

LA ESCALERA DE PATIO DEL PALACIO DE EN BOU DE VALENCIA: TRAZA, CONSTRUCCIÓN Y ESTRUCTURA

*Trabajo Fin de Máster
MOCPA ETSAV UPV
2018/2019*

Autor:

GIULIA EQUIZZI

Directores Académicos:

RAFAEL MARÍN SÁNCHEZ
PABLO NAVARRO CAMALLONGA

*Valencia
Septiembre 2019*



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA



MASTER OFICIAL EN
CONSERVACION DEL
PATRIMONIO ARQ.

CPA

LA ESCALERA DE PATIO DEL PALACIO DE EN BOU DE VALENCIA: TRAZA, CONSTRUCCIÓN Y ESTRUCTURA

Trabajo Fin de Máster
MOCPA ETSAV UPV
2018/2019

Autor:

GIULIA EQUIZZI

Directores Académicos:

ADOLFO ALONSO DURÁ
RAFAEL MARÍN SÁNCHEZ
PABLO NAVARRO CAMALLONGA

Valencia
Septiembre 2019

Resumen

La arquitectura valenciana entre los siglos XV y XVI alcanzó un singular protagonismo en el contexto europeo por sus importantes aportaciones en el Arte del Corte de Piedras.

Al día de hoy, hay numerosos estudios especializados sobre los sistemas abovedados locales, pero apenas se ha puesto el atención sobre las escaleras abovedadas de cantería. No existen análisis técnicos e historiográficos de conjunto de estas escaleras incluyendo su datación, autoría, características técnicas y su sistema constructivo.

Este trabajo propone, como objetivo, el estudio pormenorizado de la escalera de patio del Palacio de En Bou de Valencia. Dicha investigación se desarrollará en su cuádruple vertiente histórica, formal, constructiva, a partir de un levantamiento que permitirá determinar su posible traza. A continuación, se elaborará una hipótesis sobre la posible estrategia empleada para el corte de las piedras, considerando al efecto no sólo sus ventajas de talla sino también las posibles dificultades de montaje.

Palabras clave: Historia de la Construcción; Escaleras renacentistas; Estereotomía de la piedra

Abstract

Valencian architecture of the 15th-16th centuries played an important role in the European context for its important contributions to the Art of the Stone Cutting.

As of today, there are numerous specialized studies on local vaulted systems, but hardly any attention has been paid to vaulted stone stairways. There are neither technical and historiographic analyses of all these stairs nor any data on their dating, authorship, technical characteristics, and construction system.

This work aims to present a detailed analysis of the courtyard staircase of Palacio de En Bou in Valencia. The research will be carried out in its fourfold historical, formal, constructive aspect, which will determine future implications of the study. A hypothesis will be elaborated on the possible strategy of stone cutting nowadays, considering not only the size advantages of the stonework but also the possible difficulties of the work's final installation.

Keywords: Construction History; Renaissance Staircase; Stereotomic Research

ÍNDICE

1	Introducción	5	5	Análisis constructivo	97	
1.1	Motivaciones y objetivos de la investigación	5		5.1	Principios de montajes y hipótesis constructiva	97
1.2	Fuentes, metodología y limitaciones	8			_ Primer tramo y esquina	100
					_ Segundo tramo	110
2	La escalera de Honor del Palacio de En Bou de Valencia	13		5.2	Consideraciones finales sobre la construcción	118
2.1	Contexto Histórico	13		6	Resultados y conclusiones	121
2.2	Las escaleras: características y evolución tipológica	20		6.1	Sobre el levantamiento	122
2.3	La escalera en los tratados	30		6.2	Sobre el análisis estereotómico y la hipótesis constructiva	124
2.4	Datos históricos escalera	38		6.3	Nuevas vías de investigación	126
3	Levantamiento de la escalera	45			Bibliografía	128
3.1	Sistemática de levantamiento	45			Agradecimientos	134
3.2	Toma de datos	46			ANEXO 1. Levantamientos existentes de este espacio del Palacio de En Bou	
	_ Escáner láser 3D	46			ANEXO 2. Levantamientos de la escalera	
	_ Fotogrametría automatizada	52				
	_ Estación total	56				
4	Análisis formal: Hipótesis de traza	63				
4.1	Análisis métrico y geométrico del elemento	63				
4.2	Estudio estereotómico: Trazas y Labra	72				
	_ Traza	73				
	_ Labra y talla de la piedra	86				



1_INTRODUCCIÓN

1.1_Motivaciones y objetivos de la investigación

La motivación base que ha llevado al desarrollo del presente trabajo es la singularidad, la calidad constructiva y la belleza en la escalera abovedada de piedra con su compleja superficie, perteneciente a un periodo histórico muy rico de desarrollo de la cantería en la Corona de Aragón entre los siglos XV y XVI. En este periodo las escaleras se convirtieron en piezas fundamentales y muy relevante en las grandes casas señoriales y en general en los edificios públicos o religiosos.

Cabe decir, que aunque estos ejemplares superan los quinientos años de antigüedad, no existen al día de hoy, análisis técnicos e historiográficos de conjunto y tampoco se dispone de un inventario completo con datos tan elementales como su datación, autoría y características técnicas. A estas lagunas históricas cabe añadir el casi absoluto desconocimiento de la verdadera naturaleza de su sistema constructivo y sus condiciones de estabilidad tanto parcial (durante la ejecución) como en servicio. Tales carencias dificultan su necesaria puesta en valor en el contexto local e internacional, así como la definición de unas estrategias adecuadas de conservación.

El objetivo general del presente trabajo es el estudio detallado, en su desarrollo arquitectónico y constructivo, de uno de los dos ejemplares más relevantes del episodio tardo gótico valenciano: la escalera de patio, o «de honor», del Palacio de En Bou de Valencia.

Este estudio se desarrolla en sus aspectos históricos, formal, constructivo, que amplían y mejoran los tradicionales y comúnmente aceptados «Estudios Previos» a la intervención.

A partir de un levantamiento que utiliza los medios tecnológicos a disposición (escáner láser, estación total y la fotogrametría) junto al apoyo de las informaciones que ofrecen los antiguos manuscritos de cantería y los contratos de obra de otros

ejemplos similares, se ha logrado determinar la posible traza de la escalera y plantear una hipótesis sobre su construcción.

Este tipo arquitectónico hoy en día plantea aún numerosos interrogantes porque su desarrollo constructivo está poco documentado. Con dicho estudio se ha logrado obtener hipótesis gráficas de la forma de la bóveda de la escalera a través un sistema metodológico riguroso y elaborar hipótesis sobre los procesos de ideación y de traza para poder restituir la posible estrategia empleada para el corte de los distintos tipos de bloque de piedra que componen la escalera considerando al efecto, no solo sus ventajas de talla, sino también las posibles dificultades de montaje. Cabe decir que el corte de la piedra, se define a través una pieza tipo en el cual los bloques tendrán el mismo proceso



Figura 01_Escalera del Palacio de en Bou

de talla. A veces ocurre que unas piezas se tallan directamente en el lugar de destino y no partiendo de la traza. Finalmente se planteará una hipótesis sobre la fase constructiva referida a su puesta en obra, al cimbrado, a la colocación de las piezas y a su estabilidad.

Sin embargo, difícilmente se puede conocer con certeza todo el proceso constructivo de la bóveda de la escalera. Lo que persigue el presente trabajo es ofrecer una hipótesis lo más aproximada posible.



Figura 02_ Levantamiento escalera mediante estación total

1.2_Fuentes, metodología y limitaciones

La metodología seguida para el desarrollo del presente trabajo parte del levantamiento arquitectónico del elemento estudiado como instrumento fundamental con el fin de poder hacer un análisis riguroso a partir de los datos obtenidos en los levantamientos. En este proceso, además, ha sido muy importante la participación de las fuentes escritas para la realización de una adecuada documentación gráfica que comprende el levantamiento mediante medios tecnológicos, croquis de campo y fotos.

Estos análisis han sido fundamentales para determinar la geometría de la bóveda de la escalera y para efectuar hipótesis sobre la traza y labra de cada elemento y poder dar hipótesis sobre el análisis constructivo de la misma. Los programas informáticos utilizados (Cyclone, AutoCAD y Rhinoceros) han sido un medio de gran utilidad para el desarrollo de un modelo tridimensional de la bóveda de la escalera y su dovelas, que han facilitado el estudio en todos sus aspectos.

Las fases del trabajo se pueden estructurar en cuatro etapas: En primer lugar, el levantamiento arquitectónico de la escalera; en segundo lugar, el estudio comparativo con las trazas y modelos existentes en las fuentes escritas; en tercer lugar, el análisis geométrico de la escalera mediante la utilización de medios informáticos y en cuarto lugar, el análisis del corte de la piedra para la construcción y la puesta en obra de la bóveda de la escalera.

Cabe mencionar que, a la hora de analizar un elemento arquitectónico o en general una obra antigua, conviene tener en cuenta el sistema de medidas utilizado. El tipo de escalera objeto del presente trabajo se localiza en Valencia entre los siglos XV-XVI, donde el sistema de medidas vigente es el de palmos, pies y varas. Por tanto la escalera hace referencia a estas medidas. Hasta el siglo XVIII, cuando nace el sistema métrico, no se ponen por escrito los factores de conversión, se tendrá que esperar este momento para establecer cuanto mide un palmo valenciano

(Navarro 2018). El palmo valenciano oscila entre 22,65-23 cm, donde el palmo de 23 cm equivale a una vara de 92 cm y el palmo de 22,65 cm equivale a una vara de 90,6 cm. El palmo de 22,65 cm comienza a generalizarse a partir del siglo XVI, mientras, anteriormente a esta fecha se utilizaba el palmo de 23 cm. Analizando la escalera mediante ambas opciones se ha llegado a la conclusión que la medida utilizada es la del palmo de 23 cm. Siempre se pondrán en los dibujos de la escalera, la escala gráfica en metros y una escala gráfica en palmos.

El levantamiento arquitectónico se ha generado mediante la utilización de medios tecnológicos, como el escáner láser, estación total y la fotogrametría, que han permitido examinar la bóveda de la escalera de manera directa con el objetivo de realizar un levantamiento preciso acerca de la técnica empleada para su construcción. El levantamiento, con sus fotos y croquis ha sido una herramienta complementaria a las fuentes escritas. Juntos, han permitido generar una rigurosa documentación sobre la escalera objeto del presente trabajo.

Las fuentes escritas han dado la posibilidad de conseguir estudios sobre las diferentes trazas genéricas y modelos de escaleras existentes en los tratados y manuscritos de arquitectos y maestros canteros. Estos estudios han permitido plantear hipótesis sobre los métodos, técnicas e instrumentos que han podido ser utilizados en la construcción de las bóvedas de las escaleras.

Las fuentes utilizadas como base del presente trabajo se desarrollan en diferentes vías, en primer lugar, se han consultado los manuscritos que se desarrollan a lo largo de los siglos XVI-XVIII sobre la tradición constructiva medieval por parte de los más importantes tratadistas, es decir Alonso de Vandelvira (1579-1589), Joseph Gelabert (1653), Juan de Portor y Castro (1708) y Tomás Vicente Tosca (1727). En segundo lugar, se han consultado publicaciones generales sobre el tema de las escaleras, sobre la cantería de la época moderna en Valencia, y

otros temas que están más o menos conectados directamente con la escalera objeto de estudio. Particularmente relevante han sido los estudios, ampliamente citados en este trabajo, realizados por los investigadores José Carlos Palacio Gonzalo, Arturo Zaragoza, Mercedes Gómez-Ferrer, Esther Capilla Tamborero, Macarena Salcedo Galera, Rafael Marín Sánchez, Pablo Navarro Camallonga, Jose Calvo López y Enrique Rabasa Díaz. Dichos estudios han sido de fundamental importancia para lograr un análisis riguroso y detallado que se ha materializado en un método gráfico que ha permitido comprender y trazar posibles hipótesis sobre el desarrollo constructivo de la escalera objeto del presente trabajo.

Las limitaciones no han sido muchas. Gracias a los investigadores que han estudiado en estos últimos años las escaleras, se ha podido obtener un punto de partida bastante importante y desarrollado que ha permitido completar los huecos debido a las escasas fuentes históricas sobre el palacio y la construcción de la propia escalera. Los escasos datos históricos conocidos sobre el nombre del posible autor, el año de construcción de la escalera y en general sobre las fechas de construcción y de modificación del palacio, lamentablemente dificultan situar con precisión a la escalera en el panorama de las escaleras de honor de los palacios valencianos.

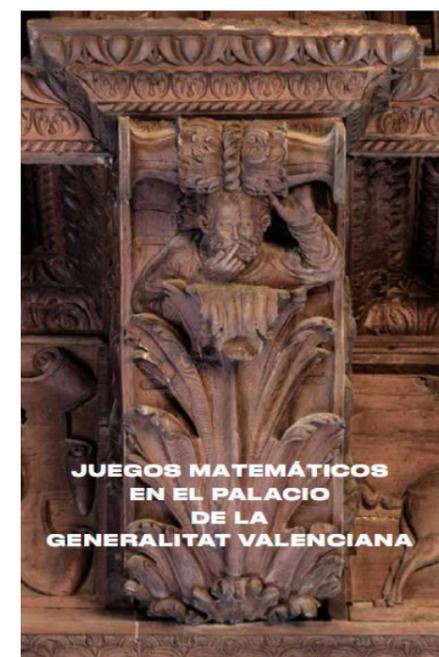
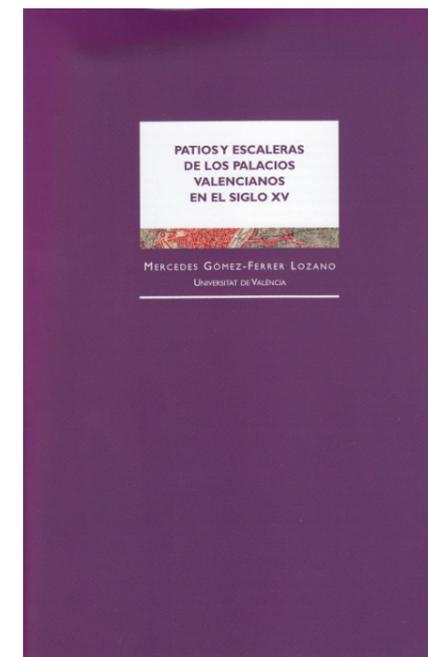
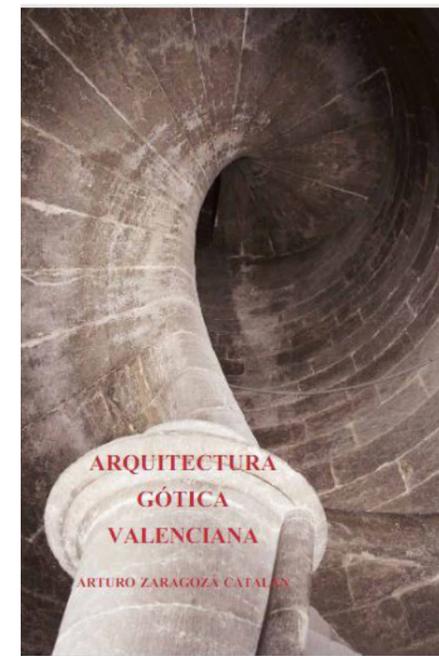


Figura 03_ Fuentes. Bibliografía



2_ LA ESCALERA DE HONOR DEL PALACIO DE EN BOU DE VALENCIA

2.1_ Contexto Histórico

Los siglos XIV y XVI son considerados una época de gran esplendor, alto nivel cultural y auge económico para la ciudad de Valencia. Desde mediados del siglo XV hasta principios del siglo XVI, es la ciudad más grande de las coronas de Castilla y Aragón, y probablemente la más importante de la Península Ibérica. Todo eso se debe a su posición geográfica, notablemente favorecida por el comercio marítimo que se desarrolla a lo largo del siglo XV. Fundamental es la conexión de los reinos de Nápoles y Sicilia con la Corona de Aragón, que intensifica las relaciones comerciales y el intercambio de conocimiento (Navarro 2018).

Aunque el rey Alfonso el Magnánimo gobernaba sus estados desde Nápoles, reino conquistado en 1443, y los obispos estaban ausentes de su sede en la ciudad, uno y otros patrocinaban desde lejos las importantes empresas arquitectónicas que dejarían una huella indeleble en la arquitectura medieval valenciana es el caso de la Lonja de la Seda y la catedral de Valencia (Gómez-Ferrer y Zaragoza 2008).

