

La scala elicoidale della *Lonja de Los Mercaderes* di Valencia. Dai trattati alla digitalizzazione del modello stereotomico

Antonio Calandriello
 Giulia Lazzaretto
 Giulia Piccinin

Abstract

Lo studio condotto ha come *focus* principale l'analisi geometrica e dimensionale della scala elicoidale stereotomica ad impianto circolare della torre della *Lonja* di Valencia, uno degli esempi più rilevanti di stereotomia spagnola del XV secolo. L'indagine applicata al caso studio ha permesso di mettere in luce le sue caratteristiche e le sue criticità, proponendo il confronto tra il costruito e la pratica geometrica teorizzata dalla trattatistica del tempo, mediante ricostruzione digitale del modello reale e del modello ideale. Quest'ultima ha permesso di avanzare delle ipotesi anche in merito alle procedure operative messe in atto dalle maestranze, talvolta in contrasto con l'applicazione rigorosa del metodo geometrico. È soprattutto dall'analisi dimensionale, applicata prima alla totalità della scala, successivamente per porzioni minori studiate singolarmente, ad aver evidenziato le modalità di costruzione, legate a necessità strutturali, costruttive e stilistiche.

Parole chiave

stereotomia, scala elicoidale, de Vandelvira, Lonja de Valencia, caracol de Mallorca.



La scala elicoidale della torre della *Lonja* di Valencia. Foto degli autori.

La Lonja de la Seda de Valencia: il contesto storico-geografico e culturale

La *Lonja de la Seda* è un complesso architettonico composto da diversi ambienti, realizzato su progetto originario di Francesc Baldomar (1395-1476) e portato a termine dai suoi allievi Pere Compte (...-1506) e Joan Ivarra (...-1486) [1]. La *Lonja* rappresenta il culmine della magnificenza economica della città del XV secolo ed è comunemente considerata la più esemplificativa opera del suo tempo, massima espressione dello stile gotico valenciano ma anche conseguenza di una nuova tendenza costruttiva ed estetica che di lì a poco si sarebbe ampiamente diffusa nel Mediterraneo. La città è ricca di esempi sorti alla fine del 1400 che dimostrano l'abbandono di schemi costruttivi tipicamente gotici, basati sull'impiego di archi e nervature, a favore di strutture generate a partire da superfici curve in pietra scolpita e che rientrano nel filone di quella che sarà la stereotomia rinascimentale spagnola, basata sulle conoscenze note come *arte de la montea* o *corte de piedras* [Natividad Vivó 2012, pp. 71]. L'edificazione della *Lonja* nasce dalla necessità di sostituire la *Lonja Vella* (la *Lonja* antica) con una nuova struttura, date le condizioni in cui versava la sistemazione precedente (XIII secolo), non più in grado di rispondere al crescente volume delle trattative commerciali che avvenivano a Valencia nel tardo 1400. Dopo la morte di Ivarra, Compte porta avanti rapidamente il progetto originario: nel 1494 sono realizzati i primi due piani della torre e nel 1497 vengono realizzate le volte della Sala delle Contrattazioni.

Alla morte di Compte succede Joan Corbera fino al 1533, anno in cui la struttura viene terminata, salvo alcuni dettagli portati a termine nel 1548. La *Lonja* è costituita dalla caratteristica Sala delle Contrattazioni, arricchita dalla presenza di otto colonne tortili dislocate secondo uno schema che scandisce regolarmente lo spazio interno; da questa è possibile accedere al *pabellón del Consulado*, al giardino, alla cappella posta al piano terra e alla torre, caratterizzata dalla presenza al suo interno della scala elicoidale (fig. 1) che porta alle due



Fig. 1. La scala elicoidale della torre della *Lonja* di Valencia. Dettaglio di una rampa che compone l'intera struttura. Foto degli autori.

sale ai piani superiori e al terrazzamento posto in sommità. Ognuno di questi ambienti presenta elementi architettonici peculiari che caratterizzano l'intera struttura che, a ragion veduta, dimostra di essere uno dei più emblematici esempi di stereotomia spagnola. La Sala delle Contrattazioni presenta una sequenza di volte nervate che riprendono lo stile gotico valenciano, mentre nelle altre sale ai piani superiori è possibile ammirare: una volta 'a ombrello' e una volta a vela appaacciate stereotomicamente; le aperture di queste sale, costituite da archi obliqui aperti sulla torre cilindrica; la scala elicoidale situata all'interno della torre. Quest'ultima è collocata in posizione di raccordo tra gli ambienti principali disposti intorno al giardino, cioè all'intersezione della ideale forma a L che questi formano tra di loro, disposti in direzioni mutuamente ortogonali.

La scala

La scala può essere suddivisa in due porzioni: la prima, oggetto dell'analisi proposta, collocata in un vano di geometria cilindrica e chiusa in sommità da una cupola emisferica; la seconda (a quota superiore) disassata rispetto alla prima e a questa raccordata con un piccolo disimpegno, impostata su base pressoché quadrata e coperta da un solaio piano. La prima porzione si estende per una sequenza di sei rampe sviluppate su impianto circolare e in aggiunta a queste una porzione più piccola che funge da raccordo tra il piano terra e il primo giro della scala che permette di orientare l'ingresso, sul lato della Sala delle Contrattazioni, nella direzione opposta rispetto l'orientazione degli accessi alle sale superiori. Ogni rampa è composta da una sequenza di 15 scalini, ad eccezione della prima porzione che ne conta

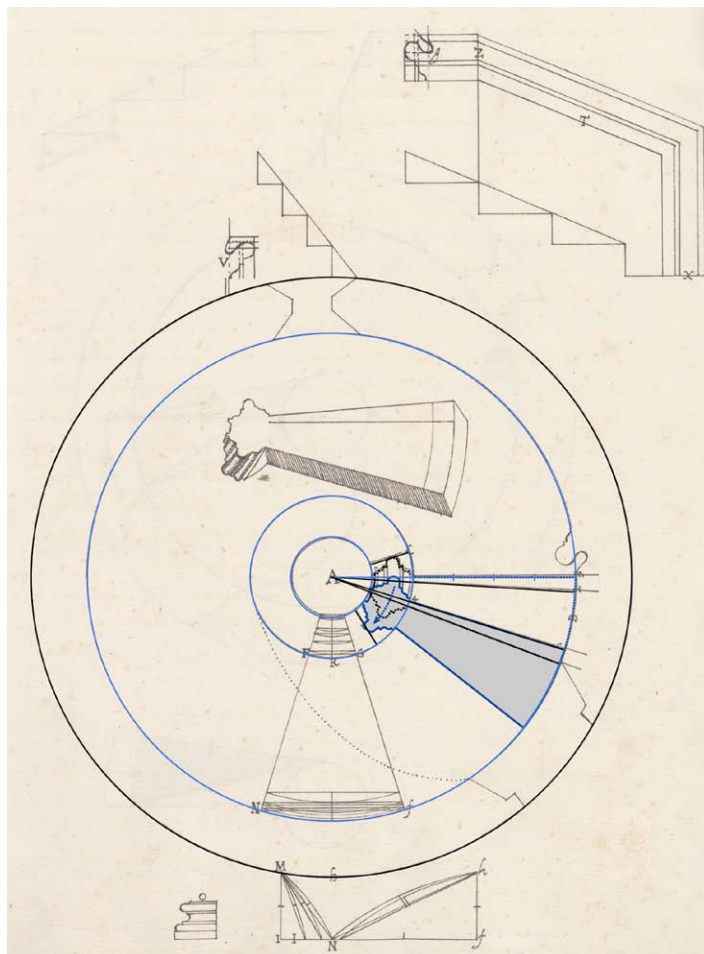


Fig. 2. Ricostruzione digitale del tracciato geometrico necessario alla sagoma dei concii del *caracol de Mallorca* secondo la definizione proposta da Vandelvira [Fol. 51 r.]. Elaborazione degli autori.

