dell'attuale villaggio di Guane, costituito da una decina di *cuadras* e poche centinaia di abitanti (Arenas, 2004). Non ci sorprende, invece, se pensiamo che tra i secoli XVI e XVIII Guane, o meglio Moncora, come veniva chiamato allora, era uno dei principali *pueblos de indios* fondati dai conquistatori spagnoli. Gli spagnoli crearono forzatamente centri di congregazione di etnie aborigene differenti andando a distruggere completamente la cultura urbana, gli usi e i costumi autoctoni e imponendo abitudini culturali e alimentari europee (Ibañez, 2004). Gli indigeni vivevano di pesca e costruivano le loro case sui margini dei fiumi, non erano abituati a vivere in centri urbani densi "... *no era costumbre de los aborígenes vivir agrupados en núcleos urbanos...*" (Ardila, 2005).

I *pueblos* venivano fondati a partire dalla piazza centrale nella quale si ergeva una croce, a seguire si tracciavano le *cuadras*, isolati che rispondevano al rigido disegno del cardo e decumano. Analizzando la distribuzione degli abitanti nella matrice geometrica ci si poteva fare un'idea dello status sociale delle famiglie che la occupavano: le case costruite intorno alla piazza principale appartenevano ad abitanti di prestigio, spesso con incarichi pubblici, via via che ci si allontanava dal centro scendeva il ceto sociale del quale si faceva parte (Ribero, 1986). Nonostante Guane e Barichara siano stati fondate su una topografia che presenta una notevole pendenza, la loro trama urbana segue perfettamente la rigida maglia ortogonale non preoccupandosi delle caratteristiche morfologiche naturali del suolo (Fig. 1, 2).



Figure 1. *Impianto urbano del poblado de Guane*
 Fonte: *Elaborazione grafica degli autori.*



Figure 2. *Foto aerea della città di Barichara*
 Fonte: *Google Earth, 2018.*

Il paese di Guane, insieme alla vicina cittadina di Barichara, si è mantenuto quasi inalterato nel tempo grazie al suo isolamento dalle principali vie di comunicazione. Qui possiamo ancora trovare gli elementi tipici dell'architettura coloniale colombiana: l'alto marciapiede in pietra, basamento che dava importanza estetica alla costruzione e nello stesso tempo riparava dalle acque meteoriche che scorrevano nelle strade non essendoci un sistema di fognatura; lo zoccolo dipinto, parte bassa delle murature probabilmente anche questo a protezione della pioggia per evitare il dilavamento dell'intonaco bianco in calce e paglia ed infine la copertura in bambù e tegole che non presentava elementi di raccolta delle acque, ma la funzione di allontanamento di queste era svolta dalla morfologia con falda a doppia pendenza (Fig. 3) (Silvarangel, 2001).

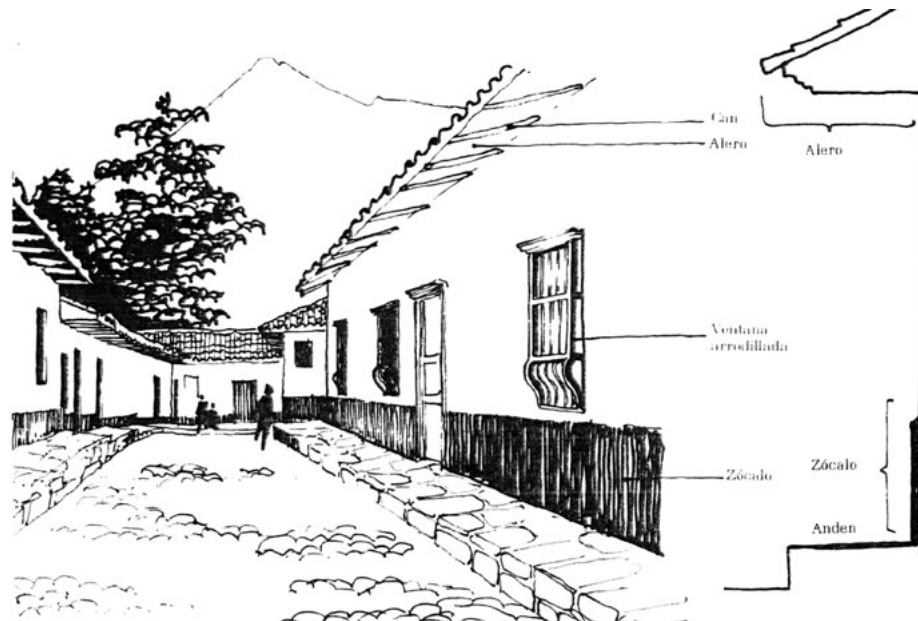


Figure 3. Schizzo di una tipica stradina di Guane
 Fonte: Elaborazione grafica degli autori, 2013.

Fu Padre Alonso Ortíz Galeano agli inizi del 1600 ad occuparsi della costruzione della prima chiesa di cui si hanno testimonianze, ubicata a lato della casa curial dove sorge l'attuale museo della civiltà Guane. L'edificio si presentava "de paja y bahareque de barro y caña, de tres naves y estantillos, con dos ventanas de verjas de madera y otras de verjas de cañas" (Arenas, 2004). Nel secolo successivo Padre Francisco Basilio de Benavides, intellettuale con titolo di dottore conseguito all'Università di Santa Fe, contribuì in maniera decisiva nel dotare Guane di una nuova chiesa, sempre nello stesso sito della prima, con copertura in travi di legno, tegole e pareti intonacate di bianco "poniendoy de mi parte todas las vigas, toda la taxa, la cal para el blanqueado y muchas piedra labradas para el pretil de que se circunvaló" (Arenas, 2004).

Nel 1781 iniziarono i lavori di edificazione dell'attuale *templo* che aveva cambiato ubicazione rispetto ai precedenti, erigendosi al centro del lotto sud della grande piazza centrale del paese, occupandone quasi tutta la *quadra*. La particolarità della sua ubicazione è legata probabilmente, oltre a ragioni culturali, alla presenza di un dislivello che permette, così, alla chiesa di dominare dall'alto l'intero paese. Nel 1816 ci sono testimonianze del completamento dell'opera nella sua *obra negra*, cioè nei suoi elementi principali. Sinteticamente, queste le tappe principali (Pbro. Carreño, 2010):

1. 1602: ricostruzione della cappella innalzata dai primi missionari
2. 1761 e 1778: l'edificio viene descritto nelle cronache storiche come "edificio debil, ruinoso, y de corta extension"
3. 1781: viene concesso il permesso per la costruzione di una nuova chiesa
4. 1786: iniziano i lavori di edificazione della chiesa di Santa Lucia
5. 1874: prima messa in sicurezza (campanile a vela)
6. 1960: primo restauro
7. 1970: vengono notate le prime lesioni

RILEVAMENTO METRICO DELL'IMPIANTO ARCHITETTONICO E INDIVIDUAZIONE DELLE PATOLOGIE DI DEGRADO MATERICO E STRUTTURALE

Per impostare e organizzare correttamente le fasi di rilievo della chiesa che hanno preceduto l'analisi del degrado materico e strutturale portando alla formulazione di una ipotesi di consolidamento, è stata indispensabile una prima ricognizione del luogo, correlata da un'accurata campagna fotografica e da considerazioni scritte e grafiche che permettessero di comprendere meglio le problematiche e la complessità dell'intervento (Francesci, Germani, 2012).

A questo riguardo, il 27 maggio 2012, è stato effettuato un sopralluogo con l'allora parroco di Guane Padre Daniel Carreño Sarmiento, la Preside di allora della Facoltà di Architettura dell'Universidad Santo Tomás di Bucaramanga, Arch. Claudia Uribe, con i docenti Architetti Carlos Gómez Arciniegas, Nahir Pabón Castro, Eneida Abreu Plata, Maria Fernanda Reyes Rodriguez, oltre che al Prof. Arch. Michele Paradiso, *visiting professor* alla USTABUCA del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze. Il sopralluogo ha permesso la raccolta di informazioni di base sulle fasi costruttive della chiesa e sui principali problemi manifestatisi fino a quel momento.

Il rilevamento metrico è proceduto tramite la metodologia tradizionale, iniziando dal tracciamento del piano ideale orizzontale di riferimento, sia all'esterno che all'interno dell'edificio, in maniera da poter svolgere un rilievo georiferito del terreno e della chiesa. La seconda operazione eseguita è stata quella di definizione della pianta dell'edificio rendendola misurabile attraverso l'operazione di trilaterazione, interna ed esterna, a quota del piano di riferimento. Le misure raccolte durante la campagna di rilievo in loco sono state successivamente riportate in AutoCad, ottenendo così la pianta interna ed esterna della navata centrale e delle quattro cappelle inoltre allo spessore dell'apparato murario. Una volta disegnata la pianta si è proceduto con le coltellazioni verticali, verso il basso per definire l'andamento del pavimento e del terreno e verso l'alto per definire l'altezza dell'edificio. È stata posta particolare attenzione all'identificazione di eventuali fuori piombo delle pareti, sia interni che esterni. Eccezione al metodo è stata fatta per il rilevamento del campanile a vela, il quale, essendo di difficile accessibilità è stato calcolato attraverso il rilievo fotografico (Fig. 4).

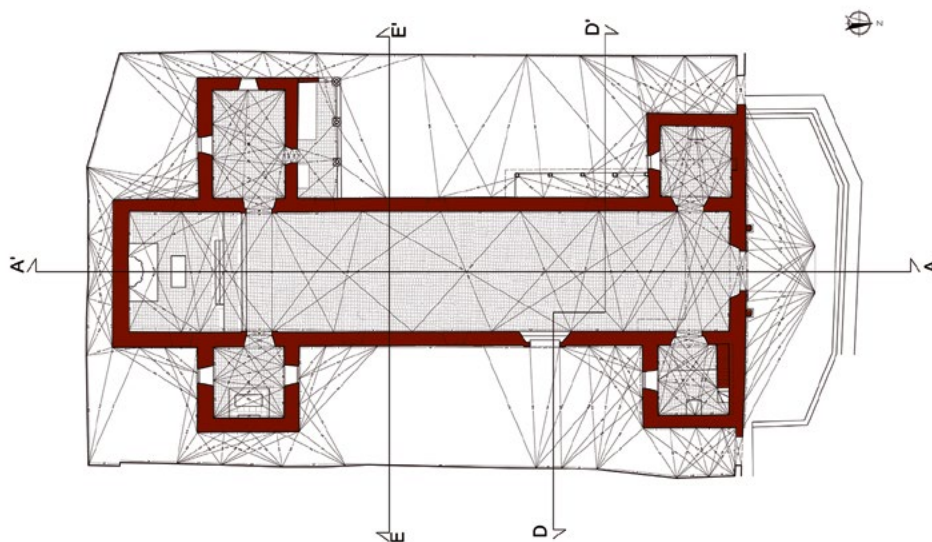


Figure 4. Pianta della Chiesa, trilaterazioni
Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

È stata individuata, di seguito al rilievo, la stratigrafia delle fasi costruttive attraverso l'ausilio della documentazione storica, oltre che all'osservazione diretta, evidenziando le fasi di modificazione dell'edificio con gli interventi di sostituzione o sovrapposizione succedutisi nel tempo insieme alle diversità formali che ne sono conseguite. L'edificio si presenta come un enorme parallelepipedo rettangolare al quale si aggiungono quattro annessi, molto probabilmente di epoche più recenti rispetto al corpo centrale. L'entrata alla navata avviene tramite il portone che si apre sulla piazza, ma è presente anche un'altra entrata situata lateralmente sul fronte est. La nave presenta una dimensione di circa 9 m x 45 m, con un'altezza di 11 m; nella parte absidale si nota un innalzamento del livello del piano di calpestio ed anche dell'altezza della copertura, apprezzabile anche dall'esterno attraverso la relazione dei volumi. La facciata prospiciente l'ampio sagrato ha un fronte simmetrico con un'esile campanile a vela. L'entrata presenta un arco a tutto sesto leggermente rialzato sormontato da una bifora, che illumina il coro, non perfettamente in asse con il centro dell'arco sottostante.

A destra della facciata si trova la cappella del *Niño Jesús* di pianta quadrangolare di circa 5,4 m x 5,4 m. Risulta la parte della chiesa più vulnerabile. La cappella della *Niña María* si trova sul lato sinistro della nave specularmente a quella del *Niño Jesús* e porta attraverso una scala ad accedere al coro. La Sagrestia si apre sul lato destro della navata in corrispondenza del presbiterio e presenta un passaggio alla *ronda*, la parte esterna, tramite un piccolo portico con colonne in stile neoclassico. Infine la cappella della Santa Lucia, cui è dedicata la Chiesa, è ubicata simmetricamente rispetto alla Sagrestia (Figure 5, 6, 7, 8, 9, 10).

L'apparecchiatura muraria della nave e delle cappelle ha uno spessore medio di 120 cm ed è realizzata a sacco con il confinamento verticale in pietra *caliza*, calcarenite lavorata in grossi blocchi, e il riempimento in inerti e materiale di risulta. La struttura della muratura a causa della sua composizione e apparecchiatura non ha mai un comportamento monolitico; essa infatti tende ad essere tripartita a causa della malta di riempimento del sacco che non riesce a dare un sufficiente legame diatonico con i paramenti esterni. Inoltre dal punto di vista statico il materiale inerte all'interno delle pareti non ha nessuna resistenza strutturale e la capacità portante viene del tutto svolta dalle due *folii* laterali in pietra (Cigni, 1978). La copertura a capanna della navata conserva lo stile più antico, con travi di bordo, arcarecci e *cielo raso*, controsoffitto. La stessa è resa non spingente, o perlomeno tenta di esserlo, attraverso l'uso di tiranti di piano in legno. Le coperture dei quattro corpi laterali sono a semplice falda inclinata o a doppia falda. Tutti gli elementi in legno sono appena sbozzati e alcuni tiranti di piano appaiono come veri e propri tronchi dal profilo irregolare, appena trattati e posti in opera. Ciò rende l'atmosfera particolarmente suggestiva. La tecnica utilizzata per la costruzione della copertura è chiamata *par y nudillo*, e consta dell'uso di coppie di travi che vengono disposte secondo la pendenza del tetto, unite superiormente da una trave di colmo chiamata *hiler* o *cumbrera*, e inferiormente incastrate ad un'altra trave in legno chiamata *solera*, che a sua volta è tenuta ferma da un'ulteriore trave che svolge la funzione di tirante, denominata *estribo*. Posta in opera questa armatura principale, si possono montare i piccoli tiranti orizzontali chiamati *nudillos*, che nel nostro caso vanno a costituire la struttura del *cielo raso*. Questo tipo di struttura assicura una maggiore resistenza della copertura, dovuta alla rigidità che apporta a tutto il sistema l'elemento del *nudillo* (Ciaccia, 2003). I problemi e la vulnerabilità di questo tipo di coperture sono dovuti alle vulnerabilità meccaniche del legno, non perfetta messa in opera dell'orditura e alle dimensioni degli stessi elementi, caratteristiche, queste, che possono creare problemi di precario equilibrio statico e portare al collasso la struttura (Mastrodicasa, 1974).

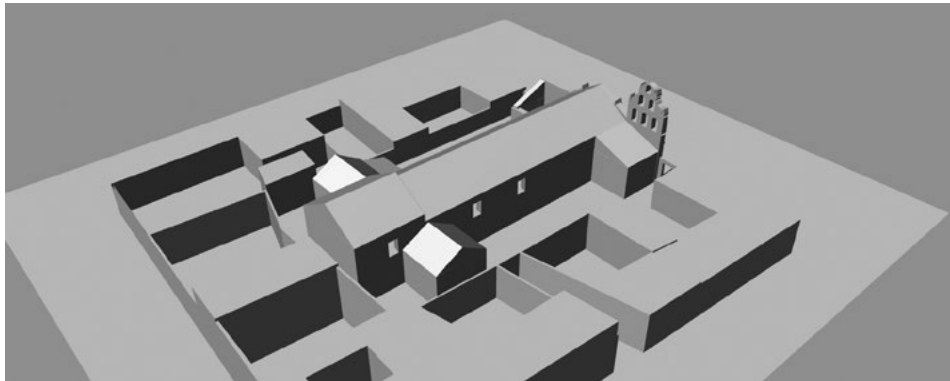


Figure 5 e 6. *Modello 3d della Chiesa e del suo intorno*
Fonte: *Elaborazioni grafiche degli autori.*



Figure 7. *Facciata della Chiesa di Santa Lucia di Guane*
Fonte: *Archivio degli autori, 2013.*



Figure 8. Retro della capella del Niño Jesús
Fonte: Archivio degli autori, 2013.



Figure 9. Copertura
Fonte: Archivio degli autori, 2013.



Figure 10. Portico interno
Fonte: Archivio degli autori, 2013.

A scapito di ciò è importante tener conto dei diversi tipi di sollecitazione ai quali sono sottoposti i singoli elementi: i pares dovrebbero lavorare essenzialmente a compressione ma nella realtà risultano pressoinflessi e, per la loro snellezza, anche soggetti a carico di punta; le travi di bordo, invece, lavorano a flessione (Fig. 11).



Figure 11. Struttura del tetto
Fonte: Archivio degli autori, 2012.

Per intervenire su un manufatto artistico ed elaborare un progetto di intervento conservativo bisogna, innanzitutto, essere a conoscenza della situazione materica, delle patologie di degrado delle quali soffre il monumento e dell'entità di queste.

Le problematiche legate all'alterazione sia fisiologica, sia patologica dei materiali, presentano generalmente cause e meccanismi simili, ma si distinguono per l'entità degli effetti. Ogni causa di degrado si presenta spesso come la somma, il frutto dell'interazione di più azioni di degrado prodotte da uno o più agenti naturali o antropici (Francesci, Germani, 2012). Possiamo definire cause intrinseche di degrado quelle legate alle caratteristiche del manufatto stesso, come errori progettuali, mentre sono definite estrinseche quelle caratteristiche dovute a fattori esterni verificatesi successivamente alla costruzione del manufatto e indipendenti da esso, fattori naturali improvvisi o prolungati nel tempo (Francesci, Germani, 2012). Per ogni prospetto è stato individuato il tipo di degrado materico, la possibile causa e le procedure di intervento per risolvere la patologia (Fig. 12).



Figure 12. Fotopiano con le patologie di degrado
Fonte: Elaborazione grafica degli autori, 2012.

Il deterioramento dei materiali è un processo naturale, progressivo e praticamente inarrestabile, la cui conseguenza è la progressiva perdita delle qualità meccaniche del materiale. I danni biologici di natura essenzialmente estetica (alterazioni cromatiche, sviluppi di patine o presenza di vegetazione) vengono soventemessi più frequentemente in luce anche se in molti casi rappresentano l'aspetto meno importante del problema (Francesci, Germani, 2012). Ogni indagine finalizzata allo studio del comportamento statico di una struttura con segni di sofferenza deve iniziare da una classificazione delle lesioni osservabili. Le fessure, essendo generate dal superamento della resistenza a trazione della pietra, possono indurre ad indirizzare correttamente le indagini. L'esame dei paramenti murari, nonché la valutazione sperimentale delle loro caratteristiche meccaniche, si prefigge di stabilire se la muratura in esame è capace di un comportamento strutturale idoneo a sostenere le azioni statiche e dinamiche previste e prevedibili per l'edificio in oggetto. Il rilievo del quadro fessurativo consiste nell'acquisizione di tutti i sintomi di comportamento statico anomalo, al fine di risalire dagli effetti alle cause che li hanno determinati. Al fine di conseguire detta comprensione è necessario valutare i meccanismi di dissesto all'interno dell'ambito culturale e storico della fabbrica, secondo i materiali del luogo e secondo le caratteristiche architettoniche tradizionali. Nel quadro fessurativo della chiesa di Santa Lucia è stata fatta una distinzione tra le lesioni concentrate e quelle diffuse, le lesioni vecchie e quelle di nuova formazione, quelle da dissesto e quelle da assestamento. Si è rivelato particolarmente importante accertare se dette lesioni siano passanti o superficiali e se esista una netta corrispondenza tra le fessure sulle facce contrapposte dei muri. Le principali lesioni rilevate sull'edificio sono provocate da sforzi di taglio, causate da trazione verticale o orizzontale. Le prime, quelle di taglio verticale, sono di norma dovute a cedimenti differenziali delle fondazioni o ad azioni sismiche, le seconde, quelle di taglio orizzontale, sono determinati più che altro da movimenti di rotazione e si manifestano con andamento diagonale. Un'ultima tipologia di lesioni che interessa la chiesa di Santa Lucia è quella che possiamo definire di assestamento, si presenta con andamento principalmente verticale ed evidenti soluzioni di continuità. La facciata dell'edificio presenta una concentrazione di lesioni, gravi e passanti, nella parte destra, in corrispondenza della congiunzione del corpo della navata con la cappella del *Niño Jesús*. Notiamo una frattura che percorre verticalmente l'intero paramento murario con andamento a gola rovescia con un'ampiezza che va dai 40 ai 60 mm con profondità di 58 cm (Fig. 13, 14, 15, 16).

Lo stesso andamento a gola rovescia, ma sviluppato in maniera speculare rispetto a quello prima descritto, si ritrova all'interno della cappella. Questo è sintomo di un movimento di rotazione o traslazione verticale non uniforme, dovuta al cinematismo di distacco che sta subendo la suddetta cappella. Le cause principali possono essere riscontrate nella scarsa profondità della fondazione (sono stati fatti dei saggi dai quali è risultata una fondazione di soli 40 cm su questo lato) e nel cattivo drenaggio del terreno, che non risulta in grado di restituire alla struttura una spinta uguale e contraria al proprio peso. Il cattivo ammorsamento della cappella alla navata e l'apparecchiatura muraria a sacco vanno ad incrementare ulteriormente le cause del dissesto (Fig. 17).

Oltre alle sopra citate lesioni che riguardano la facciata e la parete nord della cappella del *Niño Jesús*, vi sono altre importanti fratture presenti sul paramento murario di questa. Nella parete ovest risulta evidente il proseguimento del movimento di collasso rotazionale dell'elemento in direzione dell'angolo nord con la creazione di quelle lesioni tipiche dei cedimenti terminale nei muri ad angolo. Particolarmente delicata si presenta la situazione della parete posteriore della cappella destra, nella zona di attacco col corpo della nave centrale; una larga parte di paramento a partire dallo stipite, ha subito un completo distacco dall'apparecchiatura muraria e, se non fosse per il portichetto laterale che senza volerlo svolge un ruolo di puntone frenandone il cinematismo, sarebbe probabilmente già collassata. La maggiore lesione di tutto il manufatto architettonico presenta un ventre nella parte sommitale di 20 cm. (Fig. 19).



Figure 13. Quadro fessurativo della facciata della chiesa di Santa Lucia di Guane
Fonte: Elaborazione grafica degli autori, 2012.



Figure 14. Distacco della cappella del Niño Jesús
Fonte: Archivio degli autori, 2012.

Lesione 30-31

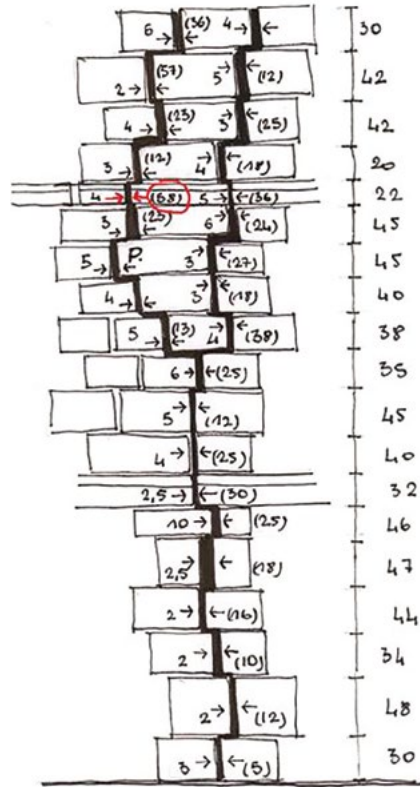


Figure 15. Ediotipo del rilievo delle lesioni in facciata
Fonte: Elaborazione grafica degli autori, 2012.

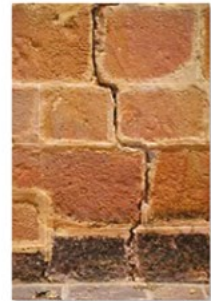


Figure 16. Ampiezza delle lesioni in facciata (2012)
Fonte: Archivio degli autori, 2012.

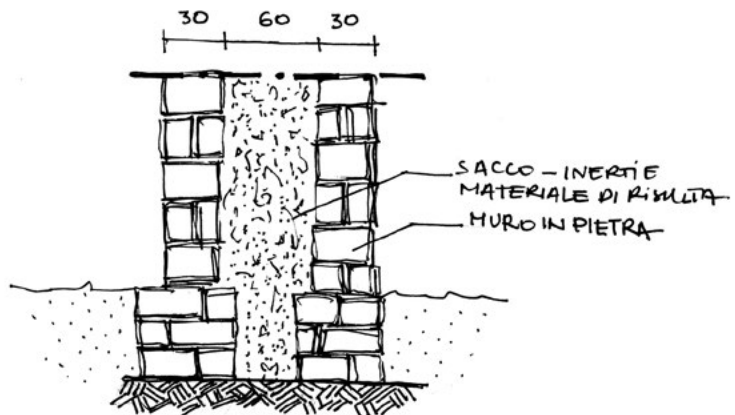


Figure 17. Ipotesi sulla apparecchiatura delle murature portanti
Fonte: Elaborazione grafica degli autori, 2012.



Figure 18. Quadro fessurativo della facciata posteriore
Fonte: Elaborazione grafica degli autori, 2012.



Figure 19. Disammorsamento nello spessore della parete posteriore della cappella del Niño Jesús
Fonte: Archivio degli autori, 2012.

Analizzando la cappella del Niño Jesús da un punto di vista globale, notiamo che queste lesioni fanno parte di un unico movimento che tende a distaccarla dal corpo centrale, movimento confermato anche dal fuori piombo registrato durante la fase di rilievo: 12 cm su punto centrale della parete e 8 cm agli angoli.

Per consentirci di formulare un giudizio diagnostico articolato ed organico sono state effettuate prove fisiche ed esami chimici su campioni di materiale raccolto. Sono state effettuate prove di resistenza a compressione su campioni di pietra arenaria provenienti dalla muratura della chiesa, posizionandoli nell'apposito strumento; appoggiandolo sul piatto inferiore e collocando i quattro sensori che registrano le deformazioni ognuno ad un angolo della piastra superiore. La pressione è stata applicata gradualmente fino alla completa rottura del provino. Attraverso la prova di resistenza a compressione siamo in grado di ottenere il diagramma tensioni-deformazioni. Abbiamo riscontrato buone caratteristiche meccaniche (resistenza a compressione c.a. 5 Kg/mm²) ma, come tutte le arenarie, il materiale perde velocemente le sue proprietà dato che si tratta di una pietra fortemente porosa e di conseguenza facilmente aggredibile dagli agenti atmosferici. Successivamente si è modellata l'intera

struttura della chiesa con il codice di calcolo agli elementi finiti STRAUS7, che, sperimentato lungamente in varie occasioni di studio, ha dato prova di ottime performances anche su edifici storici in muratura. Il codice lavora su un modello continuo elastico e isotropo, l'intera chiesa è stata modellata e discretizzata con elementi finiti di tipo "brick" e, parzialmente con elementi di tipo "plate". Va però detto che, assumendo il codice un modello di comportamento elastico-lineare, che non corrisponde al reale modello della muratura (unilatero con limitazione sul segno delle tensioni) i risultati della analisi numerica devono essere considerati solo come capaci di fornire il quadro delle zone di intrinseca debolezza della struttura, quadro che poi va comparato con il reale stato fessurativo (Gallo, 2007). L'analisi è stata condotta con soli pesi propri e, verificata la buona risposta della struttura a questi, successivamente si è proceduto ad applicare oltre al peso proprio, un'azione distorcente di tipo cinematico (cedimento verticale) alla base destra della facciata, da noi ipotizzato come principale punto debole dell'intera chiesa (Fig. 20). Si può affermare che lo stato tensionale e deformativo ipotizzato è compatibile con il quadro fessurativo reale (Gallo, 2007). Molto probabilmente ciò che si è verificato è l'innescarsi del cedimento nella parete est della cappella del Niño Jesús, per poi propagarsi, con andamento semi lineare, alle circostanti pareti (Fig. 20, 21).

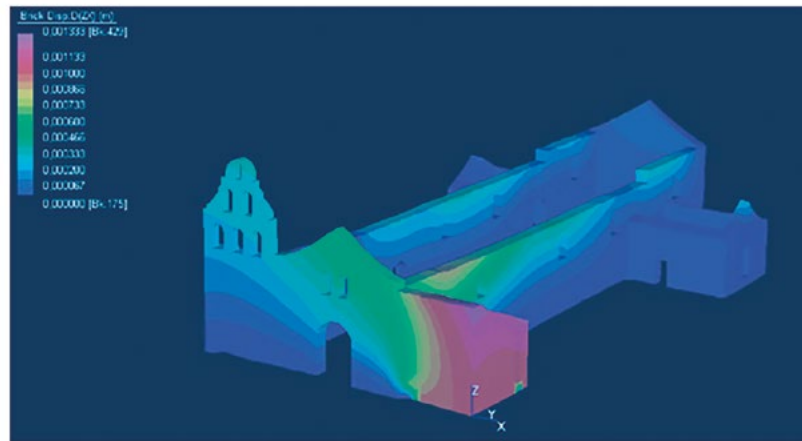


Figure 20. Stato tensionale. Le zone in rosso indicano i massimi livelli di trazione
Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

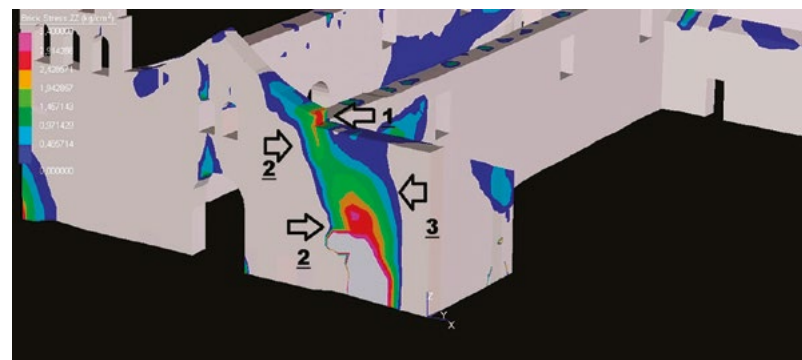
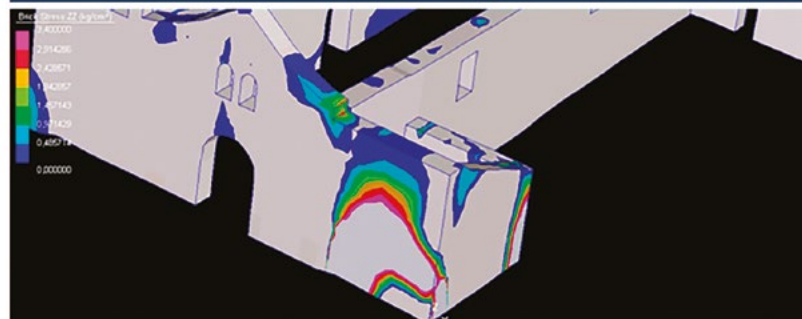


Figure 21. Stato tensionale per cedimenti impressi
Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

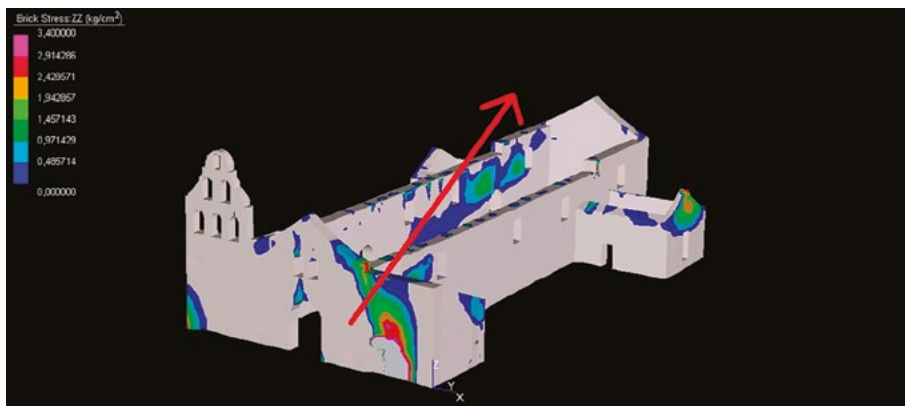


Figure 22. Direzione di propagazione delle lesioni dovute al cedimento fondazionale
Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

In conclusione la probabile causa del dissesto della chiesa di Santa Lucia a Guane è da ascrivere, in parte, alla presenza di fondazioni di scarsa profondità e consistenza geometrica. Ciò parrebbe aver portato al già citato cinematicismo dell'angolo estremo destro della facciata, provocando il distacco del corpo della cappella. Il suolo sul quale appoggia l'edificio risulta essere di tipo sabbioso-argilloso e presenta quindi caratteristiche di terreno espansivo che assorbe e trattiene l'acqua piovana, andando a generare movimenti di dilatazione e compressione nel terreno che si ripercuotono sull'edificio. I cedimenti differenziali del suolo portano a stati di tensione interna ai materiali ai quali la struttura non è in grado di resistere (Mastrodicasa, 1974). Attraverso la formazione di lesioni abbiamo una redistribuzione delle azioni mutue terreno-struttura, la quale, da una parte è causa di dissesti, ma dall'altra ha un effetto stabilizzante. Sulla base dello studio effettuato nel 2012, si ipotizzarono interventi di consolidamento, con un approccio di totale compatibilità meccanica tra i materiali presenti e quelli costituenti il consolidamento. In sintesi venne proposta la realizzazione di un nuovo sistema in subsuolo superficiale di defluimento delle acque piovane, in maniera da allontanarle il più possibile dal corpo di fabbrica (tenere presente che la parte tergale della chiesa poggia in fondazione ad una quota tre metri più alta del centro della piazza antistante). Venne progettata una rilivellazione della base fondale, con il metodo della sottomurazione ed usando la stessa pietra *caliza*, che regolarizzasse il piano fondale (in pendenza) e lo approfondisse molto oltre gli attuali 40-60 cm. Venne ancora proposta la realizzazione, perimetralmente alla chiesa, di uno scannafosso (trincea) sempre allo scopo di proteggere le fondazioni dalla imbibizione per capillarità, In attesa dei relativi finanziamenti per la completa messa in sicurezza, si propose un adeguato sistema di puntellamento ligneo (Gallo, 2007) (Fig. 23, 24).

