

SEVILLA

IDA

**IDA: ADVANCED  
DOCTORAL RESEARCH  
IN ARCHITECTURE**

Title Page

Credits

Committees

Scientific Committee

Foreword

Objectives - Format

LT1: Architecture Technologies

LT2: Housing, City and Territory

LT3: Heritage and Rehabilitation

LT4: Analysis and Advanced  
Projects

IDA: Advanced Doctoral Research in Architecture  
Sevilla: Universidad de Sevilla, 2017.

1.408 pp. 21 x 29,7 cm

ISBN: 978-84-16784-99-8

All right reserved. No part of this book may be reproduced stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or any means without prior written permission from the Publisher.

**EDITOR**

Universidad de Sevilla

**COMPILERS**

Antonio Tejedor Cabrera  
Marta Molina Huelva

**DESIGN AND LAYOUT BY**

Pablo Blázquez Jesús  
María Carrascal Pérez  
Daniel Longa García  
Marina López Sánchez  
Francisco Javier Navarro de Pablos  
Gabriel Velasco Blanco

**ADMINISTRATION AND SERVICES STAFF**

Adoración Gavira Iglesias

Seville, november 2017

© 2017. IDA: ADVANCED DOCTORAL RESEARCH IN ARCHITECTURE

# TECHNICAL-TECHNOLOGICAL AND MATERIALS COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN ITALIAN AND SPANISH MEDIEVAL SHIPYARD (THE CASE OF VENICE AND SEVILLE)

Debenedictis, Domenico <sup>(1)</sup>, Robador González, María Dolores <sup>(2)</sup> and Pagliuca, Antonello <sup>(3)</sup>

(1) Università degli Studi della Basilicata, domenico.debenedictis@unibas.it

(2) Universidad de Sevilla, lolarobador@us.es

(3) Università degli Studi della Basilicata, antonello.pagliuca@unibas.it,

**Abstract:** Research on historical dockyards is currently dealt purely from the historical and archaeological point of view, biased to classical examples (Hellenistic *neoria* and Roman *navalia*). The projects are mainly concerned with the analysis of material remains of vessels leaving aside the architectural structures where they actually took shape.

The shipyards experimented their greater typological progress in the Middle Ages, a period in which architecture developed new construction techniques, such as the Gothic style, originally used for cult buildings, were promptly transferred to military structures, as in the case of arsenals in which it was possible to preserve and create more and larger vessels.

These huge monuments, today obsoleted for their original function, are embedded within the fabric of ancient cities with historical harbors and which are involved in recovery and restructuring their urban planning. The research project aims to fulfil a better recording of these structures, from an architectural and engineering point of view, in order to detect the architectonic type, define the traditional construction technics and the employed technologies and identify the used material in relation to the latter; this are indispensable requirements for future recovery interventions of these structures and spaces.

**Palabras Clave:** Shypyard, Built heritage, Typo-technological analysis, Traditional construction, Valorization.

## 1. Actual knowledge level about historic shipyards of Mediterranean Sea

In European historical centers, during the last decades of the 20th and 21st centuries, there has been a growing strong sensitivity to the recovery of monuments for museological uses. Walls, fortresses and castles, after centuries of neglect and deterioration, have undergone rehabilitation and restoration processes to be re-converted into new cultural values for cities. For those cities grown around monasteries or convents, the large spaces formerly belonging to them have been converted rather into exhibition centers and civic museums. To follow these socio-political strategies which give them a new function, not only restores the historical architectural fabric, but provides it a central role within the city core, so as to be able to continue its journey along History.

For coastal or riverside cities and, above all, those with harbor facilities, you must bear in mind naval dockyards. All of these impressive buildings, mostly those from Middle Ages, have survived up to current times, have lost their original function and have seen over the centuries change of use of various kinds. They occupy large areas within the maritime town centers and in most cases, until a few decades ago, used to be forgotten pieces of the city. *“These buildings in the loss of their primary function, often results in a loss of perception of their historical role [...] and requires a re-use to new uses in order to implement the preservation of these ancient urban spaces, themselves full of history and memory”* (COLLETTA, 2008).

Although medieval arsenals conform infrastructures of major influence in the Mediterranean, it has not been addressed the issue for their awareness up to day. The study and knowledge of these places have been performed mostly by historians and archaeologists, who so far have rather analyzed the relationship with the port, the trade routes, their impact on military development, focussing mainly on the activities that actually were held inside the yards: construction of boats and their crew, composition of cordage, sails and anchoring elements, as well as the production of artillery etc. Today we know enough about naval engineering, the art of how they produced boats and the technologies involved, but it is necessary to provide a detailed analysis that relates and compares the shipyards where boats came to life, to establish the architectural typology and to understand the importance of these factory buildings. Structures that not only had to be able to contain several mini-workshops, but also to

preserve and repair all types of vessels. Places where cutting-edge technologies were developed and the foundations for the expansion of new trade routes were laid.

Especially in the Middle Ages and later, with the discovery of the new continent, Europe saw a substantial growth and development of these port infrastructures which allowed several powers, both in military and commercial fields, to be able to extend their borders. We perfectly know that the most efficient transport routes were the sea and the rivers and, considering the absence of communication by rail or by air, in the Middle Ages they had to be the only ones. Therefore, they spent enormous energies to fully know, design and build both vessels more and more advanced and able to reach unexplored lands, and innovative and impressive spaces such as the arsenals in which construct them.

Many experts have been in the topic, although every one researching a specific matter; the bibliography is therefore extensive but rather sectorial, some of which has come together in conferences and workshops. In one of the latter it was issued a document, directed by *Blackman D.J.* and *Lentini Ricoveri M.C.*, entitled *Ricoveri per navi militari nei porti del Mediterraneo antico e medievale*, which contains the proceedings of a workshop held in Ravello in 2005. In this document classic oriental arsenals are related with central-southern and Islamic ones of medieval date, especially from an archaeological perspective, concluding that the architectural point of view is also necessary, so far as attention is taken not only of the planimetric development but also of elevation and three-dimensionality.

However, so far it has not been produced any bibliographic or digital work that takes fully account of the architectural or engineering point of view, and consequently, of typological evolution, constituent structures, materials and therefore, the techniques and technologies implemented.

The started up research work has the objective of relating all the studies so far carried out in this regard, tracing the history of the naval infrastructure in the medieval period, and thus helping extend the topic by focusing on constructive, typological, technological and materials aspects.

The arsenals that today are expected to or have in progress restoration and recovery processes, are mostly Italian and Spanish. It is the case of the famous arsenals of Venice, perhaps the best known in the world, in which international events like the *Biennale* of Art and Architecture are held; the so-called "Republican arsenals" of Pisa, inaugurated last year and home of a multi-functional center; those of Amalfi, where there is a museum for the city; and the Spanish examples of Barcelona and Valencia, both converted to naval and maritime museums. All these structures can be examples for many other scattered arsenals around the Mediterranean basin. As for example, those of Seville, for years in restoration process and that soon should see the beginning of the recovery work for a new cultural center. Precisely this site may represent an opportunity to observe the transformation from an abandoned building to new pole of attraction for citizens and tourists. A factory place in which we can analyze the primitive structure still standing, the additions and changes performed along almost eight centuries and verify the current status of materials degradation. A factory model from which to start a comparative analysis, both with dockyards that have been recovered already and those which still remain in a state of abandonment.

## **2. Towards a new tool for the classification of shipyards**

To launch a recovery process of these majestic architectures we should perform previously an accurate research aiming at the revalorisation of emblematic places, strategic nodes from which to start a redevelopment domino effect on the environment that surrounds them, and on a more urban scale.

For the documentation of these artifacts they come into play diverse approaches parallel to each other. In the first place it should be emphasized the close relationship of these structures with the water element and, therefore, is of key importance the hydrogeological aspect of the place on which they arise. Secondly, the complex formal and functional changes that have occurred over the centuries have led to complex and interesting overlays that, with the help of archeology of architecture, it is essential to outline and understand. Finally, the construction techniques and the use of materials, both of the primitive structures of the arsenals and those added later as a result of mutations, represent the mere architectural and engineering aspect of the arsenals.

These essential researching and learning phases are a delicate moment, as they embrace many topics that can't be treated separately, but instead there is a need to make them talk and seek the connection points to fully understand the meaning and importance of these architectures.