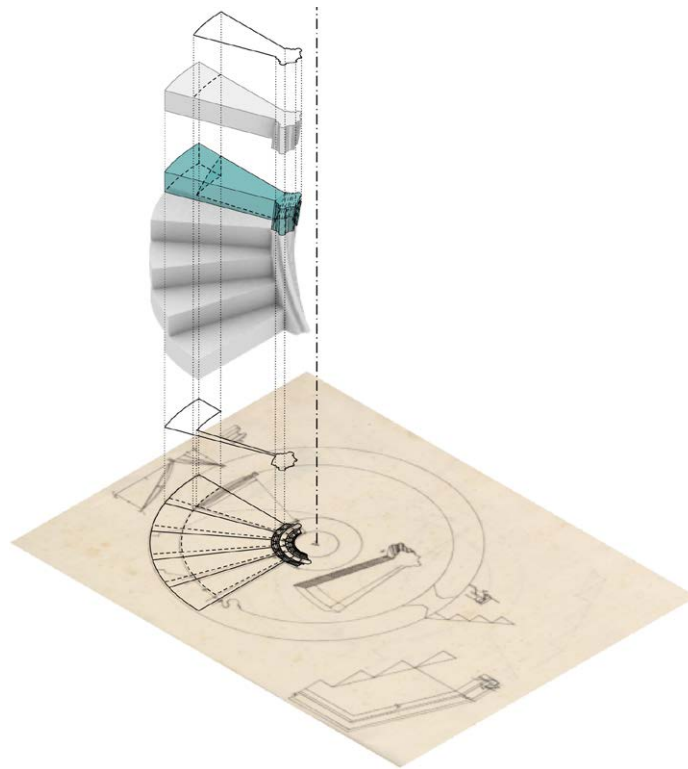


Fig. 3. Assonometria isometrica del modello ideale a partire dal volume del singolo concio al montaggio della rampa. Elaborazione degli autori.

sette. Tale scala si estende per 19,10 m, quota dalla quale la scala inizia il suo corso su impianto quadrato per ulteriori tre rampe. La prima parte, quella in pianta circolare, è una tipologia di scala stereotomica molto frequente nella Spagna rinascimentale e il suo modello è ampiamente esportato nei paesi di influenza della corona spagnola [2]. La sua caratteristica è quella di essere realizzata con conci di pietra opportunamente sagomati preventivamente alla posa in cantiere, sfruttando disegni preliminari e opportuni strumenti (dime, squadre, righelli) per definire le superfici del blocco. La scala è composta dalla sequenza di tali conci che costituiscono ognuno un singolo scalino della rampa e l'assemblaggio in quota di questi genera la struttura nella sua totalità; questo avviene utilizzando il sistema di appoggio verticale. La scala rientra nella tipologia di quelle catalogate dalla trattatistica rinascimentale come *Caracol de Mallorca* e presenta: spigoli degli scalini convergenti verso l'asse della scala; un nucleo cavo; la testa del concio rivolta verso l'interno decorato con modanatura e la testa rivolta al lato opposto, quello perimetrale, modellata secondo l'orditura dei conci che compongono il paramento murario del vano cilindrico che la contiene.

Il trattato di de Vandelvira e la tipologia costruttiva

Considerato tra i più rilevanti trattatisti spagnoli di stereotomia, Alonso de Vandelvira (1544-1626), pubblicò il suo manoscritto nel 1575, in un momento postumo rispetto alla realizzazione della scala della *Lonja* di Valencia. Nel suo trattato de Vandelvira propone le procedure geometriche utili alla realizzazione di superfici voltate e scale; tra quest'ultima classificazione inserisce tre tipologie di scale elicoidali di pianta circolare: il *caracol de husillo*, con nucleo centrale pieno; il *caracol de Mallorca*; il *caracol exento*, privo di muratura perimetrale quindi a sbalzo verso l'esterno. La loro diversità non consiste solo in un mero esercizio stilistico o estetico, soprattutto per quanto concerne le ultime due: la decorazione che viene applicata alle estremità a sbalzo, realizzate con specifiche modanature o balaustre, è una conformazione che si rifà a necessità prettamente pratiche e operative, ovvero di sfruttare il vuoto – interno nel primo caso, esterno nel secondo – per consentire il sollevamento di carichi

importanti in quota [Palacios Gonzalo 2013, pp. 7-20]. Nel caso della *caracol de Mallorca*, in cui rientra la scala della *Lonja*, de Vandelvira sviluppa una procedura specifica a partire dalla rappresentazione in pianta (fig. 2). Una volta tracciato il perimetro del vano scala (cui appartiene il lato B dello scalino), è necessario suddividere il suo raggio in sei parti; una di queste determina il raggio dell'occhio centrale, un'altra la porzione occupata dalla modanatura; le restanti quattro determinano la larghezza dello scalino [de Vandelvira 1575; Barbé-Coquelin De Lisle 1977]. In aggiunta, è necessario prevedere una porzione dello stesso (l'estremità di perimetro) che viene inglobata nella muratura perimetrale del vano scale.

I profili degli scalini sono definiti dalla suddivisione radiale della circonferenza in pianta, convergenti nel suo centro. La composizione della rampa prevede un'operazione di roto-traslazione del concio che porterà a far sovrapporre lo scalino superiore a quello che precede in modo che i profili 3 e 5 coincidano (la superficie compresa tra i lati 2 e 3 corrisponde alla sovrapposizione degli scalini). Ruotando il concio, la tangente alla modanatura condotta per A, coinciderà nella procedura di rotazione, con il lato D. Per definire il concio sarà necessario, *in primis*, stabilire le sue dimensioni in profondità (la misura di un piede) e della sua altezza (metà piede). In secondo luogo, collocare la pianta due volte: una alla base inferiore del concio, e una alla base superiore, per individuare nel singolo concio i profili 3 e 5 (che si troveranno sulla superficie superiore) e il profilo 2 (sulla base inferiore).

Il passo dell'ideale elicoide a piano direttore sotteso alla struttura, risulta essere strettamente connesso alla composizione degli scalini, e avrà pendenza costante per tutta la sua estensione (fig. 3).

De Vandelvira, consiglia di ottenere preventivamente la curvatura della modanatura in vera grandezza per realizzare le sagome lignee necessarie alla sua modellazione, indicandone i passaggi da svolgere. Tale operazione prevede la realizzazione dello sviluppo piano della modanatura. La sua genesi avviene quindi mediante l'utilizzo di apposite dime che consentono di essere opportunamente traslate per definire la geometria del profilo [Palacios Gonzalo 2013, p. 8]. La *declaration del caracol de Mallorca* si conclude poi con le procedure atte a sagomare il passamano e la base della modanatura interna [de Vandelvira 1575; Barbé-Coquelin De Lisle 1977].



Fig. 4. Assonometria isometrica del modello reale visualizzato come nuvola di punti. In azzurro, ricostruzione dell'elicoide a piano direttore ideale, individuato per quota totale della scala e numero di giri; in viola, superficie generata a partire dai punti del modello reale e passante per gli spigoli dell'estradosso. Elaborazione degli autori.

Analisi geometrica, stereotomica e fasi costruttive

L'analisi condotta sulla scala, impiega come base di lavoro la nuvola di punti realizzata mediante rilievo indiretto (laserscanner) sul sito ed è il risultato di 46 scansioni: queste sono realizzate mediante l'impiego di appositi *markers* applicati al manufatto, necessari ai fini del riconoscimento da parte del *software* delle singole porzioni di scala in fase di registrazione. La loro assenza avrebbe comportato una sovrapposizione delle scansioni dovuta dalla ripetitività geometrica della struttura.

Sebbene si tratti di una scala continua, priva di interruzioni anche agli accessi ai piani superiori, l'inclinazione dell'elicoide sotteso alla geometria della struttura, non si mantiene costante in tutta la percorrenza della scala, bensì presenta numerose difformità (fig. 4). La variazione di pendenza non è costituita da una costante che si mantiene invariata salendo in quota; ciò è dato dalla variazione di misura delle singole alzate di ogni scalino. Un'analisi dimensionale permette infatti di constatare che non sia presente una regola applicata rigorosamente tanto in continuità, quanto in progressione. Il variare di quota in alzata, così come la profondità delle pedate – e di conseguenza la pendenza della scala – non segue uno schema fisso ripetuto. Si è proceduto quindi all'annotazione dei dati dimensionali, suddivisi per rampa in modo tale da agevolare il confronto tra le quote (figg. 5, 6). Inoltre, nell'analisi geometrica va tenuto conto che l'asse dello pseudo-elicoide sotteso alla scala, non si mantiene verticale in quota, bensì è inclinato di 0.19°.