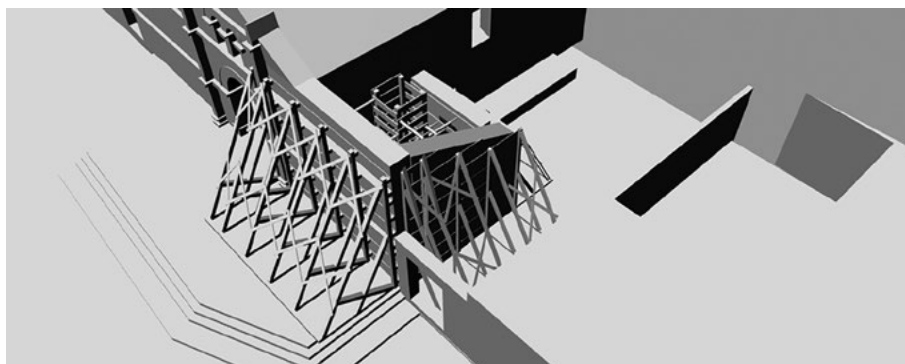


Figure 23. Sistema di puntellamento proposto per la cappella in cedimento
Fonte: Elaborazione degli autori.

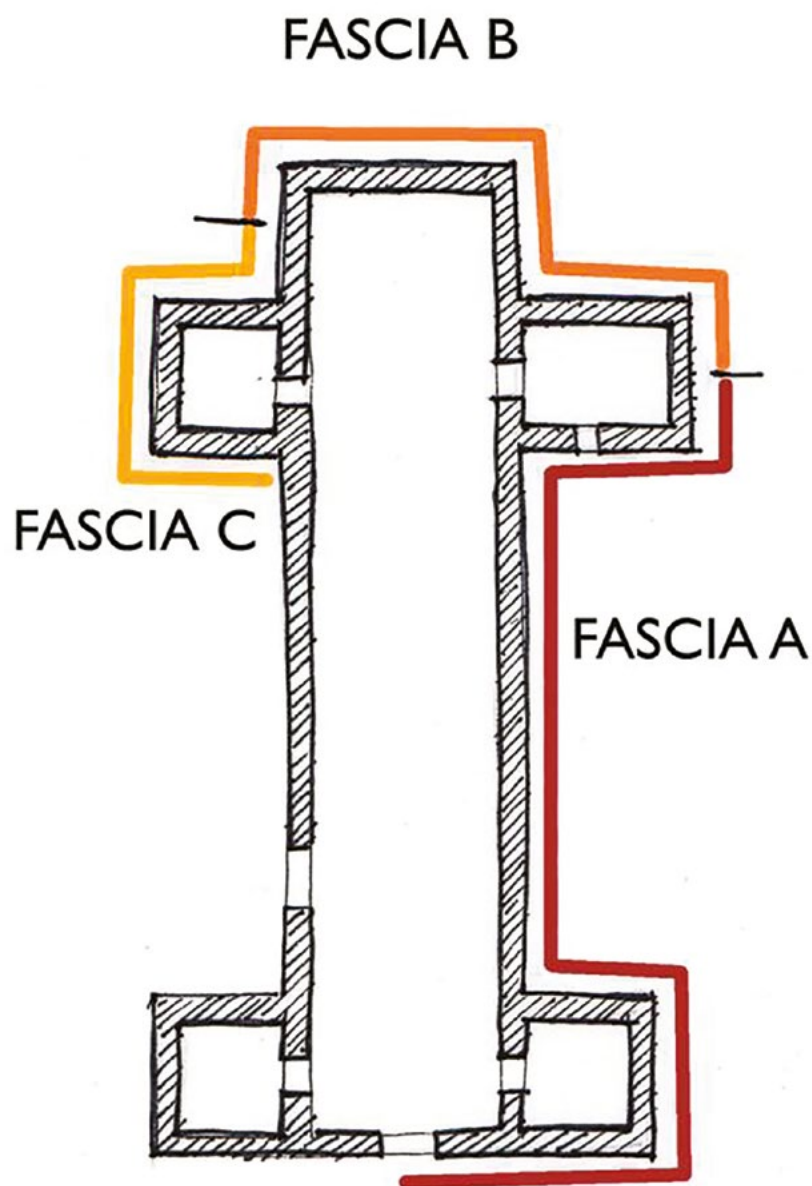


Figure 24. Zone interessate dall'intervento di sottomurazione
Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

CONCLUSIONI

Dal 2013 ad oggi, nonostante lo studio fosse stato concluso, non è stata mai abbassata la guardia sia da parte dell'Università Santo Tomás, sia da parte del Dipartimento fiorentino, sollecitando azioni ai vari Sindaci che si sono succeduti nella città di Barichara, da cui Guane dipende, lo stesso per i Governatori di Santander, il Ministero della Cultura e naturalmente, la Chiesa Cattolica, nonostante siano cambiati ben due parroci in Guane.

La ricerca, presentata in modo suscinto in questo articolo, lascia intravedere i diversi problemi che affliggono la Chiesa di Santa Lucia, tra questi strutturali, il deterioramento dei materiali da costruzione e le rese del suolo. Inoltre, fornisce linee guida chiare per l'attivazione degli interventi necessari per contrastare queste patologie.

Nonostante ciò, finora non è stato fatto nessun intervento di rilievo nemmeno per realizzare il puntello provvisorio delle aree che minacciano di crollare. Si parla di mancanza di soldi per avviare le relative procedure, anche se pare che fossero disponibili per la Chiesa, segregati da qualche parte, ben 40 milioni di pesos colombiani.

Purtroppo, la storia della Basilica Minore di Socorro si è ripetuta a Guane, con la stessa mancanza di dialogo costruttivo tra la Chiesa Cattolica e il Ministero della Cultura: di conseguenza, nella Chiesa di Santa Lucia, il tetto di una delle cappelle è crollato ed è stato ricostruito con un controsoffitto di materiale plastico chiaro e le svariate lesioni sono state semplicemente stuccate (Fig. 25).



Figure 25. Ristuccatura delle lesioni in facciata
Fonte: Archivio degli autori, 2018.

Solo che già si nota, a solo un anno e mezzo dal “riabbellimento” e non poteva che essere altrimenti, che le lesioni si stanno riaprendo. In altra sezione del documento abbiamo riflettuto sulle ragioni di questo incomprensibile atteggiamento generale, adducendone la colpa alla mancanza di volontà culturale e politica. Ma forse le ragioni stanno molto più nel profondo, e risalgono al fatto che per troppo tempo l’America Latina ha seguito modelli di sviluppo umano non propri.

Forse la ragione sta nel significato delle parole che qui seguono e che partono da un sentimento comune nei Paesi dell’America precolombiana, riferito alla gestazione degli antecedenti sull’intervento nel territorio: questi si formarono dalla confluenza di contingenti profondamente dispari riguardanti le loro caratteristiche razziali, culturali e linguistiche, come prodotto dei progetti coloniali europei: spagnolo, francese, tedesco, portoghese e italiano tra gli altri; chi promossero nell’America delle Ande un proposito di dominazione in cui la religione era la cornice di uno sviluppo diseguale, che imprisero profondamente nelle nostre coscienze una diminuzione dei valori nostrani, lo sfruttamento eccessivo delle nostre risorse naturali e l’intricato e malevolo modo di fare politica. E così sembrerebbe che ci siamo persi nella memoria dei nostri antenati aborigeni, di voler apparire come chiunque altro i, tranne noi stessi.

REFERENZE

Ardila, I. (2005). El pueblo de los Guanes, raíz gloriosa de Santander. Bogotá: Instituto Colombiano de Cultura.

Arenas, E. (2004). Los guanes: el pueblo de la cingla. Ediciones Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga.

Arenas, E. (2006). Siete lenguas: proceso histórico de poblamiento y posicionamiento urbano en Santander. Ediciones Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga.

Ciaccia, P. (2003). Caratteri costruttivi dell’edilizia storica; diagnosi dei dissesti e tecniche di intervento. Napoli: Edizioni Sistemi Eitoriali.

Cigni, G. (1978). Il consolidamento murario. Tecniche di intervento. Roma: Edizioni Kappa.

Defez, A. (1998). Il consolidamento degli edifici. Napoli: Liguori editore.

Francesci, S., Germani, L. (2012). Il degrado dei materiali nell’edilizia. Roma: Edizioni Dei-Tipografia del Genio Civile.

Gallo, A. (2007). Sul consolidamento degli edifici storici. Roma: Edizioni EPC Libri.

Ibañez, C. (2004). Caracterización sociocultural del municipio de Barichara y su entorno. Ediciones Fundación José María Delgado.

Mastrodicasa, S. (1974). Dissesto statici delle strutture edilizie: diagnosi e consolidamento. Edizioni Ulrico Hoepli Milano.

Pbro. Carreño, D. (2010). Proceso de evangelización de las provincias del sur de Santander durante la Colonia y el siglo XIX (prima edizione, 1998). Ediciones Fundación Universitaria San Gil.

Ribero, H. (1986). Un recorrido por la provincia de los indígenas Guanes del departamento de Santander: desde la época prehispánica hasta su desaparición. Bucaramanga: SIC.

Silvarangel, H. (2001). Retazos históricos de mi pueblo Barichara. Comulseb.

Todopatrimonio.com (2018). Cartas y convenciones. Recuperado de <http://todopatrimonio.com/cartas-y-convenciones/>

LA BASILICA MINORE DI NUESTRA SEÑORA DEL SOCORRO E IL SUO GRADO DI SICUREZZA STRUTTURALE*

Michele Paradiso** - Università degli Studi di Firenze, Italia

Carlos Humberto Gómez Arciniegas*** - Universidad Santo Tomás, Colombia

DOI: <https://doi.org/10.15332/rev.m.v15i0.2177>



Meccanismo di collasso per scivolamento nelle piattabande. Basilica del Socorro
Fonte: Michele Paradiso, 2017.

* Reporte de caso. Conservazione del patrimonio storico costruito latinoamericano. Dipartimento di Architettura, DiDA – Università degli Studi di Firenze (Italia). [Conservación del patrimonio histórico construido en Latinoamérica]

** Profesor asociado de Rehabilitación Estructural de Patrimonio Histórico Construido, Departamento de Arquitectura DiDA - Universidad de los Estudios de Florencia, Italia; miembro de: Icomos-Cuba; IcoFort/Icomos; Iscarsah/Icomos. Lleva 40 años investigando sobre el comportamiento estructural de arcos y bóvedas de mampostería, y además en técnicas sustentables de consolidación de monumentos históricos. Correo electrónico: michele.paradiso@unifi.it

*** Arquitecto de la Universidad Santo Tomás Bucaramanga (Colombia); especialista en Planificación del Territorio para el Desarrollo. Politécnico di Milano (Italia) - Université de Paris I, Pantheon-Sorbonne, Paris (Francia); MSc en Relaciones Internacionales y Estudios Estratégicos con énfasis en Políticas de Desarrollo. Lancaster University (Inglaterra), y PhD en Planificación Urbana, Territorial y Ambiental - Politécnico di Milano (Italia). Docente investigador, líder de la línea de investigación en Planificación y Gestión del Territorio adscrita al grupo de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Santo Tomás Bucaramanga (Colombia). Correo electrónico: carlos.gomez@ustabuca.edu.co

RIASSUNTO

L'articolo si riferisce allo stato di degrado strutturale della Basilica Minore della città di Socorro nella Regione di Santander (Colombia). La Concattedrale di Socorro, recentemente elevata al rango di Basilica Minore, ha meno di un secolo di vita e presenta un quadro fessurativo critico a tal punto da sollecitare la massima urgenza per gli interventi di salvaguardia. Dopo un breve excursus storico e la descrizione dell'impianto architettonico, si descrive nei dettagli il quadro fessurativo, alla data del marzo 2017. La Concattedrale presenta un tipico meccanismo di collasso che consiste nello scivolamento verso il basso dei conci dei grandi archi e delle piattabande delle grandi aperture sui fronti estreni. Tale tipo di meccanismo è ascrivibile ad azioni di tipo cinematico, riconducibili a cedimenti fondali. Soprattutto si raccontano le vicende che hanno accompagnato, dal novembre 2016 al maggio 2017, un tentativo, poi fallito, di intervento tecnico da parte delle istituzioni preposte alla salvaguardia del bene, dichiarato peraltro monumento nazionale, fallimento dovuto, in base alle conclusioni della ricerca effettuata, alla mancanza di un piano strategico di salvaguardia del patrimonio storico del Socorro.

PAROLE CHIAVE

Conservazione, restauro, Socorro, meccanismo di collasso.

BASÍLICA MENOR DE NUESTRA SEÑORA DEL SOCORRO Y SU GRADO DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL



Mecanismo de colapso por desplazamientos de las dovelas de los arcos
Fuente: Michele Paradiso, 2017.

RESUMEN

El artículo se refiere al actual estado de deterioro estructural de la Basílica Menor de la ciudad del Socorro en el departamento de Santander (Colombia). La Concatedral de Socorro, recientemente elevada al rango de Basílica Menor, tiene menos de un siglo de antigüedad y presenta un patrón crítico de grietas que hacen que se requieran con carácter de urgencia intervenciones de salvaguarda. Después de un breve recorrido histórico y la descripción del objeto arquitectónico, se describe en detalle la situación de las grietas hasta marzo de 2017. La Concatedral presenta un mecanismo de colapso típico que consiste en el deslizamiento hacia debajo de las dovelas que componen los grandes arcos así como de las platabandas sobre las fachadas. Este tipo de mecanismo es atribuible a acciones de tipo cinemático, probablemente relacionadas a hundimientos del suelo. Así bien, se hace énfasis en las diferentes situaciones que han acompañado, desde noviembre de 2016 a mayo de 2017, los tentativos de intervención técnica por parte de las instituciones responsables de salvaguardar el inmueble, declarado monumento nacional, catalogado como fallidos con base en las conclusiones de la investigación realizada, a causa de la falta de un plan estratégico para salvaguardar el patrimonio histórico del Socorro.

PALABRAS CLAVE

Conservación, restauración, Socorro, mecanismo de colapso.

CENNI STORICI SULLA CITTÀ DI SOCORRO

Socorro, come è noto, venne fondata il 6 giugno 1683. Si distingue per la sua architettura coloniale e per essere stata nella storia l'epicentro della rivoluzione dei *Comuneros* nel 1781. È il capoluogo della provincia *comunera* e una delle prime città fondate nel Nuovo Regno di Granada, dove è iniziato il percorso che ha portato all'indipendenza della Colombia. Il centro della città, il suo cuore storico, è testimonianza del passato che si può ancora riconoscere grazie alle sue piccole chiese coloniali, all'imponente Basilica, alle moltissime emergenze di carattere storico e a un assetto urbano che rispetta ancora i canoni urbanistici delle antiche Leggi delle Indie. Nell'anno 1781, la *Villa de el Socorro* apparteneva alla Provincia di Tunja con le città di *Tunja*, *Muzo*, *Velez*, *Girón*, *Pamplona*, *Salazar de las Palmas* e *Villa de Leiva*. Occupò il quarto posto per popolazione dopo *Santa Fe*, *Cartagena* e *Popayán*. Epicentro commerciale della regione, le sue industrie e i suoi manufatti furono i più grandi nel Nuovo Regno di Granada.

La fondazione di Socorro non è avvenuta secondo la prassi dei conquistadores, che vedevano nel nuovo mondo la possibilità di fondare la *ciudad ideal*, sia dal punto di vista urbanistico che architettonico. L'origine della piccola città fu molto più prosaica e semplice. A grandi linee, si può dire che si è formata lungo la strada che portava da *Vélez* a *Girón*, nel luogo esatto in cui si trova oggi. Don José de Archila e Don José Díaz Sarmiento, ricchi proprietari terrieri della valle del *Chanchón*, donarono parte dei loro possedimenti alla Vergine di Nostra Signora di Socorro, allo scopo di fondare la nuova città. Decine di anni dopo, Socorro ricevette l'importante riconoscimento di *Villa muy noble y mu leal*, riconoscimento con il quale il re Carlo III di Spagna (1716-1788), cercava di migliorare il sentimento spagnolo nelle colonie. Era l'anno 1771. Più tardi, il 25 aprile 1773, fu concesso lo stemma, obbedendo all'esaltazione mariana. Nel 1795 il re Carlo IV (1748-1819), creò la provincia di Socorro con la capitale dallo stesso nome, con un territorio superiore alla metà dell'attuale Dipartimento di Santander, provincia che rimarrà in vigore fino al 1857, quando il Congresso della Repubblica fondò lo Stato di Santander che in seguito fu sovrano. I primi decenni del diciannovesimo secolo videro emergere i movimenti indipendentisti nelle colonie spagnole dell'attuale Colombia. Secondo Arciniegas (1992), "...nella Nuova Granada la guerra di indipendenza, ha cominciato a germogliare nel Socorro...", a causa delle eccessive tasse imposte dalla corona spagnola. Noto come il *Comunero*, nacque un periodo di rivoluzione contro le autorità coloniali, praticamente l'unica insurrezione sociale documentata negli annali patriottici. Nel villaggio di Socorro molte delle sue strade, edifici e piazze sono ancora testimoni della *Rivoluzione Comunera* con tanti eventi storici che hanno dato a questa popolazione un posto di rilievo nella storia colombiana. Guadagnata la libertà dalla Corona Spagnola, la città di Socorro nel 1861 divenne la capitale del Dipartimento di Santanderi. Venticinque anni più tardi perse questo privilegio a favore di Bucaramanga.

IL CENTRO STORICO DI SOCORRO A LA SUA BASILICA

Il centro storico di Socorro risente negativamente dell'intenso traffico automobilistico, di un commercio disordinato, di una speculazione edilizia che preferisce evitare di conservare il proprio patrimonio storico sostituendolo, isolato per isolato, con edilizia moderna di valore estetico assolutamente discutibile, mal interpretando il significato e le scelte conseguenti del dilemma tipico dell'America Latina sullo sviluppo sostenibile dei centri storici: *renovar o conservar*.

Il centro fu dichiarato patrimonio di interesse culturale nazionale, mediante Decreto 264 del 1963 (Fig. 1).

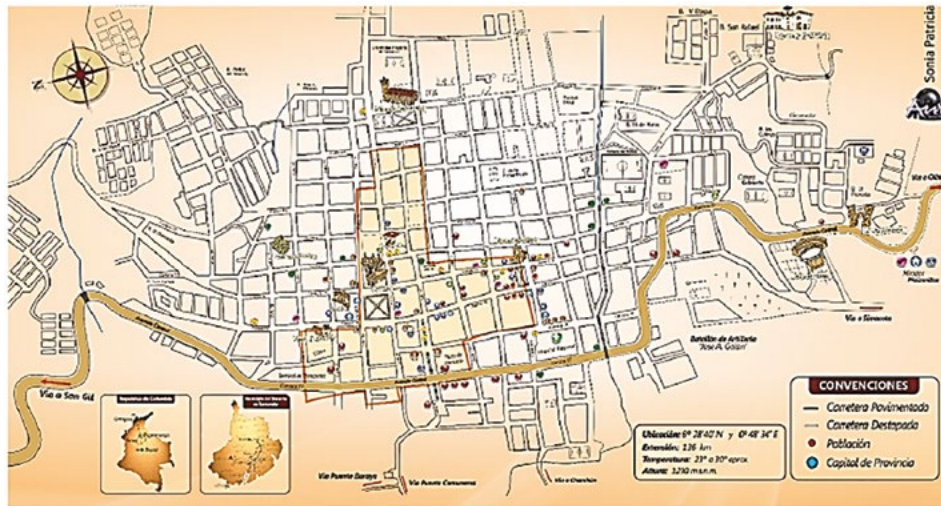


Figure 1. Mappa del Centro Storico di Socorro. Si evidenzia l'area del centro storico, dichiarata patrimonio di interesse culturale. Fonte: <http://elsocorro-santander.blogspot.com.co/p/datos-generales.html>

Inoltre, nell'ambito del Piano Nazionale per il Recupero dei Centri Storici (PNRCH), nel 2005, il Ministero della Cultura ha stanziato le risorse per l'appalto della prima fase del Piano di Protezione Speciale (PEP) di Socorro, attualmente gestito dal Dipartimento di Santander, il cui obiettivo é quello di consolidare il centro urbano con proposte volte a recuperare ed esaltare il suo enorme valore patrimoniale.



Figure 2. Veduta aerea di Socorro. E' evidente la caratteristica reticola urbana degli insediamenti spagnoli della Colonia. Fonte: www.mapio.net.

Nel nucleo centrale del paese, prospiciente alla parco principale della città (*Parque de la Independencia*, dove fu uccisa l'eroina della Indipendenza Antonia Santos), sorge un monumento di grande importanza: la Basilica Minore di Nostra Signora del Socorro. La sua costruzione ebbe inizio nel 1873 sotto la direzione di Bonifacio Vargas e Ignacio Martínez. Si tratta di una cattedrale monumentale posizionata sui due assi principali del tessuto urbano del comune. La Basilica si trova su un lato della piazza principale della città di Socorro, esattamente su uno degli angoli (Fig. 3).

Figure 3. Ubicazione della Basilica Minore di Nostra Signora di Socorro nel nucleo del centro storico del paese. La mappa consente di stabilire la corretta posizione Nord-Sud della Chiesa.

Fonte: Adattamento degli autori in base a Google Earth.



Mediante la legge 267 del 2011, il Senato della Repubblica ha dichiarato la Basilica di *Nuestra Señora del Socorro* (di Santander) bene di interesse culturale della Nazione: con l'occasione furono pubblicate disposizioni per la conservazione del bene.



Figure 4. Facciata della Basilica Minore di Nostra Signora di Socorro.

Fonte: Carlos Gómez, 2017.

Come già detto, la costruzione della cattedrale ebbe inizio il 14 dicembre 1873 a carico di Bonifacio Vargas, un modesto artigiano (oggi si direbbe un *maestro pedreiro*) e da Ignacio Martínez. Fu terminata ufficialmente l'11 giugno 1943, grazie alla partecipazione diretta di benefattori locali. Ad ogni modo i lavori di abbellimento proseguirono fino al dicembre 1954. I progettisti del tempo inserirono nella chiesa molti richiami sia al Rinascimento Italiano sia alla monumentalità del neoclassicismo europeo (Fig. 5). Tuttavia la chiesa è definita

essere in stile repubblicano, in omaggio ai canoni della storia dell'architettura colombiana e latinoamericana. Un fatto importante della storia è proprio la dedizione all'impresa di Bonifacio Vargas che, nonostante il suo figliuolo e discepolo avesse perduto la vita proprio nel cantiere per un incidente sul lavoro, guidò la costruzione fino al suo termine, destreggiandosi egregiamente nella costruzione sia delle robuste mura come delle esili colonne e degli archi *carpanel* (arco policentrico ribassato). Racconta la leggenda come fosse una opera ammirata dalla ingegneria civile di allora e come un gruppo di studenti della Scuola di ingegneria di Bogotá, sotto la guida del noto Architetto José Ramón Peña e dell'ingegnere Carlos Camargo, avessero successivamente provveduto al rilievo planimetrico del monumento, per lasciare testimonianza storica della sua eccellenza. Probabilmente per mancanza di finanziamenti, nei primi anni '30 il cantiere subì una battuta d'arresto: il caso della Chiesa incompiuta divenne un caso nazionale dibattuto socialmente fino a che non intervenne direttamente il Governo assegnando per il suo completamento un finanziamento speciale (legge 53 del 1927).

IL DEGRADO STRUTTURALE DELLA BASILICA

La Basilica Minore di *Nuestra Señora del Socorro*, già Cattedrale (per decreto di Papa Leone XII, il 20 marzo 1895), poi Concattedrale, è catalogata come la più grande costruzione in pietra scolpita della Colombia, con una mescolanza di pietra di Barichara (Colombia) e marmo di Carrara (Italia). Il titolo di Basilica Minore venne concesso dalla Santa Sede a partire dal 16 giugno del 2015 (Decreto 409-14 expedido por la Congregación para el Culto Divino y la Disciplina de los Sacramentos), rispondendo positivamente alla richiesta inviata in Vaticano l'anno precedente, dal Vescovo di Socorro e San Gil, competente per giurisdizione.

Da un articolo di *Vanguardia.com* del 16 aprile 2015:

... El obispo Carlos Germán Mesa Ruiz dio a conocer apartes del documento con fecha del 16 de marzo de 2015, del decreto protocolo 409-14 expedido por la Congregación para el Culto Divino y la Disciplina de los Sacramentos, entidad encargada de responder la 'solicitud enviada hace un año en el mes de junio, para acceder al título de Basílica Menor a la Concatedral Nuestra Señora del Socorro'.

Según el Obispo por cumplir con todos los requisitos exigidos, el señor Cardenal Prefecto, Roberto Sarah, y el arzobispo secretario Arturo Rosch, reconocen este título 'con todos los derechos y ritos católicos que se podrán ejercer en este hermosísimo templo'. Mesa Ruiz dijo que la Basílica desde hace varios años viene siendo muy bien cuidada, "he visto la dedicación que los sacerdotes y vicarios han tenido con la Basílica Menor, hace un tiempo se dio el cambio de párroco, fue nombrado el padre Juvenal Landínez, 'él siguió con la tarea de embellecimiento, de cuidado del templo, ustedes han sido testigos de que cada vez está mejor presentada, y pensando en que esta solicitud sería aprobada, entonces nos adelantamos a los acontecimientos de embellecer nuestra Concatedral, y responder ahora con mayor razón al título que se hará oficial el día de Nuestra Señora del Socorro que se celebra el 16 de junio, para esta fecha se llevará a cabo una ceremonia especial de reconocimiento'. El Obispo indicó que en los próximos días se dará inicio a una serie de intervenciones en la parte física del templo para cumplir con los requisitos exigidos por el Vaticano, al ser designada como Basílica Menor esta reliquia arquitectónica. El alcalde de Socorro, Humberto Corzo Galvis, dijo que "es una excelente noticia para los socorranos, ya que esta exaltación va a tener una connotación importante a nivel nacional, máxime cuando hacemos parte de la red de pueblos patrimonio de Colombia.

La autorización de Roma de elevar la Concatedral a Basílica Menor se oficializará mediante un acto solemne el próximo 16 de junio, pues en esa fecha se conmemora un año más de la vida institucional del Socorro.

En la parte turística cada vez somos más importantes y se espera que cada día lleguen más turistas a la capital comunera, dijo el Alcalde...

Abbiamo voluto riportare tesualmente le parole dell'Obispo e dell'Alcalde per sottolineare come le due istituzioni preposte alla conservazione del bene, dal punto di vista religioso e laico, nelle loro dichiarazioni lasciano intendere come abbiano ben presente significato e importanza del concetto di conservazione del bene e giustamente lo leghino allo sviluppo economico locale, attraverso l'attrazione di sempre più visitatori e turisti nazionali e internazionali. L'Obispo in particolare sostiene di avere sempre posto la massima attenzione alla cura e all'imbellimento del monumento, e annuncia l'inizio di una serie di interventi tecnici fortemente suggeriti addirittura dal Vaticano per dare concretezza alla cura che si deve a un monumento dichiarato *Basílica Menor*.

Purtroppo la realtà risulta abbastanza diversa e la situazione dell'edificio, dal punto di vista strutturale, si porta dietro problemi che, a parere degli autori, se non risolti con la massima rapidità, potranno mettere a serio rischio la sicurezza del Monumento. La *Basílica Menor de Socorro*, infatti, già da troppi anni presenta un complesso e notevole quadro fessurativo: le lesioni tagliano il corpo dell'edificio secondo tutti i piani paralleli in direzione trasversale al corpo di fabbrica e in corrispondenza delle campate delle tre navi interne. Particolarmente si nota la tendenza al distacco dei volumi della parte anteriore, che comprende le due torri campanarie, dalla parte restrostante. Le lesioni più prossime alla facciata risultano più gravi, diminuendo in ampiezza mano a mano che si proceda verso la parte tergale. Per spiegare meglio il quadro fessurativo analizziamo dapprima la configurazione geometrica della Basilica, facendo riferimento alle tavole di rilievo sotto riportate, per gentile concessione della Secretaría de Cultura del Departamento Santander. L'impianto chiesistico è a tre navate, coperte con volte a crociera, prevalentemente ribassate e quindi fortemente spingenti. Allo scopo di descrivere poi il quadro fessurativo, chiameremo le tre navate: centrale, laterale sinistra, laterale destra, immaginando di porci di fronte alla facciata della Chiesa; In senso longitudinale chiameremo invece le otto ripartizioni, campate, numerandole da sinistra a destra, da 1 a 8, immaginando di porci questa volta a guardare la facciata laterale in *Calle 14*. Sulla prima campata insistono le due massicce torri campanarie. La luce di questa prima campata risulta minore delle altre per evidenti ragioni di sicurezza strutturale che i costruttori avevano ben presente, data la forte sismicità della zona: la campata più stretta garantiva una spinta minore, a fronte del forte peso delle torri, sugli archi di scarico delle corrispondenti crociere sottostanti. L'impianto architettonico, secondo le indicazioni della Chiesa Cattolica del tempo, non doveva prevedere accanto al monumento null'altro sen non la *Casa Cural*: per questo motivo la Chiesa si affaccia lateralmente su una strada, *Calle 14*, mentre dall'altro lato guarda principalmente al chiostro della *Casa Cural*. Inoltre la stessa *Calle 14* presenta una accentuata pendenza verso la Piazza antistante la Chiesa. Fatto comune in molti altri casi, uno tra tutti la Chiesa di Barichara ma anche la stessa Chiesa di Santa Lucia in Guane-Barichara. Il materiale utilizzato per le murature portanti è la pietra locale, *caliza*, con peso specifico intorno ai 2000 kg/mc, con media ma significativa presenza di porosità. Tutto questo considerato, con solo considerazioni sull'impianto architettonico, e tenendo conto della forte sismicità della zona, oltreché della forte pressione sul terreno trasmessa dalle torri campanarie rispetto alle restanti murature di elevazione, la zona più intrinsecamente debole appare essere quella prospiciente all'angolata tra Carrera 14 e Calle 14.

Si riportano di seguito gli sviluppi dei quadri fessurativi più gravi facendo riferimento allo schema sottostante di numerazione delle campate.

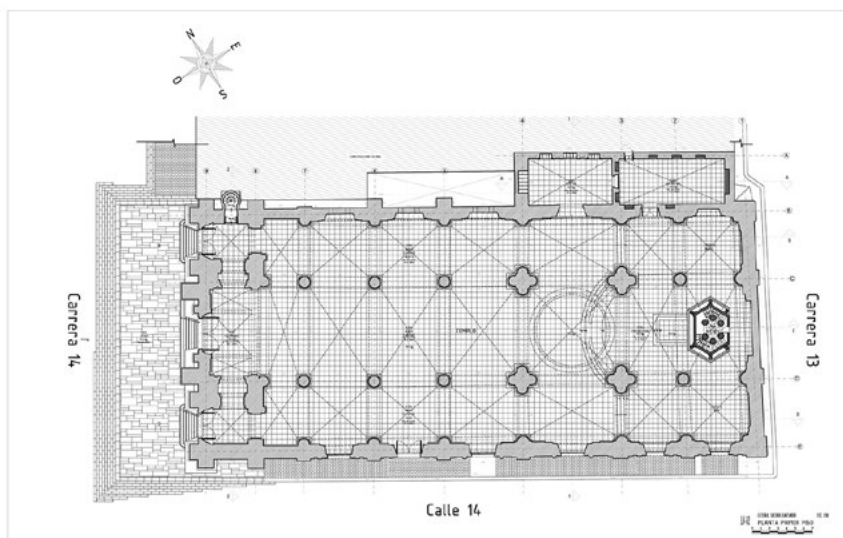


Figure 5. *Pianta della Basilica*
 Fonte: *Ministerio de Cultura.*



Figure 6. *Prospetto principale*
 Fonte: *Ministerio de Cultura.*

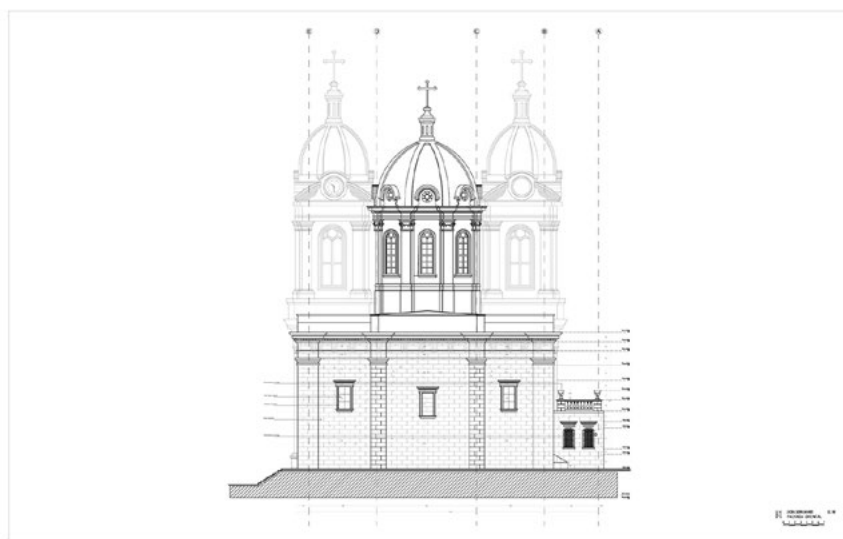


Figure 7. *Prospetto tergale*
 Fonte: *Ministerio de Cultura.*

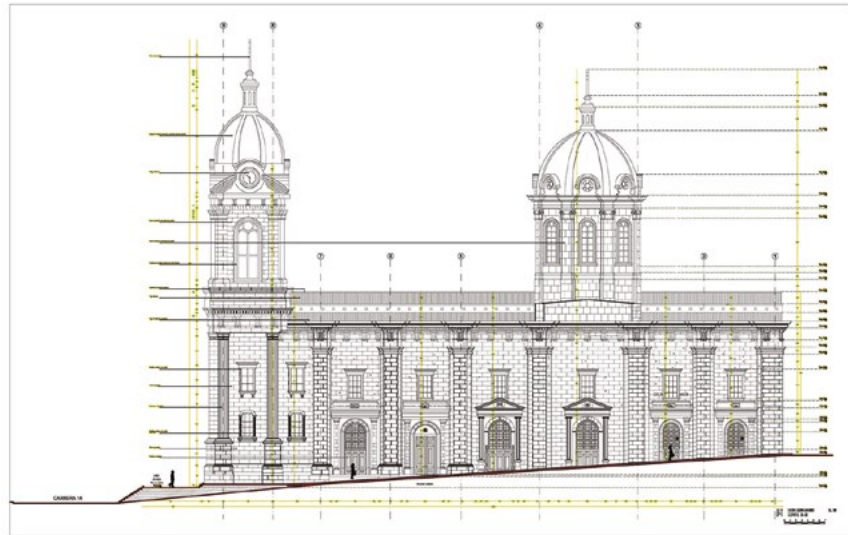


Figure 8. Prospetto laterale su Calle 14
 Fonte: Ministerio de Cultura.