Por tanto, la ciudad de Valencia se convirtió en un punto de encuentro de maestros constructores, canteros y tracistas provenientes de otros lugares (Navarro 2018). Eso favorece considerablemente el intercambio de conocimientos junto el desarrollo de las tecnologías en el ámbito de la construcción y marca con claridad el florecimiento de esta ciudad (Navarro 2018).

Sin embargo, el desarrollo de esta magnífica arquitectura de piedra, con sus peculiaridades, ha sido la unión entre dos factores importantes y complementarios como el desarrollo económico del reino y la presencia de los grandes maestros en la ciudad de Valencia.

Los edificios valencianos más significativos muestran innovadoras aplicaciones geométricas en el trazado de sus arcos,

Figura 04_ Anton Van den Wynjgaerde, 1563.

bóvedas, escaleras, trompas, etc. sin precedentes conocidos, se desarrollan muchos episodios del "arte del corte de piedra" (Gómez-Ferrer y Zaragoza 2008) con niveles de excelencia (Capilla 2016). Entre los maestros constructores aparecen las figuras claves de la arquitectura gótica valenciana como son: Antoni Dalmau (1410/15-1453), Francesc Baldomar (1425-1476), maestro de obras de la ciudad y de la catedral de Valencia, y su discípulo Pere Compte (1454-1506).

Entre los innumerables tipos arquitectónicos, nos vamos a centrar en las escaleras, elementos representativos y simbólicos que se convirtieron en piezas principales de las casas señoriales en el Mediterráneo (Zaragoza, Marín y Navarro 2019).

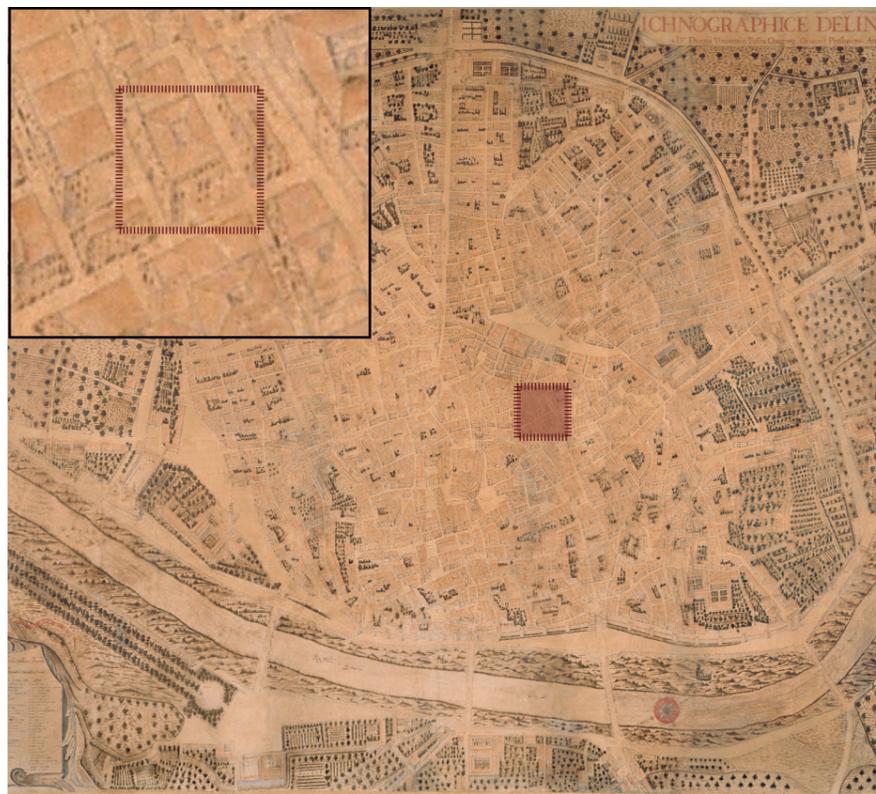


Figura 05_ Plano de Tomàs Vicent TOSCA, 1704. El edificio aparece con el patio interior y los huecos de fachadas se parecen a su conformación actual.



Figura 06_ Fotos actuales de las fachadas del Palacio de en Bou

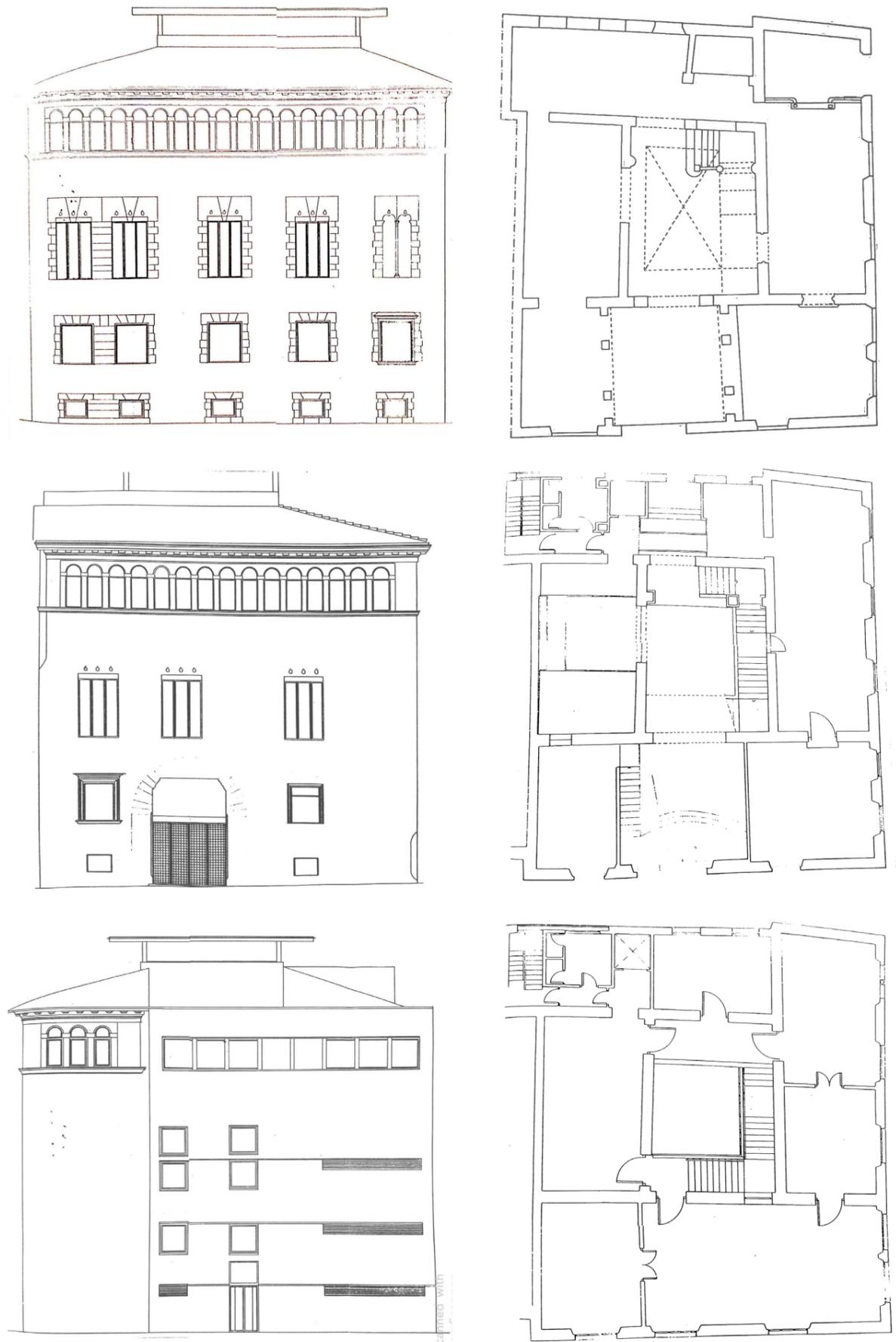
En primer lugar una breve referencia a la tipología de la casa señorial valenciana. Esta fue bastante utilizada en los estados pertenecientes a la Corona de Aragón, de hecho es muy similar a las casas catalanas, mallorquinas y sicilianas de la misma época (Zaragozá 2000).

Es útil señalar que la voz Palacio o Palau en el periodo medieval no se utilizaba, este título se reservaba para la residencia del rey, del obispo o también para las sedes del consejo municipal. En estos casos se utilizaba más la palabra "casa" que diferenciaba estos edificios de cierta impronta de los alberch o casas más modestas, aunque el termino alberch (a lo largo del siglo XIV y parte del XV) se empleó también para designar edificios de dimensiones más grandes y de mayor importancia como el palacio arzobispal (López González 1995).

Analicemos a continuación las características de organización del espacio de las casas señoriales que se construyen entre estos siglos. Queda claro que en el panorama de las casas señoriales, el edificio se compone de numerosas variantes dependiendo del parcelario, de la evolución del edificio mismo, de la distribución de cada piezas y de las técnicas constructivas locales (Zaragozá 2000).

Los palacios se construían generalmente exentos, y dejando un estrecho callejón de servidumbre que los separaba de la construcción colindante. La fachada que daba a la calle estaba mucho más cuidada que el resto y solía estar realizada de muro de sillería o bien de otras técnicas de tradición local en caso de tratarse de construcciones de menor riqueza, pero siempre eran de buenas fabricas que contrastaban con la peor calidad de los muros interiores (López González 1995).

Figura 07_Alzados y planos del estado actual del edificio por López González (1995, 368-385)



Las plantas estaban organizadas según el siguiente orden (Zaragozá 2000):

1_ El semi sótano se utilizaban para el servicio, es decir, para almacén, establo, celler y leñera; la planta baja suponía el distribuidor del resto del espacio, desde ella se podía acceder al resto de las plantas y en general se utilizaba para el servicio;

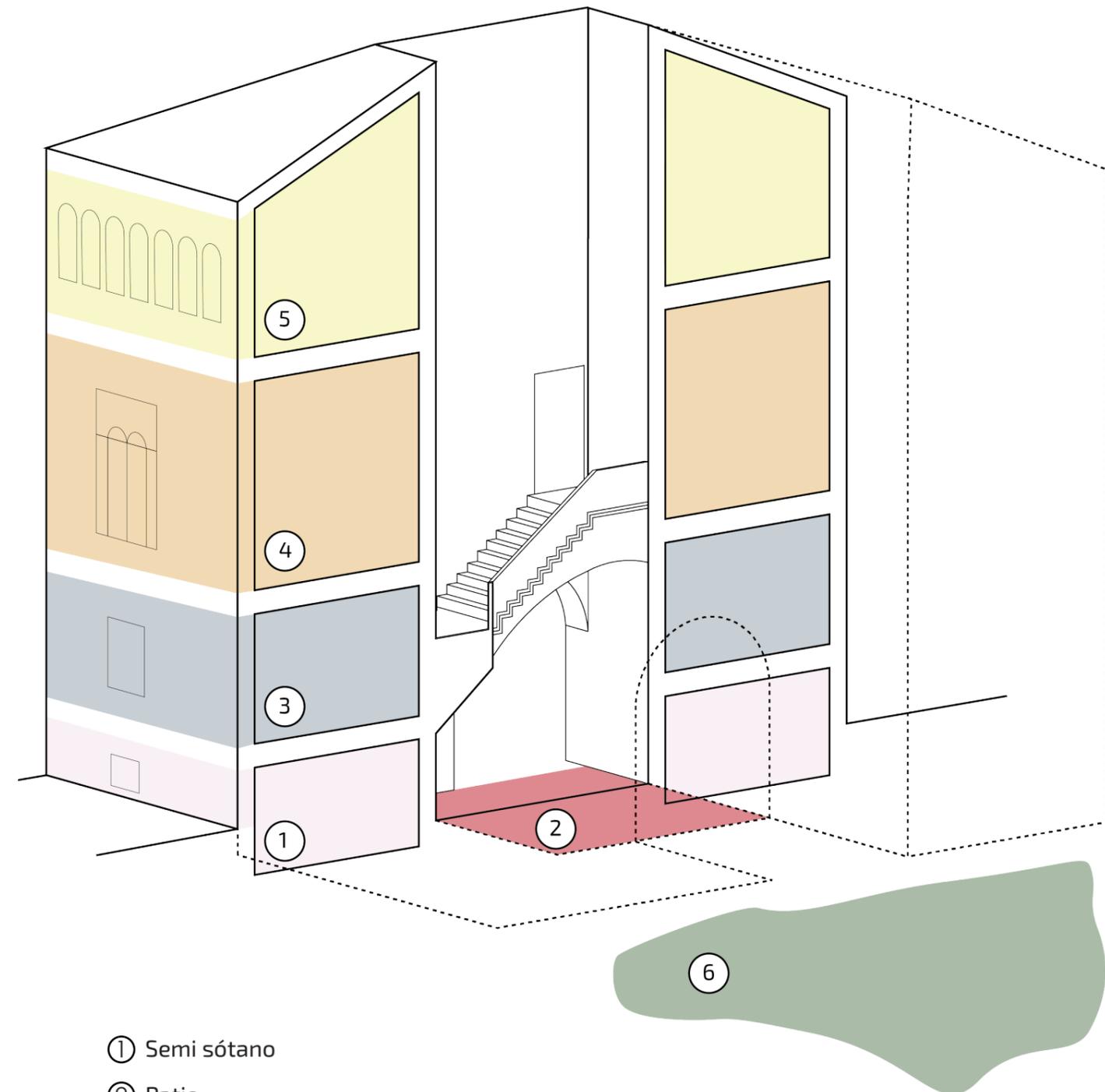
2_ En el patio se ubicaba el pozo y se desarrollaba la escalera de honor. Este se convierte en el espacio principal de los palacios de esa época porque icono de identidad y muestra del poderío de sus señores. Este espacio queda configurado por las crujías que se disponen alrededor del patio, generalmente paralelas a la fachada;

3_ En el entresuelo se reunían diversos usos: almacén de arneses, servicios y el estudio;

4_ En la primera planta se ubicaba la planta noble o principal donde vivían los señores, en esta planta se encuentran los dormitorios, gabinetes, cocina, salones, comedor y un pequeño oratorio. La sala principal o de respecto, solía ocupar toda la primera crujía del edificio y recaía a la calle principal;

5_ En la segunda planta se colocaba la andana y quedaba configurada por la presencia de una galería de arquillos;

6_ Finalmente, tras de la casa se situaba el huerto-jardin que tenía su acceso desde el patio, en ningún caso han quedado trazas del mismo hasta nuestros días.



- ① Semi sótano
- ② Patio
- ③ Entresuelo
- ④ Planta noble o principal
- ⑤ Andana
- ⑥ Huerto-jardin

Figura 08_Esquema de la tipología de los palacios de la Corona Aragonesa

2.2_Las escaleras: características y evolución tipológica

En la Corona de Aragón, la escalera se convirtió en elemento representativo de la casa señorial. Esta se realizaba con escalones en piedra sobre una bóveda que solía tener un palmo de espesor y se situaba paralela a la fachada, en un lado del patio descubierta del palacio y subía hasta la planta noble y probablemente estaba protegida de los agentes atmosféricos por un techo de madera (Zaragozá, Marín y Navarro 2019).