Confrontando le piante delle rampe, analizzate singolarmente, emerge inoltre un ulteriore dato: la profondità delle pedate, talvolta aumentata, talvolta diminuita, non permette di indi-

	RAMPA N. 1			RAMPA N. 1.5			RAMPA N. 2.5			RAMPA N. 3.5	
	QUOTA ALZATE (millimetri)	AMPIEZZA ANGOLARE PEDATE (gradi)		QUOTA ALZATE (millimetri)	AMPIEZZA ANGOLARE PEDATE (gradi)		QUOTA ALZATE (millimetri)	AMPIEZZA ANGOLARE PEDATE (gradi)		QUOTA ALZATE (millimetri)	AMPIEZZA ANGOLARE PEDATE (gradi)
15-14	-	-	15-14	201	23.29	15-14	207	23.74	15-14	206	23.19
14-13	-	-	14-13	193	23.73	14-13	191	23.11	14-13	194	23.51
13-12	-	-	13-12	204	23.81	13-12	194	23.47	13-12	195	23.66
12-11	-	-	12-11	194	23.91	12-11	202	23.67	12-11	211	23.70
11-10	-	-	11-10	201	23.69	11-10	205	23.69	11-10	191	24.21
10-9	-	-	10-9	190	23.74	10-9	219	23.61	10-9	196	23.27
9-8	-	-	9-8	221	24.04	9-8	187	23.23	9-8	190	23.87
8-7	-	-	8-7	193	24.40	8-7	199	24.14	8-7	197	23.29
7-6	201	23.27	7-6	205	24.04	7-6	192	23.82	7-6	210	23.86
6-5	202	23.48	6-5	182	24	6-5	213	23.74	6-5	206	24.09
5-4	183	24.05	5-4	202	23.61	5-4	183	23.73	5-4	191	23.57
4-3	192	22.34	4-3	188	23.45	4-3	203	23.83	4-3	188	23.19
3-2	204	23.48	3-2	203	23.92	3-2	195	24.24	3-2	191	22.93
2-1	199	23.20	2-1	194	24.62	2-1	194	23.92	2-1	176	23.21

	RAMPA N. 4.5			RAMPA N. 5.5			RAMPA N. 6.5	
	QUOTA ALZATE (millimetri)	AMPIEZZA ANGOLARE PEDATE (gradi)		QUOTA ALZATE (millimetri)	AMPIEZZA ANGOLARE PEDATE (gradi)		QUOTA ALZATE (millimetri)	AMPIEZZA ANGOLARE PEDATE (gradi)
15-14	203	23.93	15-14	205	23.85	15-14	183	23.30
14-13	200	23.31	14-13	193	23.68	14-13	192	23.64
13-12	202	23.74	13-12	193	24.07	13-12	194	23.83
12-11	184	23.47	12-11	207	24.14	12-11	226	24.04
11-10	190	23.90	11-10	191	23.88	11-10	175	23.94
10-9	202	23.49	10-9	201	24.11	10-9	193	24.39
9-8	191	24.13	9-8	182	23.82	9-8	176	24.49
8-7	202	23.58	8-7	184	23.68	8-7	193	26.19
7-6	202	22.69	7-6	200	23.80	7-6	214	24.29
6-5	212	22.74	6-5	177	23.08	6-5	172	23.81
5-4	177	23.26	5-4	190	23.18	5-4	180	23.70
4-3	182	23.67	4-3	186	22.72	4-3	196	23.59
3-2	190	22.98	3-2	200	22.71	3-2	202	23.16
2-1	189	23.17	2-1	183	22.84	2-1	187	23.41

Fig. 5. Le tabelle riportano le quote delle alzate e i valori angolari tra le pedate degli scalini, suddivisi per rampa. Per convenzione è stata nominata Rampa 1 quella compresa dal piano terra fino al primo giro (metà di una rampa completa); le successive 6 procedono dalla 1.5 (primo giro completo) alla 6.5 (l'ultima in sommità). Elaborazione degli autori.

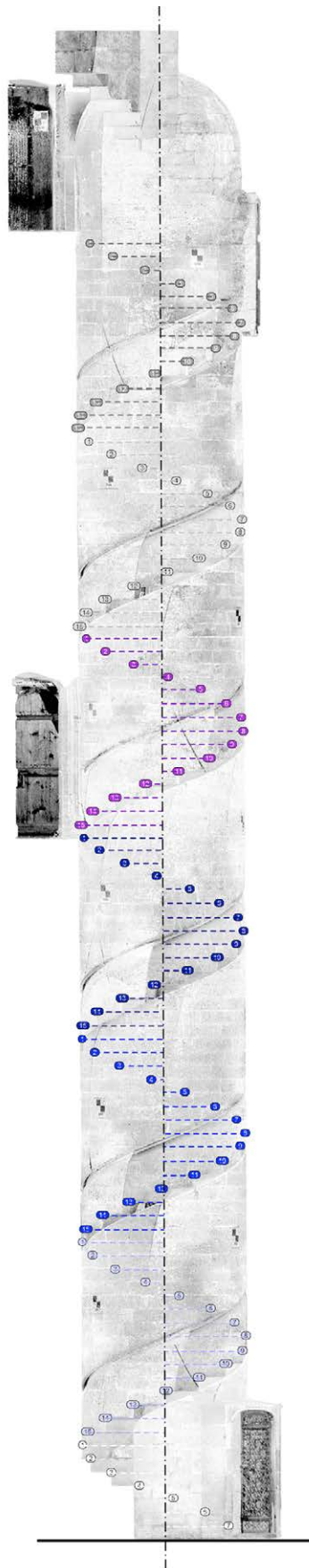


Fig. 6. Schema di suddivisione delle rampe mediante l'indicazione dei profili degli scalini impostato sul prospetto della nuvola di punti. Elaborazione degli autori.

	RAMPA 1-1.5	RAMPA 1.5-2.5	RAMPA 2.5-3.5	RAMPA 3.5-4.5	RAMPA 4.5-5.5	RAMPA 5.5-6.5
15		2.24	4.50	6.37	8.94	7.51
14		1.80	5.05	5.63	9.02	8.05
13		2.41	4.66	5.83	8.66	8.09
12		2.75	4.47	5.74	8.33	8.33
11		2.99	4.44	5.97	7.86	8.44
10		3.00	3.92	6.29	7.68	8.38
9		3.13	4.26	6.06	7.07	8.10
8		3.93	3.63	5.80	7.38	7.43
7	5.87	4.20	4.48	5.50	7.29	4.91
6	5.10	4.42	4.44	6.66	6.18	4.42
5	4.59	4.68	4.09	8.02	5.84	3.69
4	5.03	4.55	4.25	8.34	5.91	3.17
3	3.92	4.17	4.89	7.86	6.86	2.31
2	3.48	3.86	6.19	7.81	7.13	1.86
1	2.06	4.56	6.90	7.85	7.46	1.29

Fig. 7. La tabella riporta l'ampiezza angolare compresa tra i profili corrispondenti tra le rampe in quota. Elaborazione degli autori.

viduare un ipotetico allineamento degli spigoli corrispondenti tra le rampe (figg. 7, 8). Tuttavia, viene rilevato che la disposizione dei filari orizzontali del paramento perimetrale, pur variando nella dimensione di alzata, vengono mantenuti planari per tutta l'estensione del vano. Gli scalini sono infatti sagomati in modo tale che questa regola rimanesse rispettata, privilegiando l'uniformità di appoggio e garantendo così il funzionamento strutturale nella sagoma delle facce superiori e inferiori. Pur non rifacendosi ad un modello dimensionale, la sagoma degli scalini rispecchia le operazioni necessarie alla sua apparecchiatura, di seguito esposte. Innanzitutto, il concio viene sborzato mantenendo orizzontale le facce superiore, inferiore, e la distanza tra queste, fissata dalla dimensione del filare cui si innesta la testa perimetrale. Successivamente viene realizzata la faccia inferiore (intradosso) e avviene la posa in opera (probabilmente per parti). Infine, viene realizzata la modanatura rivolta verso il nucleo e le scanalature dell'intradosso (o faccia inferiore), in modo tale da garantire la continuità di queste superfici tra i conci.