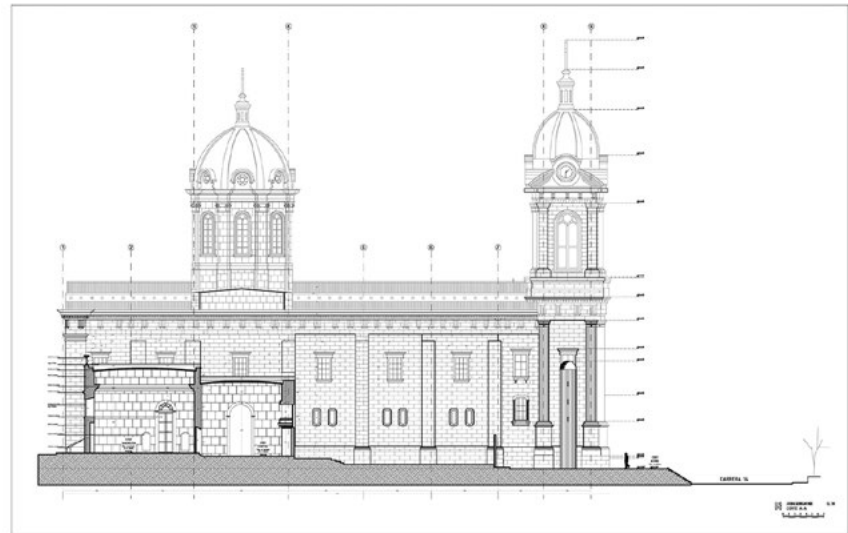


Figure 9. Prospetto-sezione lato Casa Cural
 Fonte: Ministerio de Cultura.

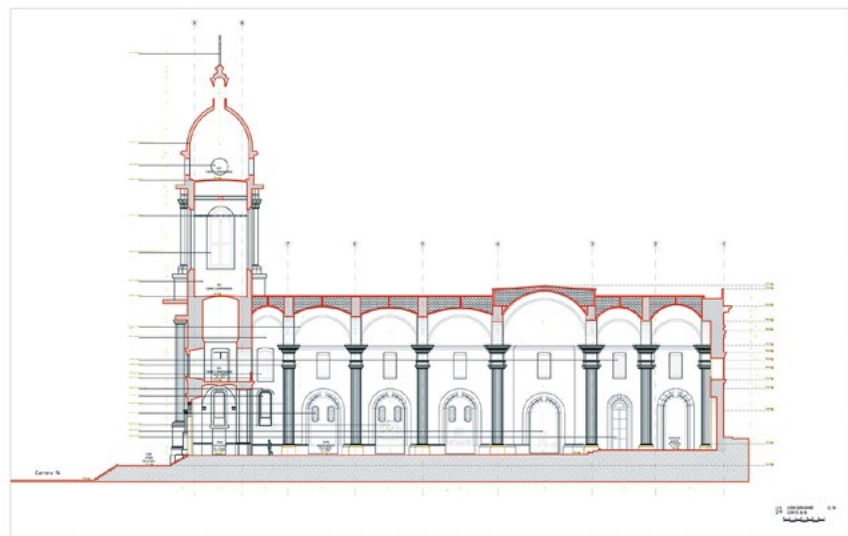


Figure 10. Sezione longitudinale B-B
 Fonte: Ministerio de Cultura.



Figure 11. Sezione longitudinale C-C
 Fonte: Ministero de Cultura.

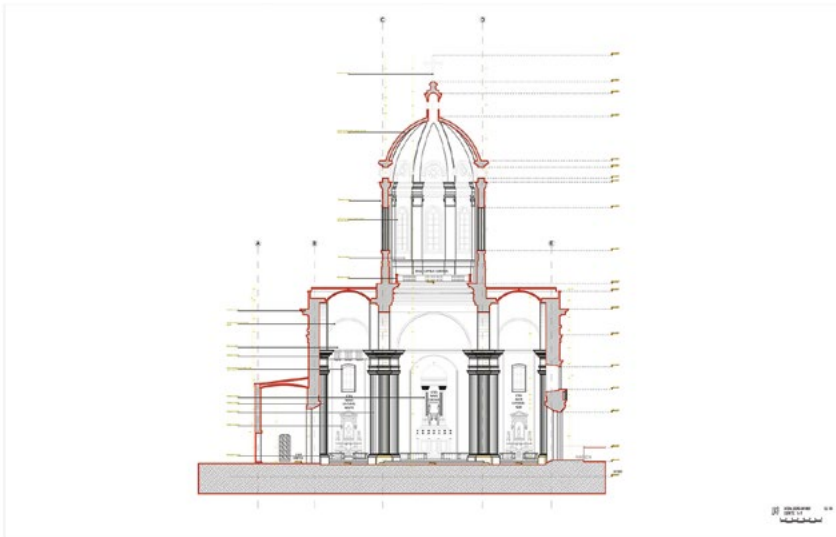


Figure 12. Sezione trasversale I-I
 Fonte: Ministero de Cultura.

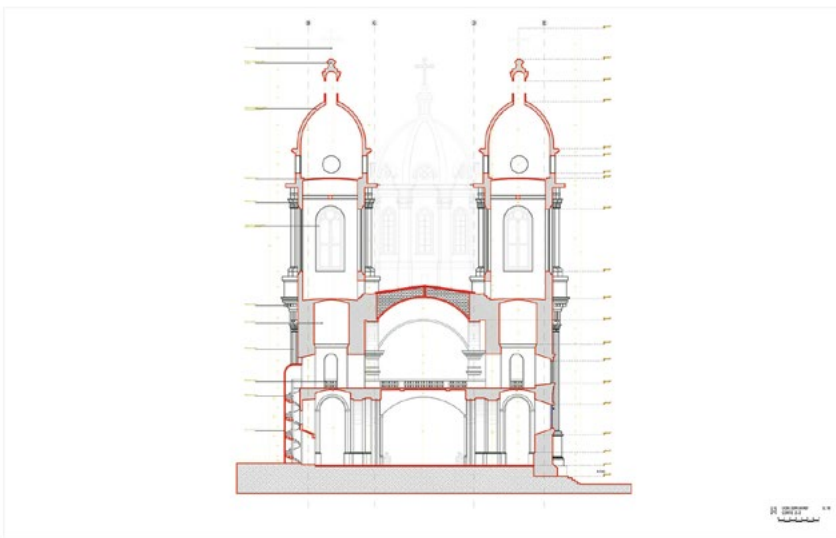


Figure 13. Sezione trasversale 2-2
 Fonte: Ministero de Cultura.

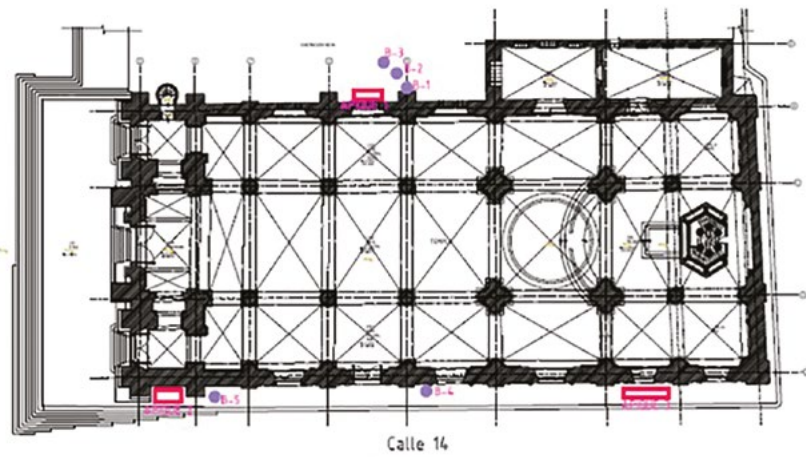


Figure 14. Numerazione delle campate
 Fonte: Ministero de Cultura, elaborazioni grafiche per Michele Paradiso.



Figure 15. Campata I, esterno, lato Calle 14
 Fonte: Elaborazione grafica a cura di Olimpia Lotti e Antonio Farigu.



Figure 16. Campata I, esterno, lato Casa Cural
 Fonte: Elaborazione grafica a cura di Olimpia Lotti e Antonio Farigu.

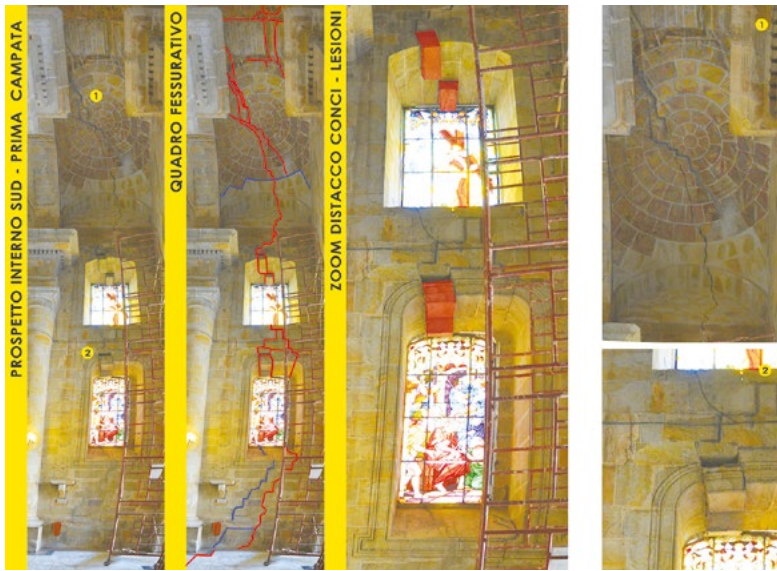


Figure 17. Campata 1, interno, lato Calle 14
 Fonte: Elaborazione grafica a cura di Olimpia Lotti e Antonio Farigu.



Figure 18 . Campata 1, interno, lato Casa Cural
 Fonte: Elaborazione grafica a cura di Olimpia Lotti e Antonio Farigu.

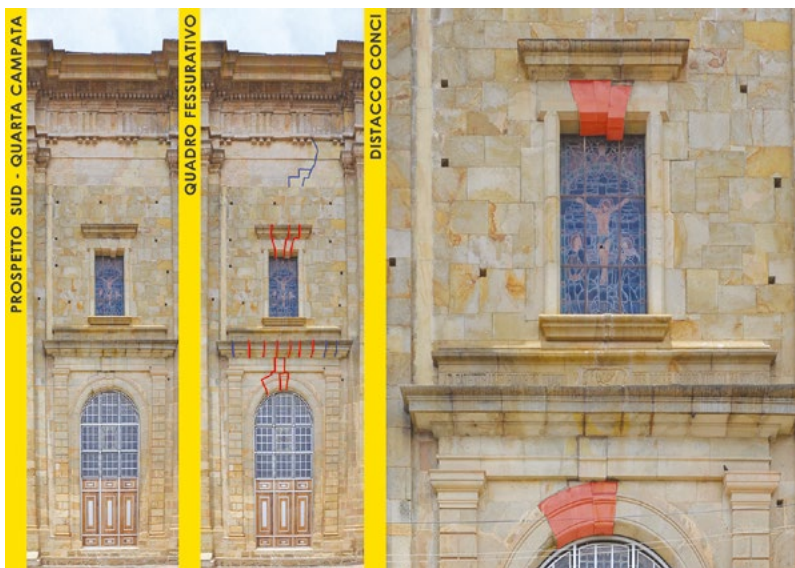


Figure 19. Campata 3, esterno, lato Calle 14
 Fonte: Elaborazione grafica a cura di Olimpia Lotti e Antonio Farigu.



Figure 20. Campata 5, esterno, lato Calle 14
 Fonte: Elaborazione grafica a cura di Olimpia Lotti e Antonio Farigu.



Figure 21. Panoramica interna del quadro fessurativo della campata 1
 Fonte: Elaborazione grafica a cura di Olimpia Lotti e Antonio Farigu.

Il rilievo del quadro fessurativo evidenzia quanto già accennato in precedenza: le lesioni sulle facciate laterali interessano l'intera altezza delle pareti, tagliano trasversalmente le volte a crociera e interessano anche la pavimentazione: di fatto la facciata della Chiesa è interessata da un grave cinematismo che tende a separarla dal corpo di fabbrica retrostante. I quadri fessurativi delle campate retrostanti ribadiscono questo fenomeno anche se la gravità tende a scemare verso la campata 8, ribadendo il caratteristico fenomeno "a denti di pettine". L'andamento delle lesioni sulle pareti di elevazione è prevalentemente verticale con accennate presenze di tratti curvilinei a curvatura inversa (andamento a gola rovescia). Per interpretare questo quadro fessurativo, che di fatto parla da sé nella sua gravità, si può far riferimento in letteratura tecnica agli studi dell'Ingegnere italiano. Sisto Mastrodicasa (1887-1983), autore del volume "Dissesti statici delle strutture edilizie", nel quale Mastrodicasa fornisce ai tecnici un metodo che porti facilmente alla individuazione

della cause dei dissesti, particolarmente per le strutture storiche in muratura, attraverso lo studio geometrico dell'andamento delle lesioni e un percorso analitico a ritroso della classica sequenza azioniersterne-sollecitazioniinterne-statotensionale-statodeformativo-dissesti (Mastrodicasa, 2012). D'altra parte è ben noto ed è di usuale pratica, tenere presente a questo scopo che:

- In riferimento al materiale, il quadro fessurativo:
 1. Risente delle caratteristiche meccaniche del materiale;
 2. Nasce in corrispondenza di instabilità locali del tessuto materico:
- In riferimento alla struttura muraria, il quadro fessurativo:
 3. Cerca i punti di debolezza interna della struttura, cioè i domini pluriconnessi, quali aperture di qualsiasi tipo;
 4. Risente della natura del terreno, della consistenza del sistema fondale, della umidità di risalita per capillarità, delle forti e frequenti piogge, della azione sismica.



Figure 22. La Fondazione Sisto Mastrodicasa, Perugia-Italia
Fonte: Materiale didattico Michele Paradiso.

Non c'è alcun dubbio quindi che il complesso quadro fessurativo fin qui mostrato porti alla iniziale conclusione che non sono certamente azioni statiche a causarne il degrado, ma azioni cinematiche prima che azioni dinamiche di tipo sismico.

Infine, in questo articolato quadro, va posta particolare attenzione ai quadri fessurativi delle grandi architravi e degli archi delle grandi finestrate esterne. Si faccia riferimento alla Figure 23. Sia nel caso dell'arco di sinistra (facciata della Basilica) sia in quello di destra, si nota un pericoloso scivolamento dei conci della zona di chiave, con fenomeno di rototraslazione in avanti.



Figure 23. Meccanismo di collasso per "cuneo" degli archi della Basilica
Fonte: Michele Paradiso, 2017.

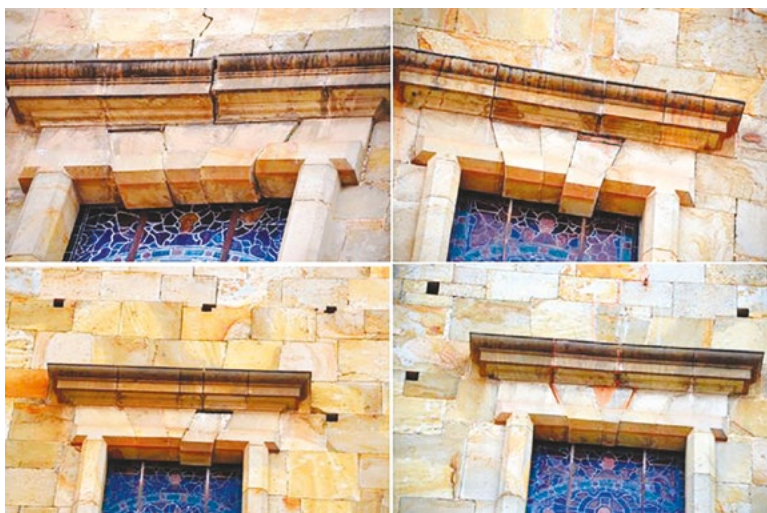


Figure 24. Meccanismo di collasso "per cuneo" delle arco-travi (piattabande)
Fonte: Michele Paradiso, 2017.

Nella sottostante figure 24, invece, si riporta lo stesso meccanismo di collasso ma per le architravi delle grandi finestrate della Basilica. Questi elementi strutturali, ancorché costruttivamente essere delle piattabande, dal punto di vista strutturale si comportano, per la inclinazione delle sezioni tra concio e concio, come degli archi fortemente ribassati ed esercitano una azione fortemente spinfent sugli appoggi. In qualche misura questo meccanismo per cuneo è ancora più pericoloso quando appaia nelle piattabande che non negli archi.

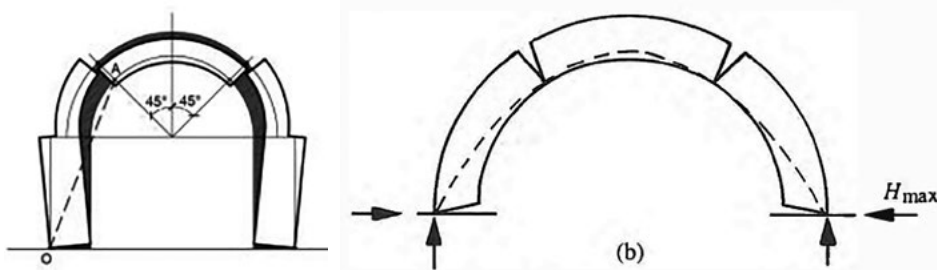


Figure 25. Meccanismo di collasso per cuneo (sx) e flessionale (dx)
Fonte: Materiale didattico Michele Paradiso.

In letteratura tecnica si deve al fisico francese Coulomb, Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) la formalizzazione del meccanismo di collasso degli archi e degli elementi costruttivi assimilabili ad essi. I meccanismi di collasso sono di due tipi: il meccanismo flessionale, che evolve l'arco da struttura tre volte iperstatica a monolabile e che è causato da eccessive azioni esterne di tipo statico, e quello per cuneo, caratterizzato dallo scivolamento verso il basso di parti dell'arco nella zona della chiave e dovuto a cedimenti degli appoggi e quindi ad azioni di tipo cinematico (Benvenuto, 1981), (Paradiso, Tempesta, Pugi, Galassi, 2000).

Per tutto quanto detto, la causa del quadro fessurativo, che in letteratura tecnica è definito di pre-crollo e quindi altamente pericoloso, è da ascrivere a cedimenti fondazionali, come causa principale, ma certamente corroborata dalle continue azioni sismiche, da una probabile e storicizzata mancanza di attenzione alla manutenzione fisica dell'edificio monumentale, alle piogge, a una scarsa conoscenza del sottosuolo, alla totale mancanza di catene di ferro utili a contenere le spinte dei sistemi voltati e a fare opera di ammorsamento tra loro delle murature perimetrali. Nello schizzo finale della figura sottostante si evidenzia, molto schematicamente, la possibile situazione di non-ritorno.

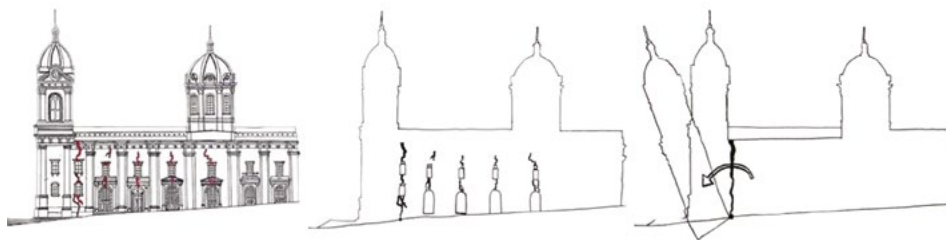


Figure 26. Evoluzione del quadro fessurativo
Fonte: Elaborazioni grafiche Olimpia Lotti e Antonio Farigu.

Tutto quello che si è fin qui descritto risale alla situazione del Monumento alla data del Marzo 2017. In quella occasione il Prof. Michele Paradiso, del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze-Italia, si trovava come *visiting professor* alla Facoltà di Architettura delle *Universidad Santo Tomás de Bucaramanga* e fu invitato dalla *Comision de Monumentos del Departamento de Santander* a fare un sopralluogo a Socorro perché le autorità locali erano preoccupate per l'aggravarsi del quadro fessurativo, noto già da parecchi anni e ulteriormente aggravatosi negli ultimi mesi del 2016 (*Vanguardia Liberal*, 2016), in conseguenza di recenti *temblores* e forti piogge. Il sopralluogo, insieme ai Professori componenti la *Linea de Patrimonio* della UstaBuca, ebbe luogo domenica 19 marzo 2017. Alla fine del sopralluogo i componenti della missione esortarono vivamente la locale Protezione Civile a chiudere immediatamente al traffico pedonale e veicolare la *Calle 14*, per il pericolo che qualcuna delle grosse pietre degli archi e degli architravi che stavano sfilandosi dalla loro sede potessero cadere rovinando sulla strada sottostante. Non passarono 24 ore che la profezia si avverò: una grande pietra scivolata già verso il basso, del peso di 200 kg, precipitò nella strada sottostante, per fortuna senza causare danni alle persone (*Vanguardia Liberal*, 2017). La stampa locale dette molta eco alla cosa (*Vanguardia Liberal*, 2017) e fu immediatamente organizzata una riunione a Socorro tra i componenti del sopralluogo del 19 marzo, l'allora *Secretario de Cultura del Departamento de Santander* Arq. Oscar Villabona, e le autorità ecclesiastiche e laiche locali (*Vanguardia Liberal*, 2017). Ne nacque un ampio dibattito dal quale emerse che già nel 2013 la situazione era preoccupante tanto che fu dato mandato di redarre un progetto di messa in sicurezza del monumento, un progetto di consolidamento, che avrebbe avuto la rapida approvazione da parte del *Ministerio de Cultura*. Questo progetto, a firma dell'Ing. José Maria Navarro, era basato su una serie di indagini, peraltro poco approfondite in relazione alla caratterizzazione meccanica dei materiali in sito, risente in ogni suo passaggio del tipico *enfoque hormigonista*

di cultura ispanica-latinoamericana, per il quale non si fa alcuna distinzione, nel valutare o progettare la sicurezza sismica di un edificio, tra una torre in cemento armato di 50 piani e una chiesina esile ma preziosa del secolo XVI. Il progetto considerava sufficiente realizzare un reticolo alla quota subfondazionale per collegare le fondazioni storiche fra loro attraverso un sistema di travi in cemento armato. Ma fu scoprire in quella riunione che quel progetto del 2013, alla data del marzo del 2017, non era stato ancora approvato, per ragioni intuibili ma non certe. In quella riunione però, da una parte fu preso l'impegno da parte del *Ministerio de Cultura* di aggiornare quell'antico progetto, alla luce del peggioramento della situazione, e di provvedere nel giro di un mese alla messa in sicurezza della Basilica con una serie di puntellamenti. Da parte della componente italiana fu suggerito di mettere in atto un sistema di monitoraggio attivo del quadro fessurativo. Nonostante gli accordi presi, le autorità ecclesiastiche locali pensarono bene di risolvere il problema della messa in sicurezza affidandosi a un artigiano locale il provvide a rimettere *in situ* il pietrone crollato, ammosandolo alle pietre adiacenti con delle barre di acciaio (Vanguardia Liberal, 2017). Il che permise senz'altro che la Basilica non si chiudesse al culto per le imminenti celebrazioni della Settimana Santa, ma rendendo i tre pietroni, prima semplicemente legati da malta. un unico blocco, si alterò la morfologia degli elementi strutturali componenti il tessuto murario con la conseguenza che i risultati di un eventuale monitoraggio attivo del quadro fessurativo sarebbe risultato falsato.

CONCLUSIONI

Alla data della composizione di questo articolo, agosto 2018, non risulta che sia stato fatto nulla di quanto emerso dalla riunione e dai relativi accordi del 25 marzo del 2017. Le ragioni, tristemente molto comuni e usuali, si possono leggere in (Vanguardia Liberal, 2017): controversie ideologiche e di opportunità del momento, mancanza di una strategia condivisa, insufficienze di preparazione tecnica. E non se ne capisce la ragione di questo gioco delle parti che porta all'immobilismo e certo non al bene del Monumento, in realtà qualcosa è stato fatto: le autorità ecclesiastiche locali, forti di quanto dichiarato alla stampa (l'edificio non è a rischio, le lesioni ci sono sempre state, e' probabile che crolli qualcosaltro prima della Basilica...) hanno provveduto, nello spirito di quanto dichiarato al momento della elevazione della Concattedrale a Basilica Minore, ad opere di *imbellecimiento* che dal punto di vista tecnico hanno significato, per l'ennesima volta, la semplice stuccatura delle lesioni, come se questo intervento, valido internazionalmente solo quando le lesioni sono ampie meno di un millimetro, potesse risolvere un problema strutturalmente tanto grave (Fig. 27). La stessa cosa è successa, nello stesso arco temporale (2017-2018) alla Chiesa di Barichara, che soffre e soffre, simile a quella di Socorro per tipologia, posizione, materiali, etc... della stesso genere di problemi. E, prima ancora, alla Chiesa di Santa Lucia di Guane, dove nel 2011 esisteva un quadro fessurativo che aveva fatto completamente distaccare una Cappella laterale dal corpo di fabbrica centrale. Stesse cause (piogge e terremoti), stessa mancanza di una strategia di conservazione, stessa incomunicabilità tra le istituzioni preposte alla Salvaguardia dei Beni Culturali (Stato e Chiesa, Centri di Alta Formazione).

Non sono queste le indicazioni che danno le Carte Internazionali del Restauro di Icomos-Unesco, peraltro accettate dalla Colombia col suo Comitato Nazionale Icomos-Colombia. Esiste in America Latina tutta una lentezza nell'acquisire la coscienza che la Conservazione del proprio Patrimonio Storico Costruito è una arma fondamentale per il dialogo tra Società Civile e Istituzioni. Quindi è per ridurre questa lacuna che bisogna lavorare, formando una coscienza, accompagnata da una preparazione culturale e tecnica con una visione internazionale del *solving problem*, a partire dai livelli educativi inferiori (*Colegios...*) fino alla formazione Universitaria, rinforzando o fondando nelle Scuole d'Architettura e non solo, uno specifico curriculum in Conservazione dei Beni Culturali Artistici ed Architettonici. L'Assemblea Generale Icomos di Firenze, del 2014, ha emanato una Dichiarazione in cui si stabilisce che la Conservazione



Figure 27. Stuccatura delle lesioni della facciata laterale della Basilica di Socorro
Fonte: Michele Paradiso, 2018.

e Salvaguardia del Patrimonio Storico è un Valore Umano, quasi un diritto dell'uomo, mentre la recente Asamblea General de Nueva Delhi del 2018 ha avuto come titolo "Patrimonio e Democracia". Proteggere la propria storia è un valore universale, al quale tutti abbiamo il dovere di concorrere, con uno sguardo non rivolto al tornaconto immediato, ma a un progetto di sviluppo che non dimentichi mai la storia. In questo, più o meno dappertutto nel mondo, la volontà politica, di qualsiasi segno o religione sia, è colpevolmente mancante.

Valga per tutti il monito di Victor Hugo;

Ci sono due cose in un edificio: il suo uso e la sua bellezza.
Il suo uso appartiene al proprietario, la sua bellezza al mondo intero.
Sicché permettere che l'edificio si distrugga va molto oltre il diritto del proprietario.

REFERENZE

Alcaldía de Socorro. (2018). Sitio web oficial. Recuperado de <http://www.socorro-santander.gov.co/>.

Arciniegas, G. (1992). *Los Comuneros*. Bogotá: Ed. ABC.

Benvenuto, E. (1981). *La scienza delle costruzioni e il suo sviluppo storico*. (Prima edizione). Roma: Edizioni di Storia e Letteratura.

Congreso de Colombia. Ley 53 de 1927. Publicado en el *Diario Oficial*. Año. LXIII. N. 20644. 14 de noviembre de 1927, p. 1. Recuperado de [www.suin-juriscol.gov.co/clp/contenidos.dll/Leyes/1606681?fn=document-frame.htm&f=templates\\$3.0](http://www.suin-juriscol.gov.co/clp/contenidos.dll/Leyes/1606681?fn=document-frame.htm&f=templates$3.0)

Mastrodicasa, S. (nona edizione, 2012). *Dissesti statici delle strutture edilizie*. Milano: Ed. Hoepli.

Paradiso M., Tempesta G., Pugi, F., Galassi, S. (2000). *Sistemi Voltati in muratura: teoria e applicazioni*. Roma: Ed. DEI-Tipografia del Genio Civile.

Parra, A. G. (1955). *Reseña histórica sobre la catedral de la ciudad del Socorro: apuntaciones tomadas de los archivos parroquiales*. Socorro: Impr. Divino Niño.

Proyecto de Ley 267 de 2011 Senado. Por la cual se declara bien de interés cultural de la Nación la Concatedral de Nuestra Señora del Socorro, ubicada en el municipio de Socorro, departamento de Santander y se dictan otras disposiciones. Recuperado de http://www.imprenta.gov.co/gacetap/gaceta.mostrar_documento?p_tipo=05&p_numero=267&p_consec=28992

Vanguardia Liberal. (2016). Se desplazaron piedras de los arcos de la Basílica del Socorro. Recuperado de <http://www.vanguardia.com/santander/comunera/379734-se-desplazaron-piedras-de-los-arcos-de-la-basilica-del-socorro>.

Vanguardia Liberal. (2016). Departamento y municipio deberán apropiarse recursos. Recuperado de <http://www.vanguardia.com/santander/comunera/380212-departamento-y-municipio-deberan-apropiar-recursos>

Vanguardia Liberal. (2017). Intervendrán de "urgencia" la Basílica Menor del Socorro. Recuperado de <http://www.vanguardia.com/santander/comunera/390016-intervendran-de-urgencia-la-basilica-menor-del-socorro>

Vanguardia Liberal. (2017). Enormes piedras a punto de desprenderse de Basílica del Socorro. Recuperado de <http://www.vanguardia.com/santander/comunera/392546-enormes-piedras-a-punto-de-desprenderse-de-basilica-del-socorro>

Vanguardia Liberal. (2017). Problemas estructurales en la Basílica Menor del Socorro. Recuperado de <http://www.vanguardia.com/santander/comunera/392586-problemas-estructurales-en-la-basilica-menor-del-socorro>

Vanguardia Liberal. (2017). Declaran estado de alerta por fallas estructurales del templo. Recuperado de <http://www.vanguardia.com/santander/comunera/392797-declaran-estado-de-alerta-por-fallas-estructurales-del-templo>

Vanguardia Liberal. (2017). Iniciaron intervención de la Basílica Menor. Recuperado de <http://www.vanguardia.com/santander/comunera/392693-iniciaron-intervencion-de-la-basilica-menor>

Vanguardia Liberal. (2017). Iglesia asegura que no tiene \$7 mil millones para arreglar Basílica del Socorro. Recuperado de <http://www.vanguardia.com/santander/comunera/394537-iglesia-asegura-que-no-tiene-7-mil-millones-para-arreglar-basilica-del-soc>

LA GUADUA E L'INFORMALE. LA CONOSCENZA STRUTTURALE E LA QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI NATURALI NEL BARRIO DE INVASIÓN NUEVA ESPERANZA, KM41, MANIZALES, COLOMBIA*

Michele Paradiso** - Università degli Studi di Firenze, Italia

José Fernando Muñoz Robledo*** - Universidad Nacional, Colombia

Bianca Galmarini**** - Università degli studi di Firenze, Italia

Valentina D'Ippolito***** - Università degli studi di Firenze, Italia



Uno scorcio dell'asentamiento Nueva Esperanza
Fonte: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini, 2017.

* Artículo de investigación. Verso un'autocostruzione di qualità. Processi di trasformazione dell'Habitat Popular e consolidamento strutturale. Università degli studi di Firenze, Italia.

