

El zuncho en la Tradadística

The zuncho or tie beam in historic treatises

Rosa Bellido Pla, Arquitecto. Email: bzara@arquired.es

Resumen

Este artículo procede de una investigación más amplia sobre las técnicas de zunchado habituales en la restauración de monumentos, y pretende contribuir a clarificar sus fundamentos. Se analiza en primer lugar, desde el punto de vista lingüístico, los orígenes del término zuncho y de su incorporación al léxico de la construcción. Seguidamente se recopila y expone, de forma cronológica, información de fuentes documentales sobre el origen y evolución de los sistemas de atado, considerados antecedentes directos del actual zuncho. Desde las primeras traducciones de Tratados del siglo XVI hasta los Manuales de construcción de los albores del XX, se identifican y organizan referencias a encadenados. Se recoge tanto el simple incremento de espesor de la fábrica en forma de fajas o el engatillado de sillares mediante grapas como los más complejos, resueltos con cadenas metálicas embebidas en los muros de cerramiento para formar un anillo perimetral cerrado y atirantado.

Palabras clave

Zuncho, atado estructural, tratadística, encadenado.

Abstract

This article, an offshoot of broader research on the most prevalent tying techniques in monument restoration, aims to clarify some of the fundamentals of those techniques.

Its analysis of the etymology of the Spanish word *zuncho* (tie beam) and its adoption in construction jargon, is followed by a chronological account, based on documentary sources, of the origin and evolution of tying systems viewed as the direct precursors of today's tie beams. References to chain bonding systems can be found in texts dated across four centuries, beginning with the earliest sixteenth century translations of architectural treatises to the construction manuals published at the dawn of the twentieth. These systems range from the simplest solutions, such as building up courses of masonry to form collars or fastening adjacent ashlar with cramps, to more complex solutions consisting of embedding interconnected metal elements in enclosure walls to form a closed and tensioned perimetric ring.

Keywords

Tie beam, structural tying, historic treatises, chain bonding.

Introducción

El estudio del patrimonio arquitectónico es una tarea casi detectivesca, ya que sobre cada monumento se superponen huellas de un sinfín de intervenciones llevadas a cabo a través de los siglos. El edificio deviene una especie de palimpsesto tridimensional.

A la hora de abordar el análisis de una solución constructiva determinada, uno de los primeros pasos es revisar los Tratados históricos en busca del origen de la misma y de su evolución a lo largo del tiempo, aunque generalmente no se pueda determinar de forma categórica si esa precisa publicación influyó directamente en la arquitectura de su época o en las posteriores. En las páginas siguientes se compendian, ordenadas de forma estrictamente cronológica, y por tanto sin jerarquizar, diversas alusiones documentadas a piezas de encadenamiento embebidas en muros de fábrica que podemos considerar el embrión de las actuales técnicas de zunchado.

Introduction

Studying the architectural heritage requires nearly detective-like investigation, because with its imprint of countless interventions over the centuries, each monument constitutes a kind of three-dimensional palimpsest.

One of the first steps in the analysis of a given constructional solution is a review of the written record to define its origins and evolution over time. As a rule, however, the direct influence of any given text on contemporary or subsequent architecture cannot be categorically determined. The pages that follow compile, in chronological and consequently non-hierarchical order, a number of allusions in historical documents to chain bonds embedded in masonry walls, which may be regarded as the zygote of today's reinforced concrete tie beams. The article does not address the dome or tower tying, which will be discussed in a second paper currently in the writing.

No se incluye en el texto documentación sobre zunchados de cúpulas y torres, núcleo de un próximo artículo en preparación.

La colocación de zunchos ha sido prácticamente omnipresente en las construcciones de la segunda mitad del siglo XX, tanto para obra nueva como en rehabilitación. El término se encuentra también ampliamente difundido en los países de habla hispana pero con acepciones muy distintas en cada región. Ni siquiera en los diccionarios María Moliner o RAE se incluye una definición acorde con el concepto al que se aplica en España de forma habitual, según puntualiza el profesor I. Paricio en su glosario de la construcción (1). A partir de los años treinta se empieza a usar en las estructuras de hormigón una voz de larga tradición en la construcción de cúpulas: el zuncho. Su objetivo es abrazar a un elemento constructivo para evitar que éste se abra. Se usa en muchos casos, y por eso la definición de María Moliner es tan genérica: «*abrazadera de hierro o de cualquier otro material resistente con que se refuerza alguna cosa, por ejemplo un cañón, o se sujeta fuertemente algo, como los palos del barco o las duelas de los toneles*».

En las cúpulas clásicas los problemas eran de una escala tan grande que se resolvían con cadenas de hierro, y eso nos explica la voz *encadenado* que todavía se usa. Hoy, en la construcción de estructuras de hormigón, se debe entender como el elemento continuo y armado que recorre el perímetro del forjado para atar sus componentes y mejorar su capacidad para transmitir esfuerzos horizontales, significado que, sin embargo, no aparece en ningún diccionario.

Dado que en la mayor parte de los monumentos restaurados en el último siglo encontramos incorporado al menos un zuncho de hormigón armado, podemos plantearnos numerosos interrogantes como, ¿desde cuándo se producen estas adiciones?, ¿se trata de un elemento novedoso contemporáneo o es fruto de la evolución tecnológica de atados resueltos con otros materiales, como madera o hierro?, ¿hay una relación directa entre los encadenados tradicionales y el zuncho de hormigón?, ¿consideramos zunchado un muro que cuente con un simple remate continuo lineal o sólo si se configura un anillo o cerco perimetral completo?.

Análisis del término desde el punto de vista lingüístico

Desde mediados del siglo XX se ha generalizado especialmente la incorporación de estos elementos de atado estructural, que en el argot básico de la construcción actual en España denominamos zunchos, en las intervenciones sobre edificios del patrimonio.

The article does not address the dome or tower tying, which will be discussed in a second paper currently in the writing.

The use of tie beams was nearly universally present in construction in the second half of the twentieth century in both new works and rehabilitation. While the word *zuncho* is now broadly used throughout the Spanish-speaking world, albeit with regional variations, neither of the two most popular dictionaries in Spain (authored by the Spanish Royal Academy and María Moliner) includes a definition that covers what is normally meant by the term in construction. As Paricio pointed out in his construction glossary (1), *beginning in the nineteen thirties, a word long used in dome construction, zuncho, began to be applied to concrete structures. Its purpose is to surround a structure to prevent its members from separating outward. It is used in many contexts, which is why María Moliner's definition is so broad: "clasp made of iron or any other strong material, used to reinforce an object, such as a cannon, or which holds something in place, such as the spars on masts or the staves on barrels"*.

In classical domes the problems were of a scale such that they were solved with iron chains, which explains the origin of the Spanish word *encadenado* (=chain bond), which is still in use. In today's concrete structures, it should be understood to mean the continuous and reinforced member that surrounds the perimeter of structural floors or slabs to tie their components and improve the transfer of horizontal stress, although this meaning does not appear in any (general Spanish language) dictionary.

Inasmuch as at least one reinforced concrete tie beam can be found in most of the monuments restored in the last century, a number of questions might be posed, such as: when were the first such members built? Are concrete tie beams a contemporary innovation or the result of the technological development of ties made of other materials such as wood or iron? What, if any, relationship exists between traditional chain bonding and concrete tie beams? Is a wall that is merely topped with a continuous linear member "tied", or is that term reserved to mean a full perimetric ring or hoop?

Linguistic analysis of the term

Since the mid-twentieth century, the use of tying members known in contemporary Spanish construction jargon as *zunchos* has become widespread in built heritage restoration and rehabilitation.

El término se aplica para designar piezas tan dispares como, por ejemplo, carreras adosadas o embebidas en los muros, conexiones dispuestas con el fin de enlazar otros elementos constructivos, refuerzos en bordes de forjado o conjuntos que conforman un anillo perimetral. En América Latina, sin embargo, se emplean con estas acepciones los vocablos *cadena* y *dala*, este último sinónimo de *viga* no refrendado en el diccionario RAE ni en el amplio glosario de términos de construcción publicado en 2001 a partir de la base de datos BANTE de la Universidad de Valladolid (2). Sólo en Argentina se utiliza habitualmente la palabra *zuncho*, que aparece incluso recogida en su normativa del hormigón armado, pero únicamente para designar el estribo helicoidal de armado de una columna, significado recogido también en el Léxico del Instituto Torroja, tanto en la versión de 1962 como en su reedición de 2009 (3).

En los diccionarios encontramos varias definiciones de *zuncho* como refuerzo destinado a asegurar cañones, ruedas, barriles o edificios, casi todas ellas coincidentes en su consideración de pieza metálica, pero ninguna en concordancia con el uso mayoritariamente extendido. En muchos casos se destaca también como función primordial juntar y atar elementos constructivos en edificios en ruinas.

En el conjunto de Tratados de Arquitectura y Construcción revisados, no encontramos reproducido el vocablo *zuncho* hasta 1876, con las precisiones sobre su origen etimológico y difusión que comentaremos a continuación. Los distintos refuerzos de atado descritos en los documentos se resuelven en la mayor parte de los casos con piezas metálicas, a veces de madera, y aparecen habitualmente bajo la denominación *encadenado*, que se mantiene invariablemente en uso a lo largo del tiempo.