The purpose of the research, therefore, is to create an analytical document about evolution and consolidation of the shipbuilding architectural type, based on the comparative analysis of the biggest medieval arsenals of the Mediterranean area, in order to provide knowledge for their conservation and recovery.

The research intends to approach three scales of successive analyzes, in an increasing level of detail: individuation of the architectural type derived from the analysis of the formal characteristics and the functional analogies of different emblematic medieval shipyards of the Mediterranean sea; definition of the traditional construction techniques and the technologies used to realize large-scale buildings and finally to identify the materials used with respect to those.

The choice of the Mediterranean area is due to the fact that, from a Eurocentric perspective, it comprised the majority of the world that was known, a scenario that was constantly changing and disputed by the peoples who inhabited it. People who moved both by land and by sea. The Mediterranean coasts were connected to each other by ports seated along the entire perimeter of the basin. In many of them not only docked ships, but there were factory buildings where boats took shape or were simply kept or repaired. Undoubtedly the port cities with a shipyard represented the great political and economic centers of the time, focus of power and wealth, of opportunities and conflicts.

The examined arsenals for comparative analysis are provided with three study areas: the first of a general nature involves the inventory / census and mapping of historic naval yards belonging to the Mediterranean area (divided in turn into classics - before the fifth century - medieval - from the fifth century to 1492 - and modern - since 1492 until 1789-).

The second area limits the field to the medieval shipyards between the Italian and Iberian peninsulas, territories in which coexisted dynamic societies and different cultures that contributed a relevant social and technological advance, territories that look out to the Mediterranean and that dominated to a large extent. We chose these because of their stabilized type, that although repeats that of the classics, it is nevertheless perfecting until becoming the most complete and evolved thanks to the gothic techniques.

Therefore, the medieval shipyards under study for the second area, selected in the Mediterranean area currently belonging to Italy and Spain, are the following six:

- The Italian of Amalfi (south), Pisa (center) and Venecia (north)
- The Spanish of Seville(south), Valencia (center) and Barcelona (north)

The third area, the most detailed and ambitious, considers only the investigation of two of these six naval shipyards: the arsenal of Venice and the atarazanas of Seville. They are contemporary shipyards, born by the hands of two populations with peculiar cultures and with different purposes. The Venetian world is projected first in the Adriatic Sea, expanding successively throughout the eastern basin of the Mediterranean and almost dominating it, influencing the occupied territories and leaving traces of its passage, such as the different shipyards of Greece (Gouvia) or Croatia (Hvar and Zara) built by Venetian artisans. On the other hand, Seville at the beginning of the Middle Ages participates and is projected, impregnated with its Islamic influence, to the Mediterranean world but with the passage of time it also extends towards the Atlantic Ocean.

This is the reason for the election of these two cities. Flagship centers that have played a key role in the history of the Mediterranean, two cities whose shipyards represented their power and reason for being.



**Fig. 1** Complete complex of the Venice Arsenal (Google Earth 1500m altitude - September 2017)

**Fig. 2** Old dock of Venice Arsenal, about 1200 (Google Earth 500m altitude - September 2017)

**Fig. 3** Originally complex of the Atarazanas of Seville, 1252 (Google Earth 1500m altitude - September 2017)

**Fig. 4** The seven remaining ailes in Seville (Google Earth 500m altitude - September 2017)

The arsenal of Venice nowadays constitutes an authentic neighborhood of the city, located in the eastern zone, although it has been growing in several successive phases. The oldest part is represented by the *Arsenale Vecchio* (Old Arsenal), which from the beginning was placed around a dock in the Adriatic Sea. Currently, there are still activities related to the manufacture of boats, although only partially; the other spaces, after a long period of neglect and deterioration, are increasingly recovered or in the recovery phase. It is a place in perpetual updating that does not accept defeat, neither temporal nor cultural nor technological.

The shipyards of Seville, of which now only seven ailes remain, are at a crucial moment. After years of neglect they have recently seen consolidation work and previous studies for their restoration and recovery, which, however, are still waiting. The whole complex was constituted by seventeen orthogonal ailes to the waters of the river *Guadalquivir* that in their origin rubbed them. After the cessation of the main function several have been the uses and the changes undergone, some ailes have been transformed and others, unfortunately, have been demolished in the last century. Luckily, there remains a legacy that helps us to explore its history and imagine its splendor.

With the analysis of all these buildings are intended to achieve the following objectives:

- 1. Describe and review the historical evolution of the typology of the classic and medieval shipyards, analyzing the current state of conservation of the main sites (ruin, abandonment, use, reuse), and define the stratigraphies of the construction units to trace their history .
- 2. Determine the strategic choice of the site, in which it was decided to install an industrial establishment with huge dimensions, in relation to urban settlement, and analyze the current urban relationship of the coast (transformation from industrial port to river park or promenade).
- 3. To verify if there is a formal difference between river and maritime shipyards and how the hydrological factors, river, sea or natural basin influence the architectural morphology of these constructions, taking into account even the dimensional characterization in relation to the boats that in them were built.
- 4. To establish a classification of the shipyards according to their typology and constructive technology, characterizing the traditional construction techniques and the peculiar and advanced technological systems used at the time. In addition, identify the formal and functional changes suffered over time.
- 5. Evaluate the limits imposed by a river or maritime environment in the choice of materials, define them and analyze their aging process and / or deterioration.

### 3. Methodology of the comparative typological and functional analysis of the medieval arsenals

The research work has been divided into phases of analysis, direct and indirect knowledge and development of guidelines. We intend to analyze each shipyard through the approach in the following tasks:

- Task 1: perform a photogrammetric survey and draw constructive details and three-dimensional models to define construction techniques.
- Task 2: draw up identification cards indicating the construction period, the type of program, whether warlike or commercial, the morphology of the territory in which they are located, whether by sea or river port, the effective volumetries compared to the entire surface area that occupied with respect to the urban nucleus, the structure system, etc.
- Task 3: characterize the materials and analyze the chemical-physical characteristics (this task, in principle, is intended for the Atarazanas de Sevilla and where possible). The scientific study of material characterization will be carried out in the *Consejo Superior de Investigación Científicas, CSIC*.
- Task 4: investigate the urban dynamics that lead to the valorization and study of the strategies applied until now and identify the ideal ones for the architectural recovery.

The goal of this research is to put all together the historical, archaeological, engineering, architectural and urban aspects which intervened in the creation of artifacts that have played a pivotal role in the socio-political and economic development of a society, a role they can recover even if it has been lost.

#### 3.1. First step

In the first phase, under development, the objective is to examine in parallel some of the largest shipyards, for example those of Amalfi, Pisa, Genoa and Venice (Italian), and those of Seville, Valencia, Barcelona and Malaga (Spain), including of the Eastern slope, like the Croats of Zara and Hvar and the turks of Alanya.

A first classification has been performed according to the period of construction, the kind of program intended, if military or commercial, the morphology of the territory in which they are located, whether maritime or inland port, the real volume of the premises compared to the entire surface they occupied with respect to the urban core, the structural system, etc.

Depending on whether the city is located along a waterway or directly on the Mediterranean coast, the arsenals can be divided into:

- **Maritime**, such as Barcelona (Fig. 6) on the Balearic Sea and Amalfi (Fig. 5) on the Tyrrhenian Sea.
- **Fluvial**, and of course it is navigable rivers, is the case of Pisa (Fig. 7) over the Arno River and Seville (Fig. 8) along the Guadalquivir;

The choice of location is also the determining factor in the choice of materials and construction techniques to be used for the construction of the structure of the arsenals. It implies, in fact, available raw materials in the surrounding areas, prosperous parts of clay for the production of bricks or natural stone materials with high structural features, that permit the construction of high quality masonry.