** Profesor asociado de Rehabilitación Estructural de Patrimonio Histórico Construido, Departamento de Arquitectura, DiDA, Universidad de los Estudios de Florencia, Italia; miembro de: Icomos-Cuba; IcoFort/Icomos; Iscarsah/Icomos. Lleva 40 años investigando sobre el comportamiento estructural de arcos y bóvedas de mampostería, y además en técnicas sustentables de consolidación de monumentos históricos. Correo electrónico: michele.paradiso@unifi.it

*** Arquitecto por la Universidad Nacional de Colombia, Manizales, máster en Arquitectura (becario Fulbright) Washington University USA. Profesor asociado Escuela de Arquitectura y Urbanismo EAU- FIA-UNAL. Miembro activo del grupo de Investigación en Patrimonio Arquitectónico, con un desarrollo extenso en publicaciones e investigación aplicada en proyectos profesionales y académicos sobre el tema del pasado, presente y futuro de las tecnoculturas constructivas de las arquitecturas de bahareque (madera y bambú guadua) en el paisaje cultural cafetero de Colombia, por el cual he participado como ponente local, nacional e internacional. Codirector del convenio académico interinstitucional entre la Universidad Nacional de Colombia - Manizales y la Università degli Studi di Firenze, Italia. Correo electrónico: jfmunozr@unal.edu.co

RIASSUNTO

Nueva Esperanza è un insediamento di tipo informale situato nella regione andina colombiana, nel Dipartimento di Caldas, a cavallo del Río Cauca e sulla via che collega Manizales a Medellín. Come occupazione autogestita con ambizione di legalizzazione, è un modello non estraneo alla gestione colombiana, la cui emergenza abitativa è il risultato dell'instabilità politica e della lunga condizione di guerriglia, concentrata soprattutto in scenario rurale.

Il lavoro che presentiamo investiga le forme dell'abitare sviluppatasi in questa comunità, alla luce delle differenti origini sociali e geografiche, formazione e competenze dei residenti. L'oggetto della ricerca è lo studio delle modalità di autocostruzione delle abitazioni in materiali locali (*guadua angustifolia*) e dell'efficacia delle soluzioni tecniche e costruttive adottate in tale contesto. Conseguente ai risultati dell'attività di rilievo e restituzione dei manufatti architettonici è l'individuazione di tre casi studio rappresentativi per diversi livelli di qualità d'esecuzione, qualità di conservazione, complessità della composizione.

Si intravede, allora, un progetto ex novo che assolverà alla duplice intenzione di realizzare un luogo di socializzazione (ad oggi assente) e di sperimentare un cantiere autogestito a scopo didattico, per la valorizzazione del materiale e della tecnologia opportuna al fine di una ricostruzione consapevole delle abitazioni.

PAROLE CHIAVE

Guadua angustifolia, autocostruzione, miglioramento strutturali, carenze costruttive quartieri informali, bahareque.

GUADUA E INFORMALIDAD. EL CONOCIMIENTO ESTRUCTURAL Y LA EVALUACIÓN DE LOS MATERIALES NATURALES EN EL BARRIO DE INVASIÓN NUEVA ESPERANZA, KM41, MANIZALES, COLOMBIA



Piano e numerazione dei lotti. Indagine aggiornata al 2017
Fonte: Fundación Nueva Esperanza.

RESUMEN

Nueva Esperanza es un asentamiento de tipo informal situado en la región Andina colombiana, en el departamento de Caldas, en inmediaciones del río Cauca y a lo largo de la carretera que conecta Manizales y Medellín. Se trata de una ocupación autogestionada con ambición de legalización, modelo no desconocido para la administración colombiana, con una emergencia habitacional resultante de la inestabilidad política y de la prolongada presencia de la guerrilla, concentrada sobre todo en el escenario rural.

El trabajo que presentamos investigó las formas de los hábitats desarrollados en esta comunidad, a la luz de sus diferentes orígenes sociales y geográficos, su nivel de formación y las mismas competencias de los residentes. El objeto de la investigación es el estudio de la modalidad de autoconstrucción de las viviendas con materiales locales (*guadua angustifolia*) y de la eficacia de las soluciones técnicas y constructivas adoptadas en tal contexto. Una vez obtenidos los resultados de las actividades de levantamiento y representación gráfica de las construcciones se identifican tres casos de estudio representativos en términos de diferentes niveles de calidad de ejecución, estado de conservación y complejidad de la composición.

Es entonces que se vislumbra un proyecto “ex novo” que cumplirá con una doble finalidad: crear un lugar de integración social (actualmente inexistente) y experimentar con una obra autogestionada con fines didácticos, a fin de valorizar el material y adoptar la tecnología más adecuada con el propósito de optimizar la reconstrucción de las viviendas.

PALABRAS CLAVE

Guadua angustifolia, autoconstrucción, mejora estructural, deficiencias constructivas, asentamientos informales, bahareque.

**** Arquitecta, comenzó sus estudios de Arquitectura en la Universidad de Ferrara, completándolos en la Universidad de los Estudios de Florencia bajo la modalidad de Máster en Arquitectura. Participó en varios proyectos de voluntariado, entre estos el de los campamentos nómadas en la ciudad de Milán. Su interés por la arquitectura temporal e ilegal, la lleva a frecuentar por un año la Escuela Técnica Superior de Arquitectura en la Universidad Politécnica de Madrid, gracias a la beca Erasmus y, posteriormente, durante seis meses a la Universidad Nacional de Colombia en Manizales, trabajando en el proyecto de investigación que se condensa en el artículo de esta edición. Correo electrónico: bianca.galmarini@stud.unifi.it

***** Arquitecta, obtuvo el grado de máster en Arquitectura por la Universidad de los Estudios de Florencia. Estudiante muy activa, organizó actividades culturales y talleres de autoconstrucción e impulsó una nueva visión en la transformación del espacio transversal. Demostró un gran interés por la arquitectura espontánea y los procesos de planificación participativa. Con su grupo “Split” se dedicó al estudio del bambú como material para la arquitectura, realizó instalaciones temporales durante los festivales Balkan Boogie (2015) y Human Evolution (2016). Correo electrónico: valentina.dippolito@stud.unifi.it

INTRODUZIONE

La psicosi della modernità si esprime con il rifiuto di soluzioni architettoniche semplici
Yona Friedman, L'architettura della sopravvivenza, 1978.



Figure 1. Il lavoro di rilevamento con la comunità di Nueva Esperanza
Fonte: Bianca Galmarini, 2017.

Il lavoro presentato si inserisce nell'ambito di una ricerca accademica, in collaborazione tra Università degli Studi di Firenze e la Universidad Nacional en Manizales, che vuole ricucire le ferite sociali e territoriali della Colombia attraverso lo strumento di un'attività architettonica consapevole. Il progetto è stato portato avanti con il supporto e la supervisione del prof.arch. Michele Paradiso e del prof.arch. José Fernando Muñoz Robledo, ed è parte di una Tesi di laurea in Architettura Magistrale della Scuola di Architettura dell'Università di Firenze. Il lavoro si compone di una prima fase di indagine sul campo nell'insediamento informale di Nueva Esperanza, presso il Km41 nel Dpto di Manizales in Colombia; e una seconda fase, attualmente in corso, di sintesi e rielaborazione delle informazioni raccolte, che si focalizza sulla resistenza antisismica dello stato di fatto e sulle mancanze tecnologiche e materiche riscontrate, con l'intenzione di avanzare una proposta di consolidamento strutturale degli oggetti studiati.

La ricchezza del caso studio del Km4 I, aggregazione di tre centinaia di abitazioni auto-costruite in *guadua*, e l'urgenza e l'attualità del tema della legalizzazione dell'area occupata hanno permesso di lavorare nel costante e stretto rapporto tra l'ambito accademico e il lavoro sul campo. Il tema materico ha spinto a prendere una posizione rispetto all'architettura informale. Tra le vie di Nueva Esperanza non ci si è trovati davanti ad un'arte del costruire, quanto piuttosto ad un'architettura popolare emergenziale.

L'analisi dei manufatti architettonici è stata impostata in modo quanto più oggettivo e neutrale: considerando come possibili fattori di criticità le modalità di esecuzione dei lavori, i tempi di raccolta del bambù e la conservazione dei materiali, e la naïveté strutturale nella progettazione. Lasciando ad una riflessione più articolata ogni considerazione sulla condizione abitativa, è stata studiata la varietà della composizione degli spazi, risposta ad un ventaglio di quadri esigenziali piuttosto ricco per provenienza, formazione e costituzione dei nuclei familiari dell'insediamento. Agli oggetti misurati, ridisegnati, compresi, è stata riconosciuta la stessa dignità di qualunque opera muraria o lignea: la natura informale e la materialità fuori dalla norma sono state considerate come variabili del calcolo e dello studio prestazionale. Per registrare, rielaborare ed esprimere la complessità del contesto nel quale si stava agendo, è stato opportuno affiancare allo studio geometrico, strutturale e materico dello stato di fatto una serie di interviste, incontri e partecipazione alla vita comunitaria.



Figure 2. Strada interna del quartiere Nueva Esperanza
Fonte: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini, 2017.

LA GUADUA: OVVERO PERCHÉ LA COLOMBIA

Mi propuesta como arquitecto es hacer una arquitectura un poquito más vegetariana, no tanto concreto, pero tampoco totalmente vegetariana. Hay que tener una dieta equilibrada entre minerales y vegetales, y estamos demasados minerales con la arquitectura

Simón Vélez.



Figure 3. Il bambù. Stoccaggio all'aperto di canne appena raccolte
Fonte: Jacopo Barelli.

L'interesse per le implicazioni architettoniche del bambù nasce dalle potenzialità in termini di prestazioni e sostenibilità del materiale, la cui natura erbacea, dunque spontanea ed invasiva, fa sì che i culmi crescano molto rapidamente e senza bisogno di specifici trattamenti del terreno. Un *guadua* (bambusetto) si perpetua e propaga autonomamente e potenzialmente all'infinito; in più, il suo tessuto radicale è un importante freno al rischio di smottamento, frana e dilavamento; la sua superficie foliare, invece, è in grado di assorbire grandi quantità di biossido di carbonio dall'atmosfera e rilasciare ossigeno. La coltivazione e l'uso di tale essenza risulta quindi un'intelligente forma di preservazione del territorio (Cárdenas Laverde, 2008). L'uso in edilizia assicura un'impronta di carbonio minima, una grande facilità di assemblaggio e smaltimento, e un abbattimento dei costi che lo ha reso protagonista dell'attuale filone di progettazione di "viviendas bajo costo" del quale molti architetti e designer, come Marcelo Villegas, Simon Vélez e l'architetto vietnamita Vo Trong Nghia, si stanno dedicando.

Nella regione andina colombiana cresce una delle specie più importanti di bambù tropicale gigante: la *guadua angustifolia*, comunemente *guadua*. A discapito di una tradizione costruttiva corroborata, e nonostante il potenziale del materiale, la tendenza delle popolazioni delle aree geografiche di interesse hanno progressivamente ridotto l'utilizzo della *guadua* nelle costruzioni. Sono degli anni 2000 (Decreto 52 del 2002, NSR-10) le prime apparizioni di questo materiale nella normativa edilizia; e tuttavia ad oggi il suo impiego è limitato all'architettura temporanea o di emergenza, e all'opera di alcuni architetti sensibili alle tematiche di sostenibilità. La dipendenza da tecniche costruttive estranee alla propria cultura e il mancato sfruttamento della ricchezza di risorse locali concorre al fenomeno di *dumping ambientale*, la svendita di beni naturali in cambio dell'acquisto, ad esempio, di semilavorati da Paesi terzi, che è uno dei temi più caldi della dialettica tra America Latina e Paesi occidentali (Pellizzoni et Osti, 2008).

D'altra parte, però, lo scarso utilizzo della *guadua* è legato a problematiche sociali: considerata come materiale povero e per poveri, è relegata a situazioni di urgenza e necessità, sempre temporanee e precarie. Gli stessi abitanti della comunità Nueva Esperanza hanno costruito la propria abitazione in *guadua* per la disponibilità del materiale, ma la maggior parte di loro sogna la "vivienda en material", realizzata con materiali *moderni*: calcestruzzo, acciaio, vetro. Eppure, povertà e reperibilità sono proprio la ricchezza e il pregio della *guadua*.

È innegabile che esista un nesso tra la visione collettiva e le proprietà del materiale, il cui limite più grande è la durabilità, legata alla vulnerabilità della sezione cava della canna, ove non trattata, immunizzata, e posta in opera in maniera corretta. La questione è però facilmente aggirabile, prevedendo ad esempio, in fase di progettazione, di agevolare la manutenzione e dunque la sostituzione di parti ammalorate. La promozione dell'impiego della *guadua* in architettura deve essere però accompagnata dalla esaustiva informazione sui processi di trattamento e conservazione.

Trattandosi di materiale naturale, la *guadua*, o più in generale il bambù, non è omogeneo né standardizzabile, per cui le sue caratteristiche prestazionali variano a seconda di diversi fattori: la specie, il diametro, lo spessore della parete, l'età della pianta al momento della raccolta, la distanza tra i setti, la composizione dello strato superficiale esterno, il contenuto di umidità, la densità, ecc. Cavo e leggero, presenta però straordinarie capacità meccaniche: la struttura anatomica dei suoi culmi, composta da fibre e vasi disposti lungo la direzione maggiore, gli conferisce una grande flessibilità, un'eccezionale resistenza a trazione nella direzione maggiore e una resistenza a compressione comunque superiore a quella del legno (pienamente meritato è l'epiteto di *acero vegetal*). Ad aumentare la resistenza a flessione è la corteccia che avvolge esternamente l'intera canna e la protegge anche dall'attacco di funghi e insetti (Lodoño et Montes, 1970). Leggerezza, resistenza meccanica e flessibilità lo rendono infine un materiale particolarmente resiliente agli eventi sismici. Sebbene l'anisotropia del materiale complichino la determinazione della capacità portante, sono numerosi gli studi, alcuni dei quali condotti presso l'UNAL, che hanno affrontato e stanno affrontando il tema (Luna, Takeuchi et al., 2010; OsorioSaraz et al., 2007).

DINAMICHE DI INVASIONE, HABITAT POPULAR, LA VIVIENDA DA INFORMAL

L'architettura pianificatrice ordinata ritiene di possedere una conoscenza aprioristica delle abitudini dell'uomo e pianifica secondo questa presunzione. Al contrario, l'architettura non dovrebbe essere rigida, ma flessibile e versatile per adattarsi alle mutevoli attività umane, mai uguali nel tempo, in costante cambiamento.

In una realtà come quella colombiana, il tema dell'informalità abitativa è urgente e articolato. La mancanza di reazioni opportune di fronte ad una popolazione in continua crescita e alla presenza di fenomeni di *desplazamiento* dovuti a situazioni di guerriglia e conseguente repressione dello Stato ha determinato un deficit abitativo al quale non si è riuscito a dare esaustiva risposta istituzionale. Come inevitabile conseguenza, la proliferazione delle *viviendas informales* è diventata l'unica alternativa possibile per una grande fetta di popolazione, priva di risorse economiche e strumentali, spesso sradicata dal proprio contesto e in continuo spostamento. Il fenomeno delle occupazioni e degli insediamenti illegali è ormai indissolubilmente legato alla crescita delle metropoli, con le sue iper popolate fasce marginali, ma interessa anche, come in questo caso, le zone rurali e produttive, le così dette *veredas*. La complessità del tema è tale che molti ricercatori cominciano ad ipotizzare che una pianificazione che non preveda la coesistenza di edilizia formale ed edilizia spontanea non possa che essere fallimentare.

Figure 4. Le finiture informali delle abitazioni.
Infitto, esterillas, plastica
Fonte: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini,
2017.



Il tema dell'informalità è vincolato a quello dell'autoproduzione della casa come processo di autodeterminazione e autoipotesi delle comunità, specie in uno scenario contraddittorio come quello colombiano, diviso tra una impostazione di vita consumistico-capitalista d'importazione, e una radicata relazione con la natura e la cultura d'origine. Un prezioso supporto a tal proposito è stato offerto dalla tesi di laurea di Laura Pinzón e Felipe Bedoya "HabPop - HábitatPopular: hábitat de diversidad y complejidad" (UNAL, 2003), che, con esempi raccolti nella città di Manizales, teorizza la sistematicità del processo di formazione dei quartieri informali, dall'appropriazione del territorio al consolidamento delle architetture. I due autori definiscono *Habitat Popular* l'insieme di soluzioni abitative generate dall'iniziativa e autorganizzazione di gruppi di individui in condizioni di precarietà e privi di spazi di residenza, ovvero tutti quei processi collettivi, periurbani o rurali, che sfuggono alla pianificazione dall'alto.

Estos asentamientos urbanos "informales" dado su aislamiento físico y social han venido estableciendo procesos poblacionales, territoriales y comportamentales particulares, que plantean nuevas intenciones, nuevos flujos y nuevas socialidades como un acto de construcción social y simbólica de su territorio (Pinzón y Bedoya, 2003).

Figure 5. Lo spazio comune della cancha
Fonte: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini,
2017.



Come espressione dell'Habitat Popular, la formazione di un *barrio* de *invasión* si può ricondurre a tre fasi consequenziali: genesi, trasformazione e appropriazione. Si definisce genesi l'insieme dei processi che hanno portato all'occupazione del luogo, all'atto di stanziarsi dettato dall'urgenza, spesso percepito come temporaneo. La trasformazione è invece il periodo di assestamento della presa di possesso territoriale. È la fase di consolidamento del quartiere e delle abitazioni che consiste nella conversione dei materiali e delle soluzioni architettoniche in versioni più durature, la strutturazione della gestione dello spazio, l'organizzazione della comunità. Delinea le trasformazioni nel modo di abitare, è il momento migliorativo successivo all'assestamento. Spetta infine alla fase di appropriazione l'analisi delle relazioni tra gli abitanti e le abitazioni, e tra gli abitanti e la comunità: passaggio necessario a comprendere l'attaccamento al contesto, la qualità della vita nel *barrio*, i suoi limiti e meriti, i possibili scenari futuri.

I barrios presenti nella fascia periferica della città di Manizales sono contraddistinti da un processo di lenta colonizzazione delle pendenze (le *laderas*) che sembrano sfidare le leggi gravitazionali. L'*asentamiento* Nueva Esperanza, trova la propria origine in un atto immediato di occupazione, di un gruppo cospicuo di persone mosse dalla stessa rivendicazione: il diritto alla casa. È qui che sta la chiave di lettura del caso studio: certamente favorito dalla conformazione pianeggiante del terreno; l'*asentamiento* ha un principio ordinatore. I lotti sono di egual dimensione e disposti in modo da creare vie principali e vie secondarie che risultano essere quasi sempre ortogonali tra loro, e uno spazio regolare è lasciato alla *cancha*, il campo sportivo e luogo di incontro della comunità.



Figure 6. Suggestioni. Uno scorcio dell'*asentamiento* Nueva Esperanza
Fonte: Valentina D'ippolito e Bianca Galmarini, 2017.

Un terzo argomento a favore dell'autoproduzione sta nel fatto che in un certo senso, nel momento in cui crea case, essa “dispone l'ordito e crea i bordi” della città: nel primo caso “ordisce” i vari lotti degli appezzamenti secondo lo schema della città storica presente nella memoria collettiva dei potenziali utenti, per i quali la tradizionale disposizione basata sugli isolati – con i negozi agli angoli delle strade, le cappелlette, le fermate dell'autobus e le piazzette – compone, sia pur in modo precario, l'immagine della città; nel secondo caso, l'autoproduzione “borda” il perimetro degli isolati con facciate – povere – che poco per volta, grazie a lavori lenti ma portati avanti con amore, conferiscono significanti e punti di riferimento che danno ordine agli spazi urbani in cui si forma e si riproduce la coscienza spaziale dei cittadini (Dieste y González, 1996, p. 70).

L'INDAGINE SULL'INSEDIAMENTO "NUEVA ESPERANZA". CRONACA E INTERVISTA AGLI ABITANTI

“¿La legalización es cercana?”

“Sí, porque nosotros vamos haciendo las cosas bajo legalidad, siempre pendientes de las leyes”

Genaro Hernández, presidente de la Junta

Entrevista hecha por las autoras, 30 septiembre, 2017.



Figure 7. Il lavoro con la comunità di Nueva Esperanza
Fonte: Valentina D'Ippolito, 2017.

Sabato 13 luglio 2013, a due giorni dall'episodio, nella cronaca di Manizales del quotidiano La Patria viene pubblicata la notizia dell'occupazione della vereda del Kilómetro 41. Parte dei terreni confiscati al narcotrafficante Roberto Gaviria Escobar sarebbero stati ridestinati alla formazione di una comunità residenziale autorganizzata e autocostruita: Nueva Esperanza.

Sistemato in una posizione strategica, sull'asse Manizales-Medellín della Panamericana in direzione di Anserma, e immerso nelle coltivazioni di *piña* e *maracuyá*, l'insediamento si appoggia al vicinissimo centro abitato Km41, nodo della vecchia linea ferroviaria e porto sul río Cauca. Il terreno, requisito dalla DNE (Dirección Nacional de Estupefacientes) e rimasto abbandonato, era stato lottizzato illegalmente dall'affidataria e venduto in lotti di 10x10m al prezzo di 1 milione 300 mila pesos ciascuno. A causa dell'invalidità della vendita e dell'inconsistenza dell'Atto di proprietà, i 60 acquirenti truffati avviarono l'occupazione del terreno. Ad essi si unirono immediatamente una varietà di soggetti, tra i quali famiglie *desplazadas* in attesa di ricollocamento o in situazioni abitative precarie o sovraffollate, provenienti dal Km41 o dagli *slums* di Manizales, Medellín e della costa pacifica, e così via. Una buona parte degli occupanti era rappresentata da lavoratori informali (soprattutto venditori e ristoratori ambulanti) la cui instabilità economica rendeva attraente la possibilità di non pagare un affitto; un'altra, dai lavoratori nelle *fincas* del circondario, interessati alla possibilità di vivere vicino alle proprie famiglie. Come recriminato dai *líderes sociales* locali, non mancavano nella comunità figure la cui adesione all'occupazione aveva l'opportunistico fine della acquisizione gratuita (e successiva rivendita) della proprietà nel momento della legalizzazione. L'asentamiento Nueva Esperanza conta 350 famiglie, delle quali però, “las que realmente viven aquí son 281” (Leidy Sánchez, líder social, 30/09/2017).

La convivenza è complicata dalle diverse provenienze degli abitanti, ma l'interazione collettiva è frequente, di modo che, come ci dice Leidy, "dialogando mucho se consigue resolver la mayoría de las quejas antes que se vuelvan problemas".



Figure 8. Don Francisco Javier, il Fontanero di Nueva Esperanza, avverte del rinvio della riunione comunitaria a causa della pioggia
Fonte: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini, 2017.

Le abitazioni non presentano fondazioni perché, come ci dice Omar Gaspar, uno dei costruttori:

Los cimientos no son permitidos en una invasión, así como construir en material: la Junta Directiva pone unas reglas y cuida que todos los invasores las respeten, porque esas son las condiciones para que sea legalizado el asentamiento. Además, todas las familias que tengan la bandera de Colombia en su casa no pueden ser desalojadas por la policía (8/10/2017).

Il *barrio* non presenta pavimentazione pubblica e, salvo gli assi principali, le vie non sempre raggiungono le dimensioni carrabili. Nel rispetto della legge promulgata alla fine del 2017, il sistema fognario è stato completato entro il 1° febbraio 2018. Vi sono attività commerciali di tipo informale e sedi di comunità religiose come la neocatecumenale e la evangelica. Per tutti gli altri servizi – scuola primaria e secondaria, casa della cultura, polizia, chiesa cattolica, *puesto de salud* – Nueva Esperanza dipende dal Km41.

La Comunidad Nueva Esperanza tiene un Estatuto que hace que quien no vive y habita en el barrio de manera verdadera y colaborativa no tenga luz ni agua. El principio es que los derechos equivalgan a unos deberes. También el Estatuto es fundamental para no tener problemas jurídicos entre vecinos, y para que las cosas sean justas e iguales para todos los ocupantes. Quien no colabora, no aprovecha de lo que conquistaron los otros con sus labores (Viviana, 30 septiembre 2017).

In quanto terra di nessuno, ubicata in una zona di recente storia turbolenta, l'Alcaldia de Manizales non ha avviato pratiche di sfratto, sospendendo qualunque decisione ma lasciando intuire, in una comunicazione televisiva del Ministro de Hacienda Mauricio Cárdenas Santamaría nel settembre del 2017, che la questione dell'insediamento di *Potrillo* sarebbe stata presto oggetto di un positivo provvedimento statale. D'altronde, l'inclusione

Figure 9. Vista aerea dell'insediamento "Nueva Esperanza", del Centro Poblado Km. 41 e del Río Cauca
Fonte: Fundación Nueva Esperanza.



dell'area del *Corregimiento Colombia* come "Zona di espansione" nel Piano de Ordenamiento Territorial del 2017, ne è una dimostrazione. Sorge il sospetto che tanta attenzione sia richiamata dalla necessità di ufficializzare il tessuto dell'area in vista del ciclopico progetto infrastrutturale del Pacifico 3, nuova arteria tra Manizales e Medellín, il cui tracciato costeggia i confini dell'insediamento. Ad ogni modo, l'atteggiamento tollerante dell'amministrazione ha permesso il consolidarsi dell'organizzazione interna e della coesione della comunità, che comunica tramite gruppo Whatsapp e ad oggi organizza feste circondariali, gestisce i propri rifiuti, promuove iniziative di sensibilizzazione sui temi della sessualità e della salute, e attività ludiche e sportive per bambini e adolescenti. Nueva Esperanza presenta una Giunta direttiva eletta, la quale, dichiarando l'istituzione dell'insediamento, ha approvato uno Statuto che regola le relazioni tra occupanti e rispetto alla proprietà, l'approvvigionamento di acqua e luce, i doveri all'interno della comunità, in un continuo dialogo con l'Alcaldía, così da favorire il processo della legalizzazione. Forti di un certo appoggio nell'opinione pubblica in seguito alla registrazione, nel dicembre 2017, della Giunta come *Administrativa*, all'acquisizione di rappresentanza giuridica (anche se come *gestori* e non *proprietari* dei lotti), e all'ottenimento (marzo 2018) della gestione del vicino *humedal*, nessuno più dubita che la legalizzazione sia vicina.

APOLOGIA DELL'AUTOCOSTRUZIONE

Quello che si dimentica banalmente è che gli abitanti stessi sono provocatori di *gentrification*, appunto perché aspirano come tutti a migliorare le condizioni quotidiane del loro stare

La Cecla, *Contro l'urbanistica*, 2014, p. 84. Milano, Einaudi.

Nella compagine dell'edilizia contemporanea, gli strumenti di pianificazione territoriale, gli interventi centralizzati e la comparsa sulla scena dell'impresa di costruzioni a matrice speculativa hanno concorso a determinare la fine di quel processo spontaneo di appropriazione del luogo come espressione dell'identità della comunità. L'impostazione di un'architettura high-tech e omologata, che cavalcando il positivismo dell'occidentalizzazione

più recente si è guadagnata un'approvazione che non sempre merita, non è in grado di rispondere alle necessità immanenti di qualunque realtà complessa. La stessa ambizione alla "vivienda en material" in contesti nei quali non è in grado di offrire comfort termico, sufficiente areazione, né la flessibilità necessaria al dinamismo dell'utenza, è anacronistica e decontestualizzata. Nella località di Puerto Nariño, nell'Amazzonia colombiana sul Río Loretoyacu, un intero intervento pubblico di realizzazione di case popolari è rimasto incompiuto: le costruzioni realizzate non sono state abitate, si è preferito continuare a vivere nelle capanne del villaggio. Lo stesso centro abitato del Km41, costituito da edifici in muratura su due piani, e dotato di piazza pubblica coperta, non è in grado di offrire una qualità della vita significativamente maggiore del quartiere autocostruito di Nueva Esperanza. Tanto profondo è il radicamento del binomio *mejlio* e *muratura*, che rende ciechi di fronte ad un'evidenza opposta. Purtroppo, il popolo colombiano non è estraneo a questo tipo di contraddizioni, assuefatto da una storia politica che lo affligge, gli nega i diritti ma puntualmente trova nelle (discusse) elezioni lo strumento per perpetuarsi. La vittima di questo processo di astrazione dei bisogni e generalizzazione delle risposte è stata la cultura tradizionale e vernacolare della costruzione in materiali naturali.



Figure 10. Cantiere di autocostruzione nell'asentamiento Nueva Esperanza
Fonte: Valentina D'ippolito e Bianca Galmari, 2017.

CENNI ALLA TECNICA TRADIZIONALE DEL BAHAREQUE

Il Paisaje Cultural Cafetero, riconosciuto come tale dall'UNESCO nel 2011, è l'area della Cordillera Centrale delle Ande, nella Colombia occidentale, il cui profilo rurale è caratterizzato dalle coltivazioni del caffè, e i cui insediamenti, risalenti per lo più al XIX secolo, conservano un impianto in stile coloniale e una tradizione costruttiva: il *bahareque*. Presente sul territorio colombiano in diverse declinazioni, il *bahareque* si compone di cornici strutturali in elementi lignei o in *guadua* (soleras), dotate di traversi o elementi diagonali (sempre lignei o in *guadua*) e riempite di terra sterco e paglia, oppure tamponate con tavolati o lastre metalliche. Nato con l'Estilo Fundacional, è usato anche per la parte in elevazione dell'Estilo Temblorero, combinato con la tapia al piano inferiore per un risultato particolarmente resistente ai sismi. Il *Bahareque* può essere de Tierra, nelle due versioni Macizo e Hueco; o de Tabla, composizione modulare con elementi verticali lignei ogni 90cm alternati da canne di *guadua* ogni 30cm e rivestite da tavole lignee. Nel *Bahareque* Metálico, versione meno frequente, al telaio ligneo di supporto sono applicate con inchiodatura sottili lamine di metallo, spesso decorate e smaltate, di formati affini al 50x50cm. Tipologia più recente e unica normata (Decreto 52 del 2002, modifica del NSR 98) è il *Bahareque* Encementado, nel quale alla struttura in legno e *guadua* si aggiungono rivestimenti in stuoie di *guadua* (le esterillas), maglia metallica e intonaco in malta di cemento e sabbia.

Figure 11. Le differenti tipologie di Bahareque: de Tierra, de Tabla, Metálico ed encementado
 Fonte: José Fernando Muñoz Robledo.



Nel Bahareque de Tierra Hueca così come nell'Encementado appaiono le esterillas, stuoie ottenute dalla fenditura e spianamento delle canne lungo frequenti incisioni, poste in direzione orizzontale come rivestimento parietale, con la superficie più ruvida all'esterno perché più adatta ad accogliere l'intonaco, a base di terra nell'uno e di malta di cemento nell'altro tipo. I rivestimenti delle abitazioni in Nueva Esperanza sono nella quasi totalità formati dalle esterillas, verniciate e/o smaltate, rivestite con lamine metalliche o foderate di tessuti plastici. La struttura portante in canne di *guadua*, l'uso di esterillas e accenni più o meno articolati di cornici di supporto e modularità, oltre a sporadiche foderature in terra e stercio: le analogie tra la tecnica tradizionale del *bahareque* e gli episodi di autocostruzione di Nueva Esperanza sono evidenti.

IL RILIEVO DELLE ABITAZIONI E LE CRITICITÀ COSTRUTTIVE

Per catalogare le carenze tecnologiche e strutturali delle abitazioni rilevate, è stata fondamentale la classificazione indicata nel manuale di valutazione delle strutture in *bahareque*. Sono state individuate le criticità più frequenti, secondo i tipi geometrico, costruttivo e strutturale, e legate alle patologie del materiale. Le criticità geometriche comprendono gli errori di disegno architettonico, dovuti ad una formazione non professionale degli attori del processo edilizio: irregolarità in pianta e sezione a generare punti di differente rigidità e dunque maggiore vulnerabilità, mancata divisione in moduli, assenza di muri in una direzione, assenza di allineamenti o simmetria e incoerenza tra pianta e sezione.

Figure 12. Irregolarità di disegno nell'accesso e zona giorno del Lote 10
 Fonte: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini, 2017.



Tra le criticità strutturali, definite come errori di disegno o assenza di un progetto specifico, si annoverano: assenza delle fondazioni, mancanza di connessione e ammortamento

tra pareti, discontinuità verticale, scarso o insufficiente collegamento tra elementi verticali ed orizzontali, assenza o cattiva esecuzione di controventature o altri sistemi di irrigidimento, strutture di copertura poco chiare e tentativi apparentemente simili alla capriate.



Figure 13. Errori di disegno e di collegamento degli elementi a sbalzo
Fonte: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini, 2017.

Le carenze costruttive includono la cattiva esecuzione di coperture, l'assenza di stratificazione e sporti a protezione del materiale; la sostituzione delle fondazioni con un getto di cemento insufficiente a proteggere le canne infisse dal deterioramento; la cattiva esecuzione dei diaframmi, delle cornici strutturali e il conseguente schiacciamento delle soleras; le irregolarità nella realizzazione delle chiusure perimetrali, la variazione della distanza di interasse tra elementi verticali, l'uso di canne di differenti sezioni all'interno dello stesso pacchetto, l'assenza di un rivestimento completo e la conseguente esposizione diretta della *guadua* alle intemperie e all'irradiazione solare. Le patologie del materiale sono legate ad errori nelle fasi di raccolta – anticipata rispetto alla maturità della pianta, ovvero prima dei 4 anni di vita; in periodo diverso da quello consigliato, ovvero durante la stagione secca, con luna calante, e nelle ore notturne antecedenti l'alba – o di stoccaggio, essiccazione e immunizzazione delle canne.

Allo stesso modo, si sono rilevati errori nella realizzazione delle esterillas, così come l'assenza di protezione una volta messe in opera.



Figure 14. I rivestimenti metallici del Lote 251
Fonte: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini, 2017.