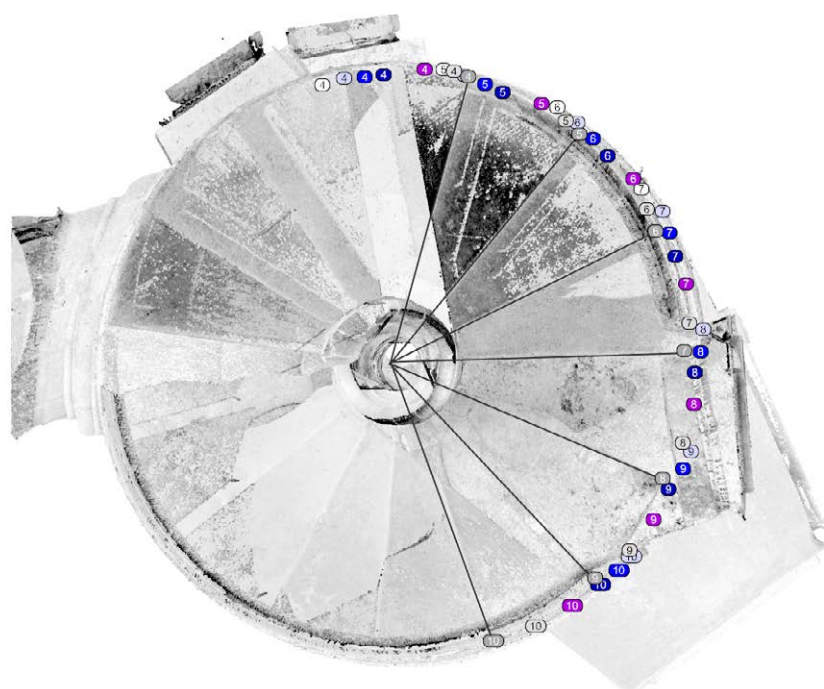


Fig. 8. Visualizzazione in pianta (rampa 6.5) dello slittamento dei profili degli scalini secondo i valori riportati in fig. 7. Elaborazione degli autori.

Conclusioni

La realizzazione di un modello digitale della scala della *Lonja* ha permesso di mettere in evidenza gli aspetti fondamentali della struttura e di indagare tecniche e metodologie messe in atto dalle maestranze del tempo per la sua realizzazione. Inoltre, il clone digitale permette di confrontare la geometria sottesa alla struttura ponendo in relazione le due ipotesi: il confronto tra modello reale (figg. 9, 10) e quello ideale proposto dai trattati e ricostruito digitalmente sulla base di questi. Tale comparazione non trova concordanza con il caso studiato in termini di procedure geometriche; tuttavia, seppur non riflettendo una configurazione dimensionale generalizzata, coincide nella pratica operativa e nel risultato finale. Ad eccezione di un parametro: l'applicazione rigorosa delle procedure così come descritte dai trattati, prevede che il concio sia già sagomato nella sua completezza prima della posa in cantiere. Infatti, de Vandelvira indica precisamente la necessità di sviluppare in vera grandezza e vera forma

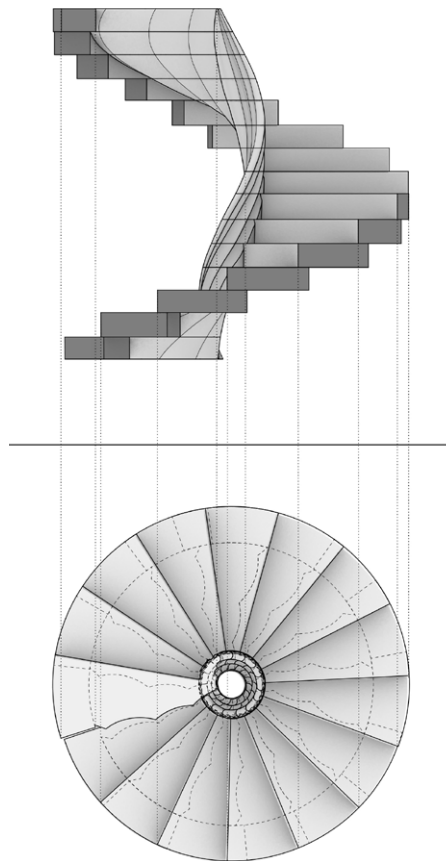


Fig. 9. Ricostruzione digitale di una rampa-modello (rampa 2.5) esemplificativa della composizione della scala. Proiezioni ortogonali. Elaborazione degli autori.

l'inclinazione della superficie di intradosso. Risulta difficile affermare che questo parametro sia rispettato nel cantiere valenciano, in quanto, pur considerando le possibili deformazioni o cedimenti subiti dalla struttura nei secoli, non tiene conto della geometria sottesa alla scala completa, ma esclusivamente alla sagoma dell'elemento unitario, lo scalino. I giunti individuati tra i conci, non presentano irregolarità che evidenzino una discontinuità tra le facce, da ciò è possibile affermare che quelle superfici continue, di intradosso e la modanatura, siano state create solo nella fase finale dopo la posa.

La ricostruzione digitale dei modelli, quello teorico e quello reale, mette in luce quindi le difformità presenti tra principio teorico e costruzione reale.

La necessità di far prevalere, in fase di costruzione, la planarità dei giunti orizzontali, oltre che per questioni strutturali, è legata anche alla pratica di cantiere: la rifinitura finale, a ope-

ra montata, permette un controllo migliore del volume e riduce il rischio di mancanza di corrispondenza tra i giunti, soprattutto quelli che determinano i profili più complessi quali modanatura e intradosso.

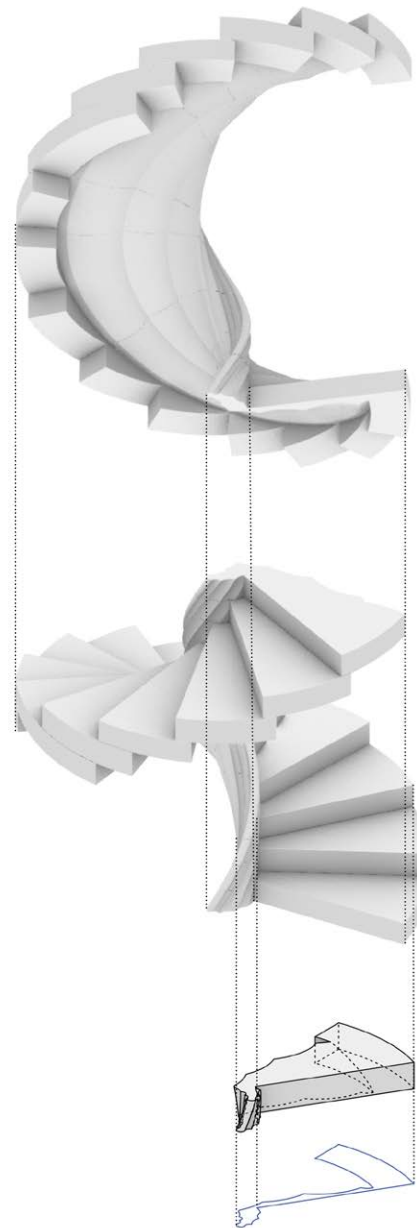


Fig. 10. Ricostruzione digitale di una rampa-modello (rampa 2.5) esemplificativa della composizione della scala e dei singoli scalini. Assonometria isometrica. Elaborazione degli autori.

Note

[1] Baldomar e Compte erano maestri delle opere reali, capomastri della città e della cattedrale e fondatori della corporazione degli scalpellini. Le loro opere rivelano la presenza di un'importante scuola valenciana di costruttori cui queste maestranze facevano parte [Natividad Vivó 2012, pp. 71-86].

[2] Nel Mediterraneo ma nel dettaglio anche in Italia, per citarne alcuni: la scala di accesso alla sala dei Baroni del Castelnuovo, Napoli; la scala del castello di Castellammare del Golfo; la scala della chiesa di San Giorgio, Modica; Duomo di Siracusa [Bares 2013, pp. 73-97].

Riferimenti bibliografici

Barbé-Coquelin De Lisle G. (a cura di) (1977). *Tratado de Arquitectura de Alonso de Vandelvira*. Albacenete: Confederación Española de Cajas de Ahorros.

Bares M. M. (2013). Le scale elicoidali con vuoto centrale: tradizioni costruttive del Val di Noto nel Settecento. In Antista G., Bares M. M. (a cura di). *Le scale in pietra a vista nel Mediterraneo*, pp. 73-97. Palermo: Caracol.

de Vandelvira A. (1585 ca.). *Libro de trazas de cortes de piedras*. Manoscritto, Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.

Natividad Vivó P. (2012). La bóveda en la cárcel de comerciantes de la Lonja de Valencia. In *P+C* 3/2012, pp. 71-86.