Las escaleras sobre bóvedas se utilizaban para un espacio de muy diversas prestaciones, espacios reducidos y problemáticos que tenían que resolver varios problemas domésticos, es decir, la presencia simultánea del cabalgador, de un pozo, o de un almacén. Siendo un elemento de representación se exigía un diseño excelente a la vez, como las molduras de los escalones



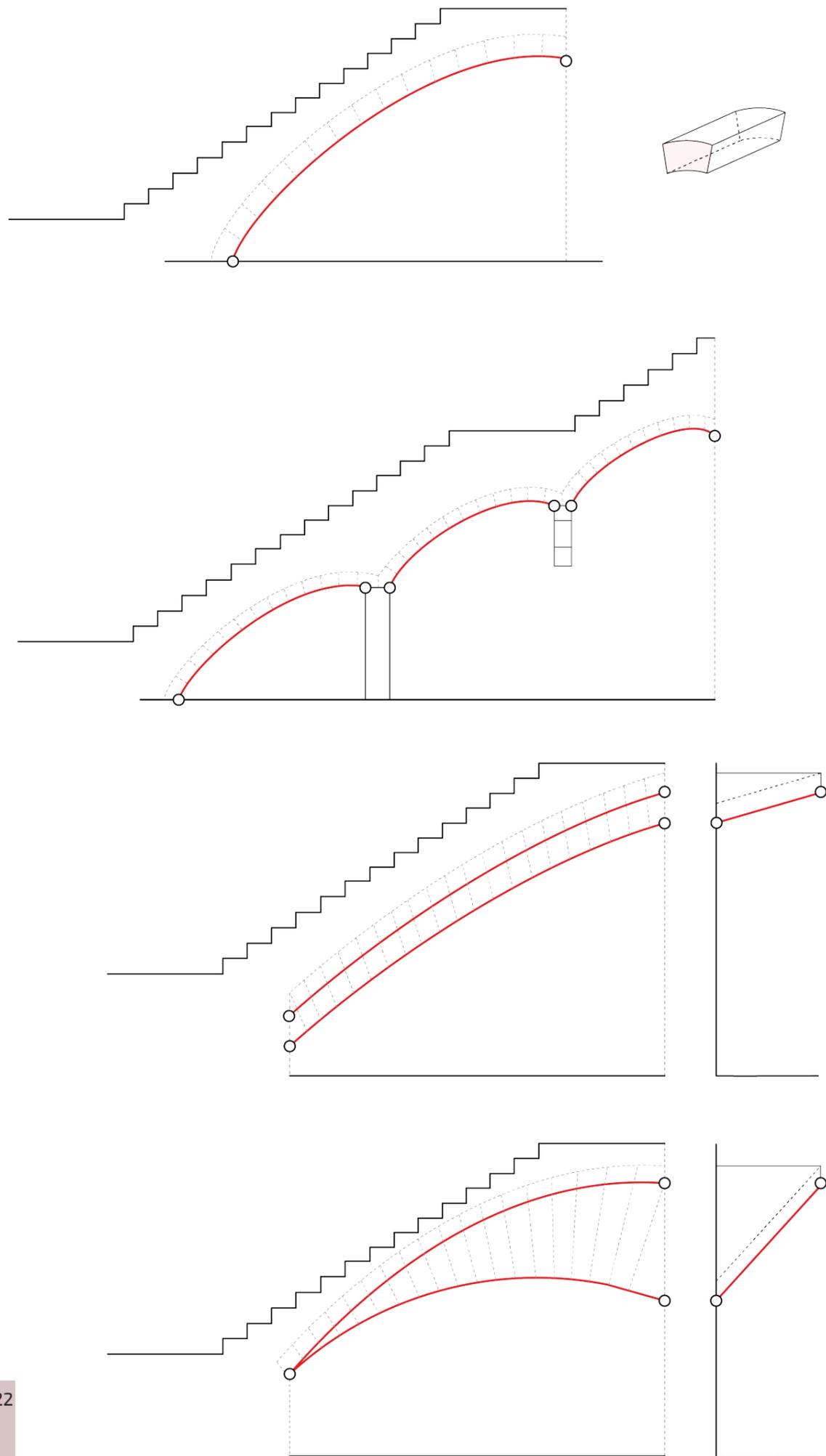
Figura 09_Escalera del Palacio de en Bou (<http://www.jdiezarnal.com>)

resaltados, porque era el elemento muy vistoso o llamativo desde la calle cuando el portal estaba abierto y también porque se encontraba en un espacio de mucho tránsito de personas. Empezaban por un rellano en la cual se situaban el cabalgador y los estudios o entresuelos y finalizaban en una galería o naya que daba acceso a la planta noble con las habitaciones de los señores (López González 1995).

En este 'breve' periodo la escalera gótica evolucionó de manera muy rápida. Su desarrollo empezó desde la opción más sencilla de un tiro y sobre un macizo aligerado por una bóveda de cañón apuntado, hasta la opción de tres tramos construida en caja y con bóvedas conectadas la una con la otra, con aristas entrantes o salientes, en el siglo XVI (Zaragozá, Marín y Navarro 2019). Trascurriendo el siglo XIV las bóvedas empezaron a aligerarse y alargarse con arcos muy tendidos con una sola curvatura. Estas bóvedas se resolvían utilizando una superficie más próxima al cilindro o esfera y la riqueza y la majestad de la escalera se reducía a la dimensión y a la decoración del antepecho.

Entre las más antiguas de los reinos de la Corona Aragonesa cabe nombrar la escalera del siglo XIII Gioia del Colle, Sant'Agata di Puglia en la Apulia federiciana y en la ciudad de Valencia, la Casa señorial de los Almirantes de Aragón en Valencia (Zaragozá, Marín y Navarro 2019).

Es interesante observar como en ejemplos sicilianos encontramos escaleras que muy bien podrían haber sido sacadas de una de las casas señoriales que se distribuyen por la ciudad de Valencia (López González 1995), aunque, en el caso valenciano se desarrollaron también otras opciones más complejas y atrevidas. A partir de la segunda mitad del siglo XV se experimentaron varias alternativas en la construcción de la plementería de las bóvedas en general, como las bóvedas de aristas y las aristadas, estas soluciones fueron muy importante para el desarrollo de dichas escaleras. Un ejemplo que probablemente fue crucial en este sentido es el cierre abovedado de la sala de contratación



de la Lonja de los Mercaderes (1483-1498) como las dovelas que forman sus plementerías son de una única pieza y fueron labradas anteriormente a su colocación y debían apoyar en cuatro puntos no coplanarios, este último tipo es muy importante para entender el desarrollo de la bóveda de doble curvatura.

El paso sucesivo a las bóvedas con superficie próxima al cilindro o esfera fueron las bóvedas con un desarrollo geométrico más próximo a una superficie cónica. Entre las escaleras que se pueden aproximar a una superficie de este tipo se nombran las escaleras capialzadas, llamadas capalçades por el tratadista Joseph Gelabert.

En las escaleras capialzadas el plemento de la bóveda se tiende entre dos líneas curvas que discurren en planos paralelos y en la cual se alza o monta la arista exterior (es decir la que no está en contacto con el muro). Aquí los puntos de arranque de las aristas se encuentra en dos alturas diferentes, es decir que tienen uno de sus frentes más levantado para formar una bóveda en declive. Esta solución requiere una sola plantilla para el diseño de todas las dovelas. En Valencia, ejemplos de este tipo de escalera se encuentran en la casa de los Escrivá, en la plaza de San Luís Beltrán, en las casas señoriales de los Catalá de Valeriola, en la plaza de Nules y en la escalera actual del Palacio de la Generalitat. Cabe mencionar, unos ejemplos de escaleras con superficies cónicas del Reino de Aragón como la escalera exterior del palacio Chiaramonte "lo Steri" en Palermo y la del palacio Argomento-Perollo en Sciacca en Sicilia, este último ejemplo está ligeramente en esviaje, nacidas por la relación entre el Maestro mallorquin Pere Compte y el Maestro constructor de Noto Matteo Carnilivari. En estos casos las escaleras son más sencillas que las valencianas, aunque sus bóvedas tienen una superficie aproximada a la cónica.

El paso sucesivo a las bóvedas con superficie cónica, son las bóvedas denominadas por Gelabert en su tratado, bóvedas capialzadas "de otra manera", es decir, capialzadas engauchidas,

Figura 10_Esquema del evolución tipológica de las escaleras



Figura 11_Escalera del Palazzo Chiaramonte "lo Steri" de Palermo en Sicilia



Figura 12_ Bóveda de la escalera del Palacio Argomento-Perollo en Sciacca en Sicilia, (Antista, G. 2013)



Figura 13_Escalera del palacio del Marqués de la Scala, plaza de Manises en Valencia



Figura 14_Escalera del palacio de los Catalá de Valeriola, plaza de Nules de Valencia

o engauxides, o a montecaballo, o cavallades, o encabalgadas o alabeadas. Alonso Vandelvira las llamaría más tarde, aducidas en cercha, pero en este caso se aparejan paralelas al muro y no como las valencianas, donde los lechos se disponen perpendicularmente al muro. Este tipo de escalera descrito por Vandelvira tuvo más éxito en la zona de Andalucía.

Respecto la escalera capialzada, los puntos de arranque de la escalera se encuentran en la misma altura, así se consigue una superficie reglada que es engauxida, alabeada, es decir no desarrollable. Estas bóvedas son la más complicadas que la capialzadas, siendo que cada pieza es diferente y requiere un tratamiento particular (Zaragozá, Marín y Navarro 2019).

El termino "Engauchido" tiene varias acepciones como explica Mercedes Gomez Ferrer-Lozano en su publicación "patios y escaleras de los palacios valencianos en el siglo XV". Para Philibert de L'Orme y otros autores el termino "angauchido" se asocia con el termino "alabeado" (Marín 2018). Aunque es posible que la palabra sea de origen francesa. El termino francés "gauchissement" es muy similar a la palabra valenciana "gauchir" que significa también "torcer" (Gómez-Ferrer 2005). Cabe puntualizar que a lo largo de la historia, dicha palabra parece que fue utilizada con sentidos diferentes. En el tratado de Fray Lorenzo de San Nicolàs, la utilizará como sinónimo de "esviaje": "viaje" o engauchido que ha de tener el tiro de una escalera" (Gómez-Ferrer 2005).

De este último caso son las escaleras del Palacio de en Bou en la Corretgería, objeto del presente trabajo, y de los palacios de la Bailía y La Scala en la plaza de Manises en Valencia.

Este tipo de escalera tuvo bastante éxito en la Edad Moderna en la península ibérica, a diferencia del resto de la corona, y tuvo también éxito en Francia, ejemplo representativo es la escalera del archivo del Ayuntamiento en Toulouse, hoy en día desaparecida (Zaragozá, Marín y Navarro 2019).

En conclusión, entre los siglos XIV y XVI se plantea una renovación bastante profunda en muchos palacios Valencianos que lleva a soluciones más elaboradas de escaleras respecto a los otros estados de la Corona de Aragón como en Nápoles, Sicilia, Cataluña y Mallorca que mantuvieron una opción más sencilla por lo general. En Valencia, esta renovación se desarrolla de manera más evidente y en un periodo muy breve, las escaleras se empiezan a construir sobre bóvedas cada vez más amplias y que reducen el macizado de sillares eliminando las estructuras intermedias. La segunda etapa será caracterizada por el uso de escaleras sobre bóvedas capialzadas con hiladas perpendiculares a la pared de un tramo recto único. La gran evolución se produce

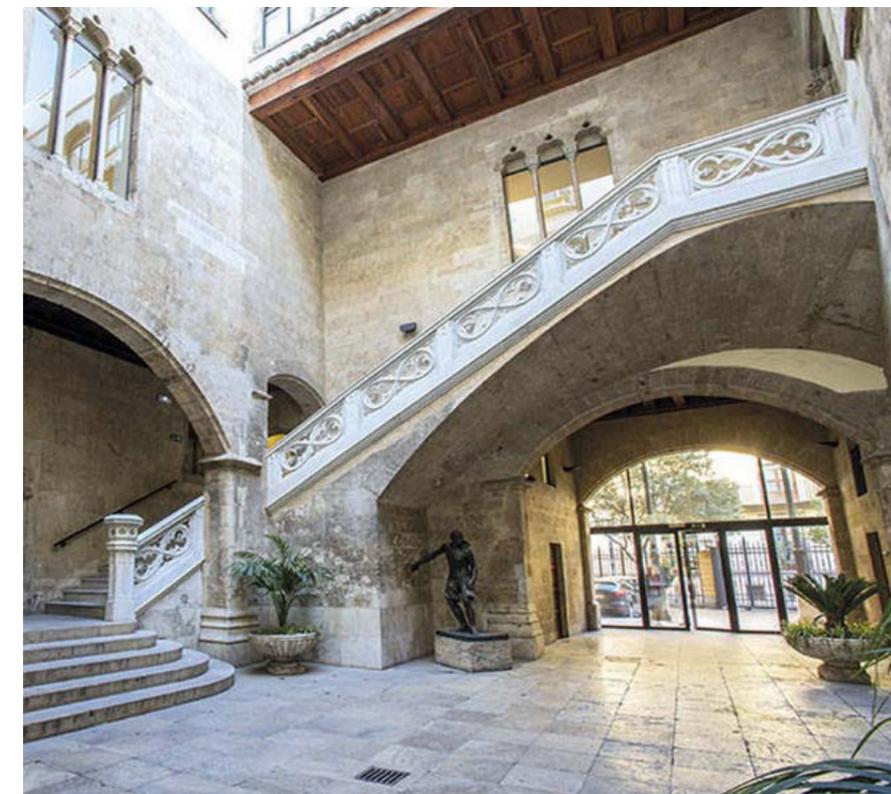


Figura 15_ Escalera del palacio de la Bailia, Plaza de Manises en Valencia (<http://valenciaactua.es>)

con la multiplicación de los tramos, y por tanto, la generación de aristas saliente o entrante, según el caso, en los encuentros entre ellos. Con la multiplicación de los tramos se desarrolla la escalera capialzada en el modelo engauchado. Esta evolución es, sin duda, exponente del alto grado de maestría alcanzado por los maestros valencianos en la construcción de este elemento de difícil ejecución.

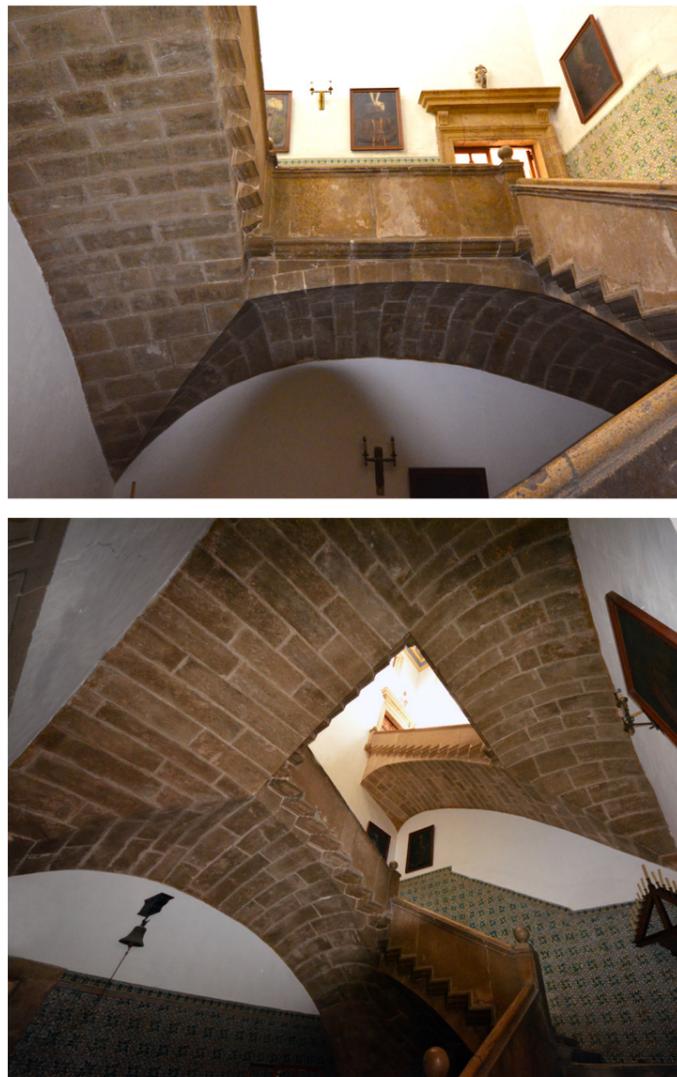
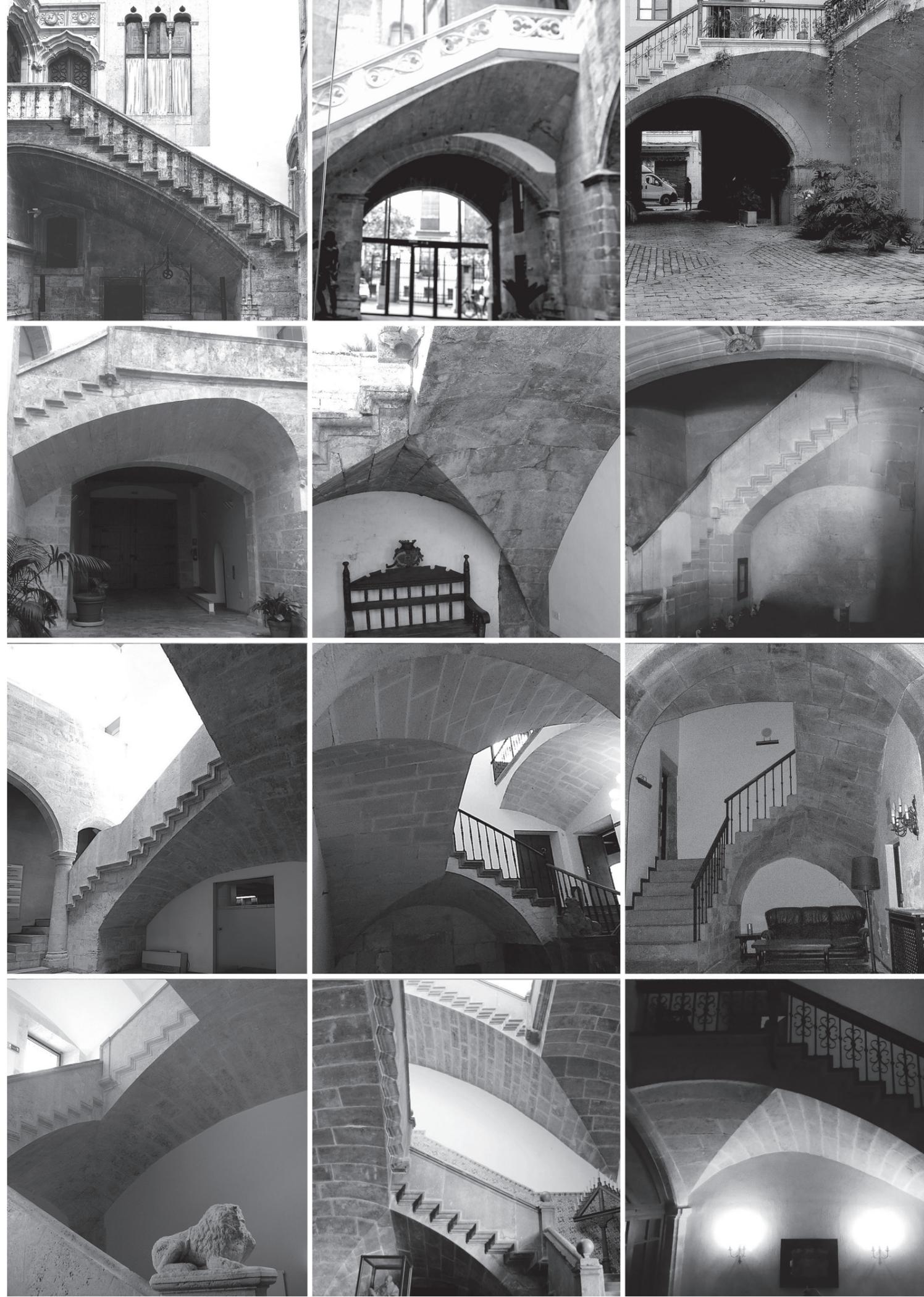