In generale, le soluzioni tecnologiche rilevate nelle abitazioni dell'insediamento mostrano il carattere autodidatta della costruzione. A livello materico, è presente l'uso combinato di *guadua*, superboard, terra e sterco, tessuti plastici ed ex manifesti pubblicitari, legno, lamiera metalliche. I trattamenti e le finiture differiscono da caso a caso e all'interno dello stesso oggetto, a seconda della posizione dell'affaccio; lo stesso vale per la pratica di manutenzione.



Figure 15. La versatilità della *guadua* nelle finiture esterne dell'asentamiento
Fonte: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini, 2017.

Il trattamento della *guadua*, le tecniche di incontro tra canne o tra canne e travetti di legno, la preparazione delle esterillas, il disegno di una struttura in cornici: fanno tutti parte di una conoscenza tecnica tradizionale di retaggio vernacolare, il cui futuro dipende dalla trasmissione e l'insegnamento della "regola d'arte". Questo per dare affidabilità e rigore all'autocostruzione, e per dimostrare le potenzialità applicative di un materiale trascurato perché associato ad un'architettura temporanea.



Figure 16. Lettura del disegno strutturale dal prospetto dell'edificio
Fonte: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini, 2017.

IL RILIEVO DELLE ABITAZIONI E LA VARIETÀ NELLA COMPOSIZIONE

Oltre agli aspetti strutturale e tecnologico, l'indagine di rilievo ha previsto l'analisi formale delle soluzioni e un'intervista degli abitanti.

- ¿De dónde vienes? ¿Cuál es tu trabajo? ¿Con quién vives?

- ¿Cuándo y por qué viniste? Antes, ¿dónde habitabas?
- ¿Qué te gusta hacer en tu tiempo libre?
- ¿Quién construyó tu vivienda? ¿Quién la diseñó?
- ¿Dónde encontraste los materiales?
- ¿Qué te gusta de tu casa? ¿Qué es lo que cambiarías?



Figure 17. La dimensión privada. Vista interna de una cocina
 Fuente: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini, 2017.



Figure 18. La dimensión privada. Vista interna de una camera da letto
 Fuente: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini, 2017.

Le domande che sono state poste erano state preventivamente stabilite, salvo poi trasformarsi ogni intervista in un dialogo informale, umano e spesso divertente. Uno degli esiti più curiosi e sconvolgenti della campagna di rilievo riguarda l'aspetto della composizione architettonica. Nella valutazione di questo fenomeno va considerato l'impianto chiaro dell'insediamento, suddiviso in lotti di 6x8 e 8x10mq con poche variazioni in merito - regolarità sui generis, trattandosi di *barrio de invasión*. La varietà di provenienza, formazione, impiego e nucleo delle famiglie abitanti si è espressa in una pluralità di soluzioni formali e di organizzazione dello spazio architettonico. Data la dinamicità delle soluzioni, in continua trasformazione assieme all'utenza, l'effettiva utilità dell'analisi è la presa d'atto della fantasia progettuale espressa dagli autocostruttori e permessa dall'autocostruzione. Gli esempi studiati, schematizzati e presentati a corredo dell'articolo, sono da leggersi in questo senso.

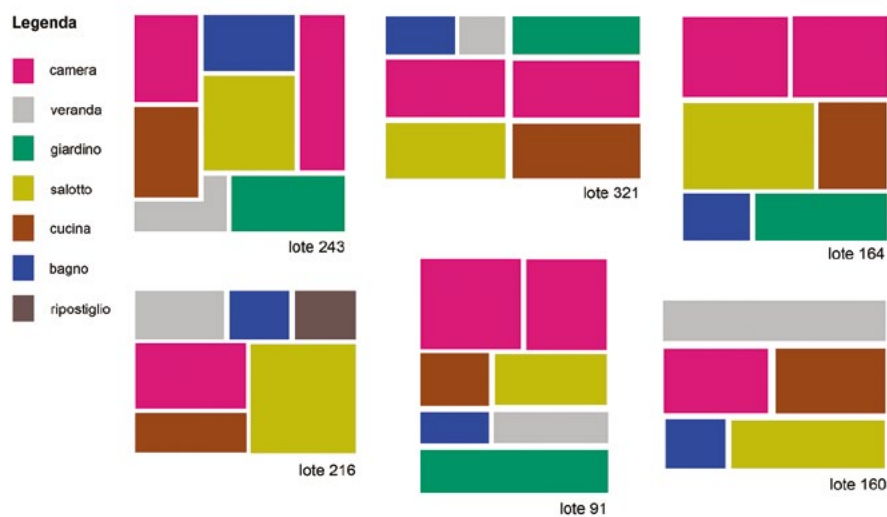


Figure 19. Graficizzazione dell'organizzazione funzionale di un campione di edifici rilevati
Fonte: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini.

Schemi della composizione degli edifici rilevati.
Le soluzioni adottate rispecchiano le esigenze diversificate secondo nucleo familiare, origine, impiego e interessi degli abitanti, e mostrano la flessibilità dell'autocostruzione

LA SELEZIONE DEI CASI STUDIO

Nel ventaglio di abitazioni rilevate, sono stati individuati tre casi studio: il Lote 10, il 239 e il 164. Il primo è un edificio su due piani, con struttura interamente realizzata in bambù, copertura in lamiera grecata e tamponature in esterillas occasionalmente rivestita di tessuto plastico. Gli esecutori della costruzione sono gli stessi abitanti, la cui formazione è empirica e generica; i materiali sono stati tutti reperiti nei dintorni; la destinazione d'uso è esclusivamente residenziale e il numero di occupanti è 7, tra cui un neonato.

Il secondo, il Lote 239, occupa una parte dell'area di pertinenza con un edificio su due piani e un'altra con una veranda a coprire uno spazio al piano terreno; la struttura è in legno e *guadua*, con tamponamenti in esterillas e al piano superiore, a fini decorativi, in tessuto plastico. È un caso di coesistenza di uso residenziale e produttivo, in quanto ospita una *tienda* di alimentari e due tavole da biliardo; è abitato da 2 persone ed è stato commissionato ad un costruttore professionista; i materiali sono stati in parte acquistati e in parte reperiti nei dintorni.

Il terzo caso, il 164, è un edificio prospiciente la cancha, il campo centrale dell'insediamento, realizzato con l'accostamento di canne di *guadua* a formare continuum strutturali formalmente assimilabili a setti, con solaio interpiano in tavolato ligneo e sistema



Figure 20. L'affaccio sulla via del Lote 10
 Fonte: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini, 2017.



Figure 21. Uso di diverse soluzioni di rivestimento esterno nel Lote 239
 Fonte: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini, 2017.



Figure 22. L'affaccio sulla Cancha del Lote 164
 Fonte: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini, 2017.

di copertura a capriata rivestita in lamiera zincata. La destinazione d'uso è unicamente residenziale, ma non è stato possibile definire il numero di abitanti, poiché in fase di completamento al momento dell'intervista al proprietario. Eseguito dal proprietario e da collaboratori, il materiale dell'intervento è stato reperito in una *finca* nelle vicinanze.

I tre casi selezionati si distinguono per essere stati realizzati con maggiore o minore coscienza strutturale, con materiali più o meno accessibili, e per trovarsi in stato di migliore o peggiore conservazione. Queste considerazioni, e l'osservazione degli edifici, costituiscono la base del successivo studio strutturale e, in fine, della delimitazione dell'intervento.

FASI FINALI



Figure 23. Dettaglio di una chiodatura tra sostegni verticali e corrente in un parapetto
Fonte: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini, 2017.

LA RICERCA STRUTTURALE PER L'INTERVENTO

La novità del lavoro e la trasversalità dell'approccio (da accademico a fortemente concreto), e la conseguente assenza (o irreperibilità) di precedenti cui riferirsi, hanno imposto la scelta di un proprio *modus operandi*. Di conseguenza, il lavoro è stato strutturato in una serie di quattro passaggi: il primo prevede la modellazione tridimensionale, esportabile in dxf, degli edifici scelti come esempi tipologici, tra quelli rilevati e già riportati in CAD: il lote 10, struttura su due piani, apparentemente labile, in *guadua*; il lote 239, struttura in *guadua* e legno, su due piani con veranda; il lote 164, struttura in *guadua* organizzata in

setti. Il secondo passaggio consiste nella schematizzazione di tali strutture, per lo studio della loro risposta statica e dinamica (specialmente antisismica) attraverso il programma Straus7, dunque secondo un metodo ad elementi finiti. La scelta di utilizzare un modello di analisi ad elementi finiti, pensato per materiali isotropi, impone di prestare un'altissima cura nella valutazione degli esiti. Per quanto opinabile, si è scelto di seguire questa direzione per evitare la ben più impervia via della sola misurazione su modelli in laboratorio, la cui attendibilità sarebbe dipesa dall'alto numero di prove da effettuare, dalla disponibilità della *guadua* angustifolia, dalla fedele esecuzione degli incontri. Il proposito è comunque quello di affiancare al calcolo con modelli matematici l'analisi di modelli in laboratorio, con la consapevolezza però, dei limiti di queste prove, e delle considerazioni sulla Teoria della similitudine e sul Problema di scala.

Per la simulazione su Straus7 si è scelto di adottare i seguenti parametri prestazionali della *guadua*: Resistenza a trazione 18700 MPa; Resistenza a compressione 3100 MPa; Coefficiente di Poisson 0,34 (Osorio et al., 2007). il disegno è stato ripulito di tutti gli elementi privi di chiara funzione strutturale, controventante o di irrigidimento, e degli sbalzi inferiori ai 10 cm. Il getto di cemento dell'attacco a terra è stato considerato sufficiente ad ipotizzare un vincolo d'incastro alla base delle canne. La sezione dei culmi è stata approssimata secondo due dimensioni: 10 e 12 cm. Abbiamo mantenuto i disallineamenti interassiali superiori a 5cm tra struttura verticale e struttura orizzontale, come tra primaria e secondaria. Ad ogni nodo tra elementi strutturali abbiamo riconosciuto il vincolo assegnando i gradi di libertà concessi e indicandone l'asse di rotazione (*pin*): per fare ciò, abbiamo considerato gli incontri inchiodati "a forcella" o "bocca di pesce" come ben eseguiti. Abbiamo impostato il lavoro per livelli, analizzando prima la risposta al solo piano terra, poi al complesso dell'edificio. Lo spettro di risposta è stato elaborato sulla base della Normativa Sismo Resistente del 2010 NSR-10.

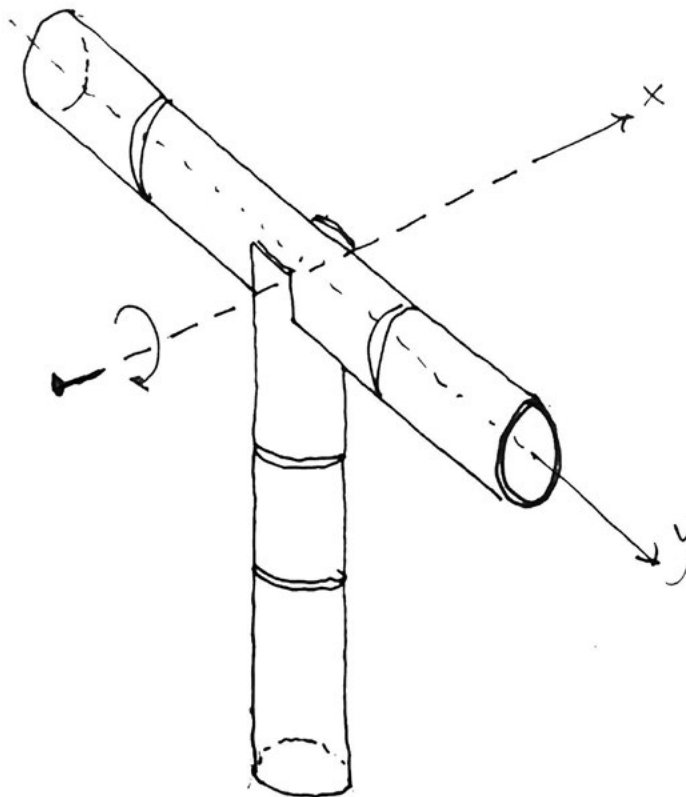


Figure 24. Gli assi di rotazione permessa dalle unioni chiodate nella simulazione su Straus7. Fonte: Valentina D'ippolito e Bianca Galmarini.

Il terzo passaggio comporterà la manipolazione del modello con interventi mirati di miglioramento delle connessioni e ripulitura del disegno dagli elementi superflui, come in un gioco di Shanghai, con una speciale attenzione ai risultati del calcolo del Lote 164, rispetto al quale ci riserviamo di adottare differenti strategie di intervento.

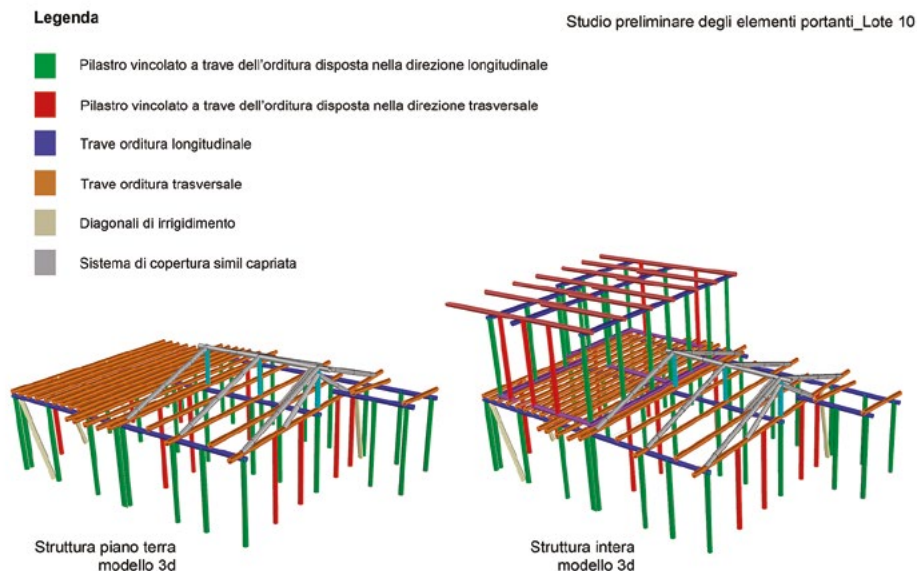


Figure 25. Suddivisione degli elementi strutturali per funzione e posizione.

Fonte: Valentina D'Ippolito e Bianca Galmarini.

In fine, il quarto passaggio, dipendentemente dai risultati ottenuti dal calcolo sul lote 164, auspica di vedere la realizzazione di un modello in scala di cornice strutturale irrigidita da una fitta scansione di culmi disposti verticalmente. L'obiettivo di tale studio è individuare una tecnica di facile realizzazione ed alte prestazioni da elaborare sulla falsariga del *bahareque* de tierra o de tabla e adottare come tecnologia per il successivo progetto ex novo. Questo per poter fornire agli abitanti di Nueva Esperanza le indicazioni per un metodo.

A questo riguardo e come riflessione finale è doveroso sottolineare che la volontà di questo studio, strutturale e tecnologico, è riportare l'attenzione dell'opinione pubblica colombiana sulla potenzialità della *guadua*; e invertire così una tendenza distratta nei confronti di una tecnica costruttiva potenzialmente durevole, resistente, e, a differenza del materiale, confortevole.

REFERENZE

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS. (2003). *Manual de evaluación, rehabilitación y refuerzo de viviendas de bahareques tradicionales construidas con anterioridad a la vigencia del Decreto 052 de 2002*. Bogotá: Presidencia de la República.

Cárdenas, M. (2008). *Il bambù come materiale da costruzione*. Napoli: Sistemi Editoriali Simone.

Dieste, E., y Gonzales, C. (1996). *Architettura, partecipazione sociale e tecnologie appropriate*. Milano: Jaca Book.

Friedman, Y. (2009). *L'architettura di sopravvivenza. Una filosofia della povertà*. Torino: Bollati Boringhieri.

La Cecla, F. (2014). *Contro l'urbanistica*. Milano: Giulio Einaudi.

La Patria - Manizales. (2013, julio 13). *Sucesos: Invadieron hacienda que perteneció al Osito*. Recuperado de http://www.lapatria.com/sucesos/invadieron-hacienda-que-pertenecio-al-osito-38423?qt-lo_m_s10=1&qt-qt_3_lomas=0.

Londoño, M. F. y Montes, B. M. A. (1970). *La guadua, su aplicación en la construcción*. Medellín: Bedout.

Longo, S. (2011). *Analisi dimensionale e modellistica fisica. Principi e applicazioni alle Scienze ingegneristiche*. Milano: Springer Verlag.

Luna, P., Takeuchi, C., Granados, G., Lamus, F., Lozano, J. (2011, junio). Metodología de diseño de estructuras en *guadua* angustifolia como material estructural por el método de esfuerzos admisibles. *Revista de Educación en Ingeniería*, (11), pp. 66-75.

Osorio, J. A., Vélez, J. M., y Ciro, H. J. (2007). Determinación de la relación de poisson de la *guadua* angustifolia Kunth a partir de procesamientos de imágenes y su relación con la estructura interna. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 60(2), pp. 4067-4076.

Osorio, L., Trujillo, E., Van Vuure, A. W., Lens, F., Ivens, J., Verpoest, I. (2010, june). *The relation between bamboo fibre microstructure and mechanical properties*. "14TH European Conference on Composite Materials, 7-10 June 2010. Budapest, Hungary. Paper ID: 982-ECCM14.

Pellizzoni, L., Osti, G. (2008). *Sociologia dell'ambiente*. Bologna: Il Mulino.

Pinzón, L., y Bedoya, F. (2003). *HabPop - Hábitat Popular: hábitat de diversidad y complejidad*. Manizales: UNAL.

Robledo, J. E., y Samper, D. (1993). *Un siglo de bahareque en el antiguo Caldas*. Bogotá: El Ancora.

Robledo, J. F. (2010). *Tipificación de los sistemas constructivos patrimoniales de "Bahareque" en el paisaje cultural cafetero de Colombia*. Manizales: UNAL.

Sánchez, M. (2013, agosto 12). Antes del desalojo en *Potreriillo* (kilómetro 41). *La Patria - Manizales*. Recuperado de <http://www.lapatria.com/manizales/antes-del-desalojo-en-potreriillo-kilometro-41-40766>.

Sánchez, M. (2013, agosto 26). Ratifican que debe desalojarse *Potreriillo*. *La Patria*. Manizales. Recuperado de <http://www.lapatria.com/manizales/ratifican-que-debe-desalojarse-potreriillo-118511>.

Sánchez, M. (2014, febrero 26). En *Potreriillo* quieren servicios públicos. *La Patria*. Manizales. Recuperado de <http://www.lapatria.com/manizales/en-potreriillo-quieren-servicios-publicos-5592>.

Sánchez, M. (2018, julio 16). Invasión en *Potreriillo*, arraigada cinco años en el kilómetro 41 (Manizales). *La Patria*. Manizales. Recuperado de <http://m.lapatria.com/manizales/invasion-en-potreriillo-arraigada-cinco-anos-en-el-kilometro-41-manizales-419716>.

Staid, A. (2017). *Abitare illegale. Etnografia del vivere ai margini in Occidente*. Milano: Milieu.

Villegas, M. (2006). *Bambusa Guadua*. Villegas Editores.

USAGE OF BAMBOO POWDER AS AN ADDITIVE IN ADOBE BRICKS AND BAMBOO CANES FRAME FOR THE REINFORCEMENT OF ADOBE STRUCTURE*

Michele Paradiso** - Università degli Studi di Firenze, Italia

Ricardo Alfredo Cruz Hernández*** - Universidad Industrial de Santander, Colombia

Francesca Bizzeti**** - Italia

Antonio Farigu***** - Università degli Studi di Firenze, Italia

Olimpia Lotti***** - Università degli Studi di Firenze, Italia

DOI: <https://doi.org/10.15332/rev.m.v15i0.2179>



Compression of adobe sample mixed with bamboo powder
Source: Authors' photo.

* Artículo de investigación: "Usage of bamboo powder as an additive in adobe bricks and bamboo canes frame for the reinforcement of adobe structure".

** Profesor asociado de Rehabilitación Estructural de Patrimonio Histórico Construido, Departamento de Arquitectura, DiDA - Universidad de los Estudios de Florencia, Italia; miembro de: Icomos-Cuba; IcoFort/Icomos; Iscarsah/Icomos. Lleva 40 años investigando sobre el comportamiento estructural de arcos y bóvedas de mampostería, y además en técnicas sustentables de consolidación de monumentos históricos. Correo electrónico: michele.paradiso@unifi.it

*** 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.co

**** Arquitecta graduada de la Universidad de los Estudios de Florencia, Italia. Su proyecto de grado fue sobre las estructuras en tierra y guadua en Latinoamérica. Estuvo en Colombia por tres meses estudiando las arquitecturas tradicionales y modernas en tierra y guadua. En Italia desarrolló una investigación sobre las características mecánicas de muros en adobe y bambú en el laboratorio de Estructuras de la Universidad de los Estudios de Florencia. Colaboró con la Alcaldía de Florencia en el proyecto de restauración de la Fortaleza da Basso, diseñada por Antonio da Sangallo. Correo electrónico: frabizze@gmail.com

ABSTRACT

The research shows the possibility to improve the resistance of adobe constructions using as a product, the processing waste, the bamboo powder. It can be used as additive in the mixture of the adobe bricks, increasing substantially their resistance. Those new bricks could be combined with an external reinforcement made by bamboo canes. Under normal operating conditions, the bamboo reinforcement does not collaborate with the adobe structure, but in case of strong exceptional events it is able to avoid the collapse of adobe walls. The tested solutions suit to solve many problems in crucial contexts in Latin America. In fact, this system can be built as self-construction, in environmental extremely precarious conditions, and it is also part of the traditional building knowledge of the populations to which it is addressed.

KEYWORDS:

Adobe, bamboo, powder, frame, recycle, Colombia.

USO DEL POLVO DE BAMBÚ COMO ADITIVO EN LADRILLOS DE ADOBE Y ENTRAMADOS DE BAMBÚ PARA EL REFUERZO DE ESTRUCTURAS EN ADOBE



Bamboo canes with adobe bricks
Source: Authors' photo.

RESUMEN

La investigación muestra la posibilidad de mejorar la resistencia de las construcciones de adobe utilizando el polvo de bambú como producto derivado de los desechos de su procesamiento. Se puede usar como aditivo en la mezcla de ladrillos de adobe, aumentando sustancialmente su resistencia. Esos nuevos ladrillos podrían combinarse con un refuerzo externo hecho por cañas de bambú. En condiciones normales de funcionamiento, el refuerzo de bambú no colabora con la estructura de adobe, pero en caso de eventos excepcionales fuertes, puede evitar el colapso de las paredes de adobe. Las soluciones probadas son adecuadas para resolver muchos problemas en contextos cruciales en América Latina. De hecho, este sistema puede usarse como autoconstrucción, en condiciones ambientales extremadamente precarias, y también es parte del conocimiento tradicional de las poblaciones a las que se dirige.

PALABRAS CLAVES:

Adobe, bambú, polvo, entramado, reciclaje, Colombia

***** Graduado en el curso trienal de Arquitectura de la Università La Sapienza de Roma y en el curso magistral de Arquitectura de la Universidad de los Estudios de Florencia. Con el profesor Michele Paradiso y su compañera de trabajo Olimpia Lotti, desarrollaron una investigación sobre las características mecánicas del material tierra, empleado en arquitectura. El trabajo de laboratorio de esta investigación fue totalmente realizado en los laboratorios de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander y de la Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga. Su más reciente publicación en conjunto: *Design research for low-cost constructions in adobe with bamboo additives and bamboo canes*, fue presentada en Valencia durante la Conferencia SosTierra2017. Correo electrónico: antonio.farigu@stu.unifi.it

***** Graduada en el curso trienal de Arquitectura y en el curso magistral de Arquitectura de la Universidad de los Estudios de Florencia. Con el profesor Michele Paradiso y su compañero de trabajo Antonio Farigu, desarrollaron una investigación sobre las características mecánicas del material tierra empleado en arquitectura. Correo electrónico: olimpia.lotti@stud.unifi.it

INTRODUCTION

Raw earth architectures

Every expression of vernacular architecture is able to gather and witness traditional techniques of construction from any time. During the centuries, these traditions achieve high levels of adaptation to the context, with solutions of considerable interest from a structural, bioclimatic, economic and environmental point of view. Among them, earth construction plays a leading role, as demonstrated by its high adaptability. In fact, they spread for thousands of years throughout the world in areas with very different environmental and social contexts. Many construction techniques rely on the use of raw earth. The best known, are adobe and rammed earth (called also pisé or tapia). Techniques based on earth and straw, are spread worldwide; for example the wattle and daub, or methods based on earth and wood, like the cob wall constructions (bague or freemason). In Latin America those techniques (called quincha, bahareque, embarrado, cuje) use the bamboo as one of the main construction material. In this paper we refer to the technique of adobe. It consists of sun-dried bricks made of a mixture of clay, water and organic fibers, pressed into an open timber frame. Adobe buildings are widespread in Latin America and the Middle Eastern countries, but also in the Mediterranean Area. The main characteristic of adobe is to have high compression resistance, but no tension resistance. Therefore, one of the most critical points of adobe buildings, and in general of earthen structures, concerns their seismic behavior. In case of horizontal loads of a certain severity, the walls tend to crumble. This material, often considered as modest and brittle, has been regularly replaced by materials considered modern and safer. Nevertheless, understanding and analyzing the criticalities of raw earth should be the challenge to improve both materials and techniques, in order to design innovative solutions.

The research on bamboo as a constructing material

The properties of this material are botanical, anatomical, physical and mechanical. It grows in different climates and many species are also invasive; moreover, it is easy to be employed in any construction: lightweight to carry and it has an optimal tensile strength. The plant grows under the ground with a complex root system that forms a single body with the stems that protrude from the ground. The cutting of the culms is controlled and does not involve the death of the plants that every year regenerate, in contrast with what happens with trees. Despite its peculiarities, the bamboo is often known as the “poor man’s timber”, the symbol of the precariousness in which the most disadvantaged populations live. The research analyzes the possibility of increasing the tension resistance of earth bricks, by using bamboo powder from the waste of industrial processing as additive in the mixture of adobe. The use of bamboo is also hypothesized as an external reinforcement and a prototype structure, that uses bamboo as additives in the adobe mix and as external reinforcement. The research designed an external frame of bamboo to be applied to the existing and new adobe walls, which is able to provide support in case of earthquake. The research analyzes the possibility of delaying the collapse of the structures of adobe using bamboo as a completion.

UNIAXIAL COMPRESSION TESTS ON ADOBE WITH BAMBOO POWDER ADDITIVE

Materials and methods

The bamboo species used in research is the *Angustifolia* Kunth, a type of giant bamboo that grows in several parts of the world at temperate latitudes. *Angustifolia* Kunth is endemic of Latin America, where it is called *Guadua* and where is one of the most

common species used in the construction industry. The powder we employed, passed through a sieve of diameter $\varphi = 4.75$ mm, it is a waste of production from a Colombian company that produces furniture and structural elements in the building industry. For the tests, they were prepared 27 specimens of adobe with bamboo powder additive from the “bamboo burr”. The specimens are $8 \times 8 \times 8$ cm. In the Table 1 are reported the number of test specimens, the tests conducted on specimens without any additive and with 20% of water of the weight of earth, and the tests from Gigliotti & Malara (2012). These tests were conducted on earth specimens from different parts of the World, with similar size and comparable characteristics, kneaded with calcined gypsum powder additive. The calcined gypsum (calcium sulphate dihydrate) reacts chemically with the clay contained in the ground of mixture, and is commonly used to stabilize earthen structures. These tests were performed in the laboratory of Materials and Structures Testing of DIDA (Università degli Studi di Firenze). For the realization of the specimens, it was employed earth dried in oven at 60°C for about 24 hours, minced with mechanical grinder and passed through a sieve of diameter $\varphi = 4.75$ mm (corresponding to ASTM sieve n°4). The sieve n°4 was also employed to sift the bamboo powder.

The earth was kneaded with bamboo powder in proportions equal to 3%, 8% and 12% of the weight of the earth, and mixed with water at 30% and 40%. The mixture was manually processed and pressed into a timber mold, and removed after 2-3 days of drying. Thereafter the specimens were seasoned with air on a wooden panel for about a month. This process of slow drying reduces the possibility of cracking. The test machine is composed of a hydraulic jack able to move axially, controlled by a computer. The performed tests in monoaxial compression, were conducted in stress-controlled mode; the force is increased at a given rate and the correspondent piston’s displacement is measured. The test specimen are loaded with a rounded head on a thick plate positioned on the upper surface of the specimen. The data on the displacements of the specimen along the direction parallel to the load were recorded through four displacement transducers placed on the four corners of the load plate.

Table 1. Test specimens

Specimen	N.	Water Percentage	Additive	Additive Percentage content*
I020	9	20%	None	0%
B330	9	30%	Bamboo powder	3%
B840	9	40%	Bamboo powder	8%
BI240	9	40%	Bamboo powder	12%
TGC**	5	19%	Calcined gypsum	15%

* dry weight percentage. ** Gigliotti & Malara, 2012.

Source: Authors’ elaboration.

Tests - Preliminary analysis on the raw earth

The earth can have at the same time an inconsistent and monolithic texture. Therefore, to study earthen structures is necessary to investigate both the issues related to the soil mechanic and of the strength of materials. In order to hypothesize the shrinkage and the behavior during the tests, the main properties investigated are shows in Table 2. The earth used for the research is from an excavation about 4 meters deep in an area close to the little village of Guane, Barichara, Santander Department, Colombia.

Table 2. Test specimens

Property	Symbol	Value
Specific Weight	Gs	2.4707 gr/cm ³
Water Content	W	15.65%
Liquid Limit	LI	23.09%
Plastic Limit	Lp	19.57%
Linear Shrinkage	RI	3.15%
Linear Shrinkage at cold	RI	2.02%

Source: Authors' elaboration.

Results

The tests on specimens with bamboo powder as additive, show different increases of the tension of failure or respect to the values obtained by the specimens without any additive. Depending on the quantity of additive in the mixture. The test results are proposed in Table 3:

Table 3. Comparison of the tensions of failure for adobe specimens with different percentage of bamboo additive

Specimen	Additive	σ_r [N/mm ²]
I020	none	2.07
B330	3%	3.54
B830	8%	3.97
B1240	12%	4.61
TGC	Other*	2.4

* 19% of calcined Gypsum from Gigliotti & Malara7 (2012).

Source: Authors' elaboration.

In conclusion, the use of bamboo powder as well as the calcined gypsum additive increases the compressive strength of the adobe. Heighten the quantity of additive there is an increase of the compression resistance; it is recorded according to the data presented in the following chart.

Table 4. The percentages of resistance's increase compared to resistance of the specimens without additive

Specimen	%
B330	70
B840	91
B1240	122
TGC*	15

Source: Authors' elaboration.

Bamboo powder is a material recycled from the waste of the industrial processing. Therefore, the use of such additive is an ecological solution and does not affect the final cost of the adobe bricks. Other than not affecting and reducing production costs, using this waste material allows you to enter a recycling and reuse process, thus sustainable.

BAMBOO FRAME FOR THE REINFORCEMENT OF ADOBE WALLS

The research also tested the effectiveness of bamboo external frame for adobe walls, to install on existing and new structures. A grid of orthogonal bamboo canes, tied together by means of vegetal ropes, forms the designed reinforcement. The frames, juxtaposed on both sides of the adobe wall are anchored each other by transversal elements, in order to form an external cage that stands on independent foundations. In normal conditions, the bamboo grid does not collaborate with the bamboo wall, but the frame is activated in case of earthquake, avoiding the risk of crumble of the wall; in fact, the elastic bamboo grid dissipates the seismic energy. The reason why the reinforcement is installed on both sides of the wall is that the seismic force can have different directions. Nevertheless, the tests were performed considering the presence of the frame on only one side of the wall. In fact, the aim of these tests is to evaluate the resistance of the canes and the lashed connections under the wall's self weight on the most loaded side. If the wall were loaded on the opposite side, the second grid would be activated. The tests were performed considering that the two structures are independently anchored to the ground. This very complex aspect of the connection among the structural elements needs to be analyzed with further research.

Materials and methods

In order to test the effectiveness of the proposed system, laboratory tests were done on the adobe panel, on the bamboo frame and on the adobe wall reinforced with the frame. These structures were tested in horizontal position. The tests performed are static tests, that do not intended to quantify the failure resistance of the structure, but only to assess the collaboration of the two materials in the situation in which the adobe panel is subjected to out of plane stresses. The line of interaction of the load is perpendicular to the rows of bricks. The load was applied manually with the consecutive addition of weights of 5 kg each. The distributed load, perpendicular to the surface of the wall, is positioned along the central part of the same on a metal bar of 4 cm in width. The surface of the metal bar on the panel side was coated with polyethylene to adapt to the surface irregularities of the adobe wall. The measuring apparatus consists of graduated rulers integrated in the wall. A fixed horizontal line, constituted by a nylon wire hold in tension between the two supports, is the parameter on which is measured the vertical displacement of the specimen at the point of application of the load.

Adobe Wall

In order to perform the tests, they were made by hand 1200 bricks of dimensions $10 \times 10 \times 2,5$ cm (scale 1:4). This procedure of production is analogous to the one described above. The amount of water used in the mixture, it was dosed according to the consistency limit (most particularly malleable or dry mixture) and varied between 19.6% and 22.8%. For the realization of the bricks, no additives were used in the mixture. The bricks were afterwards assembled in scaled walls (scale 1:4) of dimensions $60 \times 60 \times 10$ cm. The bricks are disposed in rows of 6 elements, fixed with mortar of sieved earth ASTM 10 ($\varphi = 2.00$ mm), mixed with water in proportion of 2.5 liters of water every 7 kg of earth. After a few days, the formwork is disassembled, and the wall seasoned for a month.