Palacios Gonzalo J. C. (2013). Las escaleras en el tratado de Vandelvira. In Antista G., Bares M. M. (a cura di). *Le scale in pietra a vista nel Mediterraneo*, pp. 7-20. Palermo: Caracol.

Zaragozá A. (2021). La lonja de Valencia. Componiendo con maclas y transformaciones, construyendo a la moderna, disponiendo el ornato. In Bernaus M., Domenge J. (a cura di). *Les lotes comerciales a la Corona d'Aragò (s. XIV-XVI)*, *Speciale Lexicon* 1/2021, pp. 125-144. Palermo: Caracol.

Zaragozá A. (1996). El arte de corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos: Pere Compte y su círculo. In Gómez J. B., Gómez-Ferrer Lozano M., Desfilis A. S. (a cura di), *El Mediterráneo y el Arte Español*. Actas del XI Congreso del CEHA. Valencia, septiembre 1996, pp. 75-84. Valencia: El.

Zaragozá A. (2021). El taller de escultura de Pere Compte. In Gómez-Ferrer Lozano M., Gil Saura Y. (a cura di). *Geografías de la movilidad artística. Valencia en época moderna, Cuadernos Ars Longa* 10/2021. pp. 11-37. Valencia: Universitat de Valencia.

Autori

Antonio Calandriello, Università Iuav di Venezia, acalandriello@iuav.it

Giulia Lazzaretto, Università Iuav di Venezia, glazzaretto@iuav.it

Giulia Piccinin, Università Iuav di Venezia, gpiccinin@iuav.it

Per citare questo capitolo: Antonio Calandriello, Giulia Lazzaretto, Giulia Piccinin (2024). La scala elicoidale della Lonja de Los Mercaderes di Valencia. Dai trattati alla digitalizzazione del modello stereotomico/ The helicoidal staircase of the Lonja de Los Mercaderes in Valencia. From treatises to the digitization of the stereotomic model. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 1007-1028.

The helicoidal staircase of the *Lonja de Los Mercaderes* in Valencia. From treatises to the digitization of the stereotomic model

Antonio Calandriello
Giulia Lazzaretto
Giulia Piccinin

Abstract

The main topic of the study is the geometric and dimensional analysis of the stereotomic circular helicoidal staircase of the *Lonja* tower in Valencia, one of the most relevant examples of 15th century Spanish stereotomy. The investigation carried out has allowed to highlight its features and its constructive issues, according to the comparison between the built structure and the application of the geometric knowledges developed in the treatises of the same time, by digital reconstruction of the real model and the ideal model. The latter allowed hypotheses to be made also about the operating procedures applied in place by the craftsmen, sometimes in contrast with the rigorous application of the geometric method. It is above all from the dimensional analysis, applied first to the totality of the stair, then for smaller sections studied individually, to have highlighted the construction methods, linked to structural, constructive and stylistic needs.

Keywords

Stereotomy, helicoidal staircase, de Vandelvira, Lonja de Valencia, caracol de Mallorca



The helicoidal staircase of the tower of the *Lonja de Valencia*. Image by the authors.

The *Lonja de la Seda de Valencia*: the historical, geographical and cultural context

The so-called *Lonja de la Seda* is an architectural complex composed of different spaces, originally built on a project by Francesc Baldomar (1395-1476) and completed by his pupils Pere Compte (...-1506) and Joan Ivarra (...-1486) [1]. The *Lonja* represents the culmination of the economic magnificence of the 15th century city of Valencia and is commonly considered the most exemplary work of art of its time, so the maximum expression of the Valencian Gothic style but also a consequence of a new construction and aesthetic trend that soon would have spread widely in the Mediterranean area. The city is full of examples that arose at the end of 1400 that demonstrate the rejection of typical Gothic construction schemes, based on the use of arches and ribs, in favor of structures generated from curved surfaces made with ashlar and that is developed to be the Spanish Renaissance stereotomy, based on the knowledge known as *arte de la montea* or *corte de piedras* [Natividad Vivó 2012, pp. 71]. The construction of the *Lonja* arises from the need to replace the *Lonja Vella* (the ancient *Lonja*) with a new structure, given the bad conditions of the previous accommodation (XIII century), no longer able to respond to the growing volume of trade negotiations that took place in Valencia in the late 1400s. After Ivarra's death, Compte quickly carried out the original project: in 1494 the first two stories of the tower were built and in 1497 the vaults of the Hall of Negotiations were completed.

When Compte died, Joan Corbera succeeded him until 1533, the year in which the structure was finished, except for some details completed in 1548. The *Lonja* consists of the characteristic Trading Hall, enriched by the presence of eight spiral columns located according to a pattern that regularly marks the interior space; from this it is possible to access the *Pabellón del Consulado*, the garden, the chapel on the ground floor and the tower, in which is set the spiral staircase (fig. 1) that leads to the two rooms on the upper stories and the



Fig. 1. The heliocidal staircase of the tower of the *Lonja de Valencia*. Detail of a ramp that makes up the entire structure. Image by the authors.

terrace at the top. Each of these rooms has peculiar architectural elements that characterize the entire structure that, rightly, proves to be one of the most emblematic examples of Spanish stereotomy. The Trading Hall is covered by a sequence of ribbed vaults that reflect the Valencian Gothic style, while in the other rooms on the upper floors it is possible to admire: an 'umbrella' vault and a sail vault stereotomically built; the openings of these rooms, consisting of oblique arches open on the cylindrical tower; the helicoidal staircase located inside the tower. The latter is placed in a connecting position between the main rooms arranged around the garden, that is, at the intersection of the ideal L-shape that these form with each other, arranged in mutually orthogonal directions.

The staircase

Ideally, the staircase can be divided into two parts: the first one, which is the main topic of the essay, is placed in a cylindrical shape space and covered at the top by an hemispherical dome; the second one (at a higher altitude) has an axis that is translated from the one of the lower portion and it is linked to the first part thanks to a small connection space, set on an almost square shape plan and covered by a flat surface. The first portion extends for a sequence of six ramps developed on circular shape plan and, in addition to these, there's a smaller ramp that serves as a junction between the ground floor and the first turn of the staircase: this allows to orient the entrance, on the side of the Trading Hall, in the opposite direction from the orientation of the accesses to the upper rooms. Each ramp consists of a sequence of fifteen steps, except for the first portion that counts seven. This staircase

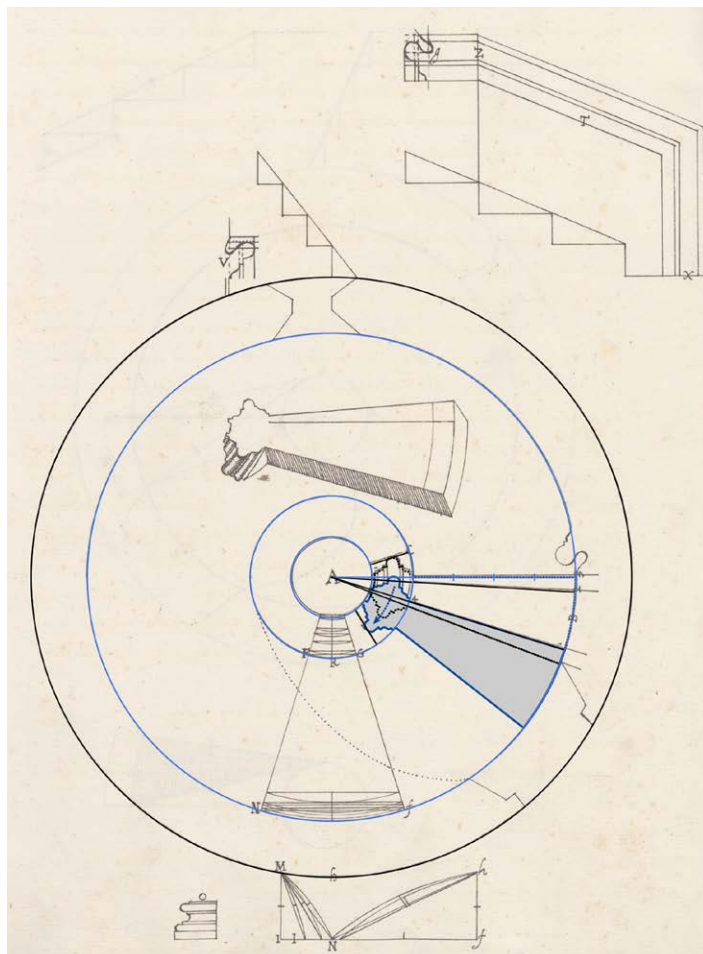


Fig. 2. Digital reconstruction of the geometric tracing necessary for the shape of the ashlar of the *caracol de Mallorca* according to the definition proposed by de Vandelvira [Fol. 51 r.]. Elaboration by the authors.