Otra subdivisión se ha hecho en función de la ubicación con respecto al núcleo urbano, de hecho, edificados fuera del recinto amurallado, los astilleros ocupan grandes superficies y según su desarrollo pueden repartirse en:

Another subdivision has been made depending on the location with respect to the urban nucleus, in fact, built up outside of the wall fence in respect to the core of the city, the arsenals occupy large surfaces, and depending on their development can be so distinguished:

- Arsenals **perpendicular to the coastline**, divided in their turn into:
  - Built on the *arenile*
  - Built in contact with water
- Arsenals on **wet dock** (natural or artificial)

The first group is defined by those arsenals whose aisles see their longitudinal direction perpendicular to the coastline, or inland waterway or sea (as in the case of Seville and Barcelona, respectively). It is a setting that allow entry and exit of boats taking advantage of the natural slope of the coast. Usually, the ships did not require major maintenance works were standing near the shore and still maintained direct contact with yards, without entering into them. In other cases, the waters lick directly the arsenals structure allowing easy and comfortable maneuvering to boats, eliminating the huge effort to tow the hulls in the transition zone between water and yard. The arsenal of Amalfi according to some

hypotheses intended to have three aisles which stretched toward the coast with the facade in direct contact with the water (GARGANO, 2010), unfortunately has not survived the entire structure, but only the back part. This configuration, however, is still noticeable in the arsenals of Alanya in Turkey, where it is evident penetration in the water of the foundations on which rest the facade arches and the direct contact between the aisles with the sea (JOHNS, 2010).

The arsenals belonging to the second group, on the contrary, elude direct contact with the coast for defensive reasons. In Pisa or Venice, in fact, the shipyards are real productive neighborhoods that possess their own wall fence (GARZELLA, 1987). Wide arches, are the doors through the ships pass without masts, accessing a large pool of water, called dock, around the naves are developed. The docks can arise out of natural bays, where there were primitive ports, or presenting engineering works in order to own shipbuilding facilities more and more advanced and sophisticated.

The classification, however, is detailed in order to analyze the technological systems used for the realization of the internal spaces of the shipyards. The typical technological system of arsenals, according to studies carried out so far, is mainly constituted by a structures that ensures a vertical development, formed by walls marked by arched openings, on which rests a cover system (unique ceiling), generally a double pitch, which can be formed by beams wooden or stone vaulted structures. The essential elements of those structures are basically: piers, flowing directly from foundations, arcs of connection, different depending on the development in the longitudinal and transverse direction; on the arches there is the the roof pitches, more or less sloping.

Regardless of the geographical context, from building materials and the traditional building techniques, in the Mediterranean basin the naval arsenals (built in the Middle Ages) repeat a similar typological scheme. Buildings from purely industrial character, the arsenals are presented free of decorative elements indeed they are characterized by their clear and simple structure that defines impressive spatiality such those of monumental majestic places of contemporary worship.

**Tabla 1.** Technological, construction and materials classification of the Amalfi, Barcelona, Pisa y Seville arsenals

|                          |                   | AMALFI  | BARCELONA  | PISA   | SEVILLE   |
|--------------------------|-------------------|---|--|--|---|
| <b>Geometric Data</b>    | Pier              | Rectangular section<br>1.95m x 1,40m  | Square section<br>side of 0,75m  | Square section<br>side of 1,25m  | "H" section<br>2,70m x 1,80m  |
|                          | Longitud. Arch    | Span 2,65m  | Span 5,40m<br>and rise 2,20m   | Span 5,25m<br>and rise 1,25m   | Span 8,50m<br>and rise 4,00m  |
|                          | Aisle             | Width about 6,65m   | Width about 8,40m  | Width about 8,00m  | Width about 8,00m   |
| <b>Materials</b>         | Bearing Structure | Irregular stone blocks bound together by mortar made up of lime and sand.   | Square blocks of good <i>Montjuich</i> stone processing (sedimentary rock).  | Solid brick.   | Solid brick.  |
|                          | Roof              | Double sloping roof resting on cross vault of irregular stone blocks bound together by mortar made up of lime and sand. | Wooden roof, anchored on the extrados of the transverse arches, consists of longitudinal beams resting on stone corbels. | The original roof was presented a double sloping, resting on the extrados of the arches, with schist plates fixed with nails to the wooden structures. | Roof in original wooden trusses, later replaced by cross brick vaults in some aisles and in others with steel trusses.<br>(PÉREZ MALLAÍNA, 2012, n° 40) |
| <b>General Structure</b> |                   | Two aisles ( <i>domus</i> ), each 6,65m wide and long 44,60m, they are divided by 10 piers.                             | Eight primitive aisles, currently seven because the two in the middle were merged into one, have a width of about 8,40m. | The entire complex still four aisles whose structure is a rhomboid plant of about 40m wide.  | The original complex consisted of 17 aisles, nowadays remain only 7, the southern ones.   |





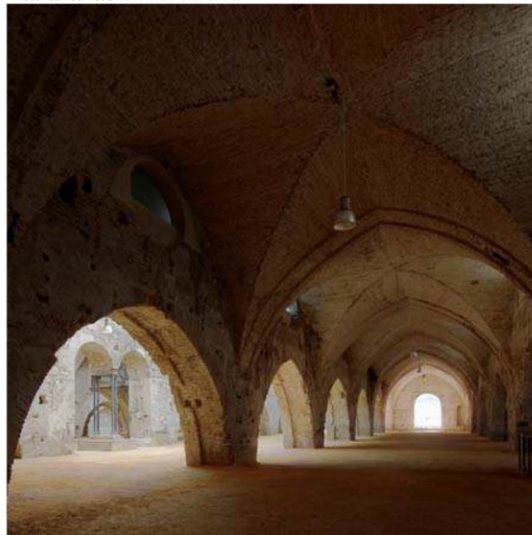
**Fig. 5** Interior of the *Museo della Bussola*, Amalfi arsenal



**Fig. 6** Interior of the *Museo Marítimo* of the *Reales Atarazanas* of Barcelona



**Fig. 7** Recovery of the four aisles of the Pisa shipyard into a polyfunctional center



**Fig. 8** Aisle n° 2 of the *Reales Atarazanas* of Seville

### 3.2. Next phase

Next will be occupied the second year in the analysis of the materials. After the first classification, the different materials that compose the structures (natural or artificial stone, mortars, wood or metal elements) will be characterized physically, mechanically and chemically. The specific and innovative construction techniques of the time used will be studied. It will be created a thesaurus with the drawings and three-dimensional diagrams of the construction details, in order to identify similarities or differences between the various techniques used in the building of the shipyards. It will be performed a campaign of fieldwork and diagnostic investigations. A document of historical, typological and material comparative analysis will be drafted, also investigating how the intervention strategies have been used and the strategies for the recovery of medieval shipyards in the Mediterranean until now.

In addition to the historical, architectural and engineering aspects, we will finally investigate urban dynamics that lead to the choice to enhance and restore the medieval naval factories, which role they currently hold within the well-established urban plots and through which strategies to address the redevelopment of specific architectures. Architecture similar to books where you can read centuries of history; each brick is a word, and every element, pillar, arch or vault, are phrases that help us track the pages of intricate and surprising stories.

#### 4. Resultados esperados para la creación de las directrices

Through this research project it will be provide unprecedented knowledge about traditional construction techniques and technologies, devoted to the detailed analysis of the medieval arsenals of the Mediterranean, which can become a useful base for technicians to define an approach to the recovery of this heritage, and aiming to:

- Preserve and protect archaeological sites where naval arsenals are present
- Restore and rehabilitate the industrial structures of naval craft
- Recover the ancient shipbuilding spaces to new uses
- Redevelop the areas close to maritime ports, river and water-front areas
- Help to control and manage the engineering hydraulic interventions near the arsenals

In this case the result of research, beyond an elaborate descriptive section, will present three-dimensional models, both of the shipbuilding complex as a whole and of specific construction details, useful to compare the technological differences and their evolution among the various arsenals. Making use of new techniques of three-dimensional graphic representation, and with the innovative approaches of heritage virtualization, it will develop an interactive tool to be placed in an on-line platform where the user will be able to interact with models, breaking them down to be analyzed in detail.

A virtual and versatile document, easy and intuitive, accessible to professionals who tend to the enhancement and upgrading of the arsenals, and for students who are approaching the study of sciences and traditional techniques.

This research could become an impulse and an inspiration to other studies involved in the same subject, capable of creating in the future a network among many arsenals scattered on the coasts of the Mediterranean Sea, with the aim to create a tool capable of relating medieval seaport infrastructures, triggering a complete process of understanding and awareness of the wider public for these architectures, which in turn made it possible cultural and social connections in the past, comparable to those of the current internet browsing.