Figura 16_ Escalera del Real Colegio Seminario de Corpus Christi de Valencia (Marín, R.; López, M^a C., 2018)

Figura 17_ A la derecha. Conjunto de escaleras en Valencia (Zaragozá, Marín y Navarro 2019)



2.3_La escalera en los tratados

En el mundo de la tratadística, el tema de las escaleras ha sido bastante estudiado desde el enfoque compositivo y tipológico pero no desde el punto de vista técnico. No se ha dado nunca una aportación de un método gráfico detallado y sistemático para ese tipo arquitectónico. Muchas veces se han quedado con una simple descripción de las variantes de escaleras (Marín 2018).

En el 1653 en su tratado "De l'art de picapedrer", Joseph Gelabert propone tres tipos de bóvedas capialzadas: la escalera capialzada con el arranque en derrame, la escalera capialzada de otra manera (engauchida) con el arranque recto y, por fin, la escalera capialzada de manera diferente con el arranque recto. Él critica este tipo de bóvedas, las define "poc profitosa" y no las aconseja a nadie, observa que las dovelas presentan la apariencia de ménsulas, pero mecánicamente no lo son; y razona que, funcionando como una bóveda de cañón, realmente la forma capialzada es innecesaria y sólo consigue aumentar el espesor, y por tanto la carga (Rabasa 2011). Este tipo de escalera se utilizaba especialmente para dejar aberturas de puertas o ventanas o estudios debajo de la misma, pero a la vez, como comenta Gelabert, no resolvía la posibilidad de permitir un hueco amplio debajo de la escalera porque la bóveda tomaba una fuerte inclinación hacia la pared (Gómez-Ferrer 2005):

"El meu intent era no posar niguna escala capelsade per esser inventio tan poc profitosa perque encara que li digan capelsade es sertisim que una escala de devant nos pot escusar de tenir lo nesesari que a menester per servir los escalons y no pot asser de devantmes sensilla de lo que son les altres, demenera que tot lo que capalsa ve a ser caregade de dinsmes que les altres.... que alguns digan ques fa per donar claror a alguna finestra o a algun portal de estudi jo trop que son quentos, jo alomenos no aconselleria a nigin home qui agues de obrar en sa casa" (Rabasa 2011).

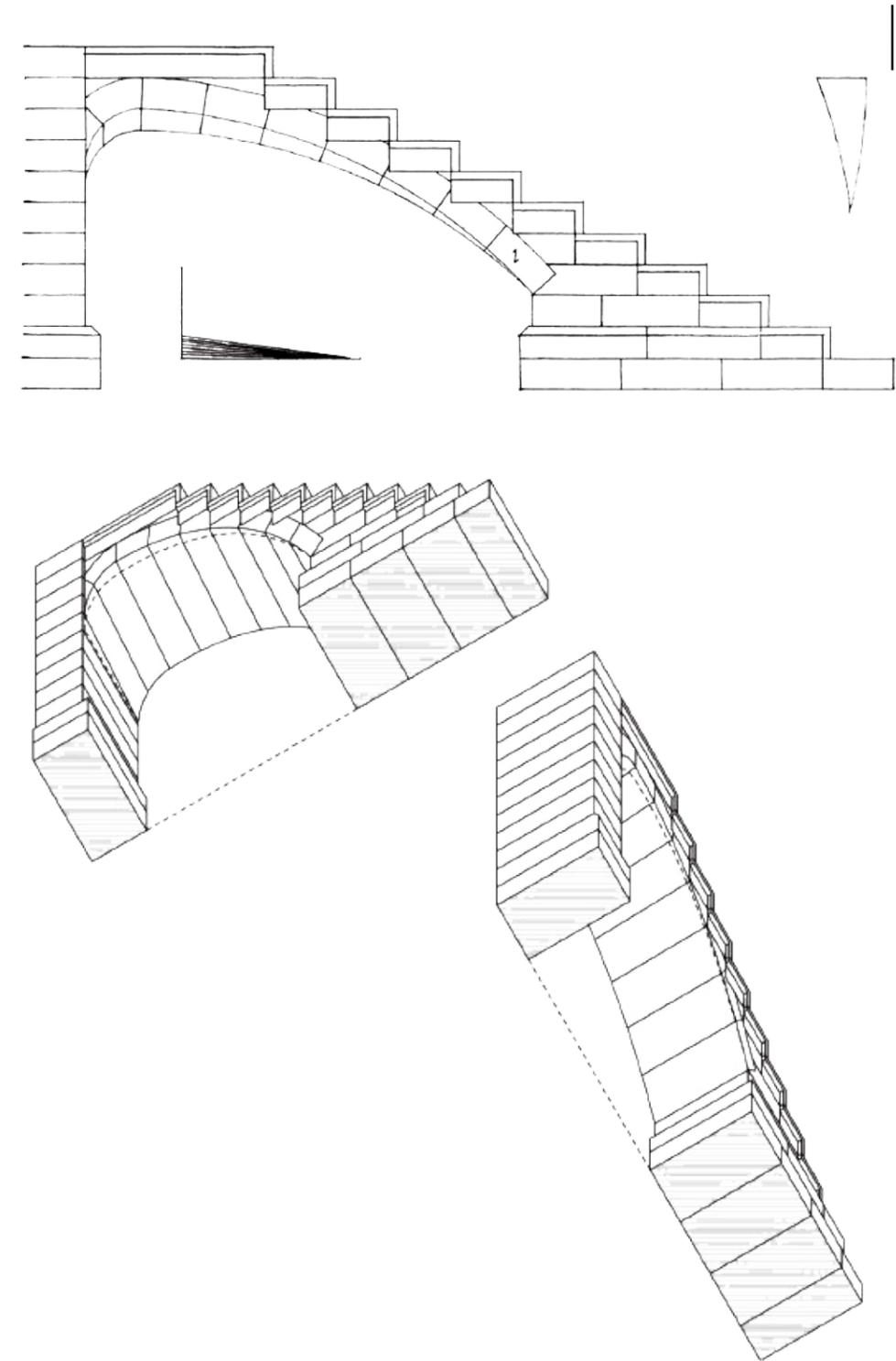


Figura 18_Gelabert, J. (1653), Edición de Rabasa, E., 2011, fol. 134 r

Por otro lado, siendo una traza compleja, Gelabert, consideraba "home de molt gran art" quien conseguía resolverlas. En su tratado, insiste en la importancia y dificultad de la construcción de este elemento arquitectónico, indicando como había dejado para el final sus cortes (Gómez-Ferrer 2005):

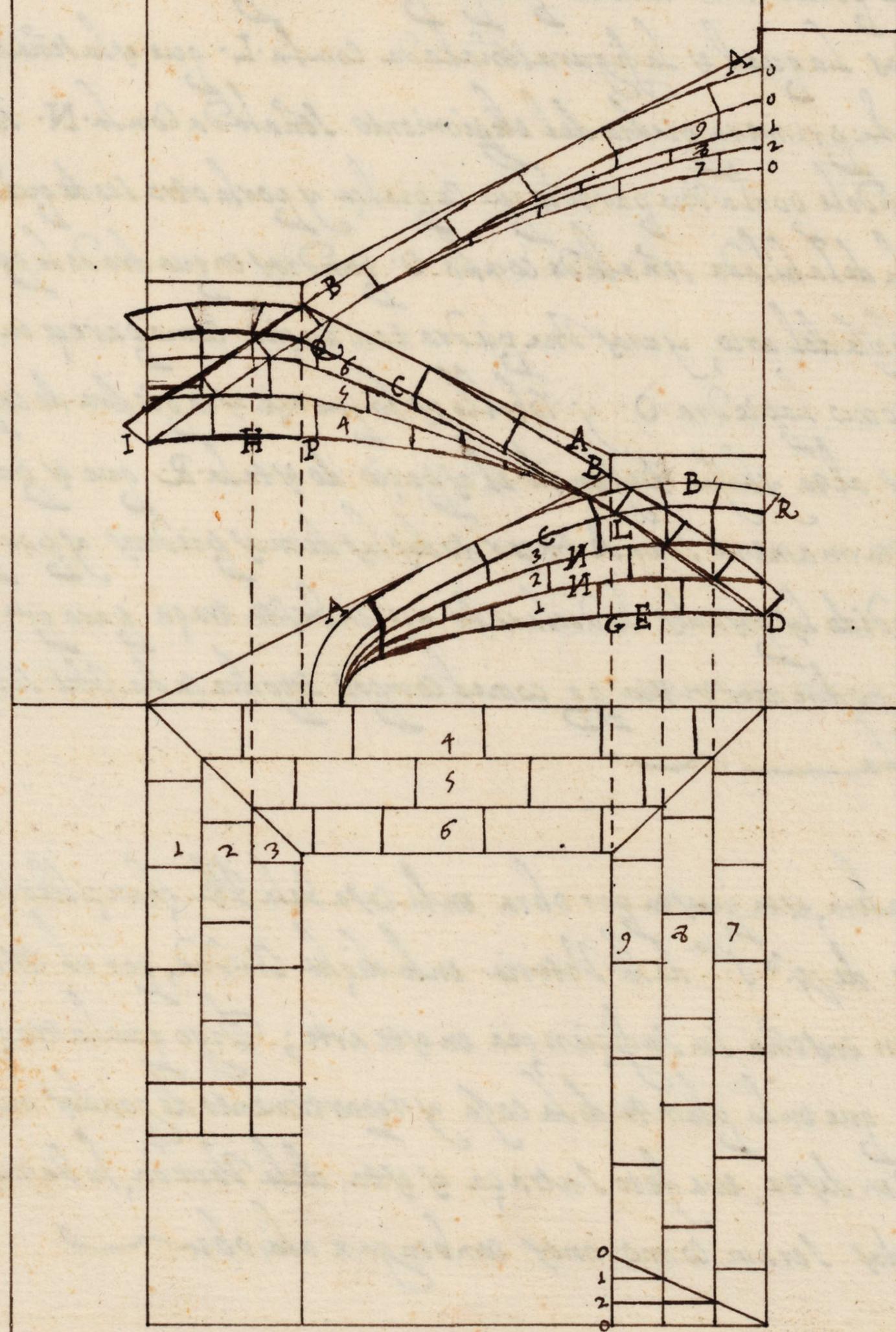
"La causa perque e posat les escales casi alo ultim del llibra es perque conve molt que lo mestra qui a de posar en obra una escala sia molt destra de menetjar lo compas per dues rahons la primera es perque son enfadoses de tresar ab tanta menudensa de escursinats (que axo es el nom que te la obra que fa lo escalo anel cap) y la sagona es perque en moltas hocasions lo mestra no pot estar posat tant solament ab lo art sino que es nesesari que aja de posar ab dita obra tota la discrecio que pot de tal menera que conega ala vista que tenga un bon parexer" (Rabasa 2011)

En su tratado se denota su desconocimiento sobre su posible realización de la misma porque, como afirma él mismo, que si estas escaleras hubieran estado de su gusto, no cabe duda, que las podría haber descrito con más detalle como dedica a los otros aparejos (Rabasa 2011).

Los únicos tratadistas que intentan dar una explicación sobre la posible traza y el desarrollo de esta escalera son Alonso de Vandelvira (1578-1589), Juan Portor y Castro (1708) y Padre Tomás Vicente Tosca (1727).

En el XVI el tratadista Alonso de Vandelvira señala la importancia de este tipo arquitectónico: "hallo ser las escaleras de más dificultad que las demás trazas". Utilizó para definir las "escaleras aduclidas en cercha" y a diferencia de las valencianas las proyectaba con un aparejo paralelo al muro. Una solución que ofrecía muchas ventajas en la talla de las dovelas, porque se originaban una sucesión de arcos paralelos a la pared que facilitaban la traza y el corte de los lechos trasversales y de

Figura 19_ A la Derecha. Vandelvira, A.(ca. 1585); copia de Felipe Lázaro de Goiti (1646), fol. 102



Elemento que une los tres tratadistas es la condición que debe cumplir el arco de embocadura, es decir, que la curva directriz debe ser tangente a la línea auxiliar que une los «dientes» de las huellas y tabicas de los peldaños o intentar que coincida con esta línea.

Sin embargo, en los manuscritos no se explica la traza de los cortes transversales del capialzado, además, Vandelvira y Portor hacen referencia a escaleras con hiladas paralelas al muro y el padre Tosca alude solo superficialmente a esta traza. Ninguno de los tres propone una pauta para la obtención de los radios, ni explican cómo establecer los centros del trazado (Marín 2018).

Lo que se denota en estos escritos se puede reducir, por tanto, a una clasificación tipología de dichas escaleras, los autores no llegan a dar un enfoque técnico al desarrollo de la traza bien detallada de las mismas aunque Portor es quien más se aproxima.