El Glosario de Arquitectura y de sus artes auxiliares de Mariátegui (4) publicado en 1876 es un diccionario de términos de edificación que reproduce citas de documentos que contienen cada palabra para ejemplificar su contexto. Así define los siguientes vocablos relacionados con el atado estructural: *Trabe como madero del suelo, lo mismo que viga solera, del latín trabs, la viga; Cincho como faja o plinto que señala al exterior la altura de pisos de un edificio, o sinónimo de zemime, la llanta de hierro que afianza varias piezas de madera, con el origen árabe zamma (ligar, atar, sujetar); Asa, gafas o grapas para unir piedras de una hilada*. En este diccionario se incluye por fin el vocablo *zuncho*, aunque sin proporcionar una definición válida, ya que únicamente se puntualiza que es igual a *suncho*, otra palabra que ni siquiera figura en el mismo glosario.

It is applied to a broad category of members, ranging from girders embedded or attached to walls, connections built to bond other members, or the perimetric strengthening around the edges of structural floors or assemblies. In Latin America, however, the words *cadena* and *dala* are used to designate such solutions. The latter term, meant as a synonym for *viga* (=beam), is not endorsed either by the Spanish Royal Academy's dictionary or the glossary of construction terms published by the University of Valladolid in its BANTE database (2). In Argentina, the only Latin American country where the word *zuncho* is in use, it is even included in the legislation on reinforced concrete, but its meaning is restricted to the helix-shaped stirrups wrapped around column reinforcement. This same meaning is found in both the 1962 and 2009 editions of lexicon authored by the Eduardo Torroja Institute, a Spanish institution (3).

General dictionaries in Spanish define the word *zuncho* as a strengthening element for cannons, wheels, barrels or buildings, nearly always specifying that it is metallic, but none includes the meaning most commonly applied. These dictionaries nonetheless often indicate that the primary purpose of *zunchos* is to join and tie members in buildings in ruins.

None of the treatises on architecture and construction reviewed in this inquiry and dated prior to 1876 mentioned the word, which finally appeared in a text dated in that year that described its etymology and introduction into general usage. The strengthening ties described in historical documents were generally made of metal and less frequently of timber, and normally referred to as *encadenados* (chain bonds), a term that has remained in altered use over the ages.

Mariátegui's (4) 1876 glossary of architecture and ancillary trades, referred to above, is a dictionary of building terms with citations illustrating the context in which each entry was used. The words relating to structural tying were defined as follows. *Trabe* as floor beam, from the Latin *trabe*, beam; *cincho* as a collar or plinth on building façades showing the division between storeys, a synonym for *zemime*, the iron hoop that bonds pieces of wood, from the Arabic *zamma* (bond, tie, fasten); *asa*, *gafas* and *grapap* (grips, hooks and clamps), as elements that tie stones laid in the same course. The word *zuncho* was also listed in this dictionary (for the first time in Spanish language treatises), although with an unsatisfactory definition, which merely noted that it was the equivalent of *suncho*, for which no entry was provided.

Nos proporciona, eso sí, una pista muy útil al remarcar que la voz la emplea ya en el siglo XVIIº Eugenio de Salazar en sus Cartas (5). Si revisamos la edición de 1866 del libro citado, en la misiva que se dirige al Licenciado Miranda de Ron aparece sin contexto la expresión *meté bien el zuncho*, dentro de una lista de recopilación de ejemplos de “lenguaje marino”. En el glosario incluido en esta edición se recoge el término zuncho sin aclarar tampoco su definición, indicando sólo que se trata de una “voz náutica de origen desconocido”.

Según el lingüista José Manuel Briceño (6), el uso de marinerismo (términos de marinería con significación ya no marinera, adaptados a objetos y actividades terrestres) fue muy difundido en América en esa época. La palabra zuncho empleada a bordo para referirse a los aros de hierro que reforzaban la unión de los palos del barco pudo dar nombre a nuevas formas mediante asociación de ideas. Tanto zuncho como suncho se incluyen habitualmente en los manuales náuticos y diccionarios marítimos clásicos españoles, por ejemplo en la traducción de Vallarino (7) de una obra en inglés de Darcy Lever editada en 1842 se repite más de veinte veces la palabra zuncho.

Como en el caso de las bóvedas encamionadas, tan similares formalmente a las cuadernas de los barcos, pero resueltas siempre por diferentes gremios de carpinteros cuyo entorno laboral se protegía del intrusismo con Ordenanzas específicas, según describe P. Hurtado-Valdez en su ponencia del Congreso CIMAD11, parece claro que podemos considerar todo el ámbito de la construcción arquitectónica independiente del naval. Desde el punto de vista lingüístico sin embargo, el origen del uso del término zuncho en construcción sí parece haber sido confirmado por los especialistas como una transmisión de la marinería al pasaje durante los viajes a ultramar. En un artículo de la Revista de Filología Hispánica VI de 1944, el profesor Corominas (8) exponía que en ese momento la palabra zuncho sólo se aplicaba en España de forma general en Galicia, Asturias y oeste de Santander, encontrándose más difundida en América, con acepciones diversas según el país. En cuanto al origen etimológico, cita la opinión expuesta ya en 1925 por García de Diego en la Revista de Filología Española XII, quien la considera duplicado de cincho, a partir de la evolución de cingulum. Este último también considera posible un parentesco con la palabra que designa fleje en lengua euskera, zumitz.

Antecedentes del zuncho en los Tratados

A continuación se compendia de forma resumida alusiones a sistemas de atado localizadas en una

It did, however, very helpfully mention that the term was found in the seventeenth century compilation of Eugenio de Salazar's correspondence (5). In the 1866 edition of the Mariátegui glossary, in a letter to Miranda de Ron, the author noted, somewhat out of context, that “I included *zuncho* in a compilation of examples of ‘maritime language’”. The term *zuncho* was also listed in this earlier edition, but with an entry merely stating that it was a “nautical term of unknown origin”.

According to linguist José Manuel Briceño (6), the use of nautical terms to designate inland objects and activities was common practice in America at the time. The word *zuncho*, used on board to mean the iron hoops that tied mast spars together, may have been adopted in other domains based on similarity of purpose. Both *zuncho* and *suncho* were normally included in classical Spanish nautical handbooks and dictionaries: the former appeared over 20 times, for instance, in Vallarino's (7) translation of a book by Darcy Lever, published in 1842.

Vaults built on arched rafters, so formally similar to a vessel's transverse frame, were nonetheless, according to a paper read by Hurtado-Valdez at the CIMAD11 Congress, crafted by different joinery guilds whose respective occupational competence was delimited by specific ordinances. On those grounds, architectural and naval construction can be deemed to have been clearly separate domains. Linguistic experts, however, appear to have confirmed that the term *zuncho* was borrowed from nautical jargon overheard by high seas passengers and applied to inland construction. In a 1944 article published in the *Revista de Filología Hispánica VI*, Corominas (8) noted that in Spain at the time, the word *zuncho* was commonly used only in Galicia, Asturias and Santander (regions on the Atlantic and Cantabrian coast), but was more widespread in America, where it meant different things in each country. For the etymology of the word, he followed an earlier paper in *Revista de Filología Española XII* (1925) by García de Diego, according to which it derived from *cincho*, in turn traceable to the Latin *cingulum* or girdle. This latter author also envisaged a possible relationship to the Basque word for band or hoop, *zumitz*.

The *zuncho* in historical treatises

The following is a brief compilation of allusions to tying systems found in a selection of treatises on architecture and engineering, in particular the texts available at the Sociedad Española de Historia de la Construcción and the French National Library.

selección de Tratados de Arquitectura e Ingeniería, en especial los disponibles en las páginas de la Sociedad Española de Historia de la Construcción y la Biblioteca Nacional de Francia. La documentación se ordena de forma estrictamente cronológica, de las primeras traducciones del siglo XVI a los Manuales de construcción de la primera mitad del XX. Desde el refuerzo más sencillo que podamos encontrar, como el aumento de grosor del material que constituye el propio muro formando fajas, o el cosido de sillares con lañas, hasta los más evolucionados, de bandas metálicas embebidas en el cerramiento para formar un anillo perimetral cerrado y atirantado, se identifica al menos una treintena de alusiones, la mayor parte referidas como encadenados.

Siglo XVI

Al analizar cualquier sistema de atado estructural podemos distinguir dos familias de elementos que pueden disponerse en solitario o bien ser concebidas para trabajar conjuntamente. Por un lado los tirantes en sentido perpendicular a los muros de cerramiento, y por otro las piezas de reparto perimetral embebidas en estos o adosadas a su superficie, tanto fragmentadas como continuas.

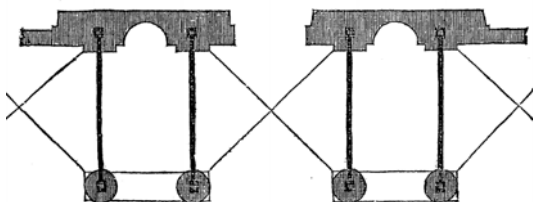


Fig. 1. Esquema de tirantes en el libro IV de Serlio.
Iron ties in Serlio's book IV (9)

Un ejemplo del primer caso, con una única familia de piezas, lo encontramos en el libro IV de la traducción de Serlio realizada por Villalpando en 1552 (9), donde se explican y representan los soportales con tirantes de hierro dispuestos de pared a columna para soportar los empujes de las bóvedas, pero sin contar con ningún elemento de reparto transversal a éstos (fig. 1).