#### 5. References

- AA.VV., 2003. *La Navigation du Savoir - Réseau des arsenaux historiques de la Méditerranée*. Nice , Association pour la sauvegarde du patrimoine maritime de Villefranche-sur-Mer, p. 138.
- AMORES CARREDANO, F. & QUIROS ESTEBAN , C. A., 1999. Las Atarazanas: el tiempo y los usos. In: *Recuperando las Atarazanas/Un monumento para la Cultura*. Sevilla: s.n., p. 35 – 56.
- BARRIONUEVO FERRER , A. & MOLINO , J., 2005. Las Atarazanas de Sevilla: entre la construcción y la arquitectura. *Informes de la construcción Vol. 57, n° 497*, p. 30 – 37.
- BARRIONUEVO SERRANO, M. d. R. & MARIAL JIMENEZ, M. d. C., 2011. Las Atarazanas malagueñas. *Pendulo Num. 22*, pp. 90-107.
- CATALA GORGUES , M. A., 2008. Las cinco naves de las atarazanas del Grao de Valencia. Propuesta de uso para un recuperado espacio historico. *Archivo de arte valenciano*, pp. 229-253.
- COLLETTA, T., 2008. Arsenali navali marittimi e Musei delle città portuali mediterranee. *TRIA*, Issue 46, p. 135.
- coordinador CONCINA, E., 1987. *Arsenali e città nell'occidente europeo*. Roma: NIS La Nuova Italia Scientifica.
- coordinadores BLACKMAN, D. J. & LENTINI, M., 2010. *Ricoveri per navi militari nei porti del Mediterraneo antico e medievale*. Bari, EDIPUGLIA.
- DAL BORGO, M. & ZANELLI, G., 2008. *Zara - una fortezza, un porto, un arsenale : secoli XV-XVIII*. Roma: Viella.
- DEBENEDICTIS , D. & LALLONE , D., 2016. *Evolution of the historical use and degradation of the Reales Atarazanas of Seville (XIII-XX century)*. Napoli e Capri, La scuola di Pitagora editrice.
- FERRARI BARVO, M. & TOSTATO, S., 2010. *Gli arsenali oltremarini della Serenissima : approvvigionamenti e strutture cantieristiche per la flotta veneziana (secoli XVI-XVII)*. Milano: Biblion.
- GARCIA DOMINGO, E., 2006. Arsenales históricos en el Mediterráneo. *Portus N°12*, pp. 64-69.
- GARGANO, G., 2010. Arsenali e scaria di Amalfi nel contesto del Meridione medievale". *Ricoveri per navi militari nei porti del Mediterraneo antico e medievale*.
- GARZELLA , G., 1987. L'arsenale medievale di Pisa: primi sondaggi sulle fonti scritte. *Arsenali e città nell'Occidente europeo*, pp. 51-61.
- JOHNS, J., 2010. The tersane at Alanya and the galleys of Charles d'Anjou. *Ricoveri per navi militari nei porti del Mediterraneo antico e medievale*, pp. 185-188.
- PÉREZ MALLAÏNA , P. E., 2012, n° 40. La maestranza de artilleria y la atarazana del azogue en los siglos XVIII y XIX. *Boletín de la Real Academia Sevillana de Buenas Letras*, pp. 507-547.
- RIERA MELIS, A., 2003. Les drassanes de Barcelona. In: *L'art Gòtic a Catalunya Arquitectura III / Dels palaus a les masies*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, pp. 219 - 224.

# ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO-TECNOLÓGICO Y DE MATERIALES ENTRE LOS ASTILLEROS MEDIEVALES ITALIANOS Y ESPAÑOLES (LOS CASOS DE VENECIA Y SEVILLA)

Debenedictis, Domenico <sup>(1)</sup>, Robador González, María Dolores <sup>(2)</sup> and Pagliuca, Antonello <sup>(3)</sup>

(1) Università degli Studi della Basilicata, domenico.debenedictis@unibas.it

(2) Universidad de Sevilla, lolarobador@us.es

(3) Università degli Studi della Basilicata, antonello.pagliuca@unibas.it,

**Resumen:** El conocimiento acerca del tema de los astilleros navales históricos es tratado actualmente puramente desde el punto de vista histórico y arqueológico, con mayor profundización a los clásicos (*neoria*, helenísticos y *navalia*, romanos). Los estudios efectuados abarcan, sin embargo, el análisis de los restos de las embarcaciones, examinando sus técnicas de fabricación y potencialidad de intercambios comerciales o de operaciones militares, dejando en segundo orden las estructuras donde éstas tomaban forma.

Las atarazanas conocen su mayor progreso tipológico durante la Edad Media. Gracias a las nuevas técnicas constructivas, las góticas, utilizadas en principio para edificios de culto y luego también para las estructuras militares, fue posible edificar magníficos astilleros para guardar y realizar embarcaciones cada vez más grandes.

Dichos enormes monumentos, hoy obsoletos por su función originaria, se encuentran englobados dentro de la trama de los cascos antiguos de las ciudades portuarias y prevén estrategias de recuperación y recualificación. El plan de investigación tiene como objetivo el conocimiento, desde el punto de vista arquitectónico y de ingeniería, de estas estructuras para poder individualar el tipo arquitectónico, definir las técnicas constructivas tradicionales y las tecnologías empleadas e identificar los materiales utilizados con respecto a estas; requisitos imprescindibles para futuras intervenciones de recuperación de sus estructuras y espacios.

**Palabras Clave:** Shipyards, Built heritage, Typo-technological analysis, Traditional construction, Valorization.

## 1. Nivel actual de conocimiento acerca de los astilleros navales históricos del Mediterráneo

En los cascos antiguos europeos, entre las últimas décadas de los siglos XX y XXI, se ha visto crecer una sustancial sensibilidad hacia la recuperación de los monumentos para uso museístico. Para las ciudades fortificadas, las fortalezas y los castillos, tras siglos de abandono y deterioro, han sufrido un proceso de rehabilitación y restauración para ser convertidos en nuevas polaridades para las ciudades. En cambio, para aquellas desarrolladas alrededor de complejos monásticos, los grandes espacios, pertenecientes a éstos, se han visto convertidos en centros para exposiciones o museos para la ciudad. Siguiendo estas estrategias socio-políticas, es decir dar una nueva función, no sólo se restaura el objeto arquitectónico, sino que se le re-assigna un papel central dentro del núcleo de la ciudad, para que pueda seguir su camino en la historia.

Para las ciudades de mar o fluvial y, sobre todo, las portuarias, es necesario citar los astilleros navales. Todos estos imponentes edificios, principalmente medievales, llegados hasta nuestros días, han perdido su función originaria y han sufrido durante siglos cambios de usos diferentes. Ocupan grandes superficies en los centros históricos marítimos y mayoritariamente, hasta hace pocas décadas, constituían partes olvidadas de la ciudad. *“Estos edificios perdiendo su función principal, suelen determinar la pérdida de la percepción de su papel histórico [...] y necesitan reutilizarse para conseguir la salvaguardia de estos antiguos espacios urbanos cargados ellos mismos de historia y de memoria”* (COLLETTA, 2008).

Si bien los astilleros navales medievales son notables infraestructuras de considerable importancia, hasta hoy no ha sido abordado el tema para su conocimiento a escala amplia y relacionando varios astilleros a la vez. El estudio de dichos lugares han sido llevado a cabo mayoritariamente por historiadores y arqueólogos, quienes hasta ahora han analizado sobre todo la relación con el puerto y los intercambios comerciales, las rutas mercantiles, la repercusión en el campo militar y han examinado atentamente especialmente las actividades que efectivamente se desempeñaban en el

interior de las atarazanas: construcciones de embarcaciones y su pertrechos, compuestos por cordelerías, velas y anclas, así como la producción de artillería etc. Hoy, prácticamente se conoce bastante acerca de la ingeniería naval, sobre las técnicas de fabricación de barcos, pero se necesita aportar un análisis detallado que relacione y compare entre sí los astilleros donde éstos tomaban vida, para establecer la tipología arquitectónica y comprender la importancia de estos edificios fabriles. Estructuras que debían ser capaces de contener en su interior múltiples pequeñas obras, y no solo, aquí se custodiaban y se arreglaban cada tipo de barcos. Lugares en los que se desarrollaban tecnologías de vanguardia y se sentaban las bases para ampliar nuevas rutas comerciales.