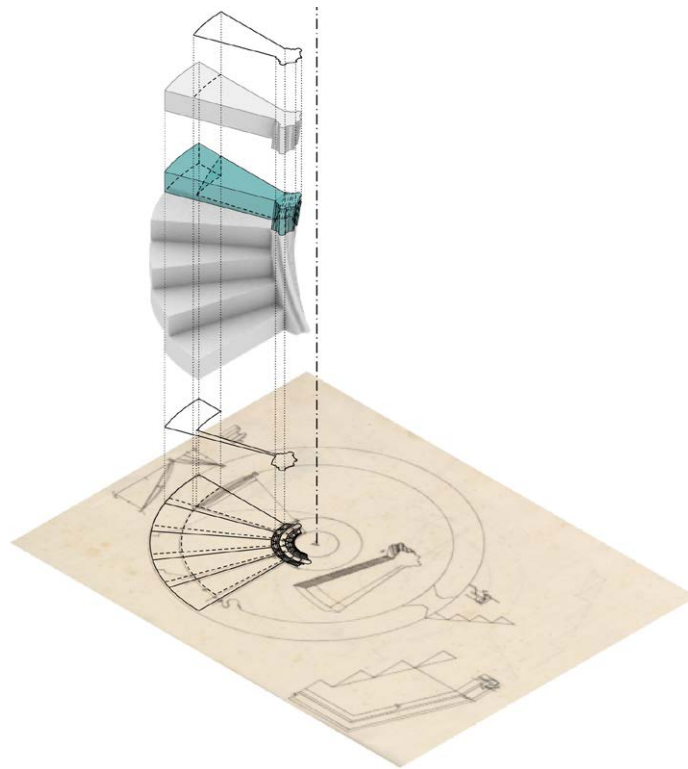


Fig. 3. Isometric axonometry of the ideal model from the volume of the single ashlar to the assembly of the ramp. Elaboration by the authors.

extends for 19.10 m, the height from which the staircase continues its development on a square shape plan for three additional ramps. The first part, circular in plan, is a very frequent typology of stereotomic staircase in the Spanish Renaissance and its model is widely exported in the countries of influence of the Spanish crown [2]. Its characteristic is that it is made with ashlars suitably shaped before being layered on site, using preliminary drawings and appropriate tools (templates, square rulers, linear rulers) to define the surfaces of each block of stone. The staircase is composed of the sequence of such blocks that constitute the steps of each ramp and the assembly in sequence in height of these, generates the structure in its entirety; this is done using the system of vertical loads.

The staircase belongs to the typology of those codified as *Caracol de Mallorca* by the Renaissance treatise and presents: edges of the steps converging towards the axis of the staircase; an empty core; the side of the ashlar facing inward decorated with molding and the side facing the opposite direction, along the perimeter, modeled according to the structure of the ashlars that make up the wall of the cylindrical compartment that contains the staircase.

The treaty by de Vandelvira and the constructive typology

Considered one of the most relevant Spanish treatises on stereotomy, Alonso de Vandelvira (1544-1626), published his manuscript in 1575, at a posthumous moment with respect to the realization of the scale of the *Lonja* of Valencia.

In his treatise de Vandelvira proposes the geometric procedures useful for the realization of vaulted surfaces and stairs; between the latter, he inserts three types of helicoidal stairs on circular plan: the *caracol de husillo*, with full central nucleus; the *caracol de Mallorca*; the *caracol exento*, without perimeter masonry then cantilevered outwards. Their diversity does not consist only in a mere stylistic or aesthetic exercise, especially with regard to the last two: the decoration that is applied to the cantilever ends, made with specific moldings or balustrades, is a conformation that refers to purely practical and operational needs, that is to exploit the vacuum - internal in the first case, external in the second - to allow the lifting

of important loads at altitude [Palacios Gonzalo 2013, pp. 7-20]. In the case of the *caracol de Mallorca*, which includes the staircase at the *Lonja*, de Vandelvira develops a specific procedure starting from the plan representation (fig. 2). Once the perimeter of the stair (to which the B side of the step belongs) is drawn, it is necessary to divide its radius into six parts; one of these determines the radius of the central eye, another one represents the portion occupied by the molding; the remaining four parts determine the width of each step [de Vandelvira 1575; Barbé-Coquelin De Lisle 1977]. In addition, it is necessary to provide a portion of the same (the perimeter end) that is incorporated into the perimeter masonry of the staircase.

The horizontal edges of the steps are defined by the radial subdivision of the circumference in plan and convergent in its center. The composition of the ramp involves a roto-translation operation that will lead to overlap the upper step to the previous one so that profiles 3 and 5 coincide (the surface between sides 2 and 3 corresponds to the overlap of the steps). Rotating the ashlar, the tangent to the molding conducted for A, will coincide in the rotation procedure, with the side D.

To define the ashlar it is necessary, firstly, to establish its dimensions in depth (the size of a foot) and its height (half foot). Secondly, it is necessary to place the plan of the step twice: one at the lower base of the block of stone, and one at its upper base, to identify in each ashlar the profiles 3 and 5 (which will be on the upper surface) and profile 2 (on the lower base). The pitch of the ideal helicoid underlying the structure is closely connected to the composition of the steps, and will have a constant slope throughout its extension (fig. 3).

De Vandelvira, recommends to obtain in advance the curvature of the molding in true size and shape to create the wooden shapes necessary for its modeling, indicating the steps to be carried out. This operation involves the development of the molding plan. Its genesis then occurs through the use of special templates that allow it to be appropriately translated to define the geometry of the profile [Palacios Gonzalo 2013, p. 8].

The *declaration of the caracol de Mallorca* ends with the procedures to shape the handrail and the base of the internal molding [de Vandelvira 1575; Barbé-Coquelin De Lisle 1977].



Fig. 4. Isometric axonometry of the real model displayed as a point cloud. In light blue, reconstruction of the ideal helicoid, identified by the total height of the stair and number of turns; in purple, surface generated from the points of the real construction and passing through the horizontal edges of the extrados. Elaboration by the authors.

Geometric and stereotomic analysis and construction phases

The analysis carried out on the staircase starts from the pointcloud obtained from digital survey (laserscanner) carried out on the site and it is the result of 46 scans: these are made by using special markers applied to the structure, necessary for the identification of points of the structure by the software during registration process. Their absence would have led to an overlap of the scans due to the geometric repeatability of the structure. Although it is a continuous staircase, without interruptions even at the access to the upper floors, the inclination of the helicoid underlying the geometry of the structure does not remain constant throughout the entire length of the staircase, but presents numerous differences (fig. 4). The variation of slope is not constituted by a constant value that keeps itself unchanged going up in altitude; this is given by the variation of measure of the single height of every step. In fact, a dimensional analysis reveals that there is not a rule strictly applied both in continuity and in progression.

The variation of elevation, as well as the depth of the steps - and consequently the slope of the stair - does not follow a fixed and repeated pattern. The dimensional data, subdivided by ramp in such a way as to facilitate the comparison between the heights, were then annotated (figs. 5, 6). Moreover, in the geometrical analysis it must be taken into account that the axis of the pseudo-helicoid subtended to the stair, does not remain vertical in altitude, but is inclined of 0.19 degrees.