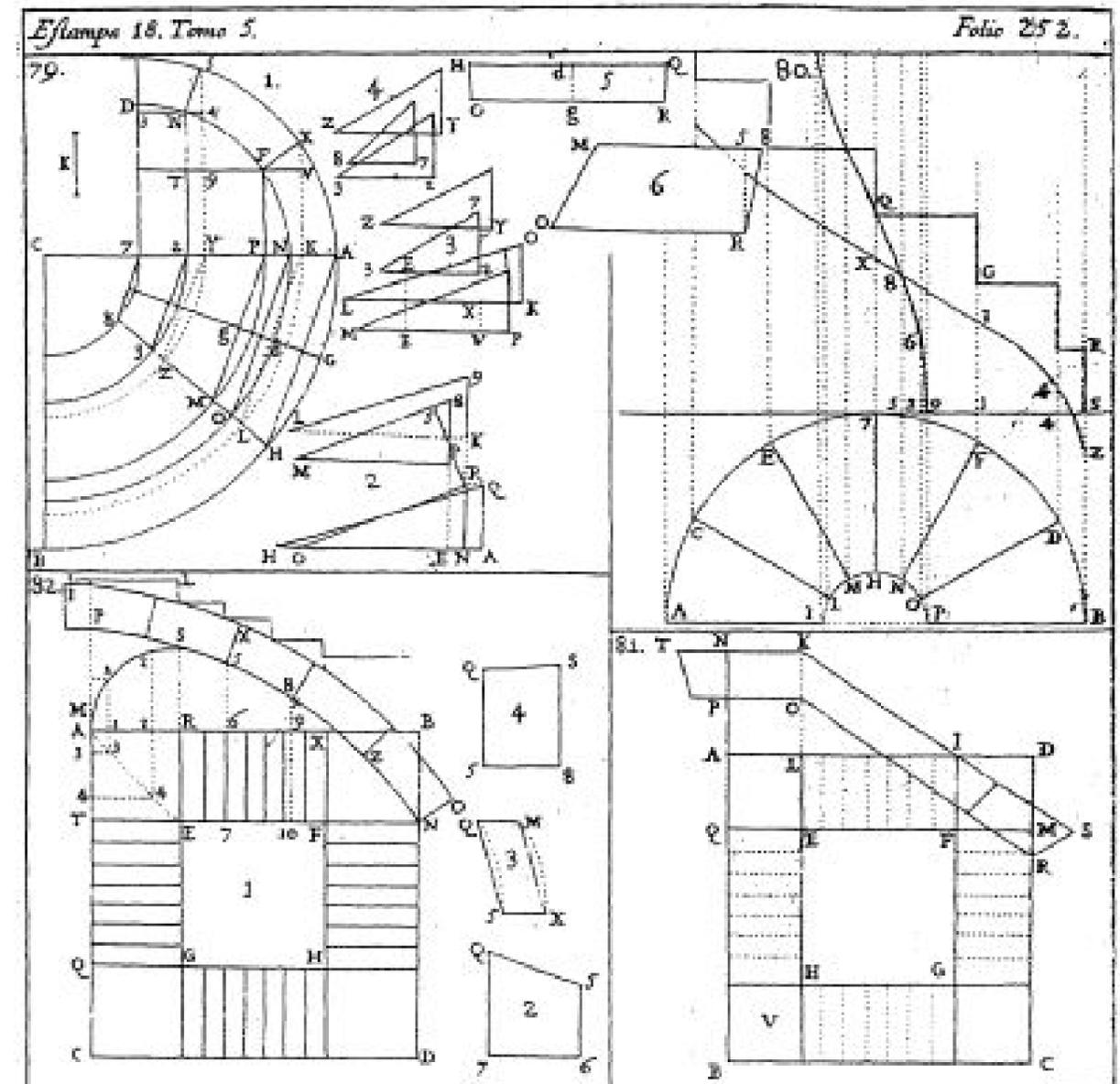


Figura 21_ Tosca, T. V. (1727), tomo 5, estampa 18, fol. 252

2.4 Datos históricos de la escalera

La escalera pertenece al palacio de En Bou en el barrio de El Mercat en Valencia y está limitado por las calles Corretgeria, desde la cual tiene acceso, Calle de En Pina y Calle de En Bou. Actualmente el Palacio es la sede de una Consellería Autonómica Valenciana.

El fundador de la familia Bou fue Esteban Bou, perteneciente a un importante familia valenciana con grandes posesiones, originario del Campo de Urgel, era un linaje nobiliario de origen catalán (acompañó a Jaume I en la conquista de Valencia de 1238). La fecha de construcción del Palacio no se conoce aunque se data de finales del siglo XV en estilo tardogótico con elementos renacentistas de mediados del s. XVI. En el 1459, tras de la muerte de Guerau Bou, se redactó el inventario post-mortem, en la cual se enumeraban las diversas estancias del palacio que pero no corresponden con la actual disposición. No obstante, el hallazgo de ventanas germinadas y algunas de las molduras encontradas, sitúan la cronología de la fachada y la disposición en altura de las plantas en una fecha entre 1470-1520, es decir tardogótica. Los elementos renacentistas tales como la alquería de la planta superior, las molduras de la escalera de honor o la factura y traza de los arcos de la planta inferior, pueden ser incluso posteriores. (López González, 1995).

El palacio es un edificio de planta cuadrada con un gran patio descubierta y una escalera de piedra que asciende hasta la planta noble, la escalera "de honor" (Zaragozá 2000). Se considera uno de los ejemplos más representativos de la casa señorial valenciana.

Desde la construcción inicial hasta nuestros días ha sufrido innumerables reformas, fue reformado entre los siglos XV y XVI y fue ampliado en el siglo XVIII hasta hacer desaparecer su vieja estructura gótica. Durante la restauración del 1990, el patio descubierta se ha protegido por una cristalera y la barandilla

Figura 22_A la Derecha. Esquina escalera palacio de en Bou.



pétreo de la escalera ha sido prácticamente reconstruida (López González 1995).

Los datos del autor de la escalera se desconocen como su año de construcción, sin embargo, consideramos que con la reforma que tuvo el palacio entre el siglo XV-XVI se añadió la escalera misma. Esta se encuentra mezclada con ordenes clásicos que se denotan en los restos encontrados de pilastrillas y pasamanos superior moldurados de la barandilla pétreo, por tanto, no teniendo documentación sobre su fecha de construcción, los ordenes clásicos nos permiten datarla mediados del siglo XVI.

La escalera se sitúa paralela a la fachada y en forma angular y se desarrolla en tres lados del patio. Arranca de un primer tramo

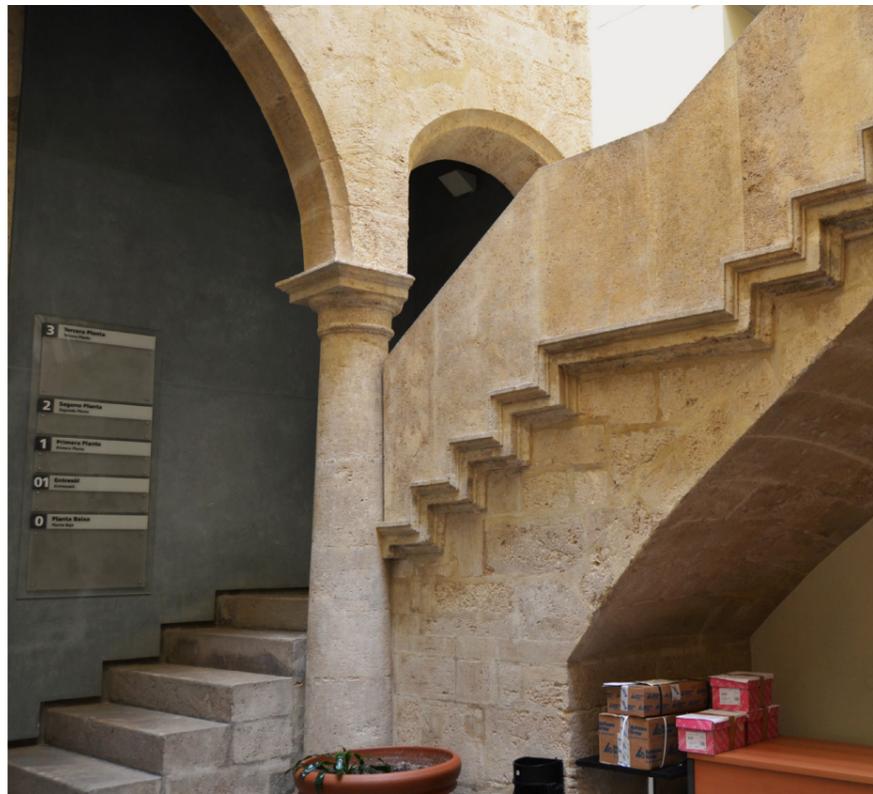


Figura 23_Encuentro entre el primero y el segundo tramo

macizo que cuenta con seis escalones, el segundo tramo apoya hasta el segundo rellano, sobre una base maciza y después de esa apoya sobre una bóveda capialzada y enganchada con sus juntas transversales rectas y un pronunciado capialzado o derrame.

En el segundo tramo los escalones no asientan sobre la bóveda, sino que encajan en ella, según Gelabert era una solución utilizada para descargar la estructura, mientras en el tercer tramo se ve claramente que los escalones se asientan sobre la bóveda de un palmo de espesor. La particularidad de la escalera objeto del presente trabajo es el uso de un encuentro con arista entrante entre los dos tramos volados. Dicho encuentro se solía utilizar en la unión del último tramo de peldaños y la naya.



Figura 24_Detalle columna escalera

Aquí el maestro cantero que la construyó optó emplear ese tipo de encuentro que le proporciona una superficie continua y armoniosa.

Por fin, el tercer tramo descansa sobre una bóveda capialzada y debajo del rellano de la planta noble se sitúa una bóveda vaída. El antepecho o apitrador está formado por losas de piedra (quedan pocos restos de la original) y lleva resaltados con una moldura decorativa los escalones. La escalera era un elemento donde se cuidaba especialmente la labra (Zaragozá, 2000) porque era el elemento más a la vista de la gente y muestra relevante de los habitantes del edificio.



Figura 25_Detalle moldura

Figura 26_Patio del palacio de en Bou





3_LEVANTAMIENTO DE LA ESCALERA

3.1_Sistemática de levantamiento

El objetivo principal del levantamiento, ha sido obtener un conjunto de información métrica lo más rigurosa posible que ha permitido definir la base necesaria para la elaboración de un estudio analítico de la escalera del Palacio de en Bou.

Dicho levantamiento se ha desarrollado en tres etapas. La primera etapa se ha apoyado en la toma de datos in situ a través de tres medios tecnológicos como el escáner láser 3D, la fotogrametría arquitectónica y el Estación total. La segunda etapa se ha basado en el procesado, montaje y filtrado de las informaciones obtenidas. Finalmente, en la tercera etapa se ha seleccionado el conjunto de puntos sobre el que trabajar fácilmente mediante soporte informático de carácter gráfico-arquitectónico CAD (rhinoceros y AutoCad).

Como ya mencionado, se ha decidido levantar la escalera por tres métodos, de entrada se tenía pensado usar el escáner láser como único medio de levantamiento siendo el más preciso de los tres. Los otros dos métodos se han utilizado para comprobar los errores que acumulan los instrumentos, las ventajas y las limitaciones para ver hasta que punto se pueden considerar fiables.

Por tanto, el uso de tres métodos diferentes para la realización del levantamiento ha sido crucial para conocer la precisión de cada instrumento y para llevar a cabo un trabajo más riguroso y completo.

Vamos a proceder con la descripción de los medios utilizados para el levantamiento:

3.2_Toma de datos

Escáner láser 3D

En primer lugar, el soporte base del análisis que se ha desarrollado en este trabajo ha sido el Escáner Láser 3D. Este se realiza en dos fases: la realización de diferentes tomas in situ y, posteriormente, su unión y ajuste, obteniendo un modelo final a través programas específicos como ya mencionado.

El escáner láser 3D es un sistema de medición directa que se coloca o sobre un trípode o bien directamente en el suelo y mediante un haz láser calcula respectivamente la distancia, desde el emisor hasta un punto de un objeto al alcance de su trayectoria. En el mercado hay varios modelos y la exactitud de las medidas tomadas varían en función del modelo utilizado (más



Figura 27_Escáner Láser 3D Faro Focus3D X130

o menos reciente). Los puntos sacados se van a almacenar en una base de datos estructurada en coordenadas x, y, z y tendrán parámetros de intensidad de color en función de la reflectividad de los materiales o de las fotografías sacadas por el escáner. El punto de origen del sistema de coordenadas vendrá definido por la posición del escáner mismo. Para la mayoría de las situaciones, un solo escaneo no producirá un modelo completo del objeto. Generalmente se requieren múltiples tomas, incluso centenares, desde muchas direcciones diferentes para obtener información de todos los lados del objeto con el fin de conseguir una tomas de datos completa y bien hecha. Al efecto, se necesita un trabajo previo para la localización aproximada de los sitios donde colocar el escáner láser para abarcar el elemento en su totalidad. Para el análisis de la bóveda se ha realizado una toma de datos con escáner láser 3d de la firma Faro Focus3D X130 de ± 2 mm de precisión en cada estación.

Una vez acabado el trabajo "in situ", se ha procedido a la unión de cada toma para la obtención del modelo final. Para producir un modelo 3D, se emplean aplicaciones software que permiten unir y orientar las distintas tomas integrándolas en un sistema común de referencia y manipular los modelos resultantes de manera conveniente (Navarro 2018). En este caso se ha utilizado Cyclone de Leica Geosystems, concretamente su versión 6.0. Las 5 estaciones realizadas se han unido con este programa ajustándolas por cálculo de mínimos cuadrados, de manera que el error vector máximo, tras realizar y ajustar los enlaces, no sobrepasa los 7 mm en cada uno. Además, el error medio, no alcanza el milímetro.

Utilizando la herramienta de "registration" se ha creado un registro de uniones entre tomas distintas. Una vez creado el directorio general, se han incluido todas las tomas realizadas, de

dos en dos, es decir se han seleccionado los estacionamientos consecutivos o con partes en común y solapando partes, hasta obtener el modelo completo.

A través este programa es posible no perder de vista los posibles errores que se pueden cometer. Eso es factible gracias a los histogramas de errores que el propio programa muestra, mediante el mando "constraint list" que da la posibilidad de supervisar todo el proceso. Acabado dicho proceso para cada tomas de datos, se ha procedido en cerrar el mismo con la herramienta "registre" y "freeze registration", con tal de generar un modelo o nube de puntos final sobre el que trabajar.

El programa Cyclone permite el uso de otras herramientas que han sido útiles para el presente trabajo.

En primer lugar, la definición de secciones y cortes de la nube de puntos, eso se obtiene seleccionando y luego borrando los puntos que no son de utilidad para el propio estudio. Esta herramienta ha sido muy útil para trabajar con una nube de puntos más ligera, limpiando todas las partes que no hacían falta para el desarrollo del trabajo.

En segundo lugar, la modificación del sistema de coordenadas y en tercer lugar, la selección de puntos en concreto. El programa permite de seleccionar los puntos que se consideran importantes y sobre de estos crear entidades aisladas, las cuales se pueden exportar separadamente y utilizar, como en este caso, con otros soportes informáticos específicos para el dibujo arquitectónico, como por ejemplo programas CAD (en este caso en concreto se han utilizado Rhinoceros y Autocad). En este caso, se han seleccionados los puntos correspondientes a los bordes y juntas de los sillares y se ha trabajado sobre un conjunto de 8000 puntos, aproximadamente.

Una vez realizada la tomas de datos con la unión de las diferentes tomas y habiendo obtenido la nube de puntos resultante en verdadera magnitud y habiendo trabajado sobre él, limpiando y

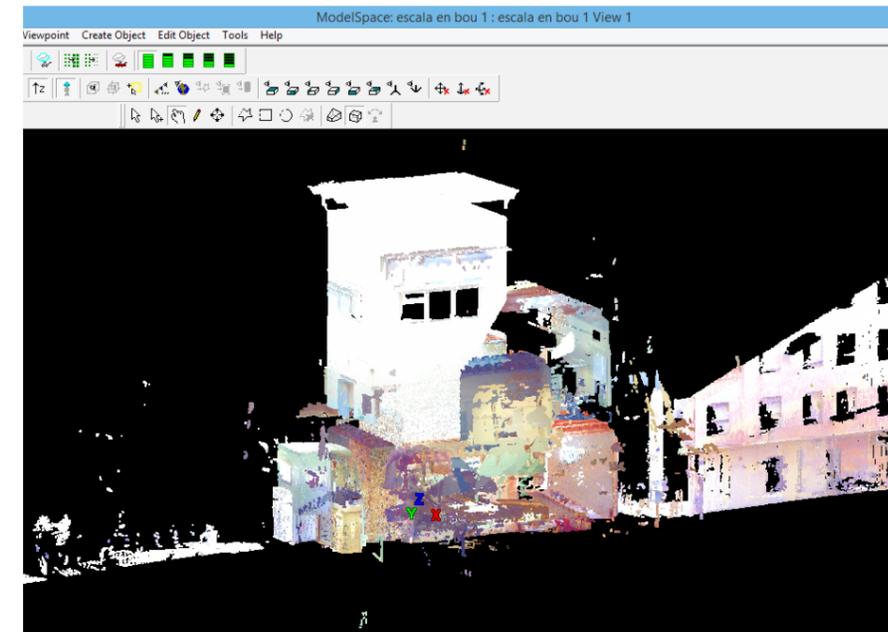


Figura 28_ Visor de espacio modelo de la nube de puntos resultante de la unión de todas las tomas en el programa Cyclone (versión 6.0.)