En particular en la Edad Media y después, con el descubrimiento del nuevo continente, en Europa se notó un sustancial crecimiento de estas infraestructuras portuarias que permitían a las diferentes potencias, tanto en campo militar como comercial, poder extender sus propias fronteras. Además se sabe que las rutas de transporte más eficientes han sido las marítimas y las fluviales y, teniendo en cuenta la ausencia de la comunicación sobre raíles o en aire, en la Edad Media con más razón eran las únicas. Por lo tanto, se invirtieron ingentes energías para conocer plenamente, proyectar y construir, tanto embarcaciones, cada vez más avanzadas, capaces de alcanzar tierras inexploradas, como espacios innovadores e imponentes donde realizarlas.

Muchos son los expertos sobre el tema, aunque cada uno ha profundizado en un aspecto en concreto. La bibliografía que han producido es amplia y a la vez sectorial, algunos de ellos se han reunido en conferencias y workshop. En uno de ellos se ha conseguido redactar un documento, coordinado por *Blackman D.J.* y *Lentini Ricoveri M.C.*, titulado *Ricoveri per navi militari nei porti del Mediterraneo antico e medievale*, que engloba las actas de un workshop que tuvo lugar en Ravello, en 2005, en el que se comparan los astilleros clásicos con los medievales centro-meridionales e islámicos, especialmente en clave arqueológica, llegando a la conclusión de que es necesario el punto de vista arquitectónico, en el que no se tiene en cuenta solo el desarrollo en plano sino también del alzado y de la tridimensionalidad espacial.

Sin embargo, no se ha producido ninguna referencia bibliográfica que enfoque el tema de los astilleros desde el punto de vista arquitectónico y de la ingeniería y, por lo tanto, a la evolución tipológica, a la estructura constituyente, a los materiales empleados y finalmente a las técnicas y tecnologías aplicadas.

La investigación puesta en marcha tiene como objetivo establecer correspondencias entre los estudios efectuados al respecto hasta ahora, trazando la historia de las infraestructuras navales medievales y, además, contribuir a extender el tema centrándose sobre los aspectos constructivos, tipológicos, tecnológicos y de los materiales.

Los astilleros que hoy han previsto o tienen en marcha procesos de restauración son en gran parte italianos y españoles. Es el caso del famoso arsenal de Venecia, quizá el más conocido en el mundo, en el que actualmente se llevan a cabo eventos a nivel internacional como la *Biennale d'arte e d'Architettura*; los de Pisa que fueron inaugurados a final de 2015 y albergan un centro polifuncional; los de Amalfi se ha instalado un museo para la ciudad; y los españoles de Barcelona y Valencia, ambos convertidos en museos navales y marítimos. Todas estas estructuras pueden servir de ejemplo a muchas más que se encuentran a lo largo del territorio del Mediterráneo. Como por ejemplo los de Sevilla, desde hace años en un largo proceso de restauración y que dentro de poco probablemente verá el inicio de los trabajos de recuperación para un centro cultural. Este astillero representa la oportunidad de observar la transformación de un edificio sin usar a un nuevo centro para la ciudadanía y los turistas. Una obra en la que poder analizar la estructura primitiva todavía permanente, las aportaciones y modificaciones introducidas en casi ocho siglos y averiguar el estado actual de deterioro de los materiales. Un astillero piloto para poder lanzar un análisis comparativo, tanto con los astilleros ya recuperados como con los que persisten en estado de abandono.

## **2. Hacia una nueva herramienta para la clasificación de los astilleros navales**

Para desencadenar un proceso de recuperación de estas majestuosas arquitecturas es oportuna una rigurosa labor previa de conocimiento que mire a la revalorización de lugares emblemáticos, núcleos estratégicos para lanzar un efecto dominó de recualificación en su entorno inmediato y a una escala más urbana.

Para el conocimiento de dichos objetos entran en juego saberes variados y paralelos entre sí. En primer lugar se ha de resaltar la relación de dichas estructuras con el elemento agua, siendo relevante el aspecto hidrogeológico del lugar en el que se hallan. A continuación, las complejas transformaciones formales y funcionales que se han producido a lo largo de los siglos, dando lugar a estratificaciones complejas e interesantes que, con la ayuda de la arqueología de la arquitectura, es fundamental definir y entender. Finalmente, las técnicas constructivas y el empleo de materiales,

tanto de las estructuras primitivas de los astilleros como de las añadidas por las transformaciones, que constituyen la arquitectura e ingeniería de las atarazanas.

La imprescindible fase de investigación cognitiva es un momento delicado, pues abarca múltiples cuestiones que no pueden tratarse por separado, sino que es necesario entablar un diálogo y crear puntos de conexión para comprender plenamente el significado y la importancia de esta arquitectura.

El propósito de la investigación, por lo tanto, consiste en la creación de un documento analítico sobre la evolución y consolidación del tipo arquitectónico astillero naval, basado en el análisis comparativo de los mayores astilleros de época medieval en el área del Mediterráneo, con el fin de aportar conocimientos para su conservación y su recuperación.

La investigación se propone abordar tres escalas de análisis sucesivas, en un nivel creciente de detalle: individuación del tipo arquitectónico derivado del análisis de las características formales y las analogías funcionales de distintos astilleros emblemáticos del mar Mediterráneo de época medieval; definición de las técnicas constructivas tradicionales y las tecnologías empleadas para realizar edificios de gran envergadura y finalmente identificar los materiales utilizados con respecto a aquellas.

La elección del área del Mediterraneo se debe al hecho de que éste, desde una perspectiva eurocéntrica, comprendía la mayoría del mundo entonces conocido, escenario constantemente cambiante y disputado por los pueblos que lo habitaban. Gente que se movía tanto por tierra como por vía marítima. Las costas mediterráneas estaban conectadas entre sí mediante puertos asentados a lo largo de todo el perímetro de la cuenca. En muchos de ellos no sólo atracaban los barcos sino que existían edificios fabriles donde estos tomaban forma o simplemente se guardaban o reparaban. Sin duda las ciudades portuarias con un astillero representaron los grandes centros políticos y económicos de la época, focos de poder y riqueza, de oportunidades y conflictos.

Los astilleros examinados para el análisis comparativo prevén tres ámbitos de estudio: el primero de carácter general supone el inventario/censo y el mapeo de los astilleros navales históricos (divididos a su vez en clásicos –antes del siglo V-, medievales –desde el siglo V hasta 1492- y modernos –desde 1492 hasta 1789-) pertenecientes al área mediterránea.

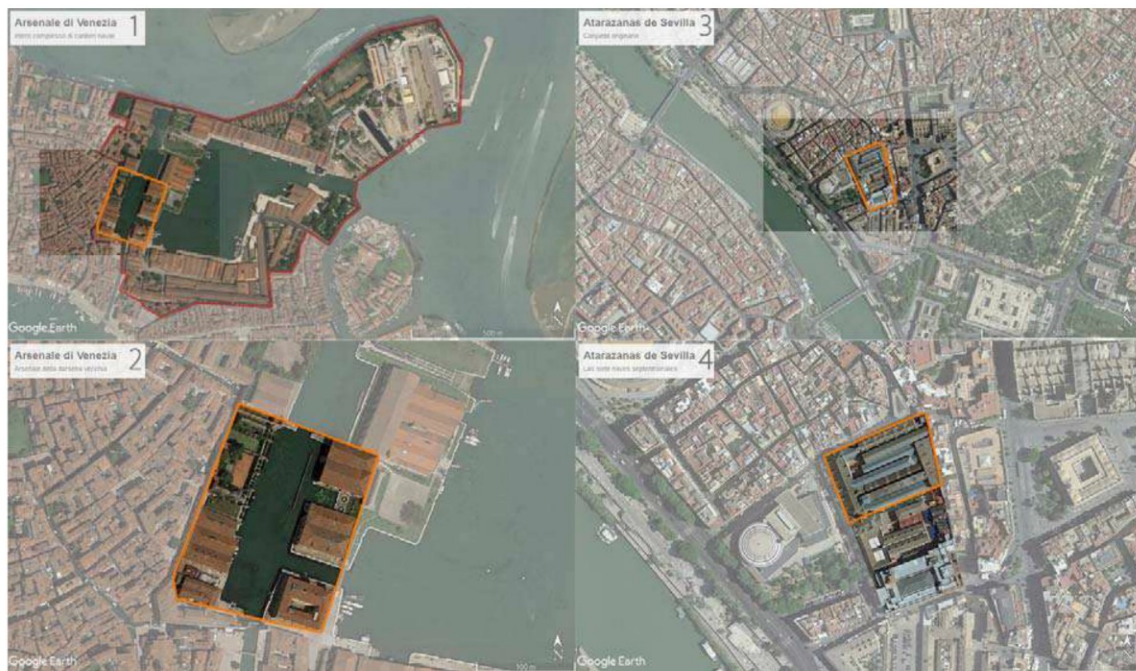
El segundo ámbito acota el campo a los astilleros medievales entre las penínsulas italiana e ibérica, territorios en los que entonces convivían sociedades dinámicas y culturas diferentes que aportaron un avance social y tecnológico relevante, territorios que asomándose al Mediterráneo en buena parte lo dominaban. Se eligen éstos por ser aquellos cuyo tipo se estabiliza, que si bien repite el de los clásicos, se va sin embargo perfeccionando hasta llegar a ser el más completo y evolucionado gracias a las técnicas góticas.