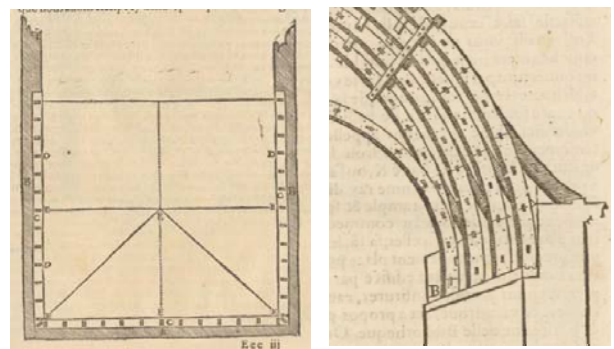
Las ilustraciones siguientes corresponderían también a una única familia, pero en este caso se trata de detalles de encamionados dispuestos sobre un durmiente lineal sin ataduras transversales. Se trata del Tratado de 1561 *Nouvelles inventions pour bien bastir* (10), en el que Philibert de l'Orme describe los espesores más

These documents are discussed in strict chronological order, from the earliest sixteenth-century translations of classical and contemporary texts to the construction manuals published in the first half of the twentieth. At least thirty allusions to chain bonding were identified, ranging from the simplest approaches, consisting of simply thickening the wall to form collars or of tying ashlar stones with cramps, to the most highly developed, in which metal strips were embedded in enclosures forming a closed and tensioned perimetric ring.

Sixteenth century

In any structural tying system, two families of elements can be distinguished, which may be arranged separately or designed to work jointly. The first are ties perpendicular to enclosures, and the second fragmented or continuous perimetric stress distribution components embedded in the walls or attached to their surface.

One example of the former, constituting a single family of components, is found in Villalpando's 1552 (9) translation of Serlio's book IV, which described and illustrated portal frames fitted with iron ties positioned between wall and column to absorb the thrust from the vaults, but in the absence of any member perpendicular to the ties to distribute loads (see Figure 1).



Figs. 2.a y 2.b. Planta y arranque de camones de bóveda sobre durmiente de madera en el tratado de Philibert de l'Orme. Plan and elevation of wooden vault, Philibert de l'Orme's treatise (10)

The following illustrations also comprise a single family, but in this case the drawings depict details of wooden centring positioned over a linear sleeper. In this treatise, entitled *Nouvelles inventions pour bien bastir* (10), which dates from 1561, Philibert de l'Orme described the most suitable thicknesses for bearing walls and advised against the use of iron strengthening, whose oxidation could contribute to deterioration of the stone.

adecuados para los muros de carga y recomienda no introducir refuerzos de hierro que al oxidarse puedan contribuir a la ruina de los mismos. En su remate se coloca la plataforma de madera B, de un pie o diez pulgadas y ocho o nueve pulgadas de espesor con muescas cada dos pies que se representa en las figuras de planta y perspectiva sobre la que apoya la cubierta de madera (figs. 2.a y 2.b).

Para formar un atado perimetral, se repite desde el origen de los tiempos la práctica consistente en incorporar conexiones puntuales que intenten dotar de cierta continuidad a los componentes de los muros de fábrica.

Así en el tercero de los Diez Libros de arquitectura de Alberti en la edición de Espinosa en 1582 (11) se describe sólo cómo las assas y clavillos de hierro que unen las hiladas de piedra superior e inferior no duran nada mientras que el alambre es casi eterno, indicando que las assas de madera untadas con cera pura y alpechín no se pudren. Inferimos entonces que podían emplear en aquel momento tanto madera como hierro para la fabricación de grapas.

Siglo XVII

Ya en este momento el concepto de atado incorpora la idea de refuerzo longitudinal en los muros de cerramiento. Así en 1639, en la primera parte del *Arte y uso de arquitectura*, Fray Lorenzo de San Nicolás (12) describe cómo los muros de mampuesto deben llevar encima de cada altura dos hiladas de ladrillo o verdugos que hacen más fuerte la obra. Sobre los de sillería en seco, describe el uso de drapas o rampones de yerro emplomados para sujetar las piedras en los puentes romanos, y cita las chapas de yerro como las alaba Vitrubio en su Libro 2.

Siglo XVIII

En la traducción de Castañeda en 1761 del Compendio de Vitruvio de Perrault (13) encontramos la descripción del architrave con vigas unidas o engatilladas con sus llaves a cola de milano pero distantes entre sí un dedo, porque si se tocan se recalienta y pudre la madera. Aunque se trate de un elemento fragmentado podemos apreciar cómo se resuelve con cierta continuidad.

Será ya avanzado el siglo XVIII, con la traducción realizada por el P. Miguel Benavente en 1763 del original publicado en Viena en latín de los *Elementos de arquitectura civil* de Rieger (14), cuando encontremos una solución completa de encadenado definida al detalle.

A wooden platform (B) one foot or ten inches wide by eight or nine inches thick with notches every two feet was positioned on top of the wall to support the wooden roof. The figures give the plan and elevation views (see Figures 2.a and 2.b).

From the beginning of time, perimetric ties have been formed by connecting separate masonry components to afford the walls some continuity.

The third of Alberti's ten books of architecture published by Espinosa in 1582 (11), for instance, contended that the iron lugs and nails that fastened upper to lower rows of stone were very short-lived, while wire lasted nearly forever. The author added that if coated with pure wax and vegetable water, wooden lugs would not rot. The deduction to be drawn is that in the late sixteenth century, cramps were made of either wood or iron.

Seventeenth century

By this time the notion of tying enclosures was supplemented by the idea of strengthening the walls longitudinally. In 1639, in the first part of a book on architectural art and usage, Lorenzo de San Nicolás (12) recommended strengthening rubble walls by laying two courses of brick at the top. He also described the use of lead-plated iron cramps in Roman bridges to connect ashlar stones laid without mortar, citing as an example the iron straps praised by Vitruvius in his Book 2.

Eighteenth century

The 1761 translation by Castañeda of Perrault's compendium of the Vitruvius writings (13) contained a description of an architrave with beams whose dovetail tenons and respective mortises were set one finger apart to prevent the wood from heating and rotting. Despite this separation, an argument can be made for some degree of continuity in this member.

A detailed and comprehensive description of chain bonding did not appear until well into the eighteenth century, in 1763, when Miguel Benavente translated Rieger's text in Latin on civil architecture (14), published earlier in Vienna. This treatise contained an illustration of iron (A) and wooden (B-D) ties that braced the bearing walls transversally against one another, and a bonding course (CCC) consisting of metal strips positioned on top of the walls as depicted in the drawing (see Figure 3).

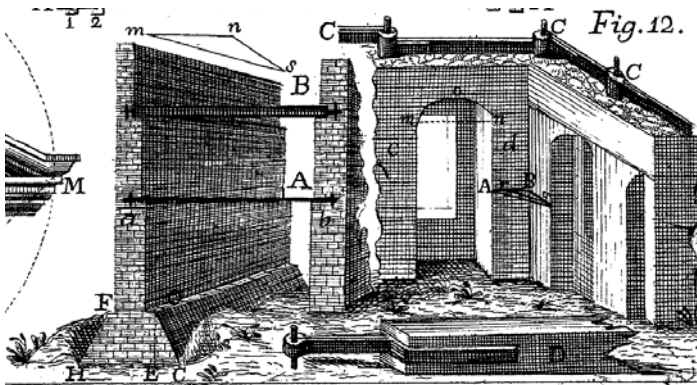


Fig. 3. Encadenado CCC sobre los muros en ilustración de la obra de Rieger. Bonding course (CCC) consisting of metal strips positioned on top of the walls according to Rieger's book (14)

Se describen tirantes de hierro A y madera B-D para atar transversalmente entre sí paredes maestras y el encadenado CCC de piezas de metal fijadas sobre los muros que se representa en la ilustración siguiente (fig. 3).

En el capítulo 3º del manual de bóvedas tabicadas *Modo de hacer incombustibles los edificios* de J. de Sotomayor (15) se describe cómo se pueden armar estas estructuras de fábrica (que él denomina llanas) con gatillos de hierro, para evitar el uso de estribos donde sea caro el ladrillo. Es en la introducción-censura de este libro redactada por Ventura Rodríguez, donde éste describe la ruina de la cúpula del colegio de Santa Victoria de Córdoba “de un arquitecto francés” (se refiere a su contemporáneo Drevetton) por falta de estribo en las bóvedas, indicando que tuvo que atar con cadenas en todos los pisos y que las bóvedas tabicadas deben atirantarse siempre. Debemos destacar que fue el mismo Ventura Rodríguez el que hizo disponer un zunchado a base de cadenas para reforzar la torre del Evangelio de la Catedral de Valladolid, que finalmente se desplomó. En el caso de la Catedral de Salamanca, por contra, éste había recomendado demoler la torre, que se encontraba gravemente agrietada, mientras que se ejecutó la solución diseñada por el ingeniero Baltasar Drevetton, consistente en un zunchado con seis cadenas a distintas alturas y un forro de piedra de gran espesor.

Aparece de forma muy temprana en la historia la palabra *trabe* para designar vigas, tal como dijimos que se emplea actualmente de forma habitual en América Latina.