Comparing the plans of the ramps, analyzed individually, a further data emerges: the depth of the treads, sometimes increased, sometimes decreased, does not allow to identify a hy-

	RAMPA N. 1			RAMPA N. 1.5			RAMPA N. 2.5			RAMPA N. 3.5	
	QUOTA ALZATE (millimetri)	AMPIEZZA ANGOLARE PEDATE (gradi)		QUOTA ALZATE (millimetri)	AMPIEZZA ANGOLARE PEDATE (gradi)		QUOTA ALZATE (millimetri)	AMPIEZZA ANGOLARE PEDATE (gradi)		QUOTA ALZATE (millimetri)	AMPIEZZA ANGOLARE PEDATE (gradi)
15-14	-	-	15-14	201	23.29	15-14	207	23.74	15-14	206	23.19
14-13	-	-	14-13	193	23.73	14-13	191	23.11	14-13	194	23.51
13-12	-	-	13-12	204	23.81	13-12	194	23.47	13-12	195	23.66
12-11	-	-	12-11	194	23.91	12-11	202	23.67	12-11	211	23.70
11-10	-	-	11-10	201	23.69	11-10	205	23.69	11-10	191	24.21
10-9	-	-	10-9	190	23.74	10-9	219	23.61	10-9	196	23.27
9-8	-	-	9-8	221	24.04	9-8	187	23.23	9-8	190	23.87
8-7	-	-	8-7	193	24.40	8-7	199	24.14	8-7	197	23.29
7-6	201	23.27	7-6	205	24.04	7-6	192	23.82	7-6	210	23.86
6-5	202	23.48	6-5	182	24	6-5	213	23.74	6-5	206	24.09
5-4	183	24.05	5-4	202	23.61	5-4	183	23.73	5-4	191	23.57
4-3	192	22.34	4-3	188	23.45	4-3	203	23.83	4-3	188	23.19
3-2	204	23.48	3-2	203	23.92	3-2	195	24.24	3-2	191	22.93
2-1	199	23.20	2-1	194	24.62	2-1	194	23.92	2-1	176	23.21

	RAMPA N. 4.5			RAMPA N. 5.5			RAMPA N. 6.5	
	QUOTA ALZATE (millimetri)	AMPIEZZA ANGOLARE PEDATE (gradi)		QUOTA ALZATE (millimetri)	AMPIEZZA ANGOLARE PEDATE (gradi)		QUOTA ALZATE (millimetri)	AMPIEZZA ANGOLARE PEDATE (gradi)
15-14	203	23.93	15-14	205	23.85	15-14	183	23.30
14-13	200	23.31	14-13	193	23.68	14-13	192	23.64
13-12	202	23.74	13-12	193	24.07	13-12	194	23.83
12-11	184	23.47	12-11	207	24.14	12-11	226	24.04
11-10	190	23.90	11-10	191	23.88	11-10	175	23.94
10-9	202	23.49	10-9	201	24.11	10-9	193	24.39
9-8	191	24.13	9-8	182	23.82	9-8	176	24.49
8-7	202	23.58	8-7	184	23.68	8-7	193	26.19
7-6	202	22.69	7-6	200	23.80	7-6	214	24.29
6-5	212	22.74	6-5	177	23.08	6-5	172	23.81
5-4	177	23.26	5-4	190	23.18	5-4	180	23.70
4-3	182	23.67	4-3	186	22.72	4-3	196	23.59
3-2	190	22.98	3-2	200	22.71	3-2	202	23.16
2-1	189	23.17	2-1	183	22.84	2-1	187	23.41

Fig. 5. The tables show the dimensions of the heights and the angular values between the steps, divided by ramp. By convention it was named Ramp 1 that included from the ground floor until the first turn (half of a complete ramp); the next 6 proceed from 1.5 (first full turn) to 6.5 (the last ramp at the top). Elaboration by the authors.

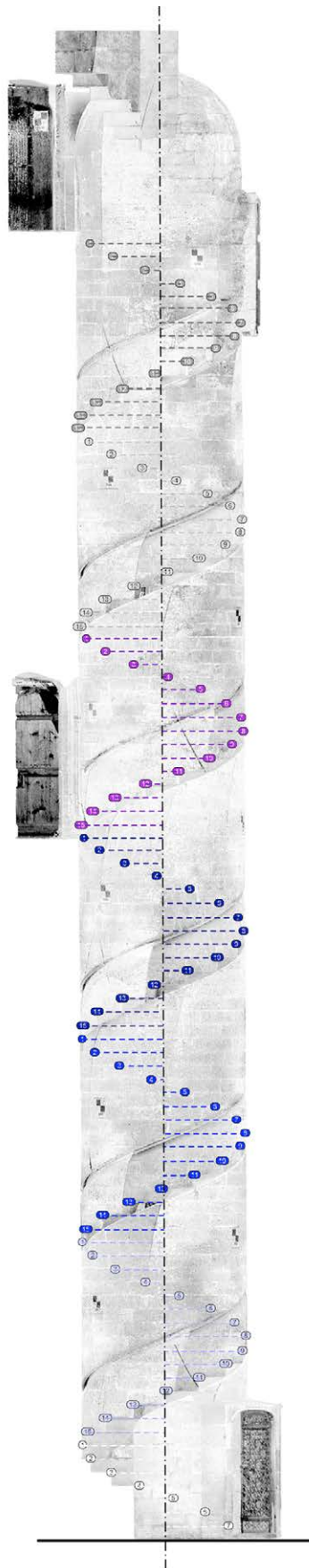


Fig. 6. Layout of the ramps by indicating the edge of the steps set on the front view of the point cloud. Elaboration by the authors.

	RAMPA 1-1.5	RAMPA 1.5-2.5	RAMPA 2.5-3.5	RAMPA 3.5-4.5	RAMPA 4.5-5.5	RAMPA 5.5-6.5
15		2.24	4.50	6.37	8.94	7.51
14		1.80	5.05	5.63	9.02	8.05
13		2.41	4.66	5.83	8.66	8.09
12		2.75	4.47	5.74	8.33	8.33
11		2.99	4.44	5.97	7.86	8.44
10		3.00	3.92	6.29	7.68	8.38
9		3.13	4.26	6.06	7.07	8.10
8		3.93	3.63	5.80	7.38	7.43
7	5.87	4.20	4.48	5.50	7.29	4.91
6	5.10	4.42	4.44	6.66	6.18	4.42
5	4.59	4.68	4.09	8.02	5.84	3.69
4	5.03	4.55	4.25	8.34	5.91	3.17
3	3.92	4.17	4.89	7.86	6.86	2.31
2	3.48	3.86	6.19	7.81	7.13	1.86
1	2.06	4.56	6.90	7.85	7.46	1.29

Fig. 7. The table shows the angular width between the corresponding profiles of overlaid ramps. Elaboration by the authors.

pothetical alignment of the corresponding edges between the ramps (figs. 7, 8). However, it is noted that the arrangement of the horizontal rows of the perimeter side, while varying in the raised dimension, are kept planar throughout the extension of the cylindrical compartment. The steps are in fact shaped in such a way that this rule remained respected, favoring the uniformity of support and thus ensuring the structural operation in the shape of the upper and lower faces.

Although not referring to a dimensional model, the outline of the steps reflects the operations necessary for its equipment, as shown below. First, the block of stone is roughly shaped keeping horizontal the upper and lower faces and the distance between them, fixed by the size of the row to which the side at the perimeter is inserted. Then the lower face (intrados) is realized and the ashlar is set in its final position (probably for parts). Finally, the molding facing the core and the decoration of the lower surface (or lower face) are made, so as to ensure the continuity of these surfaces between the ashlars.

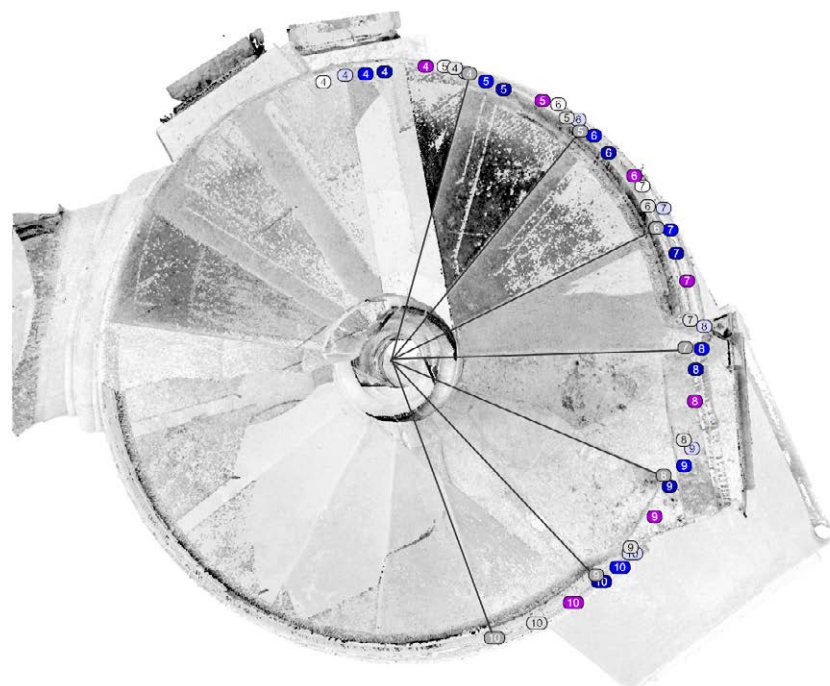


Fig. 8. Plan view (ramp 6.5) of the slip of the horizontal edges of the steps according to the values given in fig. 7. Elaboration by the authors.