Bamboo Frame

The bamboo used is *Phyllostachys viridiglaucescens*, an Italian species that grows in Camaiore, Lucca. The preservative treatment is with the method of vertical diffusion for transpiration of the foliage, using a solution of borax and boric acid. The mechanical characterization of the bamboo culms is in Table 5.

Table 5. Characterization of the culms of *Phyllostachys viridiglaucescens**

Property	Unit	N. of specim. tested	Value
Diameter min	mm	/	46.0
Diameter max	mm	/	67.0
Thickness min	mm	/	4.1
Thickness max	mm	/	7.2
Area min	mm ²	/	578.2
Area max	mm ²	/	1347.0
MC	% (dev.st.)	12	24.9 (5.8)
σ_c	MPa(dev.st.)	12	56.8 (7.6)
E_c	MPa(dev.st.)	12	3100 (520)
σ_t	MPa(dev.st.)	4	159.0 (13.0)
E_t	MPa(dev.st.)	4	22500 (8000)

* Mechanical characterization of bamboo culms carried out by Fabiani, 2014.

Source: Authors' elaboration.

Since the guadua culms used for structural uses in Colombia have diameters between 8 and 12 cm, a scaled diameter comprised between 2 and 3 cm was chosen. The canes were chosen with less imperfections. The length of the canes is about 1 m. The bamboo structure consists of 4 horizontal and 4 vertical canes joined together at 90 degrees angles. The spacing between the canes is about 19 cm, which corresponds to a real spacing of 75-80 cm (scale model 1:4). The lashing are made following the traditional technique of lashing with ropes (uniones amarradas in Hidalgo López, 1980). In particular, the square lashing, optimal for joining two perpendicular elements was chosen. This type of joint, as it is completely external to the culm, avoids to drill the bamboo fiber; it is simple to perform, and is realized with readily available on-site materials. The analysis of the mechanical behavior of the lashes showed that it has a static behavior similar to that of a hinge. The resistance of this type of unions is linked to the mechanical characteristics of the material used for lashings. The rope used is the Cabuya, a processed product extracted from the fibers of *Furcraea* Andean plant, traditionally used in the Eje cafetero region (Colombia). The tension of failure in traction was measured of the order of about $\sigma_r = 54$ Mpa.

Tests on the flexural test on the adobe panel reinforced with bamboo frame

The adobe walls were loaded until their collapse, that happened with an ultimate load of $F_u = 220$ kg. The test results are shown in the load – displacement ($\sigma - \epsilon$) diagram (Figure 1).

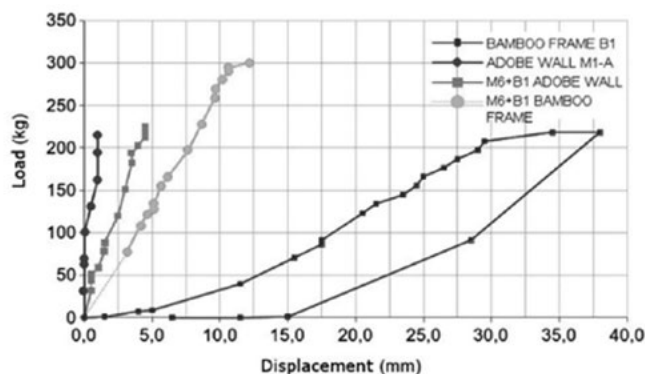


Figure 1. Load displacement diagram results
Source: Authors' elaboration.

The bamboo frame was not brought to its breakpoint, as the available instrumentation for the test was not able to apply an adequate load until the failure. The tests demonstrate how bamboo is able to withstand, without damage, to loads that determine the collapse of the adobe structure. Besides, once removed the load, the structure goes back to its initial configuration with minimum deformation left. Concluding, the results verified that the presence of the bamboo frame improves the stability of the adobe panel, if the panel exceeds the tension of failure. The bamboo structure under normal conditions of use does not cooperate with the adobe wall, but it is triggered in case of horizontal loads, avoiding the collapse of the wall (Figure 2 and Figure 3).

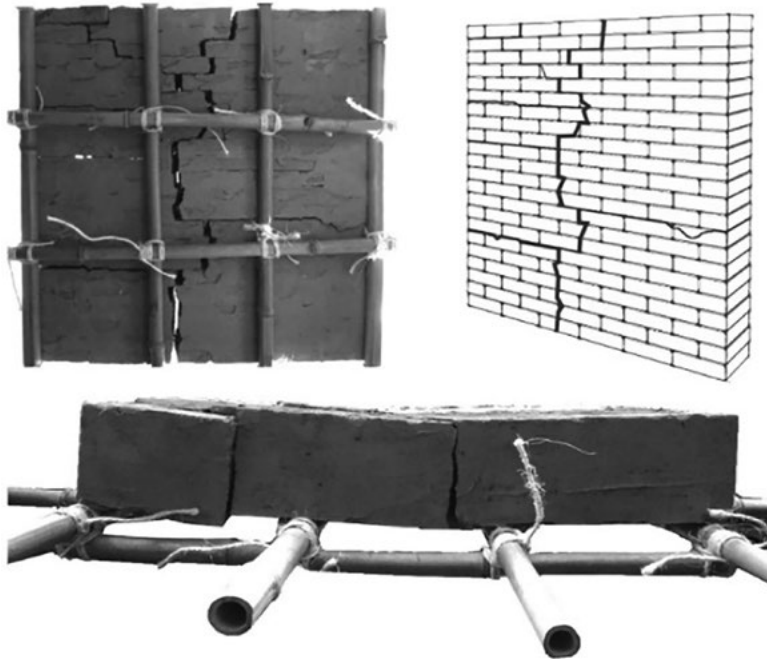


Figure 2. Failure of the test specimens
Source: Authors' elaboration.

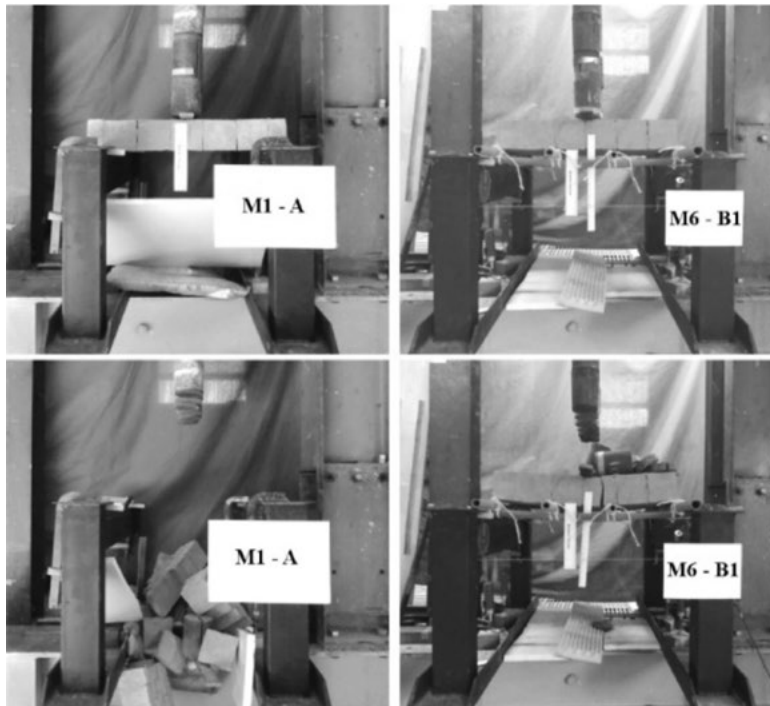


Figure 3. Comparison between the unreinforced wall (M1) and the wall reinforced with the bamboo frame (M6-B1)
Source: Authors' elaboration.

Figure 3 shows the load-displacement diagram results. Here, it is possible to do a direct comparison among the bending tests of the different solutions (the adobe wall, the bamboo frame and composed structure). The adobe panel and the bamboo frame have a very different behavior. On one side, the adobe wall has not yield point and reaches abruptly the collapse (see test M1, Figure 3), on the other side, the bamboo tends to significantly deform. The specimen B1 in Figure 3 is an example of the above described behavior. Despite the different behavior of the two materials under loading, they have performed a good collaboration. As exhibited by the test specimen M6-B1 in Figure 3, the tests on the reinforced adobe wall demonstrated the ability of the bamboo frame to support the adobe panel, and prevent its collapse. When the adobe structure exceeds the tension of failure and fails, the adjacent bamboo frame prevents the crumbling of the already damaged parts (Figure 2). The comparison of the test specimens with and without reinforcement evidences the efficiency of the proposed solution, as shown in Figure 3.

CONCLUSIONS

The research has demonstrated the ability to increase the resistance of the adobe structures using various products from bamboo cane. Bamboo powder is a waste of industrial processing. Produced in large quantities, it can be used as additive in the mixture for adobe bricks. In small weight percentage (3% of weight of the used earth) the tested specimens' compressive strength increases up to 20%. Bamboo cane frames are external reinforcement in new and existing adobe structures. In presence of several horizontal stresses that could cause the collapse of the adobe structure, the bamboo frame is crucial to prevent the collapse. In addition, the great flexibility of the element in bamboo absorbs seismic energy incident on the structure by reducing a further increasing of deformation of the adjacent adobe wall. The advantages of the use of such products are several. Among them, the bamboo is able to increase the resistance of existing and new construction to prevent their collapse in case of exceptional events. Nevertheless it is a renewable resource.

Future research will concern the possibility of improve the proposal of this paper. The resistance of the adobe constructions can be further improved by using bamboo powder as additive and with external bamboo three-dimensional frame. A first appliance of the idea is a one level home prototype in adobe and bamboo (Figure 4).

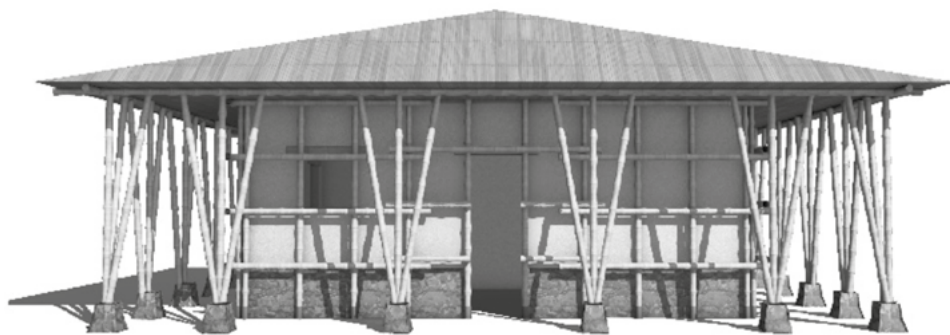


Figure 4. Prototype of building in adobe and bamboo
Source: Authors' elaboration.

The seismic risk to which the construction is subjected is also reduced thanks to the regularity of the structure. In case of damage, the bamboo frame can be locally removed and the adobe brickwork can be fixed. Furthermore, the proposed building can be built as self-construction, in environmental extremely precarious conditions, and is also part of the traditional building knowledge of the populations to which it is addressed. Finally, it increases the resistance of these structures without changing the construction technique. Thus, it could help solve the precarious housing situation in large urban areas of many southern America's cities.

REFERENCES

Arcila, J. H., & Florez, R. G. (1988). *Guadua y madera aplicada a nuevas tecnologías de vivienda popular en Caldas*. Universidad Nacional de Colombia Seccional Manizales. Manizales.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Fondo para la Reconstrucción y Desarrollo Social del Eje Cafetero – FOREC. (2005). *Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada*. Manizales.

Bizzeti, F. (2015). *Analisi sperimentale di pannelli in adobe e bambù: un esempio di recupero di antiche tecniche costruttive latinoamericane*. Tesi di laurea magistrale in Architettura, relatori Paradiso M., Briccoli Bati S. Università degli Studi di Firenze. Firenze.

Briccoli, S. (2001). Terra: caratteristiche costruttive e caratteristiche meccaniche del materiale e delle strutture. In Forlani M.C. (eds.). *Costruzioni e uso della terra*. Rimini.

Fabiani, M. (2014). *Proprietà fisiche e meccaniche di bambù di origine italiana*. Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Architettura, Università Politecnica delle Marche.

Gigliotti, M., & Malara, A. (2012). *Prove di resistenza meccanica su elementi strutturali in terra cruda*. Tesi di Laurea, relatrice Briccoli Bati S. Università degli Studi di Firenze. Firenze.

Hidalgo, O. (1981). *Manual de construcción con bambú*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Muñoz, J.F. (2007). *Sistemas constructivos - Arquitecturas de baja altura en Manizales*. Manizales.

NTE. (2000). *Reglamento nacional de construcciones - Norma Técnica de Edificación E.080 Adobe*. Lima.

Raviolo, P.L. (1993). *Il laboratorio geotecnico*. Milano: Editrice controls.

TIMBER STRUCTURAL TECHNIQUES FROM THE DAWN OF THE CIVILIZATION TO THE EXPANSION OF CITIES IN THE XIX CENTURY IN EUROPE AND ITS COLONIES

DOI: <https://doi.org/10.15332/rev.m.v15i0.2180>

Elena Perria - Institute of Building Construction and Timber Structures
Technische Universität Braunschweig - Germany



Bagdadi traditional Turkish construction in Mudanya, Turkey
Source: Elena Perria, 2017.

* Reflection article result of research. Part of Elena Perria's Doctoral Thesis. Perria E. (2018): *Characterization of the halved undersquinted scarf joint and stop-splayed and tabled scarf with key joint (Jupiter joint)* [Dissertation]. Technische Universität Braunschweig. doi: 10.24355/dbbs.084-201802141120

** Dr. Ing Elena Perria has a Postdoctoral position for the projekt: "Wooden rowlock with wedges as a possibility of new repair connection for the monument protection requirements". Since 2016 is scientific assistant at the Technische Universität Braunschweig, Institut für Baukonstruktion und Holzbau. Her Last publication: Perria, E.; Sieder, M.; Hoyer, S.; Krafczyk, C. (2017): *Survey of the pagoda timber roof in Derneburg castle*. In: Tucci, G.; Bonora, V. (Hrsg.): *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, (Volume XLII-5/W1, 2017) (S. 509-514). GEOMATICS & RESTORATION – Conservation of Cultural Heritage in the Digital Era, GeoRes 2017, Firenze, Italia. doi: 10.5194/isprs-archives-XLII-5-W1-509-2017. Email: e.perria@tu-bs.de

ABSTRACT

This paper is a general description of the state-of-the-art on the European and colonial building techniques found in wooden buildings that currently exist. The description of the use and diffusion of the wooden structures is made by a brief explanation of the relative structural systems, as well as the peculiarities of the elements that compose it, its operating principles, the points of weakness and the joints used. Thus, the English and German techniques of structural timber frameworks are described in detail. On the other hand, other *structural techniques* and their evolution are presented through a review of works and documents that describe them accurately.

KEYWORDS

Construction techniques, wood, Europe, colonies, structural systems.

TÉCNICAS ESTRUCTURALES EN MADERA DESDE LOS ALBORES DE LA CIVILIZACIÓN HASTA EL CRECIMIENTO DE LAS CIUDADES EUROPEAS Y SUS COLONIAS EN EL SIGLO XIX



*Himş constructional technique on a TAQ technique basement in Mudanya, Turkey
Source: Elena Perria, 2017.*

RESUMEN

El presente documento es una descripción general del estado del arte sobre las técnicas constructivas europeas y coloniales, encontradas en edificaciones de madera que existen actualmente. La descripción del uso y la difusión de las estructuras de madera se realizan mediante una breve explicación de los relativos sistemas estructurales, así como las peculiaridades de los elementos que la componen, sus principios de funcionamiento, los puntos de debilidad y las uniones utilizadas. Así bien, las técnicas inglesas y alemanas de los entramados estructurales de madera se describen en detalle. Por otra parte, otras técnicas estructurales y su evolución se presentan mediante una revisión de trabajos y documentos que las describen con precisión.

PALABRAS CLAVE

Técnicas de construcción, madera, Europa, colonias, sistemas estructurales.

INTRODUCTION

Since humanity learned to use tools for the first time, wood has been used for the creation of bridges, war machines, boats and shelters. Thus, the wood associated with stone, bricks, clay or earth, has been the oldest building material in most regions of the world, at least, since the human race began to build shelters in the dawn of the civilization. Therefore, the history, development and evolution of wooden structures is an extensive subject that includes material, climatic and social reasons, style trends, as well as technical updates under the principle of learning by doing (UWE, 2008).

Wood has been a resource with thousands of different species, easily available in areas with forests. Throughout the centuries, the consolidated tradition of solid wood construction led to an intensive and progressive use of these forests so the original wood was replaced by a secondary growth, that is, an availability of younger and smaller trees. This fashion of timber buildings produced at the time a shortage of this material of primary construction, with problems not only in terms of quantity but quality. In the sixteenth century, the lack of wood, coupled with the expansion of cities, also linked to a progressive increase in height in buildings and a new standardization in wood techniques, were a phenomenon that led to the evolution of new construction system with the available smaller structural timber components.

Later, modern *timber constructional techniques* evolved along the centuries under the working principles of (i) presence of structural timber elements with direct contact surfaces, (ii) transmission of compression and friction forces, (iii) organization of the structural organism as a closed structural “cage”. Among the timber techniques, the *half-timbered* are the ones whose frame is intended to be left exposed, while the frame structures are generally all those in which the timber load-bearing frame is not visible. More, the *log construction* consists of superposed round logs laying horizontally, to form the load bearing walls. With the evolution of modern composite materials, the beginning of the era of contemporary *structural techniques* was signed; among them, the *platform timber construction*, *prefabricated timber panels construction*, and *glulam* structures (Langenbach, 2006).

For all developed systems, the *connection* plays first of all an important static role. Secondly, it has been engaged an evolution in style techniques over time. Depending on the entity of the stress in the structure and elements to join, the use of different geometric solutions for the connections was founded. The upgrade of the structural technique was accompanied with the evolution of always more efficient geometries corresponding to the specific load-carrying structural element and its stress. In the modern *timber construction techniques*, the *woodworking connections* with use of wooden nails and wedges, and sometimes reinforced with iron brackets and hand-forged nails are prevailing; on the other side, contemporary *constructional techniques* faced the introduction of metallic *mechanical fasteners* and steel joints. The oldest connections are fashioned in the structural elements itself in form of grooves, notches and sloping surfaces, which basic mechanism is the transmission of forces through the friction interaction among contact surfaces. In contemporary constructional techniques, the members are connected by steel plates or mechanical fasteners (nails, staples, screws, lag screws, *dowels*, bolts, ecc.) that joint mechanically the structural elements.

ORIGIN OF MODERN TIMBER STRUCTURAL SYSTEMS

The first vernacular wooden structures date back to the primeval man age, when the first shelters with circular plant where built. These first constructions were simple structures composed of a main load bearing structures with row wood set on the ground's level and covered with a roof of tree branches and leaves. This primitive structural system can be assimilated in the group called *post constructions*.

The earliest evidence of the first significant constructional change is from 1200 BC: the passage from the basic shelter to the *pile foundation construction* and the *log construction* marked in fact the further step for the development of modern structural techniques. The first *pile foundation construction* (Figure 1) consisted of *posts* set into the ground. In the earlier evolution of the *pile foundation construction* the *posts* are driven into the ground onto stone pads or further wooden elements that distance the lower extremity of the wooden pole from the ground.

Post holes in the ground provide widespread archaeological evidence that pre-1200 timber buildings were provided with rigidity by setting their posts into the ground. Post holes of dwellings from over 10,000 years ago are known in Britain

A typical dry-stone plinth wall for post-1200 timber frame. If the frame and wall were dismantled, little evidence would be left for the existence of the building.

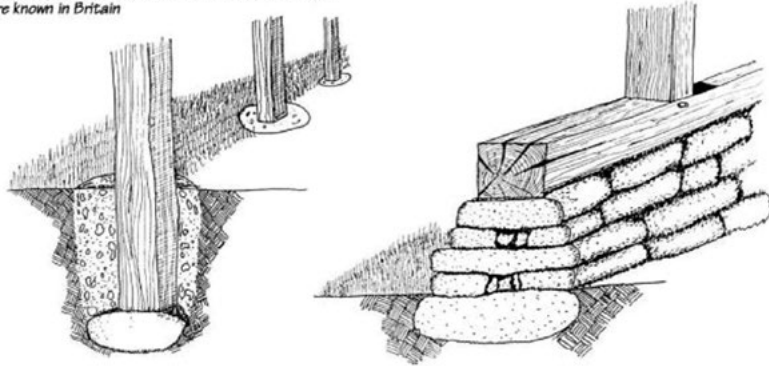


Figure 1. The first pile foundation construction
Source: Traditional Timber Framing. A Brief Introduction. University of the West of England, Bristol, 2008.

With the insertion of poles into the ground, both this systems provided buildings of a stable structure, but at costs of their longevity. In fact, because of the infiltration of the water from the ground, the wood is subjected to progressive decay until putrefaction. The durability of *posts* clamped into the ground is in fact around 20-30 years. Despite their problems in durability, the *post construction* and the *pile foundation construction* marked the basic principles of the modern *halved* and *framed* houses.

To avoid the manifested accelerated decay process of the wood, the construction gained further distance from the soil (Figure 2) with the introduction of a *basement wall* under the wooden piles. The next further passage that signed the introduction of the modern *half-timber* and *frame construction* happened when *posts* jointed into a *sill beam* on a basement wall replaced the piles. The new *half-timber* construction provided buildings of far greater longevity but required a higher level of technical competence to increase the stability of the building in height.

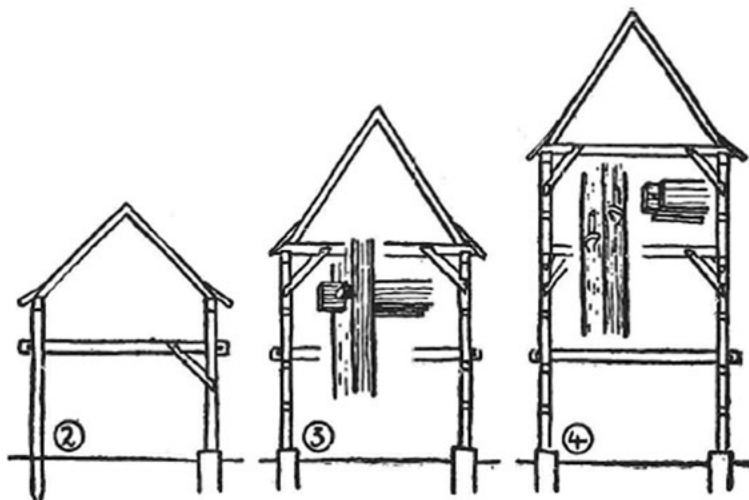


Figure 2. Evolution of the half-timber structure
Source: Nebel, 1978.

In fact, joining the *posts* on a *sill beam* removed much of the buttressing support both along and across the building. The understanding of the structure allowed carpenters to evolve structural configurations with increasing stability. The first supporting framework bases on the principle of *post and lintel* framing, composed of horizontal and vertical load-bearing elements; this system was further enhanced by introduction of *diagonal bracing* in correspondence of the right-angle connections between *sill beam* and *posts* to reduce or prevent racking or lateral movements of the structure. This step was of great importance in the evolution of the constructional technique, for the resistance on-plane that the construction acquired.

MODERN CONSTRUCTIONAL TECHNIQUES: BORN AND EXPANSION OF THE TECHNIQUES IN EUROPE AND AROUND THE WORLD

The first vernacular *post construction* houses known as *longhouses* were erected in the 4500 BC. Around the 600 BC the first roman timber vaulted bridges built by means of wooden ribs appeared, and developed along the whole Roman Empire era. In this context, the first known *half-timber* system was developed in Herculaneum (Naples) before the 79 BC. The system described by Vitruvius, called *Opus Graticium*, combines a timber frame with masonry *infill* (Figure 3). During the Roman Empire, more elaborated techniques like the joinery techniques called *mortise and tennon*, and triangulated roof structures were also introduced.



Figure 3. Vitruvius' *Opus Graticium* in Herculaneum, Naples, Italy
Source: By Kuznetsova Yulia, *La Casa a Graticcio, Herculaneum* - Own work, CC BY-SA 3.0 (<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18227258>).

The *half-timber* constructions became widespread and known his highest diffusion near the end of the Middle Ages and evolved throughout Europe in many different national and regional stylistic and constructional differences. The *half-timber structures* took the name of *edificios Pombalinos* in Portugal, *Casa Baraccata* in Italy, *Fachwerk* in Germany, *Lefkas island's Technique* in Greece, *Colombage* in France, *Bindingverk* in Scandinavia, *Half-timber* in United Kingdom and *entramado Mudejar* Spain. During the Ottoman Empire in the middle-east, the wooden frame structures diffused also in India (*Dhajji-dewari*), Kashmir (*TAQ*) and Turkey (*Himış* and *Bagdadi* construction).

After the colonial expansion, Spain, United Kingdom, and France, exported their national techniques all over the world. The integration of the western techniques with the indigenous ones brought to the implementation of the *colonial systems* with peculiar stylistic

and constructive characteristics. From the Iberian tradition, the “Sistema Colonial” was developed in southern America and Caribbean areas (Morcate, 1990).

Original from the English tradition, the *Gingerbread houses* were adapted in Haiti to the American environment; finally, the “*Colombage pierroté*” construction, derived from the French culture, acquired proportions, morphologic characters and construction materials that suit with the new location in Haiti (Langenbach, 2010). Furthermore, the Germanic tradition was exported to Pennsylvania, North Carolina, Texas, Missouri and Wisconsin (Sobon, 2002). The *Fachwerk* structures were not intended to be built as the German constructional “aesthetical” finishing but under the same constructional concept. The *half-timber constructional system* was employed for the construction of economic buildings until the first half of the XIX century in most of the continental European regions, America and UK.

ASIATIC AND SOUTHERN EUROPEAN EXAMPLES

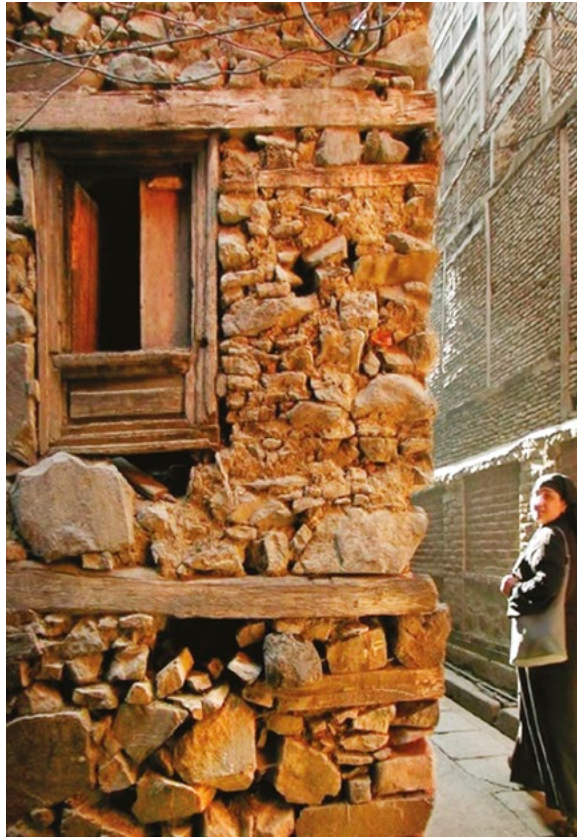
In India and Kashmir, the traditional timber-brick masonry (*dhajji-dewari*) construction is a *brick-nogged timber frame construction* that consists of burnt clay bricks filling in a framework of timber to create a patchwork of masonry, which is confined in small panels by the surrounding timber elements (Langenbach, 2013) (Figure 4).



Figure 4. *Dhajji dewari*, traditional construction in Kashmir
Source: Lagenbach, 2013.

Another typical medio-oriental technique adopted in places with scarcity of wood is the *TAQ* technique that consists of insertion of large timbers that regularly supplies a row of bricks to confer elasticity to the wall structure in the out-of-plane direction (Figure 5).

Figure 5. TAQ, traditional construction in Kashmir
Source: Lagenbach, 2013.



In Turkey, the most diffused techniques are the *half-timber* construction called *Himiş* (Figure 6) and *Bagdadi* (Figure 7). The *Himiş* technique consists of a masonry wall, the foundations, on which the timber frame is located.



Figure 6. *Himiş*, traditional Turkish construction in Mudanya, Turkey
Source: Elena Perria, 2017.



Figure 7. Bagdadi traditional Turkish construction in Mudanya, Turkey
Source: Elena Perria, 2017.

Typical is the *infill* of masonry in between the columns, beams and *studs*, filled either by brick or rubble stones. A variant on the *himış* technique called *hatil* (Figure 8) covers the visible *half-timber* façade with horizontal wooden laces as finishing external layer.



Figure 8. *Hatil*, traditional Turkish construction in Istanbul, Turkey
Source: Elena Perria, 2017.

Because of the huge availability of wood on the territory within the Bosphorus area around Istanbul, the technique called *Bagdadi* is developed. Here, the masonry *infill* is replaced by short rough pieces of wood plastered from the inner and outer side, in order to form a solid wooden wall. Because of the influence of the Ottoman Empire, the *TAQ* technique, used in combination with the other constructional techniques, is present also in the Turkish area (Figure 9).



Figure 9. Himiş constructional technique on a *TAQ* technique basement in Mudanya, Turkey
Source: Elena Perria, 2017.

In Portugal, after the destruction of Lisbon due to the earthquake in the year 1755, the adoption of timber as a structural material became common. The system, called *Gaiola Pombalina* technique (from *gaiola* = cage, in Portuguese) is a three-dimensional braced timber structure (Figures 10, 11).

The system consists of horizontal, vertical and *diagonal bracing* members called St. Andrew's crosses. The timber structure is a self-bearing structure filled with either rubble or brick masonry, or even mud and hay (Poletti, 2013).

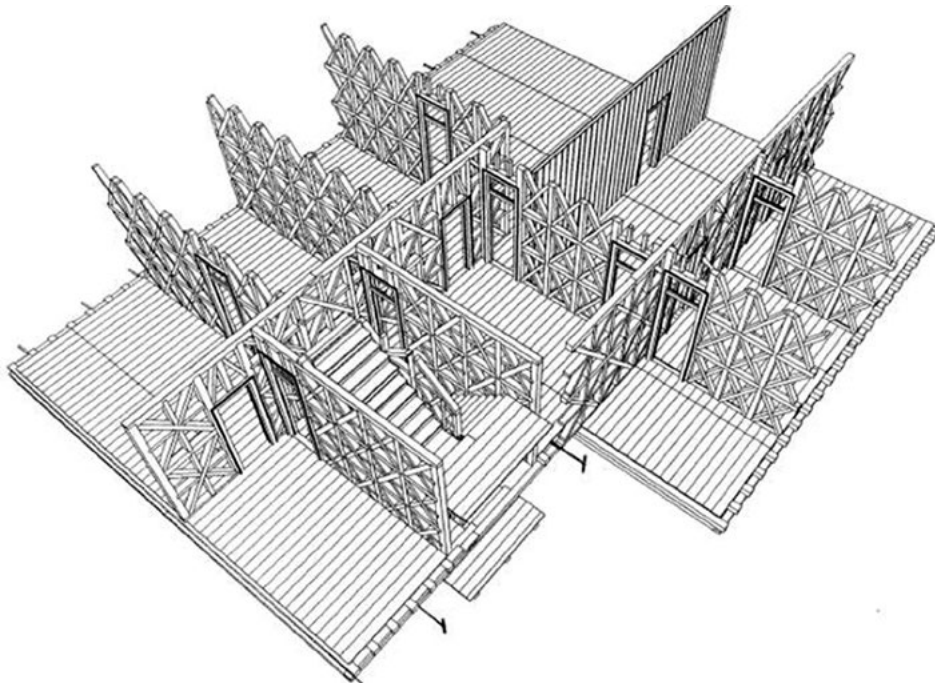


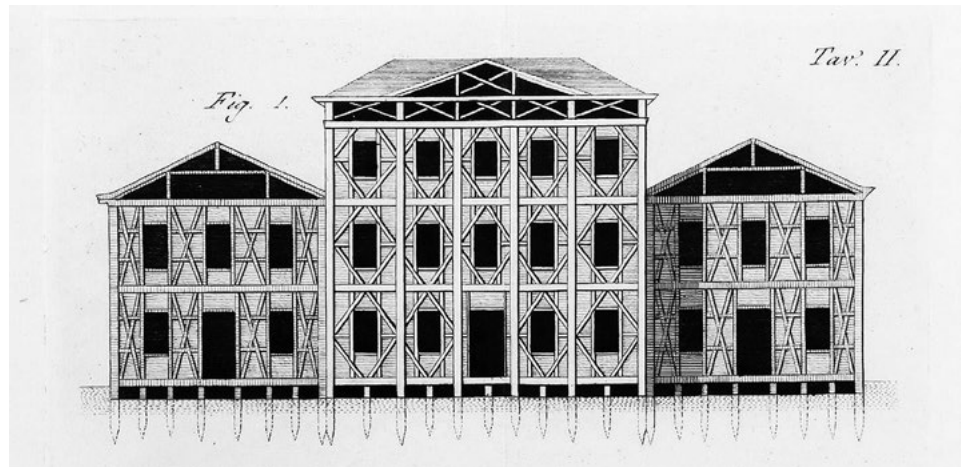
Figure 10. Example of the disposition of the internal walls in the Pombalino system
Source: C6ias in Poletti, 2013.



Figure 11. Gaiola Pombalina
Source: Monumenta, Poletti, 2013.

The “Casa Baraccata” (Figures 12, 13) is a structural system developed in the XIV century in the central Italy and diffused after the 1783 devastating earthquake occurred in Calabria, in the city of Messina (Vivenzio, 1783). This system is recognized as the first anti-seismic system who entered in the Bourbon state building regulations for the reconstruction of the destroyed cities. The technique is a two-dimensional frame inserted in masonry perimeter walls. The frame is placed in the inner part of the walls along both the façade and corners; the frame consists of horizontal and vertical elements reinforced with diagonal crosses to bear the lateral loads (Ruggieri, 2013).