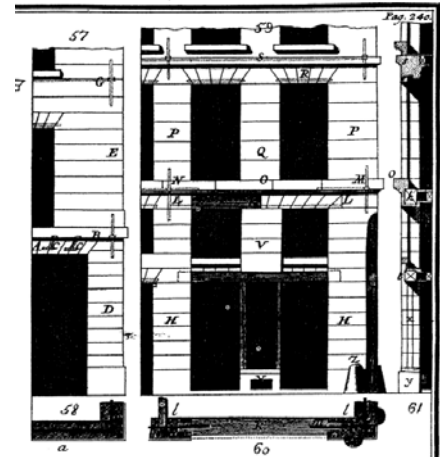


Fig. 4. Muro de fachada con cadena S embebida según Bails. Embedded iron chain (S) on the upper moulding according to Bails (17)

In chapter 3 on how to fireproof buildings included in his manual on timber vaults, Sotomayor (15) explained that these masonry structures could be reinforced with iron braces to avoid the use of piers where brick was expensive. In a similar vein, in the introduction-review to this book, Ventura Rodríguez described the flaws in the dome on Santa Victoria College at Cordoba, designed “by a French architect” (his contemporary Drevetton) due to the absence of piers in the vaults. He added that he had been obliged to bond each and every course with chains and that timber vaults must always be tensioned. Ventura Rodríguez was also responsible for chain bonding the Gospel Tower on Valladolid Cathedral, which eventually collapsed. Although the Spanish architect recommended demolishing the tower in Salamanca Cathedral, which was severely cracked, the authorities chose the solution proposed by engineer Baltasar Drevetton, consisting of encircling the tower with six chains at different heights and lining it on the inside with thick stone.

The word *trabe* as a synonym for *viga* (=beam), still in common use today in Latin America, appeared very early in the history of construction. Ortiz and Sanz's (16) translation of Book VI, Chapter III of Vitruvius's Ten Books of Architecture, published in 1787, used the word to mean large width-wise timbers or beams that supported the two length-wise members called *interpensiva*, or what today are known as headers. The words *tirantes* (=ties) or *cadenas* (=chains), *transtra*, have been used ever since to mean tying members. In a footnote, the translator identified the Latin *transtris* as the origin of the Spanish *tirantes*.

En el capítulo III del Libro VI de *Los diez libros de Arquitectura* de Vitruvio, según la traducción la traducción de Ortiz y Sanz de 1787 (16), se citan los trabes o maderas mayores, simples vigas que atraviesan en ancho y sostienen los otros dos en largo llamados interpensivos, que hoy denominaríamos brochales. Los vocablos *tirantes* ó sean *cadena*, *transtra*, designan desde entonces elementos de atado, identificando el traductor en nota al pie la voz *transtris* como origen del término *tirantes*.

Casi en los albores del siglo XIX aparecen ya de forma bastante reiterada soluciones de tirantes metálicos dispuestos en perpendicular a los muros, como en el siguiente detalle de alzado y sección de muro de fachada, tomado del Tratado *Arquitectura civil* de Benito Bails (17) de 1796, donde se representa en la moldura de la parte alta una cadena de hierro S embebida (fig. 4).

Esto no conlleva la desaparición de los atados concebidos como simples engrosamientos de la sillería. Por ejemplo en la traducción de Ortiz y Sanz de los cuatro libros de *Arquitectura* de Palladio de 1797 (18) se hace alusión al atado indicando que “en toda especie de paredes se deben poner algunas carreras de piedras o ladrillos mayores, que sirvan como de nervios que retengan atadas las otras partes. Al disminuir la sección de los muros de fachada se deberá mantener vertical la cara interna y en los escalonamientos se dispondrá un recinto, faja o cornisa que circuya todo el edificio; lo cual le servirá de ornato, y será como un vínculo que lo tenga sujeto”.

Siglo XIX

En 1802 es también Benito Bails quien, en su *Diccionario de Arquitectura civil* (19), define cadena de hierro como la unión de muchas barras con clavetas o garfios que “se echan en el grueso de algunas paredes desde una cabeza a otra para enlazarlas mejor con las que se encuentran a escuadra. También se ciñen con ellas las paredes viejas o que amenazan ruina”. En cuanto a esta última frase es importante destacar cómo el concepto de encadenado lleva implícito su uso como solución específica para refuerzo de fábricas antiguas o ruinas desde tiempo inmemorial.

Eck describe en 1841 *chaînages* (encadenamientos) en medio de los muros en su *Traité de l'application du fer* (20), y en la figura 5 vemos detalles del sistema denominado Didier para empalme en fundición de los tramos de cadena.

Nearly at the turn of the eighteenth to the nineteenth centuries, solutions involving metal ties placed perpendicularly to walls appeared frequently, as in the elevation and cross-section of a façade depicted here, extracted from a 1796 treatise on civil architecture by Benito Bails (17). Note the embedded iron chain (S) on the upper moulding (see Figure 4).

This did not mean that tying solutions consisting of simply thickening ashlar disappeared, however. According to Ortiz y Sanz's translation of Palladio's four books of architecture published in 1797 (18), for instance, the Italian architect advised laying “courses of larger stones or bricks in all manner of walls, to serve as ribs that hold the other parts together. As the façade wall section tapers, the inner side should be kept vertical and each phase fitted with a band, collar or cornice that surrounds the entire building, serving an ornamental purpose while holding the wall together.”

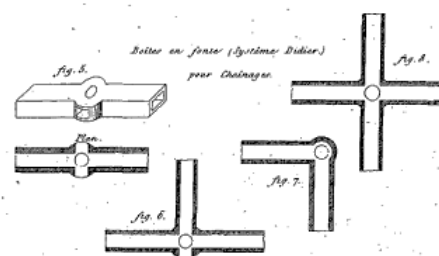


Fig. 5. Detalles de sistema patentado para unión de encadenados metálicos descrito en el tratado de Eck. Details of patent system to chainages (chain bonds) inside walls in Eck's treatise (20)

Nineteenth century

Benito Bails' dictionary of civil architecture (19) published in 1802 defined an iron chain bond as an assembly of many bars with spikes or hooks that “are set into some walls from one end to the other better to bond them to the walls perpendicular to them. They are also used to encircle old walls or walls in danger of collapse.” That second sentence is an indication that the use of chain bonding so defined to strengthen ancient or unsound masonry has been in place for centuries.

In 1841 Eck described *chaînages* (chain bonds) inside walls in his *Traité de l'application du fer* (20). Figure 5 of that treatise showed the so-called Didier casting system for connecting the sections of “chain”. The same text included a number of drawings depicting mixed wood-metal structural floors and a method for consolidating a church with an intricate system of ties and flat bars, with no tie beam or girder aligned with the walls to serve as a sleeper.

Sin embargo, incluye en la misma publicación varios esquemas de forjados mixtos madera-metal y planos de consolidación de una iglesia con un rebuscadísimo sistema de tirantes y bridas en los que no aparece reflejado ningún zuncho o carrera a modo de durmiente en la línea de los muros.

Sobre lo que acontece fuera de nuestras fronteras, encontramos una interesante afirmación en el tomo I de *Elementos de arquitectura* de Millington, traducido en 1848 por Carrillo de Albornoz (21), según la cual “en todas las casas de Londres hay enlaces o cadenas de madera (*bond timber*) embebidas en la fábrica por todo en rededor cada 4 o 5 pies de altura”, lo que se representa en el detalle de sección reproducido (fig. 6). También describe en el mismo texto un atado con dos grapas de cadena bajo el arranque de la cúpula de San Pablo y cita otras dos cadenas sin fin encastradas en la torre-fanal de Eddystone.

Se siguen editando obras, como el *Manual de construcciones de albañilería* de Espinosa de 1859 (22), en las que los encadenados o cadenas se describen como simples machones de refuerzo verticales de material de la propia fábrica. Este autor los desaconseja y recomienda que se disponga sólo verdugadas horizontales.

Encontramos referencias a atados resueltos con madera principalmente en publicaciones francesas. Baudot, Viollet o Choisy describen ejemplos de durmientes destinados a encadenar fábricas medievales resueltos con este material. La solución del campanario de la iglesia de Thiverval, de principios del s. XIII es descrita en 1867 por Baudot, que la considera muy ingeniosa, en su obra *Eglises de bourgs et villages* (23).

Se trataba de un encadenado de madera (*chaînage en bois*) dispuesto por la cara interior de los muros que apoyaba sobre unas ménsulas de piedra, empotradas en los ángulos, a la altura de la clave de los arcos. Estas piezas contaban con un cajeadado para albergar el encuentro de las vigas de madera, según se aprecia con más detalle en la perspectiva central (fig. 7). La conocida ilustración, figura 8, pertenece al tomo IV del *Dictionnaire Raisoné de l'architecture française du XIe. au XVIe. siècle* (24), en el que Viollet-le-Duc explica en 1868 cómo los constructores románicos empotraron en los muros a diferentes alturas, bajo los antepechos de las ventanas, y debajo de las cornisas, piezas de madera longitudinales embebidas. Afirma incluso que se pueden encontrar restos de estas piezas en las murallas de fortificaciones galas ya en tiempos de César, con escuadrías cuadradas entre 12 cm y 20 cm.

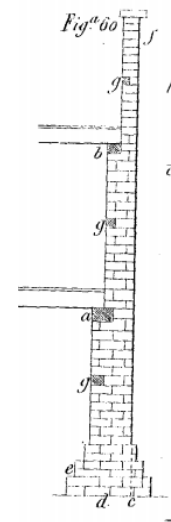


Fig. 6. Sección típica de edificio londinense según Millington con carreras de madera embebidas a varias alturas. Cross-section of London's building with bond timber embedded in the masonry according to Millington (21)

Practice outside Spain was also reflected in translated works, such as in Carrillo de Albornoz's (21) 1848 rendering of volume I to a treatise by Millington on architectural elements, according to which all the buildings in London had bond timber embedded in the masonry around their entire perimeter, at a height of 4 or 5 feet, as shown in the cross-section reproduced here (see Figure 6). The same text describes a tie consisting of two bonding cramps underneath the springline on St Paul's dome and two other looped bonds encastered into the Eddystone beacon.