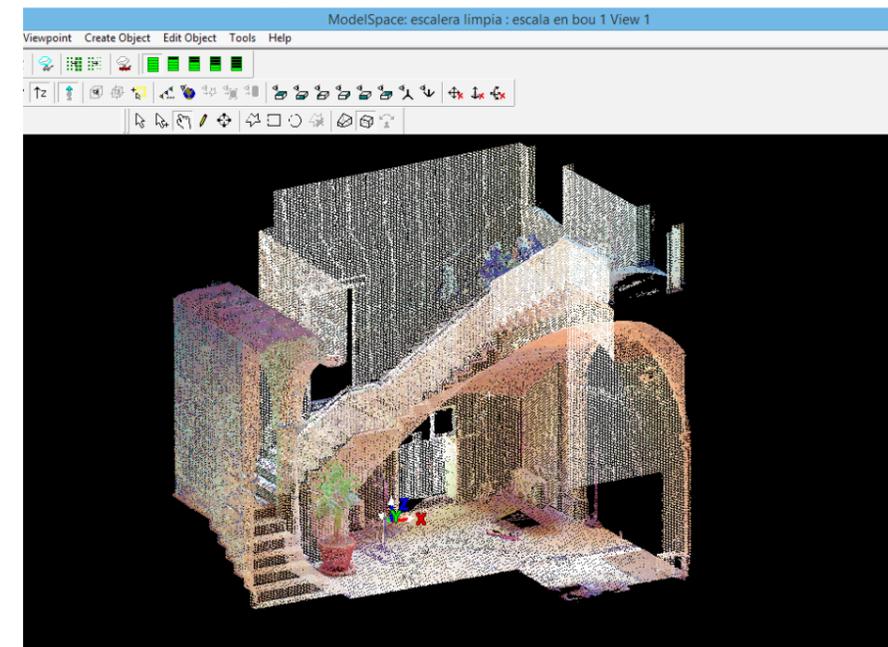


Figura 29_ Vista de la nube resultante del patio de la escalera

sacando los puntos de las juntas de las piezas de la bóveda de la escalera, se ha procedido a la exportación de la información con tal de poder trabajar más cómodamente.

Ventajas:

_La principal ventaja de este sistema, es que permite una mayor velocidad de trabajo, por lo que el escáner será capaz de tomar una cantidad de puntos mucho mayor por unidad de tiempo (Navarro 2018);

_Permite una mayor precisión en la obtención del modelo 3D;

_Permite exportar puntos en concreto al fin de obtener una base grafica de trabajo más ligera y fácil de manipular;

_Deja la posibilidad de poder añadir más puntos en una segunda ocasión;

_Prmite de revisar manualmente el resultado de la unión de los diferentes estacionamientos;

_Los puntos se hallan en el espacio automáticamente a través de la elección de unos puntos de riferimiento.

_El modelo obtenido no necesita ser escalado.

Limitaciones:

_En caso de la presencia de los arboles o interferencias en general resulta difícil obtener una toma de datos bien hecha.

_Manejo de la nube de puntos por programas de tipo autocad es prácticamente imposible a causa del gran tamaño de los archivos, aunque esto se ha solucionado en las ultimas versiones de Autocad con importación desde RECAP.

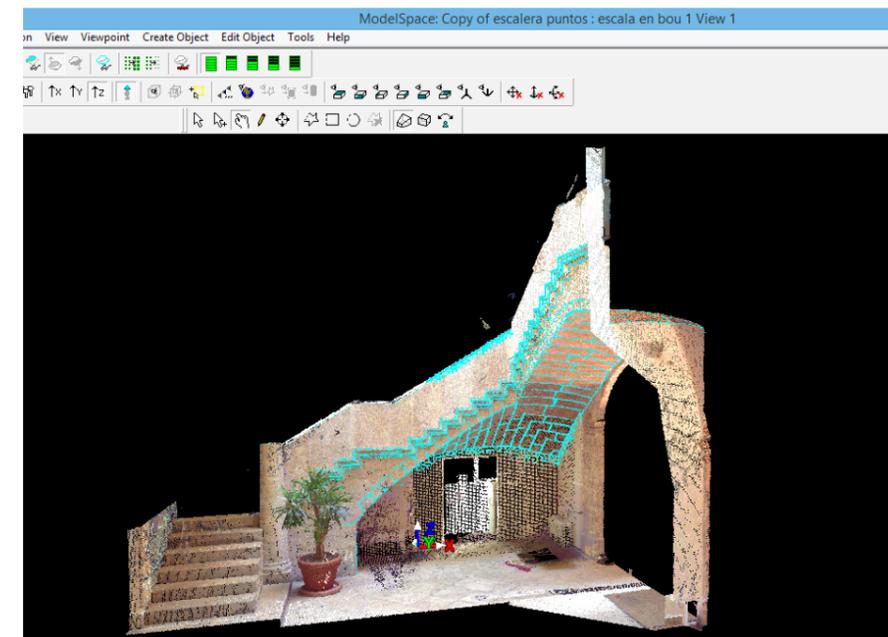


Figura 30_ Vista de una nube de puntos correspondiente a la escalera analizada, con los puntos seleccionados sobre ella (en azul)

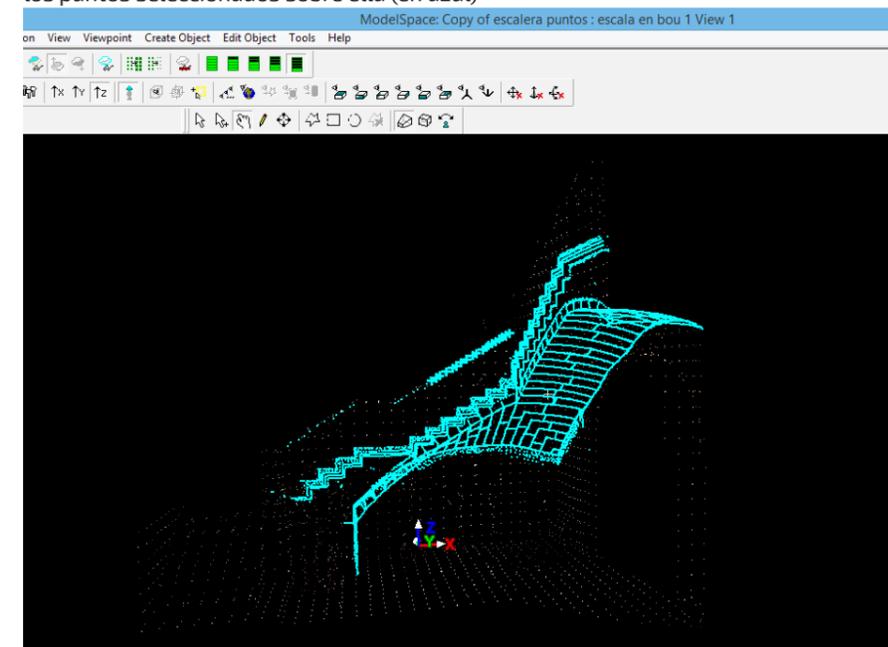


Figura 31_ Vista únicamente de los puntos seleccionados, los cuales se exportarán al programa Autocad.

Fotogrametría automatizada

Otro medio tecnológico utilizado, ha sido la fotogrametría automatizada. Igual que el escáner láser, su proceso se divide en dos etapas, la primera "in situ" y la segunda, de montaje mediante el uso de un programa específico.

La fotogrametría es un sistema indirecto que utiliza un conjunto de fotografías para proceder con el levantamiento de la obra objeto del estudio. Necesita el apoyo de un medio de medición directo para la obtención de un levantamiento lo más riguroso posible. Esto se consigue o utilizando la estación total o algún tipo de medición manual, es decir cogiendo 3 o 4 medidas "in situ".

El punto de partida es la realización de varias fotografías del objeto en análisis. Para la obtención de un resultado preciso, las fotos van tomadas estratégicamente, es importante que

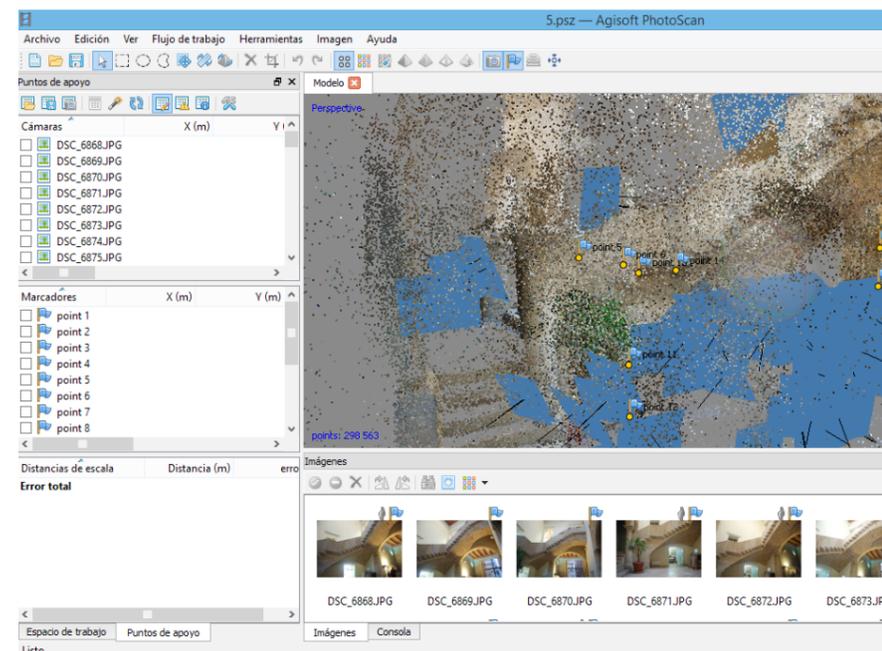


Figura 32_ Ventana de trabajo del programa Photoscan, con las fotografías importadas, alineadas, y generada la nube de puntos "dispersa" .

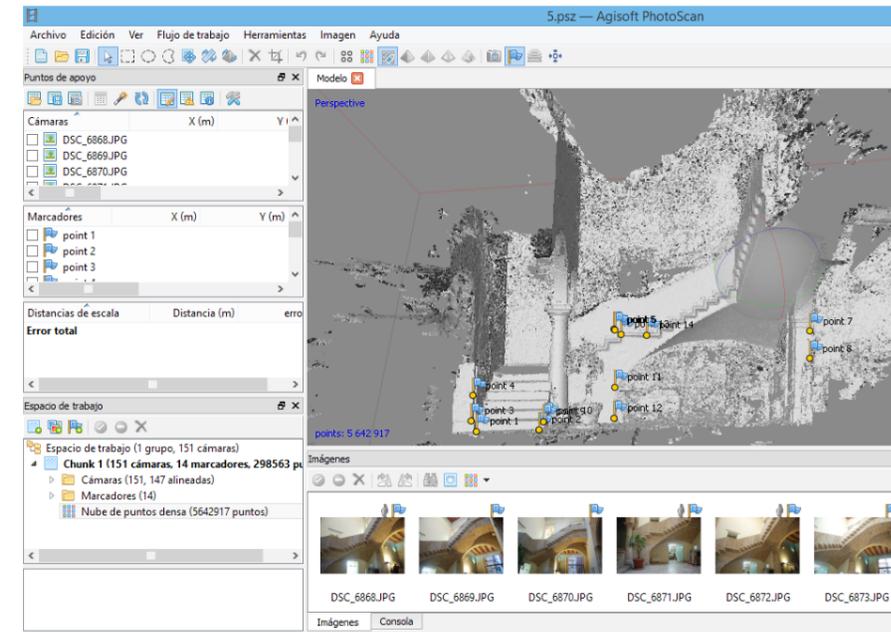


Figura 33_ Ventana de trabajo del programa Photoscan, con los marcadores colocados

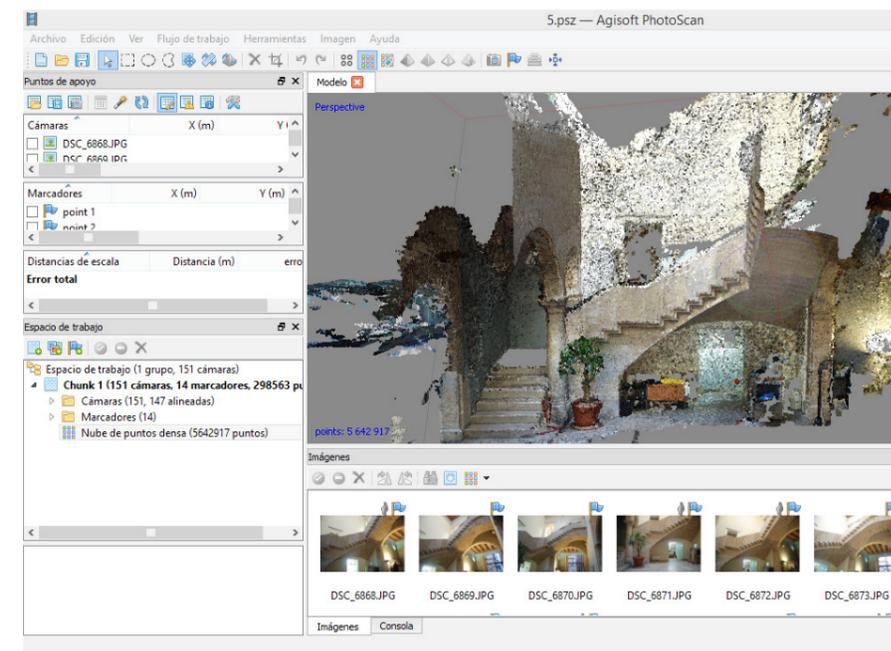


Figura 34_ Ventana de trabajo del programa Photoscan, con la nube de puntos "densa" generada

sean convergentes, es decir, cruzadas u oblicuas, para que se represente el mismo punto desde varias posiciones. Deben abarcar el elemento en su totalidad con las mismas condiciones de luz, apertura diafragma y enfoque, posiblemente es preferible usar un trípode para realizarlas. Además, se deben obtener series de fotos encadenadas con buenos solapamientos claros de identificar.

Una vez sacadas las fotos, se procede con procesar dichas fotos con soportes informáticos específicos, en ese caso en concreto se ha utilizado PhotoModeler Scanner. Una vez importadas las fotos se ha utilizado la herramienta "alinear fotografías". El programa ha calculado sus posiciones en el espacio, generando así una nube de puntos poco densa o dispersa por correlación de puntos homólogos, es decir puntos comunes. Cuanto mayor sea el número de puntos identificados, mayor será la precisión del levantamiento y menor el error cometido en la determinación de la posición de dichos puntos.

Luego, a través de la herramienta "creación de nube de puntos densa" se ha procedido a generarla y, por medio de otras herramientas se han podido modificar unos parámetros como la calidad de la densidad de la nube y el "filtrado de profundidad", para eliminar los puntos residuales debidos a los "ruidos" entre las fotografías. Otra herramienta que ha sido útil para el presente trabajo ha sido la generación de corte y secciones que han permitido sacar los alzados de la escalera.

La nube de puntos tridimensional obtenida, y oportunamente escalada, se podrá exportar en cualquier programa CAD con la cual será posible elaborar el levantamiento.

La determinación del error producido en el presente método de trabajo es muy pequeño, de apenas 4-6 mm/10 mm. Considerando que el espesor medio de las juntas suele ser de 1,5-2 cm aproximadamente, se puede afirmar que el error es, en general, totalmente despreciable.