Por lo tanto, las atarazanas medievales objeto de estudio para el segundo ámbito, seleccionadas en el área del Mediterráneo que actualmente pertenecen a Italia y España, son las seis siguientes:

- Las italianas de Amalfi (sur), Pisa (centro) y Venecia (norte)
- Las españolas de Sevilla (sur), Valencia (centro) y Barcelona (norte)

El tercer ámbito, el más detallado y ambicioso, considera sólo la investigación de dos de estos seis astilleros navales: el arsenal de Venecia y las atarazanas de Sevilla. Son astilleros contemporáneos, nacidos por las manos de dos pueblos con culturas peculiares y con propósitos diferentes. El mundo veneciano se proyecta primero en el mar Adriático, expandiéndose sucesivamente en toda la cuenca oriental del Mediterráneo y llegando hasta dominarlo casi por completo, influenciando los territorios ocupados y dejando huellas de su paso, como por ejemplo los diferentes astilleros de Grecia (Gouvia) o de Croacia (Hvar y Zara) construidos por artesanos venecianos. En cambio Sevilla al principio de la Edad Media participa y se proyecta, impregnada de su influencia islámica, al mundo mediterráneo pero con el paso del tiempo se extiende también hacia el océano Atlántico.

Este es el motivo de la elección de estas dos ciudades. Centros emblemáticos que han jugado un papel clave en la historia del Mediterráneo, dos ciudades cuyos astilleros navales representaban su potencia y su razón de ser.



**Fig. 1** Conjunto completo del Arsenal de Venecia (Google Earth 1500m altitud – septiembre 2017)  
**Fig. 2** Arsenal de Venecia dársena vieja, hacia 1200 (Google Earth 500m altitud – septiembre 2017)  
**Fig. 3** Conjunto originario de las Atarazanas de Sevilla, 1252 (Google Earth 1500m altitud – septiembre 2017)  
**Fig. 4** Las siete naves septentrionales que quedan en Sevilla (Google Earth 500m altitud – septiembre 2017)

El arsenal de Venecia hoy en día constituye un auténtico barrio de la ciudad, ubicado en la zona oriental, aunque ha ido creciendo en varias fases sucesivas. La parte más antigua está representada por el *Arsenale Vecchio* (Arsenal Viejo), que desde el principio se colocó alrededor de una dársena en el mar Adriático. Actualmente persisten aún actividades relacionadas con la fabricación de embarcaciones aunque sólo parcialmente; los demás espacios, tras un largo periodo de abandono y deterioro, se ven cada vez más recuperados o en fase de recuperación. Es un lugar en perpetua actualización que no acepta la derrota, ni temporal ni cultural ni tecnológica.

Las atarazanas de Sevilla, de las que ahora solo permanecen siete naves, se encuentran en un momento crucial. Tras años de descuido han visto hacer poco trabajos de consolidación y estudios previos para su restauración y recuperación que, no obstante, siguen en espera. Todo el complejo estaba constituido por diecisiete naves ortogonales a las aguas del río Guadalquivir que en su origen las rozaban. Tras el cese de la función principal varios han sido los usos y los cambios sufridos, algunas naves han sido transformadas y otras, lamentablemente, han sido derribadas en el siglo pasado. Por suerte permanece todavía un legado que nos ayuda a recorrer su historia e imaginar su esplendor.

Con el análisis de todo estos edificios se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

- 1. Describir y recorrer la evolución histórica de la tipología de los astilleros clásicos y los medievales, analizando el estado actual de conservación de los principales sitios (ruina, abandono, en uso, reuso), y definir las estratigrafías de las unidades constructivas para trazar su historia.
- 2. Determinar la elección estratégica del sitio, en el que se decidía instalar un establecimiento industrial con ingentes dimensiones, en relación con el asentamiento urbano, y analizar la actual relación urbanística del litoral (transformación desde puerto industrial a parque fluvial o paseo marítimo).
- 3. Verificar si hay una diferencia formal entre astilleros fluviales y marítimos y cómo influyen los factores hidrológicos, río, mar o dársena natural, en la morfología arquitectónica de dichas construcciones, teniendo en cuenta, incluso, la caracterización dimensional en relación con las embarcaciones que en ellos se constituían.
- 4. Establecer una clasificación de las atarazanas según su tipología y tecnología constructiva, caracterizando las técnicas constructivas tradicionales y los sistemas tecnológicos empleados en la época, peculiares y avanzados. Además, identificar los cambios formales y funcionales sufridos a lo largo del tiempo.
- 5. Evaluar los límites que impone un entorno fluvial o marítimo en la elección de los materiales, definirlos y analizar su proceso de envejecimiento y/o deterioro.

### 3. Metodología del análisis comparativo tipológico y funcional de las atarazanas medievales

El plan de investigación ha sido articulado en fases de análisis, conocimiento directo e indirecto y elaboración de las directrices. Se pretende analizar cada astillero a través del planteamiento en las siguientes tareas:

- Tarea 1: efectuar un levantamiento fotogramétrico y dibujar detalles constructivos y modelos tridimensionales para definir las técnicas constructivas.
- Tarea 2: redactar fichas identificativas que indiquen el período de construcción, el tipo de programa que cumplen, si bélico o comercial, la morfología del territorio en que se ubican, si de puerto marítimo o fluvial, las volumetrías efectivas comparadas con la entera superficie que ocupaba con respecto al núcleo urbano, el sistema de estructura, etc.
- Tarea 3: caracterizar los materiales y analizar las características químico-físicas (esta tarea, en principio, se pretende efectuar para las Atarazanas de Sevilla y además donde sea posible). El estudio científico de caracterización de materiales se llevará a cabo en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC.
- Tarea 4: investigar las dinámicas urbanas que conllevan a la puesta en valor y estudiar las estrategias aplicadas hasta ahora e identificar las idóneas para la recuperación arquitectónica.

El objetivo de la investigación es relacionar los aspectos históricos, arqueológicos, ingenierísticos, arquitectónicos y urbanísticos que se interconectan conjuntamente con la creación de objetos que han jugado un papel importante en el desarrollo socio-político-económico de un pueblo, y que pueden volver a poseer, en los casos que se haya perdido.

#### 3.1. Primera fase

En la primera fase, en desarrollo, el objetivo es examinar paralelamente algunas de las mayores atarazanas, por ejemplo las de Amalfi, Pisa, Génova y Venecia (italianas), y las de Sevilla, Valencia, Barcelona y Málaga (españolas), incluso las de la vertiente oriental, como las croatas de Zara y Hvar y las turcas de Alanya.

Una primera clasificación se ha hecho según el período de construcción, al tipo de programa que cumplen, si bélico o comercial, la morfología del territorio en que se ubican, si de puerto marítimo o fluvial, las volumetrías efectivas comparadas con la entera superficie que ocupaban con respecto al núcleo urbano, el sistema de estructura, etc.