Conclusion

The realization of a digital model of the staircase of the *Lonja* has allowed to highlight the fundamental features of the structure and to investigate techniques and methodologies put in place by the craftsmen of the time for its realization. Moreover, the digital clone allows to compare the underlying geometry of the structure by relating the two hypotheses: the comparison between the real model (figs. 9, 10) and the ideal model proposed by the treaties and digitally modeled according to these. This comparison is not consistent with the case study in terms of geometric procedures; however, although it does not reflect a general dimensional configuration, it coincides in the operative practice and in the final result. With the exception of one parameter: the strict application of the procedures as described in the treaties requires that the ashlar is already completely shaped before taking place in the construction site. In fact, de Vandelvira indicates precisely the need to develop in true size

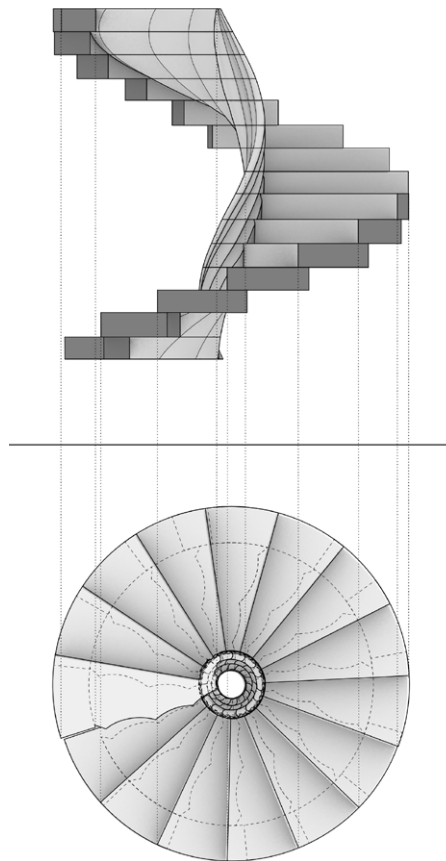


Fig. 9. Digital reconstruction of a ramp (ramp 2.5) illustrating the composition of the stair. Orthogonal projections. Elaboration by the authors.

and true shape the inclination of the surface of the lower surface. It is hard to say that this parameter is respected in the Valencian construction since, while taking into account the possible deformations or sagging suffered by the structure over the centuries, it does not take into account the geometry underlying the complete stair, but exclusively the silhouette of the single element, the step. The joints identified between the blocks do not show any irregularities that demonstrate a discontinuity between the faces, from this it is possible to say that those continuous surfaces, of the lower surface and the molding, have been created only in the final phase after setting each step in the final position. The digital reconstruction of the models, the theoretical one and the real one, therefore highlights the differences between the theoretical principle and the real construction. The need to ensure that the flatness of the horizontal joints prevails during construction, as well as for structural reasons,

is also linked to the practice of building: the final finishing allows a better control of the volume and reduces the risk of lack of correspondence between the joints, especially those that determine the most complex profiles such as the molding and lower surface.

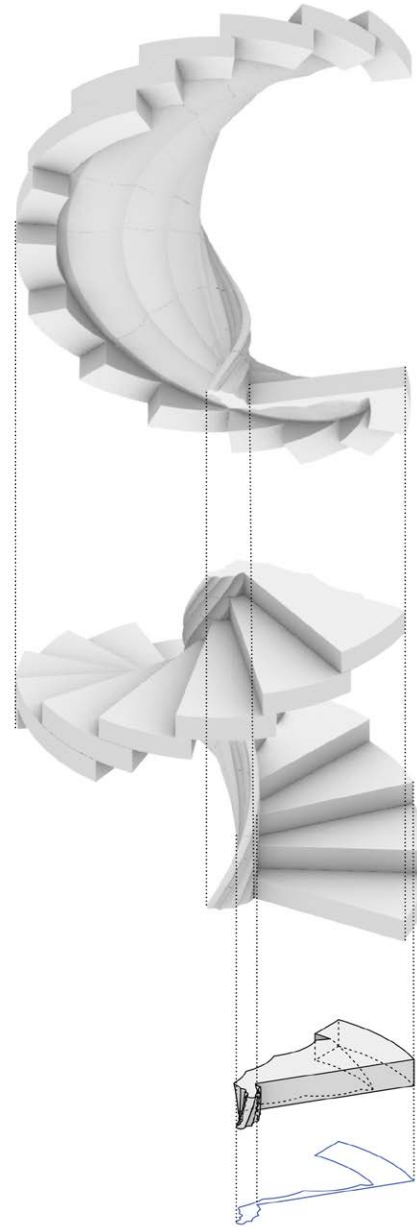


Fig. 10. Digital reconstruction of a ramp (ramp 2.5) illustrating the composition of the stair and the individual steps. Isometric axonometry. Elaboration by the authors.

Notes

[1] Baldomar and Compte were masters of royal constructive works, master builders of the city and the cathedral, and founders of the guild of stonemasons. Their works reveal the presence of an important Valencian school of builders to which these workers were part [Natividad Vivó 2012, pp. 71-86].

[2] In the Mediterranean but in detail also in Italy, to name a few: the staircase of the Sala dei Baroni of the Castelnuovo, Naples; the staircase of the castle of Castellammare del Golfo; the staircase of the church of San Giorgio, Modica; Cathedral of Siracusa [Bares 2013, pp. 73-97].

References

- Barbé-Coquelin De Lisle G. (Ed.) (1977). *Tratado de Arquitectura de Alonso de Vandelvira*. Albacenete: Confederación Española de Cajas de Ahorros.
- Bares M. M. (2013). Le scale elicoidali con vuoto centrale: tradizioni costruttive del Val di Noto nel Settecento. In Antista G., Bares M. M. (Eds.). *Le scale in pietra a vista nel Mediterraneo*, pp. 73-97. Palermo: Caracol.
- de Vandelvira A. (1585 ca.). *Libro de trazas de cortes de piedras*. Manoscritto, Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Natividad Vivó P. (2012). La bóveda en la cárcel de comerciantes de la Lonja de Valencia. In *P+C* 3/2012, pp. 71-86.
- Palacios Gonzalo J. C. (2013). Las escaleras en el tratado de Vandelvira. In Antista G., Bares M. M. (Eds.). *Le scale in pietra a vista nel Mediterraneo*, pp. 7-20. Palermo: Caracol.
- Zaragozá A. (2021). La lonja de Valencia. Componiendo con maclas y transformaciones, construyendo a la moderna, disponiendo el ornato. In Bernaus M., Domenge J. (Eds.). *Les lotes comercials a la Corona d'Aragó (s. XIV-XVI)*, *Speciale Lexicon* 1/2021, pp. 125-144. Palermo: Caracol.
- Zaragozá A. (1996). El arte de corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos: Pere Compte y su círculo. In Gómez J. B., Gómez-Ferrer Lozano M., Desfilis A. S. (Eds.), *El Mediterráneo y el Arte Español*. Actas del XI Congreso del CEHA. Valencia, septiembre 1996, pp. 75-84. Valencia: El.
- Zaragozá A. (2021). El taller de escultura de Pere Compte. In Gómez-Ferrer Lozano M., Gil Saura Y. (Eds.). *Geografías de la movilidad artística. Valencia en época moderna, Cuadernos Ars Longa* 10/2021. pp. 11-37. Valencia: Universitat de Valencia.

Authors

Antonio Calandriello, Università Iuav di Venezia, acalandriello@iuav.it
Giulia Lazzaretto, Università Iuav di Venezia, glazzaretto@iuav.it
Giulia Piccinin, Università Iuav di Venezia, gpiccinin@iuav.it

To cite this chapter: Antonio Calandriello, Giulia Lazzaretto, Giulia Piccinin (2024). La scala elicoidale della Lonja de Los Mercaderes di Valencia. Dai trattati alla digitalizzazione del modello stereotomico/ The helicoidal staircase of the Lonja de Los Mercaderes in Valencia. From treatises to the digitization of the stereotomic model. In Bergamo F., Calandriello A., Ciamaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (Eds.). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 1007-1028.