Further works were published, such as Espinosa's masonry construction manual (22), which appeared in 1859 and described chain bonds as mere vertical masonry thickening in walls. This author advised against their use, recommending horizontal strengthening in the form of lacing courses.

References to timber bonding were found primarily in French treatises. Baudot, Viollet and Choisy described examples of wooden sleepers designed to bond Medieval masonry. In his 1867 *Eglises de bourgs et villages* (23), Baudot described what he deemed to be a very ingenious solution for the bell tower on the early thirteenth century church at Thiverval.

It consisted of timber bonding (*chaînage en bois*) on the inside of the walls that rested on stone brackets built into the corners at arch crown elevation. The mortise on these elements, designed to house the abutment between wooden beams, is depicted in the detail (centre drawing, see Figure 7).

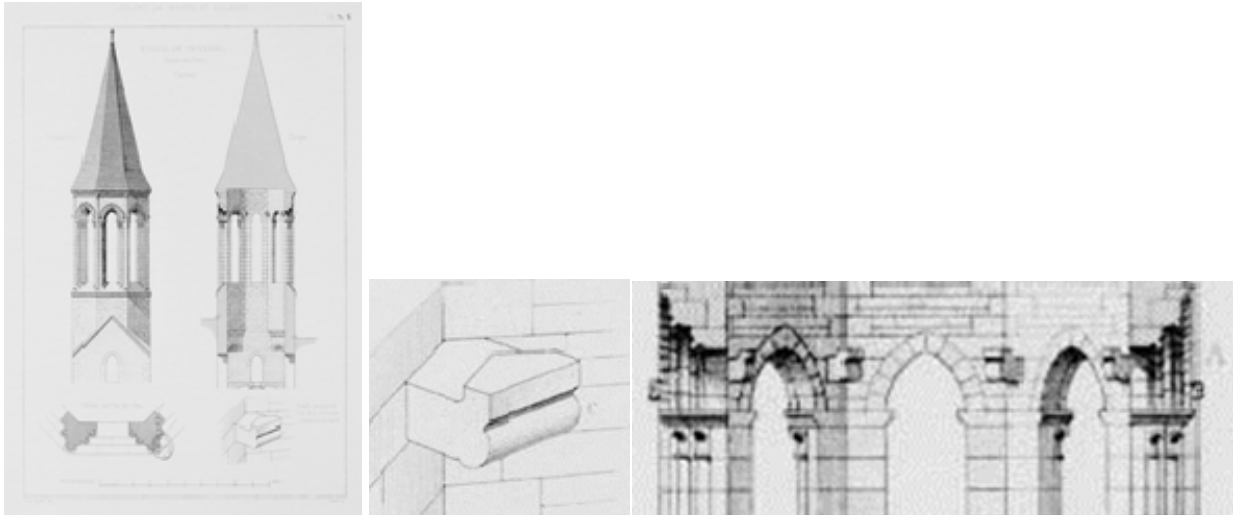
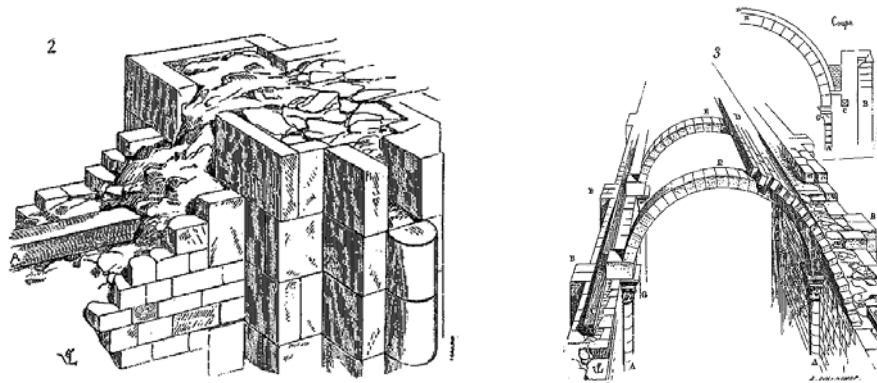


Fig. 7. Sección y detalles de la torre de Thiverval representados por Baudot.
Cross-section and details of the tower of Thiverval depicted by Baudot (23)

En la sección siguiente (fig. 9) se marca como C las vigas de reparto de madera embutidas también en los muros en el arranque de una bóveda de cañón románica. Explica que “estas piezas sin ventilar se pudrían rápidamente y dejaban huecos que aceleraban la destrucción, a finales del siglo XI, de unos edificios construidos sólo medio siglo antes”.

The well-known illustration reproduced on the left (see Figure 8) was taken from volume IV of the *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle* (24), where Viollet-le-Duc explained in 1868 that the Romanesque builders embedded longitudinal timber in the walls at different heights, as well as under window parapets and cornices. This author claimed that remains of these elements, with 12-cm to 20-cm square cross-sections, could be found in the walls of Roman fortresses built in France in Caesar's time.



Figs. 8 and 9. Ilustraciones de Viollet le Duc con maderas embebidas en la fábrica.
Viollet le Duc's Dictionary drawings (24)

Su extenso artículo sobre encadenado (chaînage) del tomo II explica cómo en la nave de la iglesia abacial de Vézelay y también durante la demolición de Saint Denis detectó la disposición de un primer encadenado de madera bajo las arquivoltas, y otro en el nacimiento de las bóvedas en el que iban fijados ganchos de hierro para anclar unos tirantes que se utilizaron temporalmente durante la construcción.

The “C” on the cross-section shown here (see Figure 9) marks the load distribution beams also embedded in the walls at the springline for a Romanesque barrel vault. Viollet-le-Duc explained that “for lack of ventilation, these elements quickly rotted, leaving empty spaces that in the late eleventh century accelerated the destruction of buildings built only half a century earlier”.

Cita también los anillos de madera del castillo de Coucy (fig. 10) y el progresivo abandono de la madera a favor del hierro, como en la Sainte Chapelle, en la que afirma se embecieron cadenas de grapas metálicas en rozas selladas con plomo, que se repetirían en las catedrales de Estrasburgo, Carcasona, Narbona y Rouen.

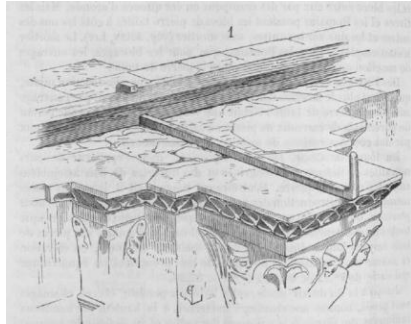


Fig. 10. Recreación de los ganchos detectados en Saint Denis por Viollet le Duc. View of iron rings found in Saint Denis by Viollet le Duc (24).

Sobre los entramados y suelos de madera, Valdés explica en 1870 en su Manual del ingeniero y arquitecto (25) que, para preservar los empotramientos de las vigas de la humedad y dar más estabilidad a su asiento, se colocan éstas sobre soleras o cadenas que corren a lo largo de las paredes, dejando una capa de aire alrededor de la cabeza empotrada. Se trata de otra solución en madera, con sólo dos líneas paralelas previstas únicamente como piezas de reparto, si conformar un anillo arriostrante.

En el mismo tomo encontramos otro término relacionado con el tema cuando afirma que “por medio de cinchos de hierro se puede anular el empuje de una cúpula”.

A finales del siglo XIX se mantienen también las corrientes menos evolucionadas, que consideran como atado el simple engrosamiento lineal de la propia fábrica, como podemos apreciar en los escritos de Rebolledo, Portuondo o Adeline.

El primero de ellos describe en 1875 como cadenas, en su obra *Construcción general* (26), los refuerzos de sillería verticales en muros de mampostería, mientras que se refiere a los horizontales como simples fajas o bandas (verdugadas si se trata de ladrillo) que impiden el asiento diferencial de las fachadas (fig. 12). En el mismo manual Rebolledo representa de varias formas los cabios de los entramados que configuran los forjados de madera:

In the lengthy article on chain bonding (*chaînage*) in volume II, the author narrated his detection, on the nave of Vézelay abbey and during the demolition of Saint Denis, of timber bonds both under the archivolts and at the springline of the vaults. Iron hooks were attached to the latter as anchors for the temporary construction braces.

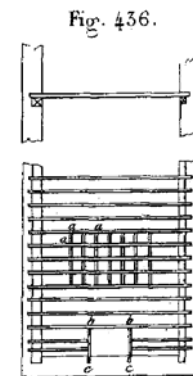


Fig. 11. Planta y sección de forjado sobre durmientes en el manual de Valdés. Plan and cross-section of timber floor by Valdés (25).

He also mentioned the existence of the wooden rings on Coucy Castle (see Figure 10) and the gradual replacement of timber with iron, such as at Sainte Chapelle, where he reported that metal cramps were embedded into lead-lined grooves in the wall, a practice later followed at Strasbourg, Carcassonne, Narbonne and Rouen Cathedrals.

In 1870, Valdés explained in his manual on engineering and architecture (25) that in timber frames and floors, to protect beams from moisture and afford more stable settling, they were rested on floor slabs or chain bonds that ran along the walls, leaving a layer of air around the restrained end. This further solution using timber involved just two parallel lines designed solely to distribute loads, not as a bracing ring (see Figure 11).

The same volume contained another related term, cincho, in the following context: “the thrust of a dome can be absorbed with iron cinchos (=hoops)”.

The least advanced approaches were still in place in the late nineteenth century, however, for Rebolledo, Portuondo and Adeline regarded mere linear thickening of the masonry itself as chain bonding.