Según la ciudad se ubique flanqueando un curso de agua o esté directamente en contacto con las orillas del Mediterráneo los astilleros han sido divididos en:

- **Marítimos**, como por ejemplo los de Barcelona (Fig. 6) en el mar Balear y los de Amalfi (Fig. 5) en el mar Tirreno.
- **Fluviales**, y por supuesto se trata de ríos navegables, es el caso de Pisa (Fig. 7) sobre el río Arno y Sevilla (Fig. 8) sobre el río Guadalquivir.

Se ha podido constatar que la elección del lugar ha sido el factor determinante para escoger los materiales a emplear y las técnicas constructivas para la realización de la estructura de los astilleros. Se ven empleadas, de hecho, materias primas disponibles en zonas limítrofes. En zonas de arcilla la estructura es de ladrillo, sin embargo, donde haya presencia de materiales lapídeos con elevadas características estructurales, que permiten la realización de fábricas de alta calidad, ésta se compone de sillares y/o mampuestos.

Otra subdivisión se ha hecho en función de la ubicación con respecto al núcleo urbano, de hecho, edificados fuera del recinto amurallado, los astilleros ocupan grandes superficies y según su desarrollo pueden repartirse en:

- Astilleros **perpendiculares a la línea de costa**, subdividido a su vez en:
  - Construidos en el arenal
  - Construidos en contacto con el agua
- Astilleros **en dársena** (natural o artificial)

El primer grupo está compuesto por aquellos astilleros que desarrollan la longitud de sus naves en dirección ortogonal con respecto a la línea de costa, fluvial o marítima (es el caso de Sevilla y Barcelona, respectivamente). Es una configuración que permite el acceso y la salida de los barcos aprovechando del natural desnivel de la orilla. Por lo general, las embarcaciones que no necesitaban

de un significativo mantenimiento estacionaban en las proximidades de la orilla y mantenían aun así un directo contacto con los astilleros, sin acceder al interior. En otros casos, las aguas rozan directamente la estructura de los astilleros permitiendo fáciles y cómodas maniobras, eliminando el enorme esfuerzo de arrastrar los cascos en la zona de transición entre el agua y el astillero. Las atarazanas de Amalfi, según algunas hipótesis, estaban compuestas por tres naves hacia el litoral, con la fachada en contacto directo con el mar (GARGANO, 2010). Actualmente lamentablemente solo permanece la parte trasera. Dicha conformación, sin embargo, es apreciable aún hoy en los astilleros de Alanya en Turquía, en los que es evidente la penetración en el mar de los cimientos donde apoyan los arcos de la fachada y el contacto directo entre las naves y el mar (JOHNS, 2010).

Los astilleros pertenecientes al segundo grupo, en cambio, eluden el contacto directo con la costa por razones defensivas. En Pisa o Venecia, de hecho, los astilleros navales constituyen auténticos barrios productivos que poseen su propio recinto amurallado (GARZELLA, 1987). Amplios arcos constituyen las puertas por donde pasan los barcos desprovistos del mástil, acceden a una gran piscina de agua, dársena, en torno a la cual se desarrollan las naves. Las dársenas pueden establecerse encima de caletas naturales, en los que estaban los antiguos puertos, o presentar verdaderas obras de ingeniería con el fin de contar con plantas industriales cada vez más avanzadas y sofisticadas.

La clasificación, sin embargo, se detalla mayormente para poder analizar los sistemas tecnológicos empleados para la realización de los espacios internos de los astilleros. El sistema típico de los astilleros, según los estudios efectuados hasta ahora, está formado principalmente por un sistema estructural que garantiza un desarrollo vertical, constituido por muros marcados por vanos de arcos, sobre el cual apoya una cubierta (único sistema horizontal), generalmente a doble vertiente, que puede formarse por vigas de madera o por bóvedas de piedra. Si se debiera descomponer la estructura, que aparece casi siempre unitaria debido a la unidad matérica, los elementos fundamentales que la forman son esencialmente: cepas, que sobresalen directamente desde los cimientos, arcos de conexión, diferentes según el desarrollo en dirección longitudinal y transversal y encima a éstos, finalmente, se apoyan los faldones de la cubierta, más o menos en declive (Tabla 1).

Sea cual sea el contexto geográfico, los materiales de construcción y de las técnicas de la edificación tradicional, en todo el Mediterráneo, los astilleros navales medievales repiten un esquema tipológico parecido. Edificios por el carácter puramente industrial, los astilleros se presentan exentos de elementos decorativos, es más, se caracterizan por su clara y pura estructura que define imponentes espacialidades que no tienen nada que envidiar a las monumentales de los majestuosos lugares de cultos coevos.

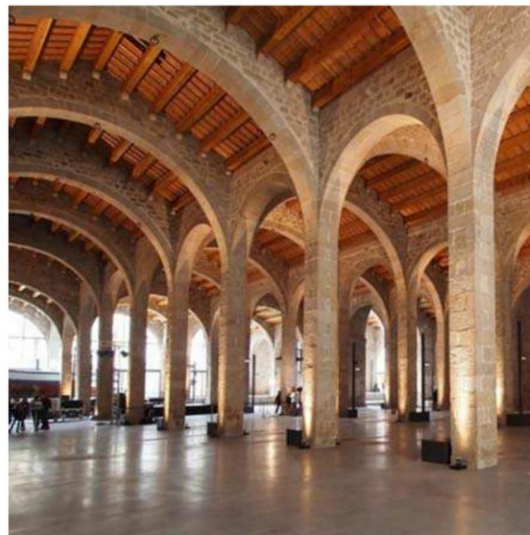


**Tabla 1.** Clasificación tecnológica, constructiva y de los materiales de los astilleros de Amalfi, Barcelona, Pisa y Sevilla

|                           |                      | AMALFI   | BARCELONA  | PISA  | SEVILLA  |
|---------------------------|----------------------|--|--|---|--|
| <b>Datos Geométricos</b>  | Pilar                | Sección rectangular<br>1.95 m x 1.40 m   | Sección cuadrada<br>lado 0.75 m  | Sección cuadrada<br>lado 1.25 m   | Sección en forma de<br>“H” 2.70 m x 1.80 m   |
|                           | Arco longitudinal    | Luz 2.65 m   | Luz 2.65 m   | Luz 5.40 m<br>Flecha 2.20 m   | Luz 8.50 m<br>Flecha 4.00 m  |
|                           | Nave                 | Anchura 6.65 m<br>aprox.   | Anchura 8.40 m<br>aprox.   | Anchura 8.00 m<br>aprox.  | Anchura 8.00 m<br>aprox.   |
| <b>Materiales</b>         | Estructura principal | Bloques irregulares de piedra unidos por morteros de cal y arena   | Bloques tallados de piedra <i>Montjuich</i> (roca sedimentaria)  | Ladrillos de arcilla cocida   | Ladrillos de arcilla cocida  |
|                           | Cubierta             | Cubierta de doble vertiente apoyada en bóvedas de crucero, formadas por bloques irregulares de piedra unidos por morteros de cal y arena | Cubierta de madera, anclada en el trasdós de los arcos transversales, constituida por vigas longitudinales que apoyan en voladizos de piedra     | La cubierta original era de doble vertiente, apoyada en el trasdós de los arcos, con placas de pizarra ancladas con clavos a las estructuras de madera. | Cubierta original formada por cerchas de madera, sucesivamente sustituidas por bóvedas de crucero de ladrillos que cubren algunas de las naves, y otras por vigas de acero y láminas de vidrio |
| <b>Estructura general</b> |                      | Dos naves ( <i>domus</i> ) ancho: 6.65 m y largo: 44.60 m.<br><br>Están divididas por 10 pilares   | Ocho naves primitivas, ancho: 8.40 m aprox. Actualmente siete, puesto que las dos centrales han sido fusionadas en una única (RIERA MELIS, 2003) | Del conjunto solo quedan cuatro naves, cuya estructura tiene una planta romboidal con lado de 40 m aprox.   | El conjunto originario estaba constituido por 17 naves, de las que hoy solo permanecen siete, las meridionales (PÉREZ MALLAÑA, 2012, n° 40)  |