Ventajas:

_ La posibilidad de realizar tomas de datos en lugares en los que no es posible transportar una estación total o un escáner láser. Este tipo de tomas de datos necesita solo una cámara fotográfica y un ordenador para la obtención del modelo;

_ Se pueden añadir más fotos en una segunda ocasión para completarlo;

Limitaciones:

_ Necesita el apoyo de un medio de medición directo para la obtención de un levantamiento lo más riguroso posible porque puede presentar divergencias métricas;

_ Todo lo que no puede ser fotografiado por la presencia de un árbol etc, no podrá ser levantado;



Figura 35_ Alzado obtenido mediante el programa de Photocan

Estación total

El tercer medio utilizado ha sido la toma de puntos mediante una estación total. Se ha utilizado el modelo LEICA-GEOMAX Zoom 20-7, con medición sin prisma hasta una distancia de 250 metros, empleando un único sistema de coordenadas común para todos los elementos de un mismo objeto. Este medio permite guardar directamente las informaciones en formato CAD con la obtención de los puntos necesarios para el desarrollo de las tareas.

Se trata de un procedimiento de "establecimiento libre" o de "intersección inversa". Este instrumento mediante el GPS calcula las coordenadas de posición y la cota del punto de estación del instrumento a partir de las mediciones a un mínimo de 3 y un máximo de 5 puntos, no alineados, de coordenadas conocidas. A partir de estos puntos el programa realiza una triangulación que permite situarlos en el espacio.

La estación total utiliza el mismo principio que el del escáner láser 3D, igual que este instrumento, se tiene que decidir antes los puntos en el que estacionarla, para ponerla en menos puntos posibles para realizar un correcto levantamiento.

Este instrumento permite captar las medidas en un momento y a gran distancia, con una gran precisión a la vez que captan imágenes. Se ha utilizado principalmente para individualizar in situ las juntas de las bóvedas de la escalera (las juntas verticales y horizontales) para la comprobación de la exacta yuxtaposición de las mismas con los puntos obtenidos con la aplicación Cyclone. Por último, se ha utilizado como medio de medición directa y complementario a la fotogrametría para poder escalar con exactitud el modelo tridimensional final.

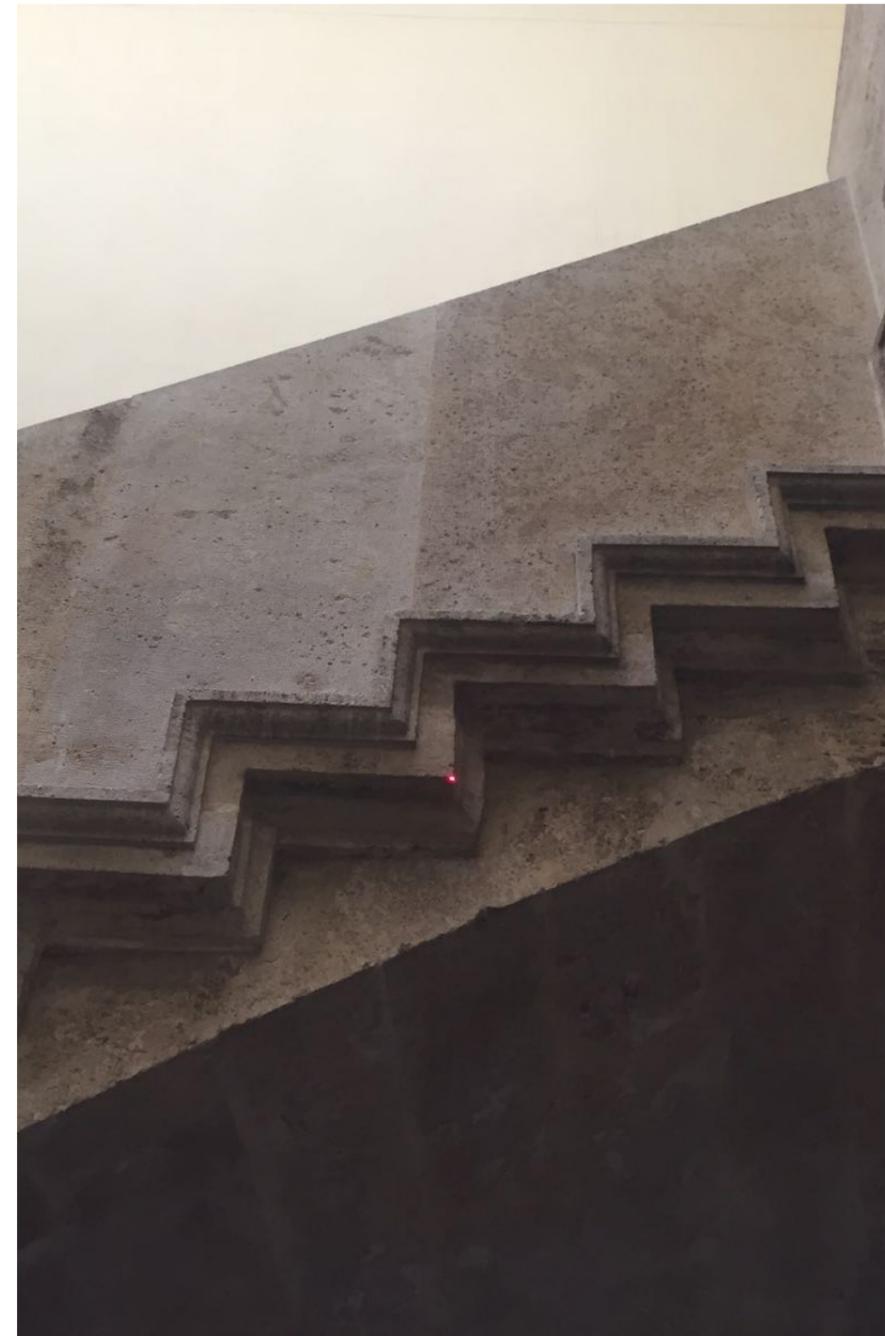


Figura 36_Haz láser de la estación total

Ventajas:

_ Los puntos se hallan en el espacio automáticamente gracias al GPS incorporado.

_ En presencia de un árbol o interferencias, se pueden captar más puntos respecto los otros dos medios analizados.

Limitaciones:

_ Considerando que las juntas tienen un espesor bastante grande, los puntos tomados no están perfectamente alineados, por tanto no se puede considerar un método muy preciso.

_ En caso de que se necesitan más puntos, es necesario regresar físicamente a la obra objeto del levantamiento para tomarlos, ya que no es posible añadirlos a través del programa como en el caso de Cyclone.



Figura 37_ Estación total, modelo LEICA-GEOMAX Zoom 20-7

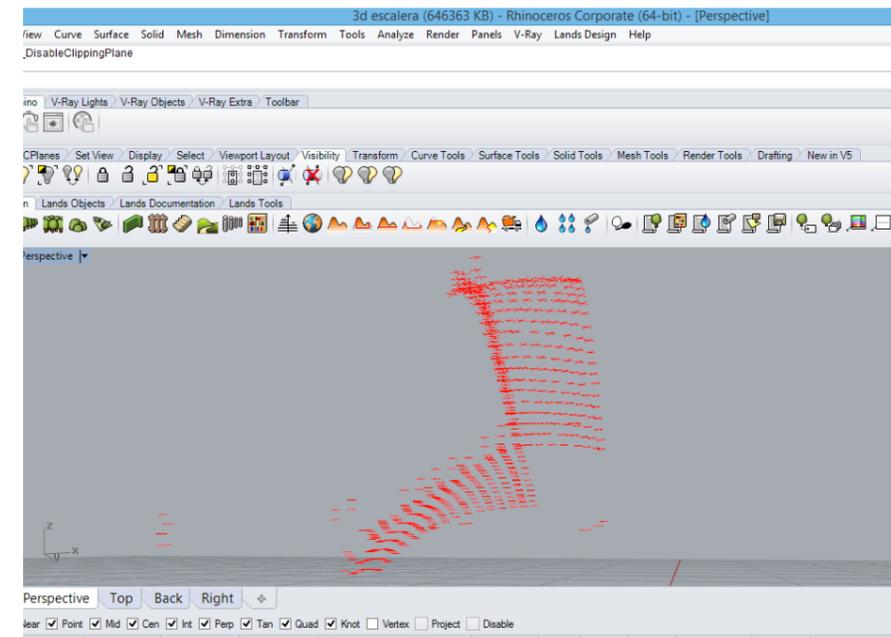


Figura 38_ Ventana de Rhinoceros con los puntos (en rojo) tras la toma de datos con la estación total

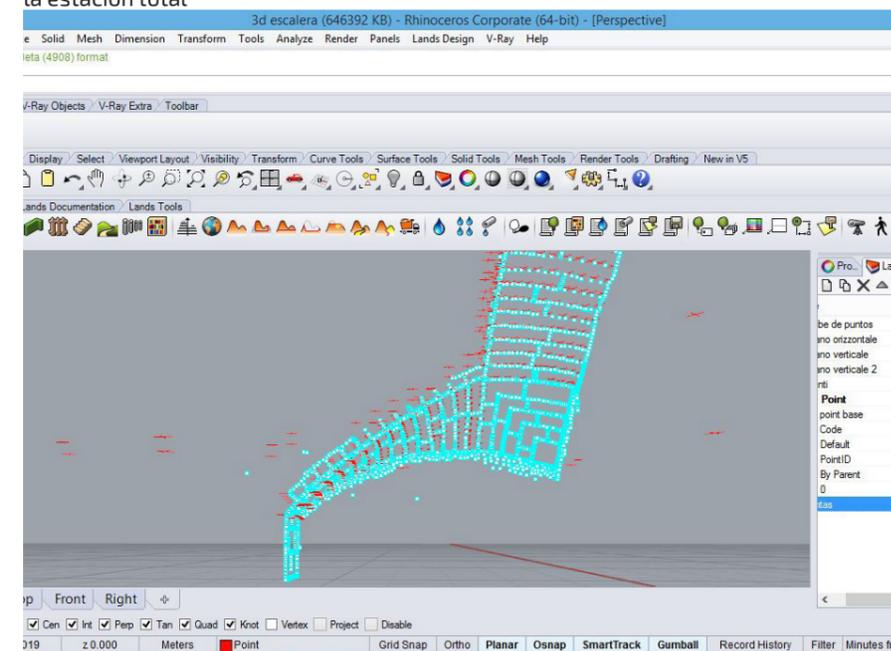


Figura 39_ Ventana de Rhinoceros con la yuxtaposición de los puntos aislados tras el programa Cyclone (en azul) y los puntos tomados por la estación total

Finalmente, obtenido el modelo tridimensional de la escalera (de la fotogrametría) y ajustado con los puntos de la estación total, se ha procedido a comprobar su yuxtaposición con los puntos sacados por cyclone para obtener la correcta posición de las juntas de la bóveda de la escalera. Mediante el uso del programa Rhinoceros, se han podido superponer sin ningún problema estos puntos con los otros proporcionados por Cyclone, dando un resultado positivo. Los puntos tomados por los tres medios se han yuxtapuesto sin problemas, generando un error imperceptible. Una vez comprobado eso se ha procedido a obtener los alzados de la escalera a través la herramienta "exportar orto foto" de PhotoModeler para su levantamiento.

Tras haber obtenido el modelo de verdadera magnitud y tras haber comprobado la exacta posición de las juntas por los tres medios utilizados, para el desarrollo del análisis sucesivo se ha decidido utilizar los puntos obtenidos con el programa Cyclone, por resultar lo de más fácil manipulación. Se ha procedido con la definición de un proceso gráfico, sistemático, con tal de definir la forma de la obra analizada.

En primer lugar se han dispuesto los puntos en planta en verdadera magnitud redibujando la forma geométrica de la obra y restituyendo su posible geometría. En segundo lugar, se han dispuesto en proyección con tal de definir los elementos de la escalera a analizar, es decir, aristas y juntas. Sucesivamente se ha propuesto una forma de trazado concreto y se ha establecido una cuantificación métrica, utilizando medidas o ley geométricas de aquella época. Hecho eso, se ha procedido con elaborar gráficamente la propuesta de traza y talla de las piezas que conforman la escalera y por fin su proceso constructivo.

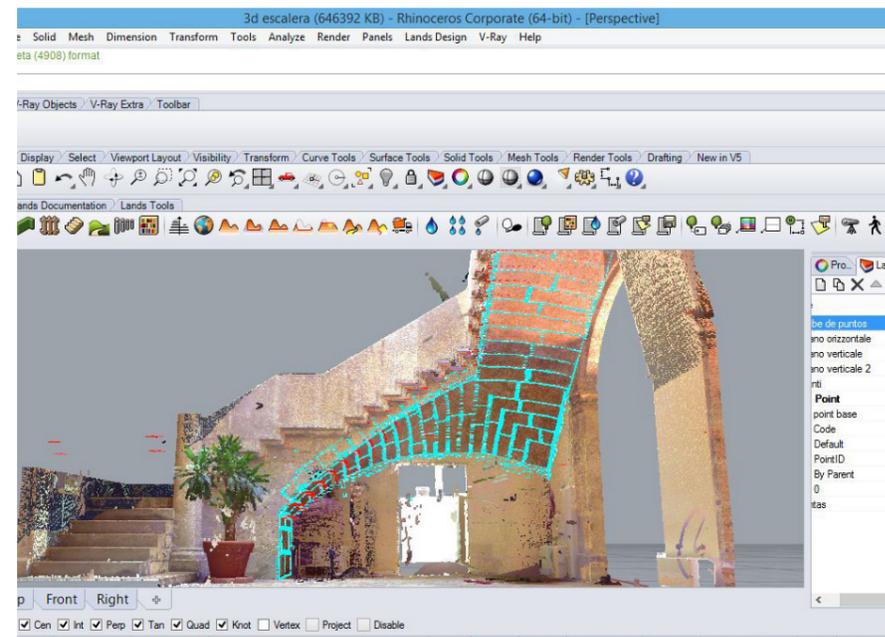


Figura 40_ Ventana de Rhinoceros con la yuxtaposición de los puntos tomados mediante los métodos citados