In his treatise on general construction published in 1875, Rebolledo defined chain bonding as the use of ashlar to vertically strengthen rubble walls, deeming horizontal bonds to be mere collars or bands (or lacing courses if made of brick) that prevented differential façade settling.

B empotrados en los muros, C sobre carreras d empotradas en las paredes, o D con estas últimas no embebidas y sostenidas sobre canecillos. Se trata de elementos simples de reparto lineal, que en algunos casos ni siquiera se disponen (fig. 13).

Sólo dos años después Portuondo describe, en la primera de sus *Lecciones de arquitectura* (27), cómo en todas las épocas se ha considerado conveniente reforzar los muros con hiladas salientes horizontales y verticales, que también denomina cadenas.

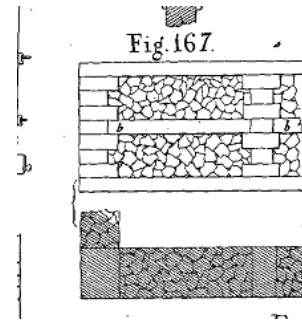


Fig. 12. Refuerzos de fábrica en muros representados por Rebolledo. Reinforced masonry by Rebolledo (26).

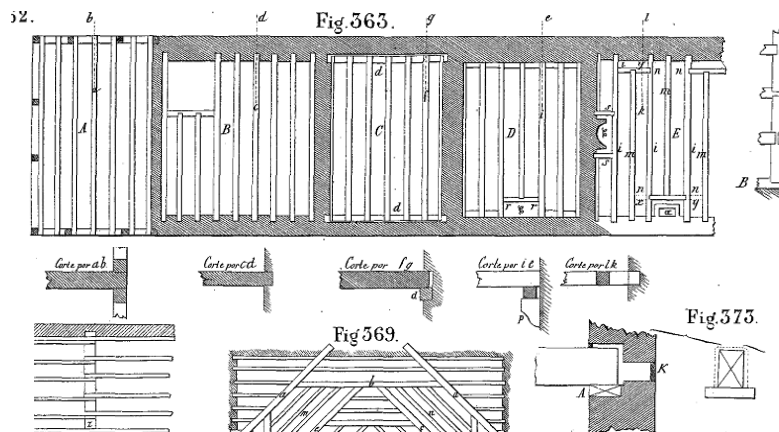


Fig. 13. Rebolledo. Apoyo de entramados sobre durmientes ventilados en fachada. Joists fixed against the walls (26)

Y en 1887 será Adeline quien recoja el vocablo cadena, sólo en su acepción de machón vertical, en su diccionario ilustrado *Vocabulario de términos de arte* (28). Cincho será para él la moldura a modo de faja o plinto corrido que acusa exteriormente las líneas de los pisos de un edificio.

En el manual de 1891 *Architecture et constructions civiles* de Denfer (29) se incluye un capítulo entero sobre encadenados, en el que se describe cómo deben disponerse barras planas longitudinalmente atravesando todos los muros en cada planta a la altura del forjado: en una roza si es sillería, embebido en el mortero de la fábrica, o incluso en una de las hojas en las zonas donde haya chimeneas. Para las uniones de estas pletinas cita el *Art de bâtir* de Rondelet (fig. 14).

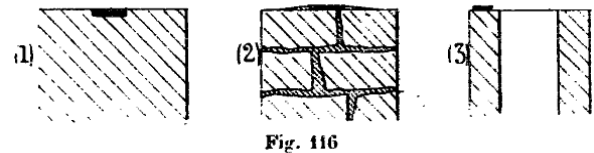


Fig. 14. Detalle de ubicación de cadenas en los muros según Denfer. Longitudinally position of flat bars along all the walls according to Denfer (14).

In the same manual he provided a number of drawings of the joists in timber flooring framework: B) fixed against the walls, C) on girders fixed against the walls at both ends and D) on girders simply supported by brackets. These members were simply linear load distributors, however, and were not always present (see Figure 13).

También en *La Histoire de l'Architecture* de Choisy de 1899 (30) se alude en numerosas ocasiones al encadenado mediante durmientes embebidos en los muros.

Just two years later, Portuondo, in the first of his architectural lessons (27), noted that in all ages builders had strengthened walls with horizontally and vertically projecting masonry, which he called chain bonds.

Los muros bizantinos se distinguen de los de la arquitectura occidental por una particularidad cuyo origen nos lleva a las edades más antiguas de la arquitectura: la mayoría presentan carreras y llaves de madera incorporadas en su sección, como los muros micénicos.

En otro apartado de la misma obra se indica que esta costumbre conservada por los bizantinos se remonta a la época romana, con las carreras embebidas en el cuerpo de la fábrica formando una especie de encadenados longitudinales, aunque su duración era desafortunadamente la de la propia madera.

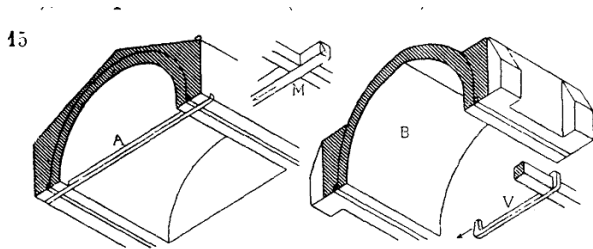


Fig. 15. Detalles de Choisy similares a los de Viollet con carreras embebidas en arranque de bóvedas y ganchos para atirantado temporal durante la construcción. Choisy's details similar to Viollet's ones of temporary tighten (30).

En la figura 15 junto a estas líneas representa cómo las carreras embebidas a la altura de los riñones reciben el empuje que ejerce la bóveda de cañón en toda su longitud y permiten combatirlo mediante contrafuertes B o bien tirantes A.

En su capítulo de fortificaciones destaca el párrafo siguiente:

“Generalmente las construcciones militares se encadenan por medio de carreras de madera. Las murallas de Coucy conservan la huella de estas piezas (...) servían para repartir el efecto de los impactos”. La descripción del encadenado de los muros del castillo citado mediante longrines noyéés de 20 cm x 30 cm de escuadría ya había aparecido en 1875 en el libro de Viollet-le-Duc *Description du chateau de Coucy* (31), por lo que consideramos muy probable que Choisy reprodujese sin más las ideas de su contemporáneo, coincidiendo con la hipótesis expuesta en 1999 por Kenneth Frampton en *Estudios sobre cultura tectónica*.

Adeline's 1887 illustrated dictionary of art terms (28), in turn, defined chain bond to mean a vertical buttress. For this author, *cincho* was a collar- or plinth-like moulding on a building façade that highlighted the divisions between storeys

In 1891, Denfer published a manual on civil architecture and construction (29) that included a whole chapter on chain bonds, in which he explained that flat bars should be positioned longitudinally along all the walls on each storey at floor level, in a groove in ashlar stone walls, embedded in masonry mortar or in chimneys, attached to one of the two wythes. He referred the reader to Rondelet's *Art de bâtir* for the way to connect these bars to one another (see Figure 14).

In 1899, Choisy's *La Histoire de l'architecture* (30) also alluded on many occasions to chain bonding consisting of embedding sleepers in walls. He noted that a trait that distinguished Byzantine walls from western architectural enclosures was that most, like Mycenaean walls, had timber girders with tenons and mortises, an arrangement that dates back to the very earliest human civilisations.

In another section of this treatise he contended that while conserved by the Byzantines, this tradition had its roots in Rome, where timbers were embedded in the body of the masonry to form a sort of longitudinal chain bond, which unfortunately only lasted as long as the wood itself.

The figure 15 on the left shows that the girders embedded at haunch level received the thrust from the barrel vault along their entire length, transferring it to the buttresses (as in B) or ties (as in A).

The chapter on fortresses contained the following assertion:

“As a rule, military constructions are bonded with timber girders. The imprint of these members is visible in the walls at Coucy ... (which) served to distribute the effect of impacts”. Since the chain bonding (embedded girders with a 20x30-cm cross-section) in the walls of the aforementioned castle had been described by Viollet-le-Duc in 1875 in his book entitled *Description du chateau de Coucy* (31), here Choisy may have been simply echoing his contemporary's ideas, according to a hypothesis put forward by Frampton in 1999 in a paper on tectonic culture.

En 1898 aparece un apartado sobre trabazón y atirantado de paredes en el *Tratado de construcción civil* de Ger y Lóbez (32) en el que indica que la trabazón de materiales no es bastante muchas veces y se establecen encadenamientos de hierro que enlazan unas paredes con otras y las partes de una pared con las inmediatas. Los encadenamientos se hacen con barras planas (...) tendidas en el centro de las paredes al enrasar cada piso, cuyas barras están atravesadas de trecho en trecho por otras cuadradas verticales llamadas llaves.

Estos encadenamientos aparecen representados en las ilustraciones como tramos sueltos, en las esquinas y los puntos de acometida de tabiques perpendiculares, pero no como elementos continuos en toda la longitud de las fachadas.

En el artículo IV se aborda también el tema obras de reparación y reforma de edificios, explicando actuaciones de recalzo y frente a desplomes. Se describe la manera de consolidar bóvedas vaídas con grietas verticales mediante cinchos de hierro forjado colocados horizontalmente por el trasdós "a la altura de los puntos de fractura en caliente" o, si la bóveda es grande, con cuñas y relleno de mortero.