Figure 12. Casa Baraccata (1783)
Source: Vivenzio, 1783.



On the Greek island of Lefkas (also known as Lefkada) the buildings were built according to a special technique (Figure 14), present since the time of the Knossos Palace on Crete and Santorini islands (Touliatos, 2004). The main *half-timbered* structure is erected on a stone podium that includes the building's ground floor. The geometry of the *timber-framed walls* consists of main vertical elements on horizontal connecting elements, and some sparse diagonals (Vintzileou et al., 2007; Makarios and Demosthenous, 2006). This structure rests on the masonry podium and is connected with the ground through timber columns that run beside the wall perimeter. Timber beams of the floor are connected to the walls through metal ties. Corner connections are usually strengthened with additional diagonal timber elements.

Figure 13. Casa Baraccata, reconstruction at CNR Trento
Source: Elena Perria, 2012.



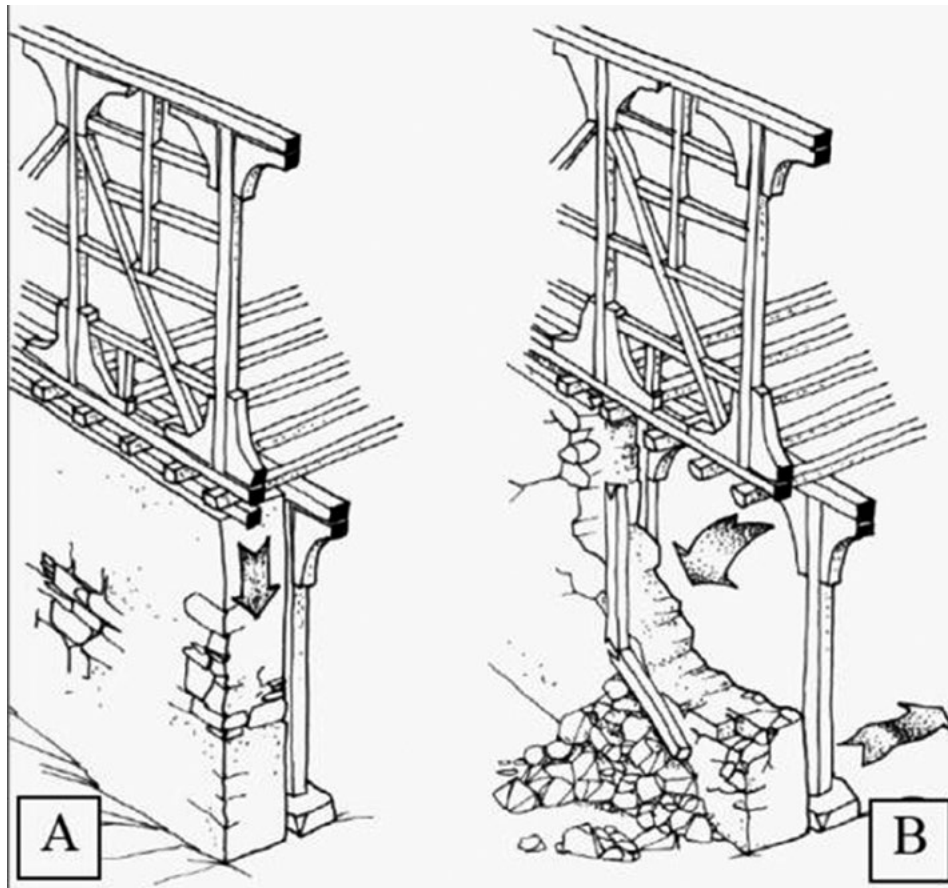


Figure 14. Lefka Technique
Source: Touliatos, 2004.

EUROPEAN CONTINENTAL EXAMPLES

In Denmark, England, Germany and some areas of France and northern part of Spain, in localities where timber was in good supply, the timber constructions diffused with different names and regional changes. There is not one unique constructional technique that can describe the multiple regional techniques; nevertheless, the European Continental and English traditions have very similar general characters that evolved from the main typologies of *half-timbered* and *timber-frame* structures. In England, the most diffused were the *aisled construction*, the *Cruck construction*, the *box frame* and the most mature and effective *post-and-truss* structures. In Germany, the *post-and-truss structure* diffused with the name of *Geschossbauweise*; more, a further improvement in the German structural tradition consists of the *Stockwerkbauweise* also known as *storey framing* or *Wealded frame* in Kent and Sussex, England (Ashurst, 2012).

Following are described the main English and German *half-timber structures*. For all of them, the evolution described in the paragraph “Origin of modern timber structural systems” is completed: the use of *posts* joined on a *sill beam* on masonry or *stone basements* is established.

Cruck construction

“A true *Cruck construction* consists of a pair of curved timber (or rarely) straight, serving as the *principals* of a roof, and stretching to a point at or close to the apex of the roof from a level well down to the side walls” (Alcock, Barley, Dixon, Meeson, 1996). The *Cruck frame* (Figure 15) rose the most interest because of their simple architectural and sculptural quality. This

basic system of construction is very characteristic of the local west England tradition and remained in use for over 400 years. It was inspired with the naval engineering, because it used curved trees forming at the same time the main load-bearing structure and his bracing.

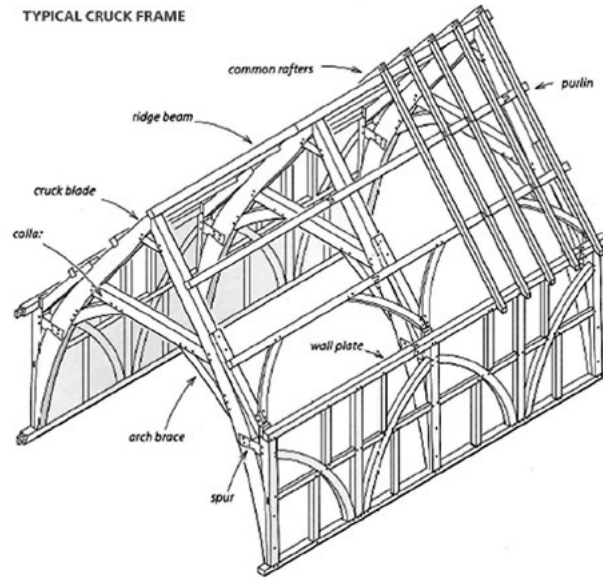


Figure 15. Example of cruck frame structure
Source: Ashurst, 2012.

Box frame

The simplest version of the *half-timber* construction known in England, is the box frame (Figures 16, 17); this consists of an independent box structure, composed by two longitudinal *wall frames* joined together by *tie-beams* and covered by a rafter roof.

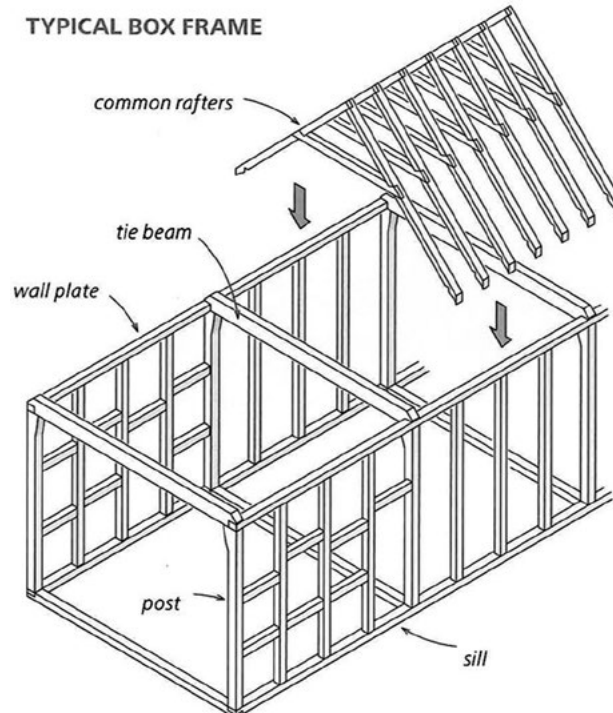


Figure 16. Example of box frame structure
Source: Ashurst, 2012.



Figure 17. 16th century box frame town house in east Kent, UK
Source: Ashurst, 2012.

Wall frames are longitudinal load-bearing elements consisting of jointed vertical, horizontal elements, forming panels with *infill* of different materials. The wall frames are composed by main vertical elements called *main posts* and vertical supplementary elements called *studs*; these are connected in the lower part with a *sill beam* and in the upper extremity with an horizontal beam called *wall frame*. At the middle of the height, the *studs* or *posts* are connected together through horizontal pieces called *nogging pieces*. Both *posts* and *studs* are one-piece-*posts* extend from the *sill beam* to the underside of the *wall plate*. To brace the structure in the transversal direction, the opposing *wall frames* are connected by *tie-beams* at regular intervals. The *tie-beams* are notched to the *wall plates* to combine the two orthogonal frames in an integrated structure.

The whole structure is covered by the *rafter roof* joined on the *wall plate* with *notched* connection. Being the simple *rafter roof* directly connected with the underneath *wall frames* through the *wall plates*, it produces horizontal forces on the underneath walls, in the areas that are not provided with the *tie-beams*. Although *tie-beams* helps avoiding the weight of the roof spreading the walls outwards, collars were added to the pair of rafters to lessen the horizontal action of the roof on the underneath box structure.

Post-and-truss structure

Between the 11th and 15th century, the German *Fachwerk* technique developed the *post-and-truss structure* (*Geschossbauweise*). In this evolved form of construction (Figure 18), *wall-frames*, *cross frames* and roof (both *rafter* or *purlin roof*) are combined in an integrated structure.

As well as in the *box frame*, the vertical *posts* are continue timbers that elevate from the *sill beam* to the underside of the *wall plate* (Figure 19).

For this reason, the maximal height of the timber determinates the height of the structure. Because of the limited length of the available timbers, the maximum height of these buildings was two levels, approximately 10 m. The load-bearing structure consists of two of parallel *wall frames* (Figure 20).

TYPICAL POST-AND-TRUSS FRAME

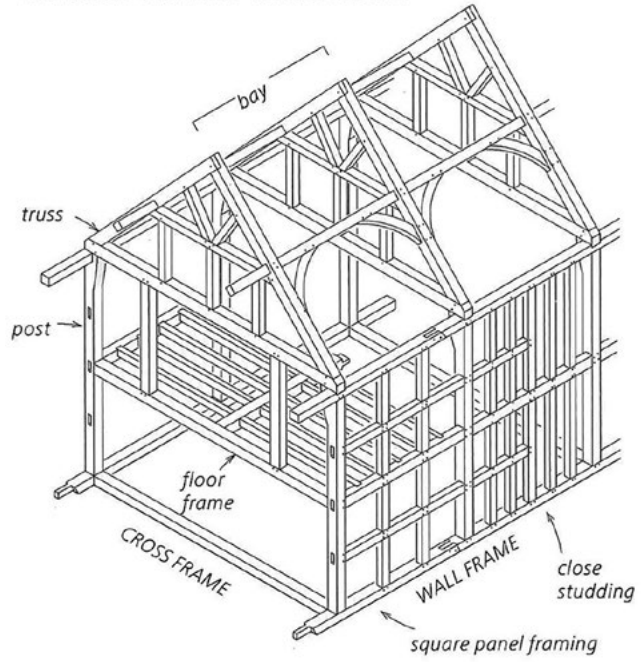


Figure 18. Example of post and truss frame
 Fonte: Ashurst, 2012.



Figure 19. Ständerbau (Quedlinburg, Wordgasse 3)
 Source: www.Fachwerk.de



Figure 20. House in post and truss frame or Geschossbauweise (right) in Quedlinburg
 Source: Elena Perria, 2016.

The *wall frames* are composed by *posts*, connected in the upper part with the *wall plate* and in the lower part to the *sill beam*, through *mortise and tennon* or halved joints. The wall-frames, are stiffened with *diagonal braces* and horizontal *noggin pieces*. The *diagonal bracing* in correspondence of the right-angle connections between post and beam in the wall is installed to prevent the racking or movement of the structure. The used joinery technique was in earlier structures the *halved dovetailed joint* and in later ones *mortise and tennon*.

In the *post-and-truss structure* (*Geschossbauweise*) are usually present *full* and *long braces* (*Vollstrebe / Langstrebe*); they extend respectively along the whole height of the frame, from the *sill-beam* to the *wall plate*, and along the half of the frame's height, from the *sill beam* at ground or first floor (Figure 21).



Figure 21. Long braces in Untere Fulder Gasse 28, Alsfeld
Source: Landesamt für Denkmalpflege Hessen.

The bracing helps keeping the frame on plumb, level and square. The most common inclination is the one in which the upper far-end points outwards and they are disposed symmetrically on the two sides of the corner. The vertical supplementary elements that compose the *wall frames* are called *studs* and the horizontal ones *nogging pieces*. In the English tradition, the *studs* are at closer distance one with the next one, while in the German tradition the space between the *studs* is wider and that framing form acquires the name of *square panel framing* or *diamond paneling* (Figure 17).

In order to improve the load-carrying behavior and avoid stability problems as in the *box frame*, the supporting framework is here provided with *cross frames*. The opposing *wall frames* are connected by transversal *cross frames* at regular intervals, stiffened with horizontal *rails* and *diagonal braces* with different heights at regular intervals. The first joining technique employed in the cross frame is the extended *mortise and tennon*, that later on was replaced by the hidden *mortise and tennon*. The evolution in the connection system have a durability reason; in fact, the *extended mortise and tennon* was mainly exposed on the external part of the building, causing a quick decay in the point of stagnation or direct exposition to the rain (Figure 22).



Figure 22. *Extended mortise and tennon in the house in Quedlinburg, Wordgasse 3*
Source: Elena Perria, 2016.

Even the *post and truss frame* (*Geschossbauweise*) was an evolved structure it still presented some structural problems:

- The height of the construction is limited to the length of the *posts*.
- The braces are the only stability system to resist lateral and on-plane loads; because of their length, the long braces are in fact susceptible to out-of-plane buckling or tilting.
- The superposition of the floors over the length of the *posts* was not possible, and the maximum height was usually limited to two floors.

Story framing or Stockwerkbauweise

From the 14th century, because of the increasing population in the cities, the new technique called *story framing* was developed for the construction of multi-story buildings in urban areas. The *story-framing* construction (Figure 23) presents similar characteristics to the *post-and-truss* construction, but it is improved in the point of weakness typical of the *post and truss frame*.



Figure 23. House in Storey framing or Stockwerkbauweise in Quedlinburg
Source: Elena Perria, 2016.

It consists in a *half-timber* structure characterized by multiple stories with a characteristic second-story (or more stories) overhang on the façade's side. A *rafter roof* but also a *purlin roof* mainly cover the structure. The system has the peculiarity of having been built with shorter timbers respect to the one needed in the *post-and-truss* construction, in spite of the possibility to build in height. Structurally speaking each of the stories is conceived as a cage independent from the lower or the upper one: the frame of *sleepers*, *posts*, *braces* and *wall-plate* system elevates for only one level. Multiple levels can be superposed thanks to the cantilever system.

Each further floor is conceived as a closed structural box composed by *posts* connected in the lower part with a sill beam, in the upper part with a *headplate*, and braced each other by means of *braces*. The main connections used were the *lapped joint* and the *mortise and tennon* joint. The box is covered with *ceiling joists* laying on the *head plate*, and connected to it with notched connection. In very narrow small ground areas, the *ceiling joists* of each floor were installed perpendicular to the long axis of the house. The upper laying storey is intended to be supported on the horizontal cantilever beams, the *jetty bressummer*, that lays on the *ceiling joists* of the lower level and distributes on them the weight of the overlaying story. The main advantage of the cantilever is structural: the cantilever at the end of the beams partially counterbalance the load carried by their spanning portions. On the corners the structure is reinforced by mean of tension braces (Figure 24).

In this evolved technique, the bracing system is mainly by *short-braces* (*Kurzstrebe*) that include *foot-braces* (*Fussstrebe*), *head-braces* (*Kopfstrebe*) and *St. Andrew's crosses*. The *short-braces* (Figure 25) connect the half of the storey-height on the *nogging pieces* or the whole storey height. The *head-braces* run from the *post / stud* middle height to the upper *wall plate*. The *foot-braces* are either straight or curved braces that extend between the *wall-plate* or *sill-beam* and the middle height of a *post / stud*. Under this category are also included all the braces that extend for three quarters of the floor-height, also called "Man legs" (*Beine eines Mannes*). The special figure of the *St. Andrew's cross* is a cross form that connects the *noggin piece* to the *upper* or *lower plates*.

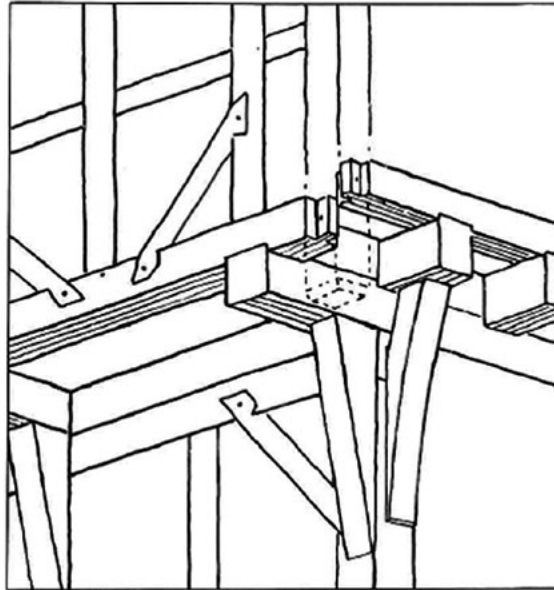


Figure 24. Sketch of the corner particular of Haus Amthof in Alsfeld of the middle 15th century
Source: Author's files.



Figure 25. Short and long braces
Source: Elena Perria, 2015.

COMMON FEATURES IN THE EUROPEAN CONTINENTAL CONSTRUCTIONAL SYSTEMS

The European continental *constructional systems* contain common features in terms of foundations, roofing and finishing systems. As well as the *constructional techniques* themselves, also such sub-systems evolved and improved from the middle age, period of diffusion of the *half-timber techniques*, to the most modern techniques in the XIX century. It follows a short introduction on *foundations*, roofing and finishing systems, as well as of carpentry connections.

Foundations

The massive substructure for the foundation wall of *half-timbered buildings* is of erratic blocks, rubble stone covered in lime mortar or trass mortar, and also built in brickwork in areas with lack of stones. The cellars has often arched or vaulted roof in sandstone masonry, or covered with wooden beams to the first level. In the high water areas, close to rivers, the ground floors were often built massively.

Roofing systems

The main typologies of triangulated roofs structures used on the *half-timber* and *frame structures* are both *rafter roof* and *purlin roof*. The simplest form of a *rafter roof* (Figure 26) consists of *common rafters* which extend from the *wall plate* to *ridge*.

RAFTER ROOF

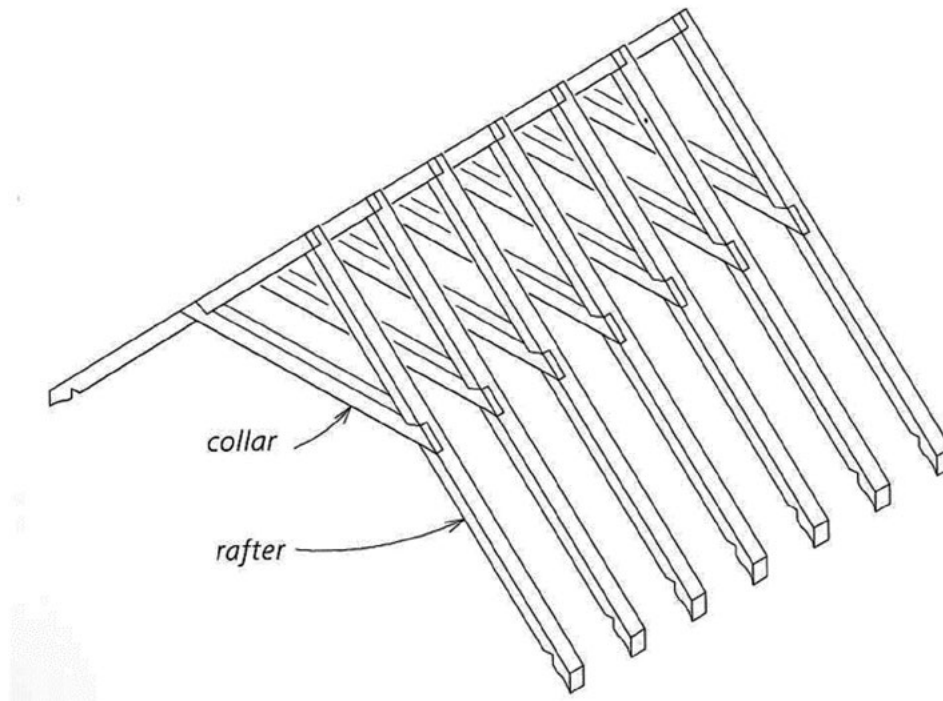


Figure 26. Example of simple rafter roof
Source: Ashurst, 2012.

This roofs type is characterized by small spans up to 8 meters. The rafters are loaded with combined compressive and bending action. The reaction forces on the rafters cause an horizontal component in the bottom-end of the rafters that produces punctual horizontal forces on the vertical walls at the base of the roof. For this reason, a first improvement is the insertion of a *wallplate* connected with the main *rafters* in their bottom extremity

with various connection geometries. The role of this structural element is to collect the horizontal forces on the rafters and to distribute them on the underneath wall in form of distributed load. To reduce the bending on the rafters this roof is also provided with a collar at 1/3 of the height from the rafter's top. To avoid those horizontal forces at the base of the roof a *triangular rafter roof form* was also developed (Figure 27).

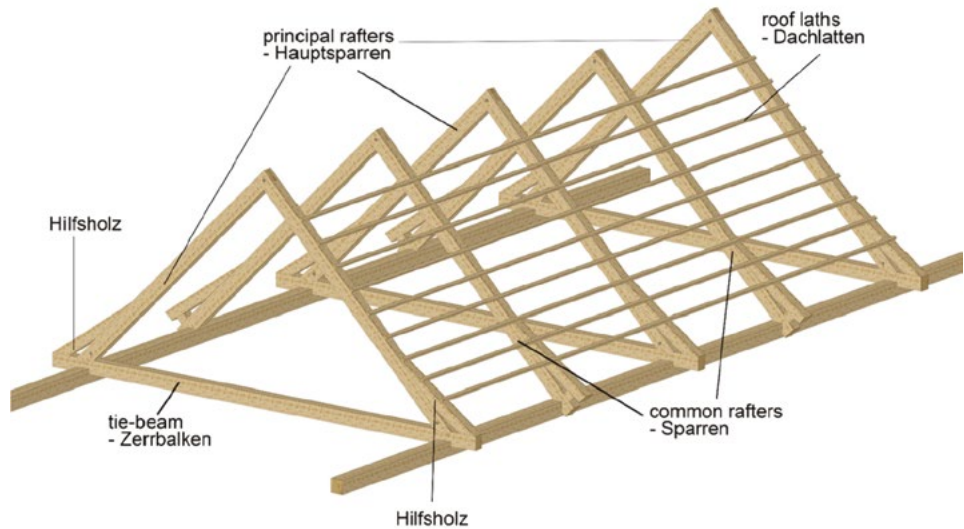


Figure 27. Example of rafter roof
Source: Author's files.

The *rafter roof* with triangular form the rafters are connected with a *tie – beam* in the bottom part of the rafters. This triangular structure is isostatic; therefore, is not transmitting horizontal forces on the underneath walls. This system is also combined with the presence of the *wallplate*.

With the increasing of the span of the space to cover up to 10 m, in order to prevent the excess of bending in the rafters, the free span of the rafters is reduced through *braces*, *collar ties*, or *cross braces* (Figure 28). The advantages in using these constructional elements are the reduction of the free length of the rafters.

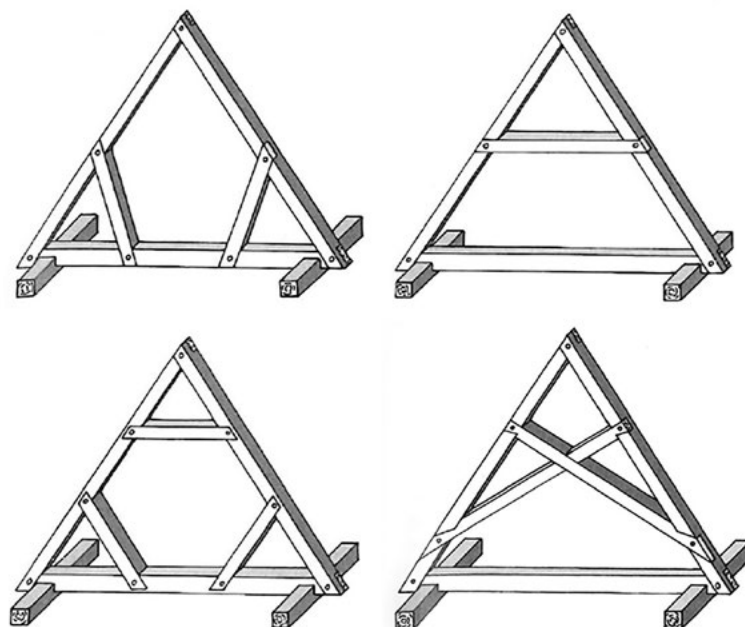


Figure 28. Example of rafter roof with rafter bracing, collar tie, and combination of both
Source: Holzer, 2015.

On the other side, the disadvantages of the *rafter bracing*, connecting the *rafter* with the *tie beam*, are that they constitute an additional punctual load for the *tie beam*; therefore, the tie beam is more bent. The *cross bracing* consists of two structural elements connected to the upper and lower part of the rafters. These cross in the middle with a *lapped connection* that reduces the cross section of the elements in their middle part to the half of the cross section. The advantages of the use of these elements is the symmetry and the transmission of the forces to the rafters instead of loading the *tie beam*.

More structural solutions characterized by progressive complexity with presence of *double post construction* (*stehender Stuhl*) and *inclined post construction* (*liegender Stuhl*) used to cover spans up to 12 meters are described in the Figure 29.

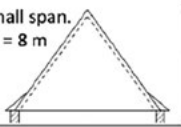
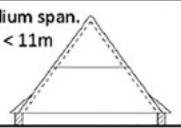
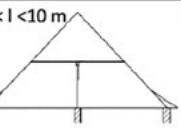
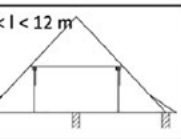
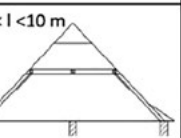
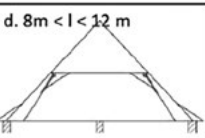
<p>a. Small span. Up to $l = 8$ m</p> 		<p>The <i>truss</i> consist of a pair of rafters and a joist (in new buildings only a solid ceiling). They build in the transversal direction a undisplaceable triangle.</p>	<p>Rafters and joist are called „Gebinde“. The rafters are loaded in compression and bending. The bracing for longitudinal stiffening by means of sprockets.</p>
<p>b. Medium span. $8\text{m} < l < 11\text{m}$</p> 		<p><i>Rafter roof</i> reinforced in the upper part by means of a collar beam. In older roofs the rafters are strongly weakened by the connection of the collar</p>	<p>The rafters are loaded in compression and bending. The collar in compression. The bracing for longitudinal stiffening by means of sprockets.</p>
<p>c. $8\text{m} < l < 10\text{m}$</p> 		<p>Older structures, where the collar was heavily loaded. Bracing for longitudinal stiffening by means of braces (sometimes still sprockets). The collar on the headplate</p>	<p>often deformed or broken. All the collars-roofs show the characteristic change of direction of the rafters in the lower part (tilting fillet). The rafter's foot is a weak point.</p>
<p>d. $8\text{m} < l < 12\text{m}$</p> 		<p>Quern /king post, wall plate and collar serve for a better bracing, the posts carry only the vertical loads. The rafters transmit vertical and horizontal loads through the foot-end connection.</p>	<p>If the collar have to bear heavy loads a third post will add. Tie-beams / collars are in every truss, with span of 2,5 m. the Sparren foot is connected t the tie-beam through mortisen and tennon or step joint.</p>
<p>c. $8\text{m} < l < 10\text{m}$</p> 	<p>d. $8\text{m} < l < 12\text{m}$</p> 	<p>Span between main rafters 3,5 – 4,5 m. The <i>liegende Stuhl</i> was preferred until 1800, afterwards because huge amount of wood and complexity of the connection not anymore</p>	<p>used. The middle area and the lower part of the roof (rafter foot) are weak parts because of huge concentration of loads. Often are found big deformations. The ceiling beams lye on wall plate.</p>

Figure 29. Structural solution of rafter roof to cover different spans
Source: Author's files.

The *purlin roof* is characteristic of southern Europe or in general mainly adopted in areas where the supply of wood was not very abundant. The elements that compose a *purlin roof* are *trusses* or *cross-frames*, *purlins* and *rafters*. In a basic *purlin roof* the rafters are supported on horizontal timbers, the *purlins*, which transmit the roof load to underlying *trusses* or *cross-frames*. To resist the tendency of the roof structure to tilt out of plane, wind braces were usually (but not always) incorporated between the *purlins* or between the *trusses*. The structure is thereby divided into bays (Figure 30).

The *trusses*, according with the span they have to cover, acquire different configurations. For spans under 6 meters was employed the *simple truss* (Figure 31). The structural components are two *main rafters* loaded in combined compression and bending forces, connected to a tensile-stressed *tie beam* to form a triangular structure to which a *king post* is added as a tying supplementary element.

The next step is the introduction of two compressed *struts* in connection between the *rafters* and the *king post* to cover spans from 6,5 m to 13,00 m. This structure is called *king post truss* (Figure 32).

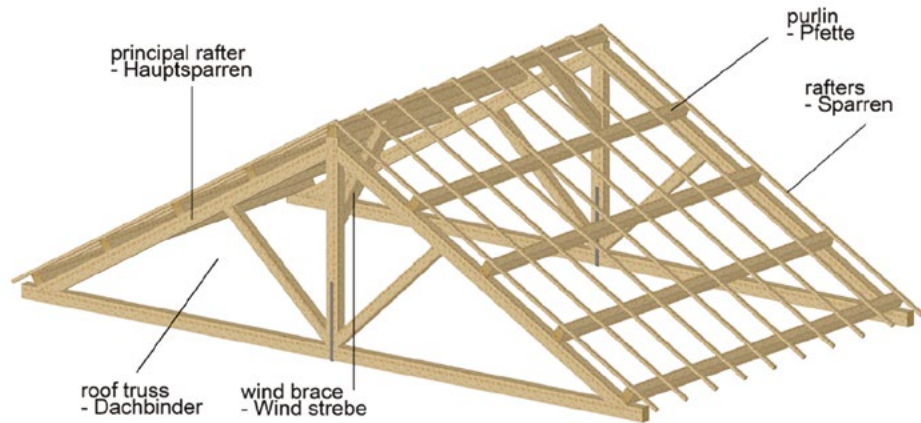


Figure 30. Example of purlin roof
Source: Author's files.

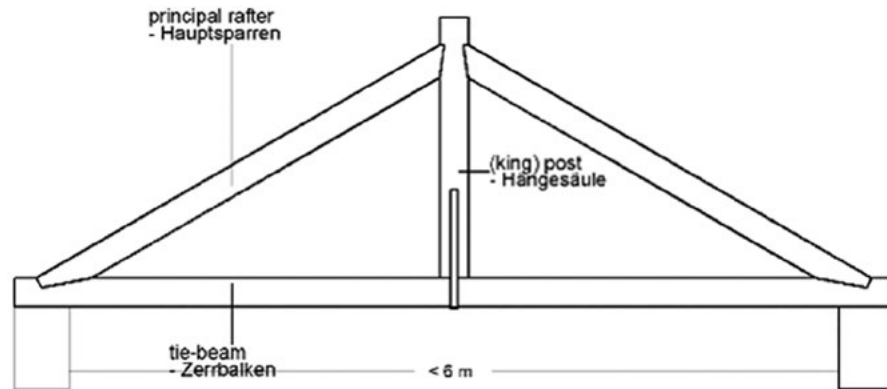


Figure 31. Example of simple truss
Source: Author's files.

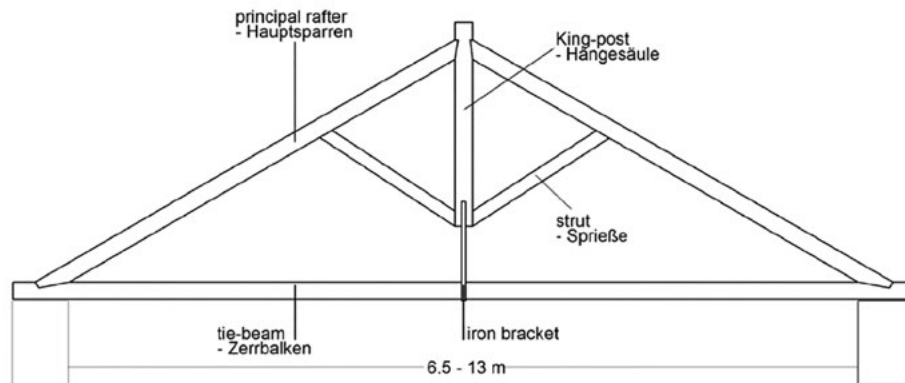


Figure 32. Example of king post truss
Source: Author's files.

A further structure called *queen post truss* (Figure 33) was used to cover span length between 8 m and 12 m. Two vertical *posts*, the *queen posts*, are symmetrically disposed at the two sides of the tie beam. *Iron brackets* were used to keep the *queen posts*, loaded in tension, in exact position on the tie beam, and to transmit the forces among the structural elements. The *queen posts* upper extremity was joined to the main rafters with the *step joint*. Further system to cover bigger spans have been developed until reaching the contemporary *truss* that works under the same static working principles as the *roofs* in the *purlin roof*.