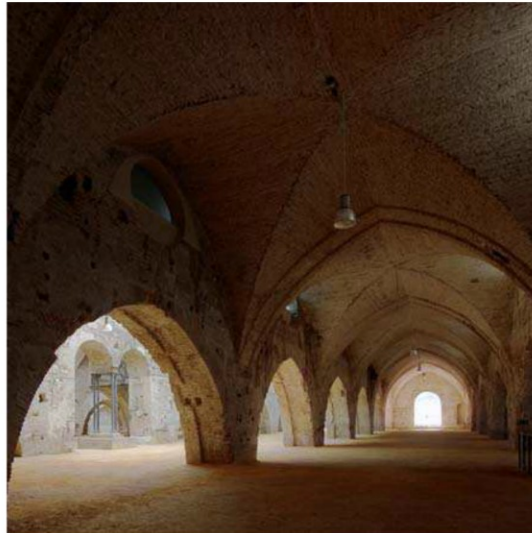
**Fig. 5** Interior del Museo della Bussola, Astillero naval de Amalfi



**Fig. 6** Interior del Museo Marítimo en las Reales Atarazanas de Barcelona



**Fig. 7** Recuperación de las cuatro naves del astillero naval de Pisa en un centro polifuncional



**Fig. 8** Nave 2 de las Reales Atarazanas de Sevilla

### 3.2. Fases sucesivas

A continuación se verá ocupado el segundo año en el análisis de los materiales. Tras la primera clasificación, se caracterizarán física, mecánica y químicamente los distintos materiales que componen las estructuras –lapídeos naturales o artificiales, morteros, elementos de madera o metálicos. Se estudiarán las específicas e innovadoras técnicas constructivas de la época empleadas. Se creará un esquema con los detalles constructivos y modelos tridimensionales para identificar similitudes o discrepancias entre las varias técnicas utilizadas para la realización de los astilleros. Se procederá en una campaña de conocimiento directo y de investigación diagnóstica. Se procederá a la redacción de un documento de análisis comparativo histórico, tipológico y de los materiales, investigando también cómo se ha intervenido y cuáles han sido, hasta ahora, las estrategias para la recuperación de los astilleros navales medievales en el Mediterráneo.

Además de los aspectos históricos, arquitectónicos e ingenierísticos, se investigarán finalmente las dinámicas urbanas que conllevan a la valorización y recuperación de estas fábricas medievales. Analizar el papel que desempeñan actualmente dentro de las tramas urbanas ya consolidadas y determinar cuáles son las idóneas estrategias para enderezar la recualificación de arquitecturas peculiares. Arquitecturas, éstas, parecidas a libros en los que se pueden leer siglos de historia; cada ladrillo es una palabra, y cada elemento, pilar, arco o bóveda, son frases que nos ayudan a trazar las páginas de historias intrincadas y sorprendentes.

### 4. Resultados esperados para la creación de las directrices

A través de este plan de investigación de doctorado se quiere aportar un conocimiento inédito acerca de las técnicas y tecnologías constructivas tradicionales, que tiene como referencia el análisis detallado de los astilleros medievales en el ámbito del Mediterráneo, que pueda constituir una base útil para los técnicos a la hora de establecer un método de proyecto para la recuperación de este tipo de patrimonio, que apunte a:

- Conservar y tutelar sitios arqueológicos en los que se hallan astilleros navales
- Restaurar y rehabilitar las estructuras industriales del arte naval
- Recuperar los antiguos espacios de los astilleros a nuevos usos
- Recualificar las áreas limítrofes al contexto de las zonas portuarias marítimas y fluviales y del litoral
- Ayudar a controlar y gestionar las intervenciones de ingeniería hidráulica en las proximidades de los astilleros

En el presente caso el resultado de la investigación, aparte de un elaborado apartado descriptivo, presentará modelos tridimensionales, tanto de enteros conjuntos como de específicos detalles constructivos, útiles para comparar las diferencias tecnológicas y su evolución entre varios astilleros.

Recurriendo a las nuevas técnicas de representación gráfica tridimensional y con las innovadoras prácticas de la virtualización del patrimonio se obtendrá una herramienta interactiva, que podrá encontrar lugar en una plataforma *on-line*, en la que poder interactuar con los modelos y descomponerlos para examinarlos pormenorizadamente.

Un documento virtual y versátil, de fácil intuición, accesible tanto por parte de profesionales que apuntan a la valorización y recualificación, como por estudiantes que se preparan al estudio de saberes y técnicas tradicionales.

Esta investigación aspira a ser un impulso y fuente de inspiración para otros estudios similares, capaz de crear en el futuro una red de conexión entre muchos astilleros en las orillas del Mediterráneo, con el fin de desarrollar una herramienta que relacione las infraestructuras portuarias medievales, desencadenando un proceso completo de conocimiento y de sensibilización para el público en general de estas arquitecturas que han permitido en el pasado conectar culturas y sociedades, comparables a las actuales de la navegación internet.

## 5. Referencias

- AA.VV., 2003. *La Navigation du Savoir - Réseau des arsenaux historiques de la Méditerranée*. Nice , Association pour la sauvegarde du patrimoine maritime de Villefranche-sur-Mer, p. 138.
- AMORES CARREDANO, F. & QUIROS ESTEBAN , C. A., 1999. Las Atarazanas: el tiempo y los usos. In: *Recuperando las Atarazanas/Un monumento para la Cultura*. Sevilla: s.n., p. 35 – 56.
- BARRIONUEVO FERRER , A. & MOLINO , J., 2005. Las Atarazanas de Sevilla: entre la construcción y la arquitectura. *Informes de la construcción Vol. 57, n° 497*, p. 30 – 37.
- BARRIONUEVO SERRANO, M. d. R. & MARIAL JIMENEZ, M. d. C., 2011. Las Atarazanas malagueñas. *Pendulo Num. 22*, pp. 90-107.
- CATALA GORGUES , M. A., 2008. Las cinco naves de las atarazanas del Grao de Valencia. Propuesta de uso para un recuperado espacio histórico. *Archivo de arte valenciano*, pp. 229-253.
- COLLETTA, T., 2008. Arsenali navali marittimi e Musei delle città portuali mediterranee. *TRIA*, Issue 46, p. 135.
- coordinador CONCINA, E., 1987. *Arsenali e città nell'occidente europeo*. Roma: NIS La Nuova Italia Scientifica.
- coordinadores BLACKMAN, D. J. & LENTINI, M., 2010. *Ricoveri per navi militari nei porti del Mediterraneo antico e medievale*. Bari, EDIPUGLIA.
- DAL BORGO, M. & ZANELLI, G., 2008. *Zara - una fortezza, un porto, un arsenale : secoli XV-XVIII*. Roma: Viella.
- DEBENEDICTIS , D. & LALLONE , D., 2016. *Evolution of the historical use and degradation of the Reales Atarazanas of Seville (XIII-XX century)*. Napoli e Capri, La scuola di Pitagora editrice.
- FERRARI BARVO, M. & TOSTATO, S., 2010. *Gli arsenali oltremarini della Serenissima : approvvigionamenti e strutture cantieristiche per la flotta veneziana (secoli XVI-XVII)*. Milano: Biblion.
- GARCIA DOMINGO, E., 2006. Arsenales históricos en el Mediterráneo. *Portus N°12*, pp. 64-69.
- GARGANO, G., 2010. Arsenali e scaria di Amalfi nel contesto del Meridione medievale". *Ricoveri per navi militari nei porti del Mediterraneo antico e medievale*.
- GARZELLA , G., 1987. L'arsenale medievale di Pisa: primi sondaggi sulle fonti scritte. *Arsenali e città nell'Occidente europeo*, pp. 51-61.
- JOHNS, J., 2010. The tersane at Alanya and the galleys of Charles d'Anjou. *Ricoveri per navi militari nei porti del Mediterraneo antico e medievale*, pp. 185-188.
- PÉREZ MALLAÑA , P. E., 2012, n° 40. La maestranza de artillería y la atarazana del azogue en los siglos XVIII y XIX. *Boletín de la Real Academia Sevillana de Buenas Letras*, pp. 507-547.
- RIERA MELIS, A., 2003. Les drassanes de Barcelona. In: *L'art Gòtic a Catalunya Arquitectura III / Dels palaus a les masies*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, pp. 219 - 224.