Al describir los pisos de madera en su tratado *Carpintería de armar*, también en 1899, Gaztelu (33) menciona las carreras (*lambourde*) que sirven de apoyo a las viguetas, indicando que es una mala práctica empotrarlas en el muro, ya que se pudren, por lo que no deben soportar el peso de la fábrica superior. Dedicó varias páginas al encadenado, que tiene por objeto ligar y mantener reunidos entre sí, por medio de cadenas horizontales fijadas por sus extremos, materiales diversos, muros, pisos, etc., impidiendo su separación. Indica que si el edificio es aislado se encadenan las fachadas de frente y laterales, pero si es de importancia se emplean tirantes en diagonal sobre los entramados de los pisos. Recomienda emplear barras planas y describe varios tipos de empalme para los eslabones, con ganchos y anillos, de charnela o en tablón, con clavija, perno o doble cuña, que representa gráficamente. La cadena se coloca en una acanaladura abierta en el sobrelecho de una hilada, que luego se rellena con plomo fundido.

Se intuye en este texto el concepto del atado como sistema completo, con conexión de fachadas frontal y laterales, y atirantado incluso en diagonal.

In 1898, Ger y Lóbez (32) published a treatise on civil construction noting, in the chapter on bonding and tying walls, that in light of the frequent insufficiency of the bonds between materials, iron bonds should be used to tie whole walls and adjacent parts of walls to one another. These flat bars, laid in the centre of the walls at the top of each storey, were to have holes at given intervals through which other vertical square section bars called keys were run.

In the illustrations, these chain bonds were shown as separate elements placed at the corners and the abutments with perpendicular partition walls, but not as continuous elements all along the façades.

Article IV of this text addressed the issue of building repair and reform, describing underpinning and other action taken to prevent collapse. It specified how to consolidate vertically cracked sail vaults with cast iron hoops positioned horizontally on the extrados "at the breaking points" or, in large vaults, with wedges and mortar fill.

In his description of wood floors in a treatise on reinforcing joinery published in 1899, Gaztelu (33) noted that fixing girders (*lambourde*) that supported joists to the wall constituted malpractice, for they would rot and be unable to support the weight of the masonry above. He devoted several pages to chain bonding, whose purpose he understood to be joining sundry materials, walls and floors and keeping them from separating by attaching them to both ends of chain-like structures. He noted that in stand-alone buildings, the front and side façades should be chain bonded, but in large structures, diagonal braces should be positioned in the floor framework. He recommended the use of flat bars and described and illustrated several fastening methods: hinged or straight, and with hooks, rings, dowels, bolts or double wedges. The resulting assembly was positioned in a groove in the underside of a course of masonry, which was subsequently filled with molten lead.

The inference drawn from this text is that tying was envisaged as an integral system, connecting front and side façades or even involving diagonal tensioning.

Siglo XX

En 1900 Rovira y Rabassa (34) describe la evolución de los encadenados a través de la historia, en una nota desarrollada a pie de página, dentro del capítulo séptimo sobre empalmes de su obra *El hierro sus cortes y enlaces*. Explica cómo griegos y romanos enlazaban las distintas hiladas de sus sillares por medio de espigas de hierro, bronce o madera, y los sillares que pertenecían a una misma hilada mediante grapas en cola de milano. Indica que en la Edad Media hacían los encadenados con maderos embebidos longitudinalmente en el grueso de las paredes a la altura de los pisos, de los arranques de bóvedas y por encima de las coronaciones superiores, hasta el siglo XII, en que se cambia al hierro. En la misma nota expone cómo en principio se formaban los encadenados con grapas a modo de eslabones y, más tarde, mediante barras planas ensambladas en sus extremidades, incorporadas a lo largo de los muros y por encima de las bóvedas.

Kingsley Porter, en *The construction of Lombard and gothic vaults* (35), menciona en 1911 la inclusión de encadenados de madera al modo bizantino, indicando que su desintegración no causaba ruina en las iglesias lombardas por ocupar poca sección de los muros. Explica como ventaja que estas piezas prevenían la fisuración de la fábrica durante el fraguado del mortero, aunque puntualiza que el profesor Fernand de Dartein ya “había demostrado los efectos desastrosos que se podían llegar a producir”.

Ward cita a Porter en 1915 en *Mediaeval church vaulting* (36) y afirma que en San Ambrosio de Milán hay encadenados de madera embutidos en la fábrica.

Se emplea por fin en 1927 la palabra *zunchados*, en el *Tratado práctico de edificación* de Barberot (37), pero sólo para expresar cómo los tablonos de un andamio provisional van unidos en sus extremos. Sobre el atado de las fachadas incluye un apartado completo relativo a encadenados dentro del capítulo de construcciones metálicas. En el mismo explica cómo deben hacerse solidarias, mediante su encadenado, unas partes del edificio con otras para que si una parte estuviese mal cimentada la sostengan las demás. Indica que en todo tiempo se ha hecho uso del encadenado, por ejemplo la alternancia de troncos con piedras en las construcciones primitivas, las grapas y piezas largas de madera ocultas en las fábricas antiguas o los encadenados compuestos de elementos pequeños o corchetes enlazados (fig. 16).



Fig. 16. Detalle de eslabones en cadena según Barberot. Chain bond consisting of small components according to Barberot (37)

Twentieth century

In 1900 Rovira y Rabassa (34) described the evolution of chain bonds across the ages in a footnote to the seventh chapter (on joining the components) of his book on cutting and joining iron. He discussed the Greek and Roman practice of tying adjacent courses of ashlar with iron, bronze or wooden pins, and ashlar in the same course with dovetail cramps. He also explained that in the Middle Ages chain bonds, which were embedded longitudinally in the walls at floor level, under the vault springlines and over the crown, were made of timber until the twelfth century, when wood was replaced by iron. Lastly, in the same note he wrote that these chain bonds were formed by connecting a series of cramps, like links in a chain, and later flat bars from end to end, which were positioned along walls and over top of vaults.

In 1911, Kingsley Porter, in *The Construction of Lombard and Gothic Vaults* (35), discussed the use of Byzantine-like timber bonds, noting that their disintegration did not induce the destruction of Lombardi churches because they occupied only a small section of the walls. He explained that these elements prevented cracking during mortar setting, although he added that de Dartein had shown the disastrous effects that they could cause.

Citing Porter in his 1915 *Mediaeval Church Vaulting* (36), Ward asserted that timber bonds had been built into the masonry at Sant’Ambrogio Basilica in Milan.

Finally in 1927, the word *zunchados* appeared in Barberot’s (37) practical treatise on building, but only to mean the method of binding the ends of scaffolding planks. The chapter on steel construction contained a whole section on chain bonding. There the author specified that the various parts of a building should be bonded to ensure they would react jointly to stress. If the foundations failed under one part, for instance, it would be held up by the rest. He noted that chain bonding had been used throughout history, such as in the application

En 1935 la Sociedad francesa de arqueología (38) edita un documento que recoge los temas tratados en su 97º Congreso e incluye el artículo de Paquet titulado *Technique de la restauration des monuments historiques*. Se trata de una ponencia en la que se analiza las numerosas intervenciones realizadas durante los cien años transcurridos desde la creación del Servicio de monumentos históricos y la evolución de los criterios aplicados en ese tiempo. Paquet describe la consolidación de fábricas fisuradas encastrando en ellas pórticos de cemento armado que no alteran el aspecto exterior de los muros, como en las catedrales de Arras y de Laon, y la colocación de cinchos de atado (ceintures), por ejemplo en la base del chapitel del campanario de Lampaul-Guimiliau donde sirve a la vez de canalón. Describe, entre otros aspectos relevantes, la sustitución de encadenados de madera embebidos en las fábricas, y consumidos por el tiempo, por piezas de hierro.

Conclusiones

Desde el origen de los tiempos se ha considerado oportuno dotar a los muros de fábrica de complementos que mejorasen su comportamiento estructural. La versión más simple del refuerzo que podemos encontrar es el simple incremento de espesor de una o varias hiladas de piedra o ladrillo con el mismo material, formando una especie de faja o cincho a la altura de los forjados y en el borde superior. También se recurre tempranamente en la Historia de la arquitectura al cosido de sillares entre sí mediante grapas o lañas. Una manera de reforzar los muros de fábrica más avanzada consistía en incorporar durmientes de madera adosados a los muros, o bien embebidos en éstos. La evolución de estas piezas lineales condujo al empleo de ganchos de hierro enlazados a modo de eslabones de una cadena. Esta voz, con su derivada encadenado, se convierte en la denominación más habitual, y prácticamente la única durante siglos, de un sistema de atado estructural.

Encontramos entre los atados descritos sistemas muy simples, tanto de piezas de reparto en paralelo a muros sin atirantar, como de tirantes sin elementos transversales a ellos. Destaca un caso bien documentado entre los tratados publicados en España, ya en el siglo XVIII, que supone un esquema completo bidimensional tanto con anillo perimetral como con atirantado interior, aunque se trata en realidad de la traducción de una obra de origen austriaco, *Elementos de arquitectura civil* de Rieger.

of alternating timber and stone in primitive constructions, the cramps and long timbers concealed in ancient masonry or the small elements or linked brackets found in contemporary structures.

In 1935 the French Archaeology Society (38) published the proceedings of its 97th Congress, which included an article by Paquet entitled “Technique de la restauration des monuments historiques”. This paper analysed the many interventions that had been performed in the one hundred years lapsing since the creation of the Historic Monument Service and the evolution of the criteria applied in that time. Paquet described the consolidation of cracked masonry by encastering reinforced cement portal frames in the walls in Arras and Laon Cathedrals, which did not change their appearance, and the uses of hoop ties (ceintures), such as in the base of the spire on the Lampaul-Guimiliau bell tower, which also served as a gutter. He also discussed the use of iron elements to replace the timber bonds embedded in the masonry that had worn away over the ages, among other pertinent matters.