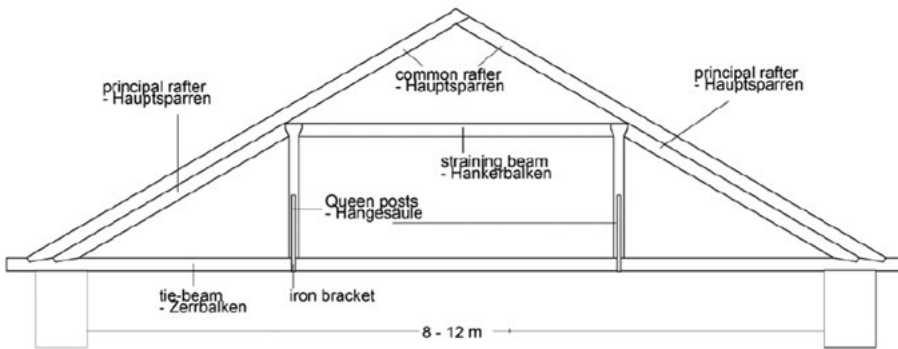


Figure 33. Example of queen post truss
Source: Author's files.

Carpentry connections

Carpentry connections are structural elements contained both in the main *frame* as well as in the *roofing systems*. Carpentry joints are able to transmit any kind of stress (compression, tension, shear or torsion) basing on the load transmission mechanism of *contact compression* and *friction* on notches and contact surfaces. The most diffused types of joint forms used in traditional *half-timbered* and *frame structures* carpentry are the *half lap* or *half wood*, *mortise and tenon*, *step joints*, and *scarf joints* (Figure 34).

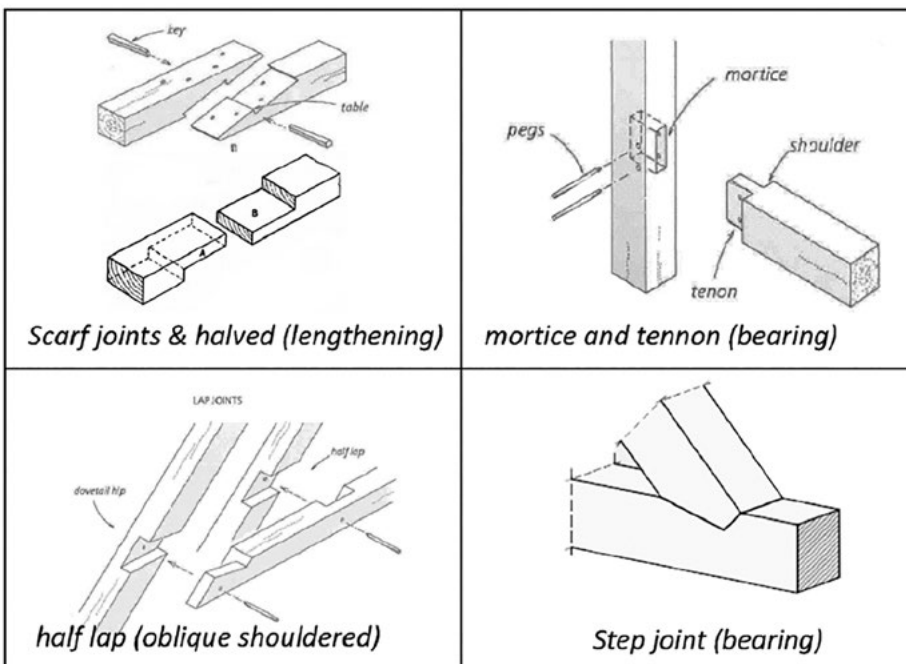


Figure 34. Most diffused connection families in the half-timber structures
Source: Author's files.

In the oldest structures, the presence of *half lap* joints is the most diffused both in the *frame* and in the roof structures. The halving is sometimes fashioned as decorative element, and can assume different forms; for example, through the dovetail form and with the contribution of the wooden *pegs*, the connection can bear not only compression forces, but also small amounts of tension forces. These joints presented the advantage of an easy shaping; on the other side, such connections cause an internal eccentricity in the transmission of forces among structural members, and in case of weather-exposed connections, there is risk of deformation of the *half lap* with consequent not-adherence with the adjacent structural member, and consequent failure (Perria, Paradiso, Kessel, Sieder, 2016).

From the XVI century, under the French influence, the *mortise and tennon* slowly replaced the *halved connections* both in the *frame* and roof structures. It became the most diffused connection presents in a big variety of forms, used to connect mainly perpendicular but also diagonal timbers in the wall frames. The use of the *mortise and tennon*, permits to bear only compression forces. The morticed connection could also bear very small amount of tension forces thanks to the resistance to the withdrawal that the joint assumed with the wooden *pegs*. In the connection between *tie beam* and *rafter*, in the *rafter roof*, the combination *lap-dovetail joint*, *mortise and tennon joint* were succeeding one after the other during the evolution if the truss-framed buildings from the XIII century onwards. The same evolution of the connections is present in the *wall frames* (Figure 35).

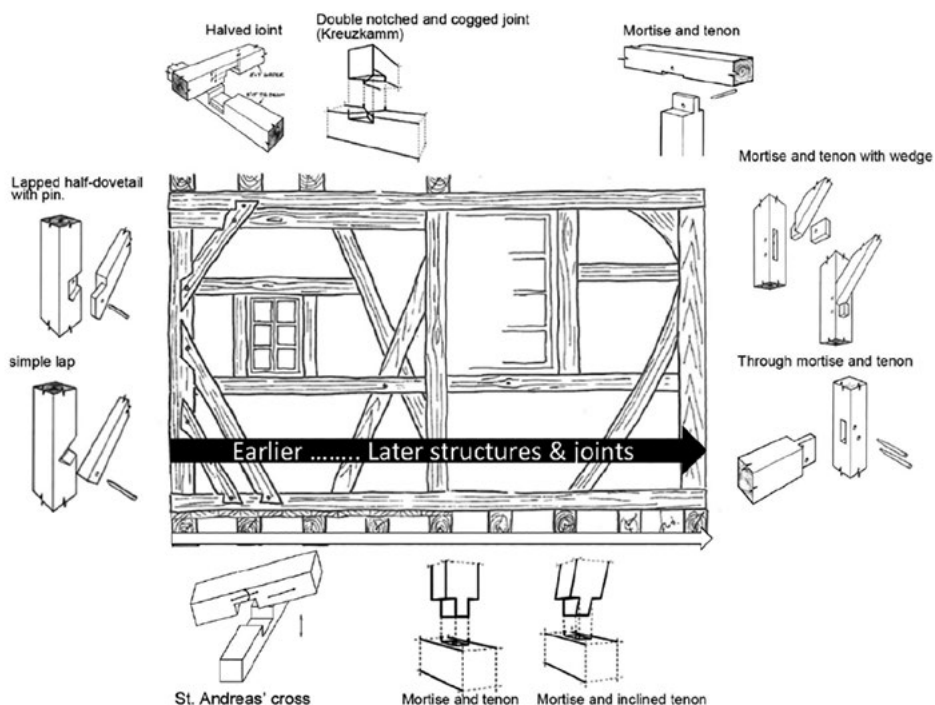


Figure 35. Historical evolution of the connections in the wall frame
Source: Author's files.

Scarf joints are used to elongate beams, plate and purlins. Various forms of scarf were developed to suit the directions of forces acting on them, among the most diffused there are the *halved joint* or *half-wood*, the *halved undersquinted*, the *halved and tabled*, *stop-splayed and undersquinted joint* (*Gerber joint*) and the most elaborated *Splayed undersquinted and tabled scarf joint with (or without) key* (Figure 36).

The *step joint* (Figure 37) is present above all on in the forms of *step joint*, *double step joint*, *skewed tennon joint* and *heel joint*. The *step joint* with its variants replaced in later structures, aboveall in *roof trusses* of *purlin roofs* the connection of the *main rafters* at the ridge and the connetion between the *tie-beam* and the *main rafters*.

The entire joint's categories are traditionally assembled without any kind of mechanical fasteners; on the other side, to prevent the shifting of the connection as a consequence of structural deformations, the presence of mechanical fasteners like *wedges*, wooden *pegs* or, in more recent times, wooden *dowels* is also very diffused.

The most common mechanical fasteners are the *pegs*; they are wooden elements usually slight tapered, typically 18-22 mm in section and roughly polygonal. Using a system called *draw-boring* the hole for the *peg* in the side of the *mortise* was slightly off-set on the *tennon*

so that when the *peg* was finally driven through, the whole joint tightened up. *Pegs* are used in joints that have to resist withdrawal. In Europe, *pegs* were most made of hardwood like oak, even when the frame elements are in softwood.

The wooden *dowels* are used in the same way as the wooden *pegs* but have cylindrical form. These were used in the latest structures when the cutting techniques of wood evolved and permitted to shape more exact holes, and the correspondent *dowels*. The *key* or *wedge* is formed by two V-shaped blocks (wedges) that are forced into the space between the two pieces (*tabling*), and have the role to pre-compress the joint and ensure the adherence between the facing contact surfaces.

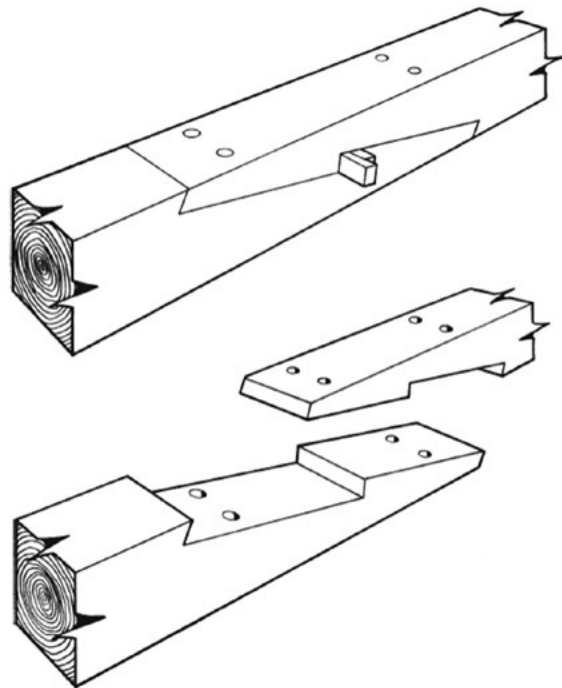


Figure 36. Splayed under squinted and tabled scarf joint with (or without) key
Source: Sobon, 2002.

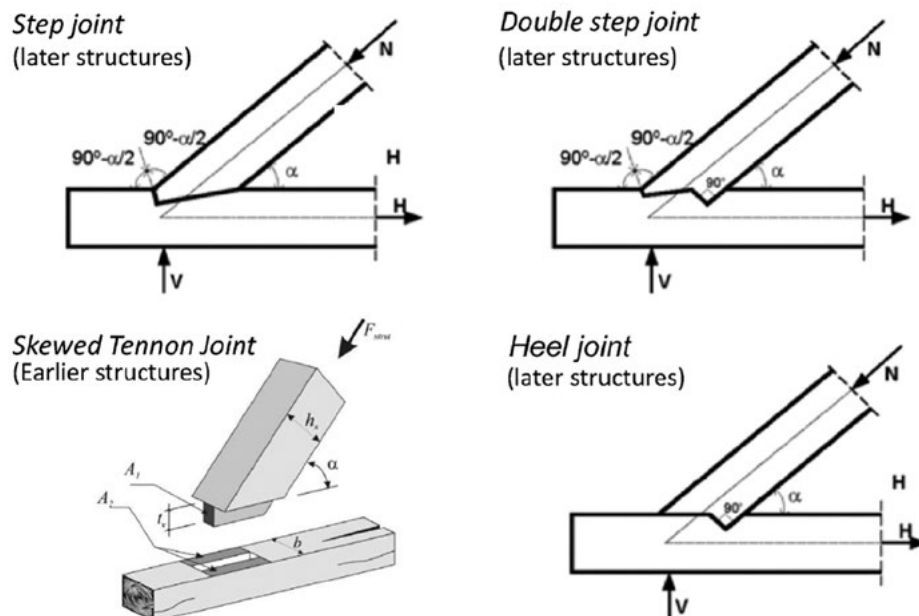


Figure 37. Different variants of step joint
Source: Author's files.

Finishing systems

The exterior finishing of *half-timber* structures is made weather tight in various way. On the Continent, the opening in between the frame, the *infill* panels, are generally filled with *rubble and plaster* (Figure 38), with *brick* (Figure 39) or with *wattle-and-daub* (Figure 40). The wooden framework is left exposed to form a pattern between the *infill*. The filling with *watt-and-daub* was the most diffused until the 16th century. In this century, both for durability and economical reasons it was replaced by a *bricks infill*. The panels were finally left in view, or plastered with clay. In countries where the lumber was abundant, the wood-frame had a wood sheeting called *weatherboards* or *timber lathing* covered by *plaster finishing*. *Lathing* or *boards* have also a structural function of increasing the stiffness of the timber structure working as a diaphragm.

With the evolution of the technique, in places where the stones were abundant, thin natural stone slab from native rock, which is split into thin layers were used as a *roof covering* or *wall cladding* was used. This roof covering from inorganic material was not just a protection against the weather but also worked as fireproof material (Figure 41).

EXPANSION TO THE AMERICAS

During the colonization of the Americas, the European constructive methods present in the colonizing countries were exported over the Ocean. In North America, examples of *half-timbered* structures are in New Orleans, while the French *Colombage* was exported to Mississippi (Poletti, 2013), and in Haiti, where the architectural elements of the *Gingerbread* houses were adapted to the tropical climate. In Central America, the timber *frame structures* were also exported from the French and Spanish crowns during the establishment of representative buildings in the new towns.

The *Colombage* (Figure 42) is a *timber-frame* filled with brick and diagonals at the angles. The wood, with carved shapes, adorns façades and roof banks, high ceilings and large openings onto vast porches. The second version of the houses is the braced timber-frame clad with horizontal *lapped-wood* siding on the exterior, also known as *shiplap siding*. The



Figure 38. *Infill with rubble and plaster*
Source: Elena Perria, 2017.



Figure 39. *Infill with bricks*
Source: Elena Perria, 2017.



Figure 40. *Infill system with wattle and daub*
Source: Elena Perria, 2017.



Figure 41. Wall cladding with natural slate stone in Goslar
Source: Elena Perria, 2016.



Figure 42. Colomage structure in France
Source: Langenbach, 2015.

Gingerbread houses are designed to take advantage of ventilation and shade, and exclude moisture. Large windows and doors allow for cross breezes. Tall ceilings and large attics with ventilators allow hot air to rise, collect, and be expelled. Deep porches that extend from the front façade to the side walls provide shading for the windows and allow the living space to extend outside the walls of the house (Avrami, 2010).

In the Spanish Caribbean area and South America, the most diffused technique before the IV Century was the *Bahareque* technique. The *Bahareque* construction (Figure 43) is a *post and lintel* system, composed of vertical and horizontal wooden elements combined with specific type of unions to form a collaborative frame with tightening function.

The filling materials are intertwined branches (wood fibers, bamboo or coconut fibers) covered with fragmented stone material and bonded with lime mortar and plaster, the so-called *cuje* walls. When the Spanish imported their European expertise, the native technique a new constructional system was implemented: the *Colonial* system. The *Colonial* architecture (Figures 44, 45) was the commingling of the imported Spanish-Arabic *Mudéjar* architecture (Figure 46), common in the southern part of the Iberian peninsula, and the *Bahareque*, the local autochthonous constructional technique. The *Colonial* system is also a *post and lintel* system.

The *horcónes*, the load-bearing pile foundations, are individual poles or groups of wooden poles (depending from the dimension of the structure) that from the ground rise up to the upper edge beams of the roof. They have squared cross-section or also a raw form with variable and irregular circular section. This self-bearing timber structure is culminated with the typically colonial roof *cubierta de par y nudillo* structure (Nuere, 2003). Inspired by the *Mudéjar* system and the naval engineering, it has a reverse boat frame shaped form (Figure 47). The horizontal and vertical elements are connected with carpentry wood-wood connections from the European tradition (Figure 48). The wooden structure is drown into masonry or brick walls (Figure 49).



Figure 43. Structure in bahareque technique
Source: Revista de la Construcción, 2010.



Figure 44. Typical Colonial building. Calle San Jerónimo, Santiago de Cuba, Cuba
Source: Elena Perria, 2010.



Figure 45. Typical Colonial building. La Casona, Santiago de Cuba, Cuba
Source: Elena Perria, 2010.



Figure 46. Mudéjar architecture in the Santa Eulalia Church in Totana, Murcia
Source: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=35688956>



Figure 47. Typical Colonial Roof structure. Cathedral of Santiago de Cuba, Cuba
Source: Elena Perria, 2010.



Figure 48. Jupiter joint or Splayed undersquinted and tabled scarf joint with key of the wooden dome of Santiago de Cuba's Cathedral, Cuba
Source: Roncoli, 2013.



Figure 49. Wooden structure of Santiago de Cuba's Cathedral down into masonry and brick walls
Source: Elena Perria, 2010.

CONCLUSIONS

The term *half-timber* does not describe a style but many of *structural systems*. The *half-timbered structures* are composed by a *wooden skeleton*, where the vertical and horizontal structural elements enclose compartments with not load-bearing *infill* materials.

The evolution of the thousands of existing *constructional techniques* with timber returns on the constant attempt to increase their stability, needs of the evolving society, and finally the advent of the industrialization and contemporary era. Their evolution along the history have been always characterized by the refinement of foundations, connections, diagonal and longitudinal bracing and roof systems.

From an historical point of view, many *constructional methods* developed along the centuries from the Middle East to Europe and then to America. *Timber constructional techniques* originally developed in Middle East countries, evolved in Europe focusing on different challenges connected to the region. On one side, in continental and northern Europe the focus was to improve the lack of stability and durability due to the wet climate; on the other side, in the European southern countries structures needed to be improved against frequent earthquakes. With the colonial expansion, Spain, United Kingdom, and France, exported their “national techniques” in their colonies. The integration of the “western” techniques with the indigenous ones brought to the implementation of the *colonial systems* with peculiar stylistic and constructive characteristics that also here adapted to different climatic and living conditions. With the beginning of the industrialization era (1850), the wooden construction lost their attractiveness and were replaced by others construction materials. The reborn of the wooden era was introduced by the development of contemporary *engineered wood* materials that permitted the development of new *timber structural techniques*; among them, the *platform timber construction*, *prefabricated timber panels construction*, *glulam* high span structures, and massive wooden constructions.

As a conclusion, the *half-timber* and *timber frame structures* are spread over the time, all over the world, and in many different regional variations.

REFERENCES

Ashurst, J., Ashurst, N. (2012). *English heritage. Practical building conservation: TIMBER*. Ashgate.

Avrami, E. (2010). *Preserving Haiti's Gingerbread Houses 2010 Earthquake Mission Report*. World Monuments Fund, New York.

Cóias, V. (2007). *Structural rehabilitation of ancient buildings* (in Portuguese). Lisbon: Argumentum, GECOPRA.

Gatzelu, D. (1899). *Carpintería de armar*. Madrid.

Gerner, M. (1983). *Fachwerk: Entwicklung, Gefüge, Instandsetzung*. Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart.

Gerner, M. (1990). *Historische Häuser erhalten und instandsetzen*. Augustus Verlag, 2. Aufl. S. 131-132.

Holzer, S. (2015). *Statische Beurteilung historischer Tragwerke Band 2, Holzkonstruktionen*. Ernst & Sohn, Berlin, Germany.

Informationsdienst Holz. (12/2004). *Erneuerung von Fachwerkbauten*, Holzbau Handbuch.

Langenbach, R. (2006). *Saga of the Half-timbered Skyscraper: What Does Half-Timbered Construction have to do with the Chicago Frame?* In: Proceedings of the Second International Congress on Construction History, Cambridge University.

Langenbach, R. (2010). *Preserving Haiti's Gingerbread Houses: 2010 Earthquake Mission Report*. World Monument Found, WMF, New York. (Norma Barbacci, ed.).

Langenbach, R. (2013). *Timber Frames and Solid Walls: Earthquake Resilient Construction from Roman Times to the Origins of the Modern Skyscraper*. Hearth 2013 Proceedings.

Makarios, T., & Demosthenous, M. (2006). Seismic Response of traditional buildings of Lefkas Island, Greece. *Engineering Structures*, 28(2), 264-278.

Morcate, F. et al. (1990). *El sistema constructivo colonial*. Santiago de Cuba: Onelia Martínez Capetillo.

Nebel, H. (1978). *Erneuerung von Fachwerkbauten in: INFORMATIONSDIENST HOLZ*. EGHBericht, 2. verbesserte Auflage. München.

Nuere, E. (2003). *La carpintería de armar española*. Munilla-Lería.

Paradiso, M., Milani, P. et al. (2011). *Atlas del patrimonio arquitectónico y cultural del casco histórico de Santiago de Cuba*. Edición Medina, Borgo San Lorenzo.

Paradiso, M., Perria, E. et al. (2013). *La Catedral de Santiago de Cuba como ejemplo emblemático de la difusión de saberes entre Europa y Latino-América*. En CNHC - Congreso Nacional de la Historia de la Construcción, Madrid 9 - 12 de octubre. Madrid: Ed. Instituto Juan de Herrera.

Perria, E., Paradiso, M., Kessel, M., Sieder, M. (2016). *Characterization of the halved and undersquinted scarf carpentry connection*. In Proc. of WCTE 2016, World Conference on Timber Engineering, Vienna University of Technology, Grafisches zentrum HTU, Austria.

Perria, E., Paradiso, M., Kessel, M. (2016). *Experimental verification of the static model for the characterization of the halved and undersquinted scarf connection*. In Proc. of 10th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions, in press, Leuven, Belgium.

Poletti, E. (2013). *Characterization of the seismic behaviour of traditional timber frame walls*. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho.

Revista de la Construcción 9(1), 89-97, 2010, agosto. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718915X2010000100010>

Ruggieri, N. (2013). *Il sistema antisismico borbonico muratura con intelaiatura lignea genesi e sviluppo in Calabria alla fi-ne del '700*. Bollettino ingegneri, No. 10, pp. 3-14.

Sánchez, F., De Julián, J. J., Ordóñez, A. (2010). *Constructive Typologies in a Patrimony City: Trinidad, Cuba*. *Revista de la Construcción*, 9(1).

Sobon, J. A. (2002). *Historic American Timber Joinery: A Graphic Guide*. Pub. By Timber Framers Guild, Ed. by Kenneth Rower. Retrived from <https://www.ncptt.nps.gov/wp-content/uploads/2004-08.pdf>.

Touliatos, P. (2004). Evaluation and drafting of recommendations for interventions in buildings of the historical settlement of Lefkas (in Greek). *Organization for seismic design and protection*. Athens, Greece: Public Library of Lefkas Editions.

University of the West of England – UWE. (2008). Traditional Timber Framing. A Brief Introduction. From: https://fet.uwe.ac.uk/conweb/house_ages/timber/print.htm,

Vintzileou, E., Zagkotsis, A., Repapis, C., & Zeris, Ch. (2007). Seismic behavior of the historical structural system of the island of Lefkada. *Construction & Building Materials*, 21(1), 225-236. Greece.

Vivencio, G. (1783). *Storia e teoria de' tremuoti in generale ed in particolare di quelli della Calabria, e di Messina del 1783*. Napoli: Stamperia Regale.

Weiss, J. E. (1979). *La arquitectura colonial cubana: siglos XVI al XIX*. Ciudad de La Habana: Editorial Letras Cubanas.

GUÍA PARA AUTORES DE ARTÍCULOS

TIPOS DE ARTÍCULOS

Revista M publica artículos originales e inéditos, resultados de investigaciones y sometidos a evaluación por pares especializados en los campos temáticos cubiertos por la revista. El autor debe especificar el título de la investigación de la cual su artículo se deriva, así como garantizar que este no ha sido publicado ni se ha presentado paralelamente para publicación en ningún medio diferente a la *Revista M*.

También se reciben para publicación reseñas de libros que traten las áreas temáticas afines a la revista, así como traducciones de artículos ídem no publicados previamente en español.

PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS

Los artículos deben ser enviados en formato Word con una extensión no mayor a 25 páginas en letra Arial, fuente 12, con interlineado a doble espacio. Las figuras se deben enviar en archivos independientes en formato TIFF o JPG con resolución no menor a 300 DPI cada una. Por criterios de diseño de la *Revista M*, los autores deben incluir dos figuras que acompañen el texto correspondiente al resumen y al abstract adicionales a las que se utilicen como apoyo dentro del texto. Se debe anexar en documento aparte el listado de figuras que se denominarán (Figura 1., Figura 2...) con su respectivo pie de foto en el que se especifique también la fuente o su origen. Los derechos de reproducción de las imágenes siempre serán gestionados directamente por los autores.

ENVÍO DE ARTÍCULOS

El material del artículo debe ser enviado al editor de la revista a la cuenta **revistam@ustabuca.edu.co** en formato Word para el texto y el listado de imágenes y, en formato TIFF o JPG, para las imágenes. Anexo se debe enviar diligenciado el formato correspondiente a “Autores Revista M”.

PROCESO Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Para dar inicio al proceso de evaluación, los artículos enviados a *Revista M*, que cumplan con las condiciones expuestas en esta guía, se presentan por parte del Editor ante el Comité Editorial, a efectos de hacer una primera selección del material que se considere pertinente, y según la temática de cada edición; los artículos seleccionados para continuar con el proceso se someterán a evaluación por parte de pares evaluadores, expertos en las temáticas respectivas, quienes actuarán en el sistema “doble ciego”, es decir, sin que los autores tengan conocimiento de la identidad de los evaluadores, ni estos de la de los autores a quienes están evaluando. La revisión por parte de pares no podrá tomar más de dos (2) meses, y una vez realizada el editor les informará a los autores su resultado, que puede ser:

1. Artículo aceptado para publicación sin modificaciones.
2. Artículo aceptado para publicación con modificaciones menores que pueden provenir del Editor, del Comité Editorial o de los pares evaluadores.
3. Artículo aceptado para publicación con modificaciones mayores que pueden provenir del Editor o de los pares evaluadores y requieren ajustes por parte de los autores en un tiempo no mayor a quince (15) días calendario, y requerirán de una nueva evaluación una vez realizados los ajustes.
4. Artículo no aceptado para publicación.

Los artículos aceptados para publicación se someterán a los correspondientes procesos de corrección de estilo y diagramación realizados por el Centro de Diseño e Imagen Institucional de la Universidad Santo Tomás.

Una vez realizada la publicación, los autores recibirán vía correo electrónico un PDF de su artículo publicado, y vía correo postal dos (2) ejemplares de la edición para efectos de información y divulgación.

REFERENCIAS

Revista M utiliza la norma definida por la Asociación Americana de Psicología (APA), sexta edición, para referencias bibliográficas. Ejemplos¹:

¹ Tomado de: Guía Presentación trabajos estilo APA I. Guías de apoyo-formación de usuarios. Biblioteca Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga, Colombia.

Libro completo:

Apellido, Inicial del nombre, punto. (Año de publicación). *Título del libro*. Ciudad: Editorial.

Artículo de Revista:

Apellido, Inicial del nombre, punto. (Año de publicación). Título del artículo. *Título de la revista*, volumen(número), página inicial-página final.

Artículos en una revista científica exclusiva de Internet:

Apellido, Inicial del nombre, punto. (año de publicación, mes, día). Título del artículo. *Título de la Revista*, volumen(número). Recuperado de <http://www.xxxxxxxx>

Artículos de Internet basados en una fuente impresa:

Apellido, Inicial del nombre, punto. (Año de publicación). Título [versión electrónica], *Título de la revista*, volumen(número), página inicial-página final.

Copia electrónica de un artículo obtenido en una base de datos:

Apellido, Inicial del nombre, punto. (Año de publicación). Título del artículo. Título de la revista, volumen(número), páginas. Recuperado de <http://www.xxxxxxxx>

DOI (Digital Object Identifier) cuando se utilice este código, se omita la URL y la fecha de consulta o recuperación:

Apellido, Inicial del nombre, punto. (Año de publicación). Título del artículo. *Título de la revista*, volumen(número), páginas. doi: xx.xxxxxxxxxxxx.

AUTHORS GUIDELINES FOR SUMMITING ARTICLES

TYPES OF ARTICLES

Revista M publishes original articles and research results subject to evaluation by peers acquainted with the thematic areas covered by the magazine. The author should specify the title of the research from which derives his article and ensure that it has not been published nor submitted simultaneously for publication in no other publication different to *Revista M*.

Book reviews related to thematic areas similar to *Revista M* are also welcome for publishing, as well as translations of articles not previously published in Spanish.

FORMATTING THE ARTICLE

Articles should be sent in Word format with an area of no more than 25 pages in Arial, font 12, double-spaced line spacing. Figures should be sent in separate files in TIFF or JPG format with no less than 300 DPI resolution each. For design criteria of the *Revista M*, authors should include two figures that go together with the entries for the resumen and abstract, in addition to those used as support within the text. In a separate document, the list of figures to be known as (Figure 1, Figure 2 ...) must be attached with their own caption where you also specify the source or origin. The copyright of the images will always be managed directly by the authors.

SUBMITTING AN ARTICLE

The article and related material should be sent to the editor's e-mail account revistam@ustabuca.edu.co, in Word format for both the text and the list of images, and in TIFF or JPG for the images. In addition to this, "Revista M Authors" format should be filled out and included in the same post.

EVALUATION PROCESS CRITERIA

To begin the evaluation process, articles sent to *Revista M* that fulfil the conditions outlined in this guide are presented by the editor to the Editorial Board, in order to make a first selection of the material, considered relevant and according to the topic of each issue of the magazine. Articles selected for continuing the process will be sent to expert peers in the respective thematic areas for a further assessment, who will act in the "double-blind" systems, which means that both the reviewer and author identities are concealed from the reviewers, and vice versa, throughout the review process.

Peer review may not take more than two (2) months, and once carried out, the editor will inform the authors about the results, which can be:

1. Article accepted for publication without any modification.
2. Article accepted for publication with minor modifications that may come from the Editor of the Editorial Committee or reviewers.
3. Article accepted for publication with major modifications, suggested by the Editor or peer reviewers, will require adjustments by the authors to be done within 15 days' time and will be sent to further evaluation after making such adjustments.
4. Article not accepted for publication.
5. Articles accepted for publication will be submitted to the corresponding processes of proofreading and layout carried out by the Publications Department of the Universidad Santo Tomás.

After the publication, each author will receive by e-mail a PDF of his own article and by traditional mail two (2) copies of the edition for information and dissemination.

REFERENCES

Revista M uses standards defined by the American Psychological Association (APA) for references¹. Examples:

¹ From: APA | Presentation Guide work style. Handouts-user training. Biblioteca Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga, Colombia.

Complete book:

Last name, first name initials, period. (Year). *Title of the book*. Location: Publisher.

Journal Article:

Last name, first name initials, period. (Year of publication). Article title. *Title of the journal*, volume (number), first page-last page.

Items in an exclusive Internet journal:

Last name, first name initials, period. (Day, month, year of publication). Article title. *Title of the journal*, volume (number). Retrieved from: <http://www.xxxxxxxx>

Internet articles based on a printed source:

Last name, first name initials, period. (Year). Title [electronic version], *Title of the journal*, volume (number), first page-last page.

Electronic copy of an article obtained in a database:

Surname, initial of name, point & Surname, initial of the name. (Year). Article title. *Journal title*, volume (Number), pages. Retrieved from: <http://www.xxxxxxxx>

DOI (Digital Object Identifier) When this code is used, omit the URL and the date of consultation or Recovery:

Last name, first name initials, period. (Date). Article title. *Journal title*, volume (Number), pp-pp. doi: xx.xxxxxxxxxxxxx

Revista M - Facultad de Arquitectura, USTA Bucaramanga

Carrera 27 No 180 - 395 Autopista Floridablanca

Teléfono: 57 (7) 698 58 58 Ext.: 6496

Correo electrónico: revistam@ustabuca.edu.co



+ Información



PATRIMONIO CONSTRUIDO: PROBLEMÁTICAS, MATERIALES Y TÉCNICAS

EDITORIAL

Michele Paradiso

ARTÍCULOS

La Chiesa di Santa Lucia di Guane - Barichara: Analisi strutturale per la sua salvaguardia
La iglesia de Santa Lucía de Guane - Barichara: análisis estructural para su salvaguardia
Michele Paradiso, Chiara Bini, Natascia Crescenzi, Carlos Humberto Gomez Arciniegas

La Basilica minore di Nuestra Señora del Socorro e il suo grado di sicurezza strutturale
Basilica menor de Nuestra Señora del Socorro y su grado de seguridad estructural
Michele Paradiso, Carlos Humberto Gómez Arciniegas

La Guadua e l'informale. La conoscenza strutturale e la qualificazione dei materiali naturali nel barrio de invasión Nueva Esperanza, Km 41, Manizales, Colombia
Guadua e informalidad. El conocimiento estructural y la evaluación de los materiales naturales en el barrio de invasión Nueva Esperanza, km41, Manizales
Michele Paradiso, José Fernando Muñoz Robledo, Bianca Galmarini, Valentina D'Ippolito

Usage of bamboo powder as an additive in adobe bricks and bamboo canes frame for the reinforcement of adobe structure
Uso del polvo de bambú como aditivo en ladrillos de adobe y entramados de bambú para el refuerzo de estructuras en adobe
Michele Paradiso, Ricardo Alfredo Cruz Hernández, Francesca Bizzeti, Antonio Farigu, Olimpia Lotti

Timber structural techniques from the dawn of the civilization to the expansion of cities in the XIX century in Europe and its colonies
Técnicas estructurales en madera desde los albores de la civilización hasta el crecimiento de las ciudades europeas y sus colonias en el siglo XIX
Elena Perria

Guía para autores de artículos
Authors guidelines for summiting articles