Conclusions

From the beginning of time, masonry walls have been reinforced to improve their structural performance. The simplest form of strengthening consists of merely laying one or two courses of stone or brick with thicker masonry, forming a sort of collar or cincho at floor level and around the top. Also early on in the history of architecture, cramps were used to bond ashlar stones to one another. One more advanced way to strengthen masonry walls consisted of positioning timber sleepers on or embedding them into the walls. The evolution of these linear elements led to the use of iron hooks assembled like links in a chain. The word encadenado, derived from the Spanish for chain, cadena, became standard usage and was in fact nearly the only term used for centuries to refer to structural tying.

The types of bonding described here include very simple systems, such as load distribution members parallel to unbraced walls, or braces with no perpendicular members. One particularly well documented case was found in an eighteenth-century Spanish translation of Rieger's book, originally published in Austria, on the elements of civil architecture, which depicted a full two-dimensional system comprising both a perimetric ring and interior bracing.

En el artículo se han recogido alusiones a sistemas de atado de muros de fábrica que, como se ha indicado, podemos considerar embrión de las actuales técnicas de zunchado. Para conservar el rigor de la investigación histórica se articula esta recopilación de datos de forma estrictamente cronológica, aunque los tipos de solución se entremezclan prácticamente en todas las épocas. También los materiales, aunque podrían jerarquizarse evolutivamente desde el simple engrosado de la piedra, pasando por las carreras de madera hasta las piezas metálicas (lañas, ganchos y pletinas), en realidad se alternan indiscriminadamente, en todas las épocas, hasta la llegada y preponderancia del zuncho de hormigón armado.

Se rastrea también el origen etimológico del término zuncho y de su utilización. Aunque la palabra zuncho y sus derivadas se encuentran ampliamente difundidas hoy en España, especialmente en temas de restauración y refuerzo de edificaciones, su uso en la historia se restringió a ambientes náuticos y atados metálicos hasta mediados del siglo XX, empleándose tradicionalmente en construcción para designar este concepto, según se ha referido en párrafos anteriores, el término encadenado. Si bien es probable que desde el punto de vista lingüístico la voz zuncho y su derivada zunchado se transmitiesen como marinerismos en los viajes a ultramar, ya en el siglo XVI, debemos puntualizar que las soluciones empleadas entonces en edificación no están relacionadas del mismo modo con las empleadas en la construcción naval.

Referencias

1. Paricio, I. Vocabulario de arquitectura y construcción. Ed. Bisagra. Barcelona, 1999.
2. Camino, M.S. et Al. Diccionario de arquitectura y construcción. Ed. Munilla-Lería. Madrid, 2001.
3. Antuña, J. Léxico de la construcción. Ed. IETCC (CSIC) e Instituto Juan de Herrera. Madrid, 2009.
4. Mariátegui, E. Glosario de algunos antiguos vocablos de Arquitectura y de sus artes auxiliares. Imprenta de Memorial de Ingenieros. Madrid, 1876.
5. Salazar, E. de. Cartas de Eugenio de Salazar, vecino y natural de Madrid, escritas a muy particulares amigos suyos; publicadas por la Sociedad de Bibliófilos españoles. Imprenta y estereotipia de M. Rivadeneyra. Madrid, 1866.

The present article compiles allusions to masonry wall tying systems which, as noted, can be viewed as the precursors of today's reinforced concrete tie beams. The data compiled here are listed in strict chronological order to conserve the precision of historical research, although the various types of solutions were found to exist in nearly all ages. While the materials could also be ranked, from the evolutionary perspective, from simple stone thickening to timber girders to metal elements (cramps, hooks and flat bars), all three approaches were actually used alternatively in all ages, until the advent and preponderance of reinforced concrete tie beams.

The etymology of the term zuncho (tie beam) and its applications are also analysed. Although the word and its derivatives are widely used in Spain today, particularly in building restoration and strengthening, until the mid-twentieth century they were confined to nautical contexts and metal bonding, while in construction the concept was traditionally referred to as chain bonding. While linguistically speaking, the word zuncho and its derivative zunchado (tied) had in all likelihood been borrowed from nautical jargon as early as the sixteenth century, the solutions used in building at the time were unrelated to contemporary shipbuilding techniques.

6. Briceño, J. M. América latina en el mundo. Editorial Arte. Caracas, Venezuela 1966. Accesible en sitio web proyecto Íconos de la Universidad de los Andes.
7. Vallarino, B. Arte de aparejar y maniobras de los buques. Imprenta de José Félix Palacios. Madrid, 1842.
8. Corominas, J. "Indianoromanica". Revista de Filología Hispánica VI, pp 156-157. Universidad de Buenos Aires, 1944.
9. Serlio, S. Tercero y cuarto libro de arquitectura de Sebastia Serlio Boloñés. Casa de Iván de Ayala. Toledo, 1552.
10. L'Orme, P. de. Oeuvres de Philibert de l'Orme. Architecture. Chez Regnavld Chavdiere. París, 1626.

11. Alberti, L. B. Los diez libros de Architectura de Leon Baptista Alberto. Traducidos del Latin en Romance [por Francisco Loçano]. Casa de Alfonso Gómez. Madrid, 1582.
12. San Nicolás, F. L. de. Arte y uso de arquitectura. [SI]: [Sn], 1639
13. Perrault, C. Compendio de los Diez libros de arquitectura de Vitruvio. Imprenta de D. Gabriel Ramírez. Madrid, 1761.
14. Rieger, Ch. Elementos de toda la arquitectura civil. Impreso por Joachin Ibarra. Madrid, 1763.
15. Sotomayor, J. de. Modo de hacer incombustibles los edificios, sin aumentar el coste de construcción. Oficina de Pantaleón Aznar. Madrid, 1776.
16. Vitruvio, M. Los diez libros de Arquitectura. Imprenta Real. Madrid, 1787.
17. Bails, B. Elementos de Matemáticas. Tom. IX. Parte I. Que trata de la Arquitectura civil. Imprenta de la viuda de Ibarra. Madrid, 1796.
18. Palladio, A. Los cuatro libros de Arquitectura. Imprenta Real. Madrid, 1797.
19. Bails, B. Diccionario de Arquitectura civil. Imprenta de la viuda de Ibarra. Madrid, 1802.
20. Eck, C. L. G.,. Traité de l'application du fer, de la fonte et de la tôle dans les constructions civiles, etc. Carilian-Goeury et Vor. Dalmont. París, 1841.
21. Millington, J. Elementos de arquitectura, escritos en inglés por John Millington. Traducidos al castellano y aumentados con notas y apéndices por el mariscal de campo D. Mariano Carrillo de Albornoz, Director Subinspector del arma de Ingenieros en la Isla de Cuba. Tomo I. Imprenta Nacional. Madrid, 1848.
22. Espinosa, P. C. Manual de construcciones de albañilería. Imprenta a cargo de Severiano Baz. Madrid, 1859.
23. Baudot, A. de. Eglises de bourgs et villages. A. Morel, Libraire-Editeur. París, 1867.
24. Viollet-le-Duc, E. Dictionnaire Raisoné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle. A. Morel Editeur. París, 1867.
25. Valdés, N. Manual del ingeniero y arquitecto. Imprenta de Gabriel Alhambra. Madrid, 1870.
26. Rebolledo, J. Construcción general. Imprenta y fundición de J. Antonio García. Madrid, 1875.
27. Portuondo, B. Lecciones de arquitectura, explicadas por el profesor de la academia de ingenieros comandante del cuerpo D. Bernardo Portuondo y Barceló. Imprenta del memorial de Ingenieros. Madrid, 1877.
28. Adeline, J. Vocabulario de términos de Arte, escrito en francés por J. Adeline. Traducido y aumentado con más de 600 voces y anotado por José Ramón Mérida. Obra publicada por la empresa de La Ilustración Española y Americana. Madrid, 1887.
29. Denfer, D. Architecture & constructions civiles. Charpenterie métallique 1. Gauthier-Villars et Fils. París, 1891-97
30. Choisy, A. Histoire de l'Architecture. Tome II. Gauthier-Villars. París, 1899.
31. Viollet le Duc, E. Description du château de Coucy. Vve A Morel. París, 1875.
32. Gaztelu, L. Pequeña Enciclopedia práctica de construcción publicada bajo la dirección de L.-A. Barré. Nº4. Carpintería de armar. Traducido y anotado por D. Luis Gaztelu. Librería editorial de Bailly-Bailliere e hijos. Madrid, 1899.
33. Ger y Lóbez, F. Tratado de construcción civil. Imprenta de Minerva Extremeña. Badajoz, 1898.
34. Rovira y Rabassa, A. El hierro sus cortes y enlaces. Librería de Ribó y Marín. Barcelona, 1900.
35. Kingsley Porter, A. The construction of Lombard and gothic vaults. Yale University Press. New Haven, 1911.
36. Ward. Mediaeval church vaulting. Princeton University Press. Princeton, 1915.
37. Barberot, E. Tratado práctico de Edificación por E. Barberot. Traducido de la 5ª edición francesa por Lino Álvarez Valdés. Gustavo Gili Editor. Barcelona, 1927.
38. Paquet, M.P. Technique de la restauration des monuments historiques. Société française d'archéologie. 97e Congrès archéologique de France tenue a Paris en 1934. A. Picard, Librairie. París, 1936.