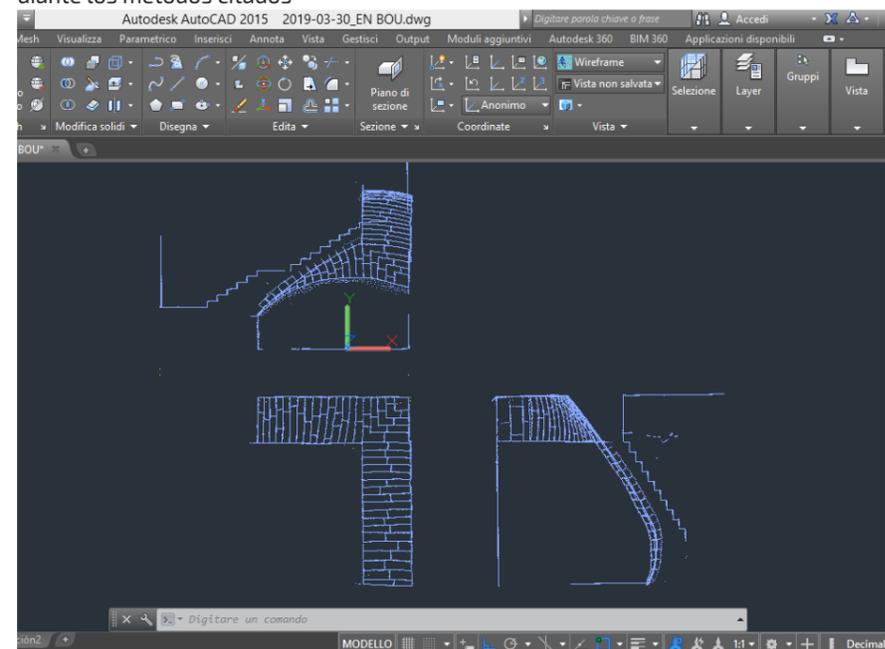
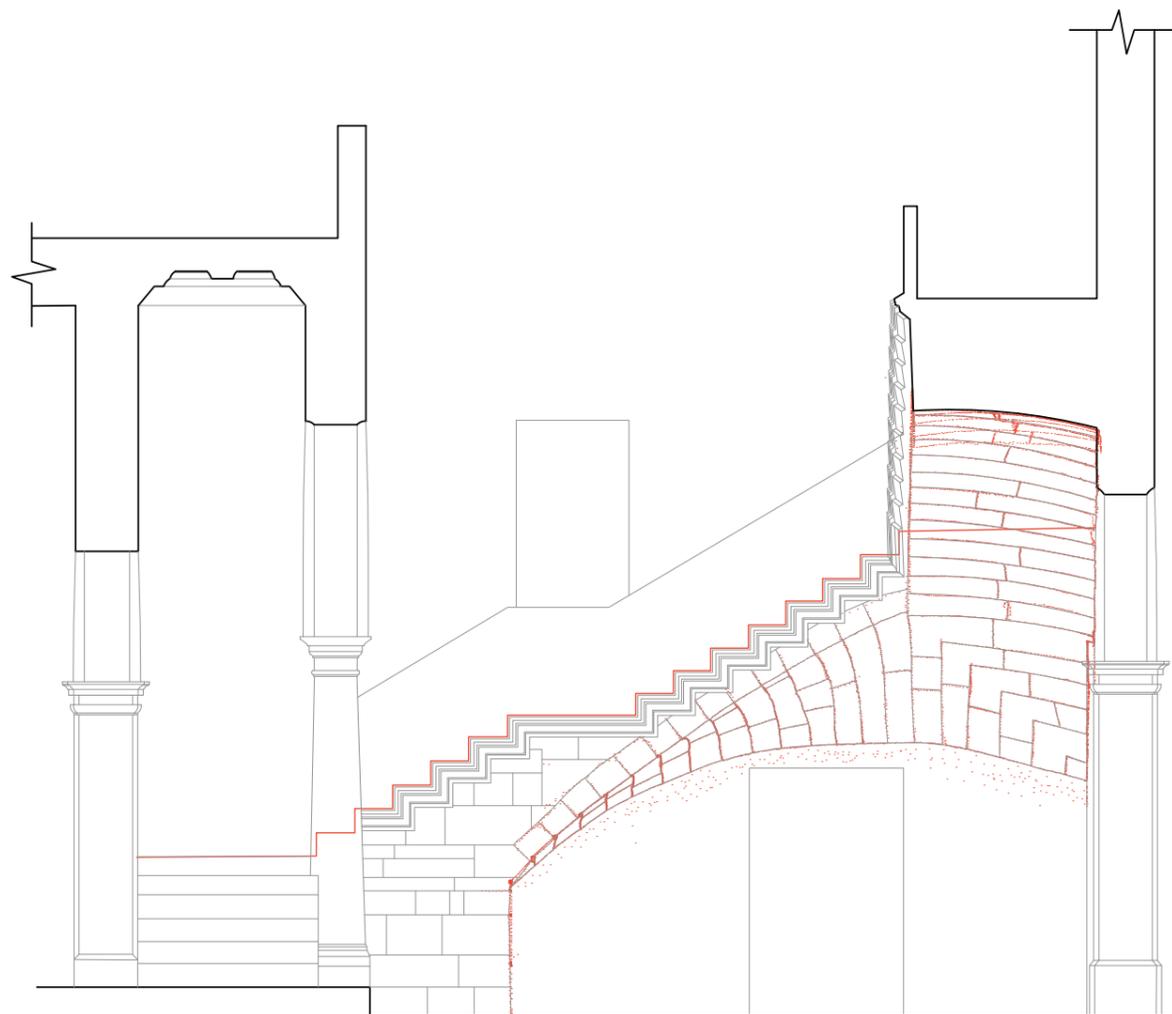


Figura 41_ Ventana de Autocad con los puntos obtenidos con el programa Cyclone para el desarrollo del análisis posterior



4_ ANÁLISIS FORMAL: HIPÓTESIS DE TRAZA

4.1_Análisis métrico y geométrico del elemento

Tras la información obtenida mediante la toma de datos, se procederá a determinar la geometría de los tramos abovedados de la escalera y las hipótesis sobre la métrica utilizada. En primer lugar, se colocarán las nubes de puntos en proyección diédrica y se consideraran a continuación el conjunto de puntos seccionados (en rojo), con tal de poder definir correctamente las aristas y las juntas de la bóveda de la escalera para poder determinar su forma con la mayor exactitud posible y posteriormente elaborar hipótesis sobre el sistema de su traza.

Se procede a definir la forma de la planta de la bóveda de la escalera. La planta tiene una forma a L, está compuesta por dos tramos abovedados del mismo ancho y ortogonales entre ellos.

En el primer tramo los sillares en la parte del enjarje tienen la junta recta, procediendo hasta la esquina estas juntas desvían ligeramente produciendo el alabeo de las piezas, probablemente eso se debe a que se realizó un ajuste durante la construcción. El encuentro de este tramo con el siguiente configura una arista entrante con las dovelas en V (de forma que se aparejen las dovelas en uno y otro sentido) para conseguir una unión armoniosa sin interrupción entre los dos tramos, ya que en las escaleras valencianas, las dovelas se cortan para colocarse perpendiculares al muro como ya se ha comentado. Esta solución resulta la más complicada de construir ya que el intradós de la bóveda adquiere una forma alabeada siendo que por norma general no existen dos hiladas iguales (Marín 2018).

En el segundo tramo las hiladas son todas rectas respecto el tramo precedente. Eso refuerza la idea que en el primer tramo se intentó ajustar las hiladas con el encuentro de la esquina.

Determinada la geometría de la planta procederemos a colocar los puntos correspondientes a la nube en proyección vertical, ortogonalmente a la cara interior del muro. El primer tramo se

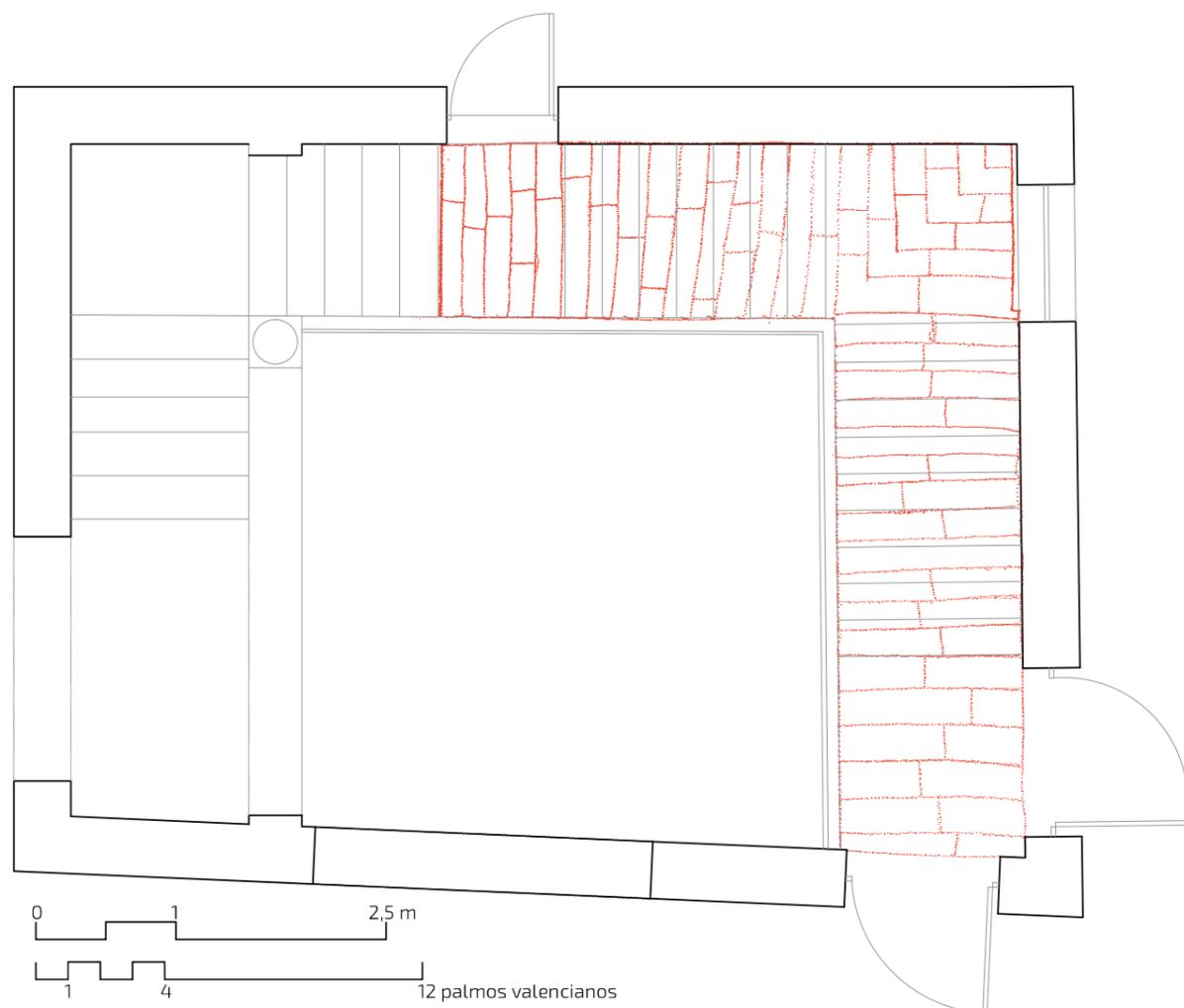


Figura 42_ Levantamiento patio y alzado escalera con la nube de puntos sacada por Cyclone (en rojo)

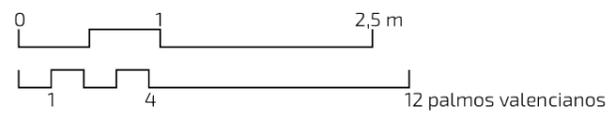
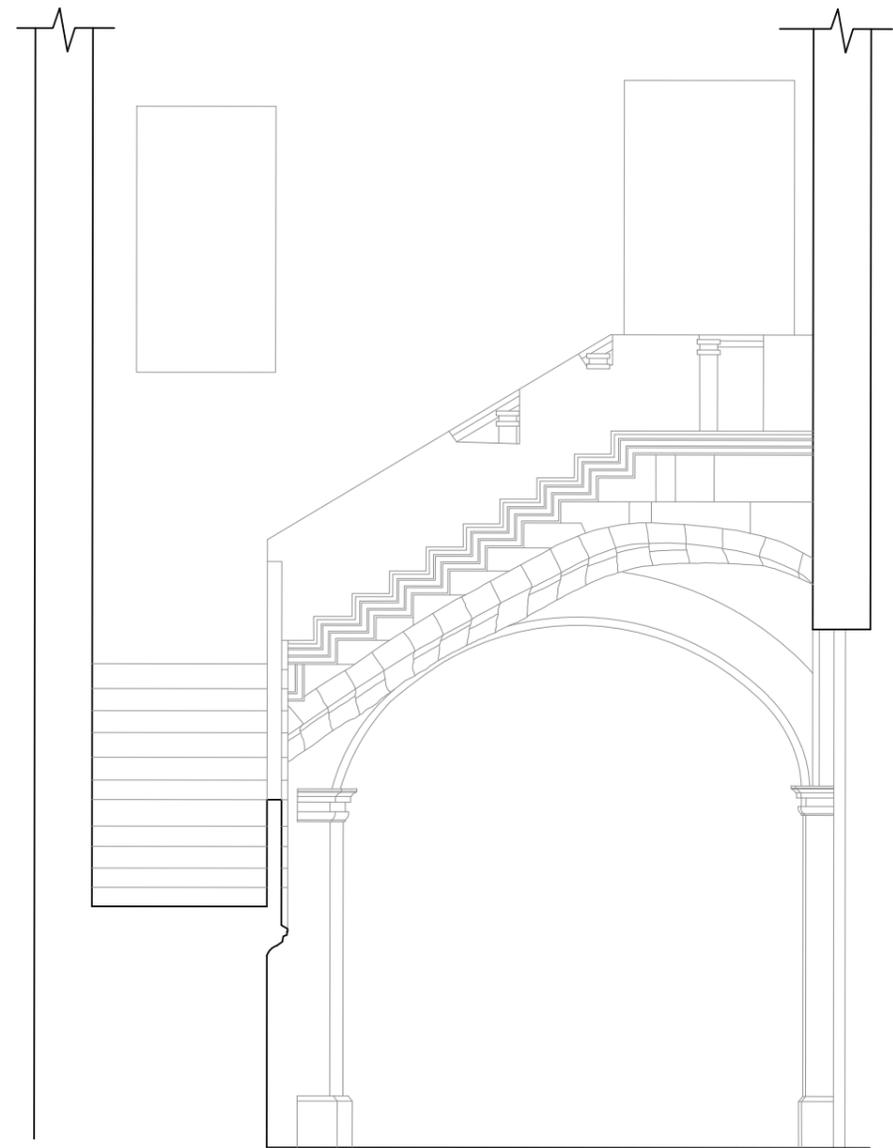
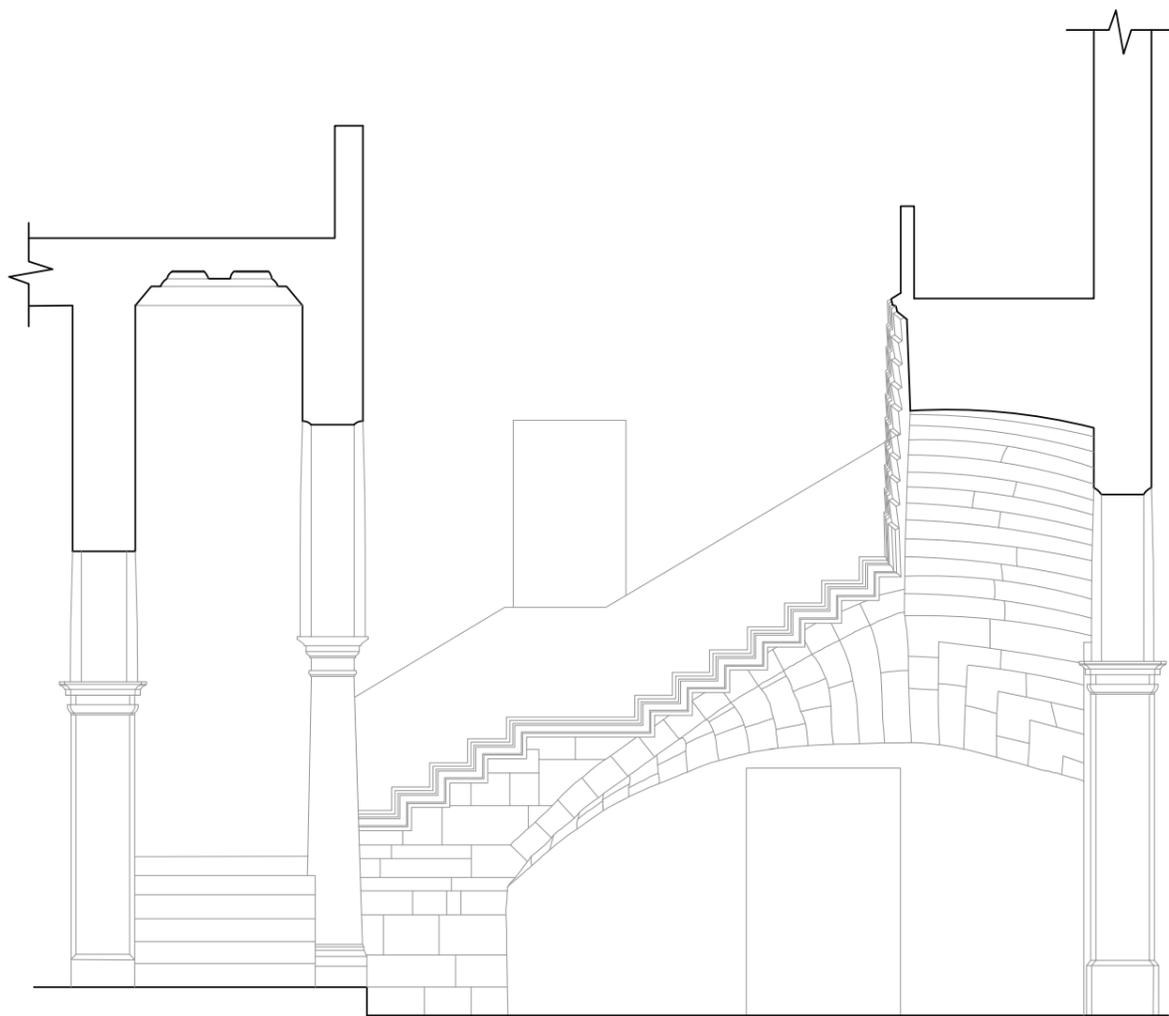
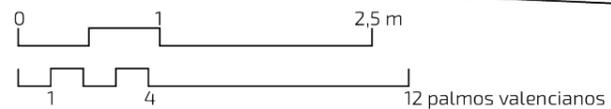
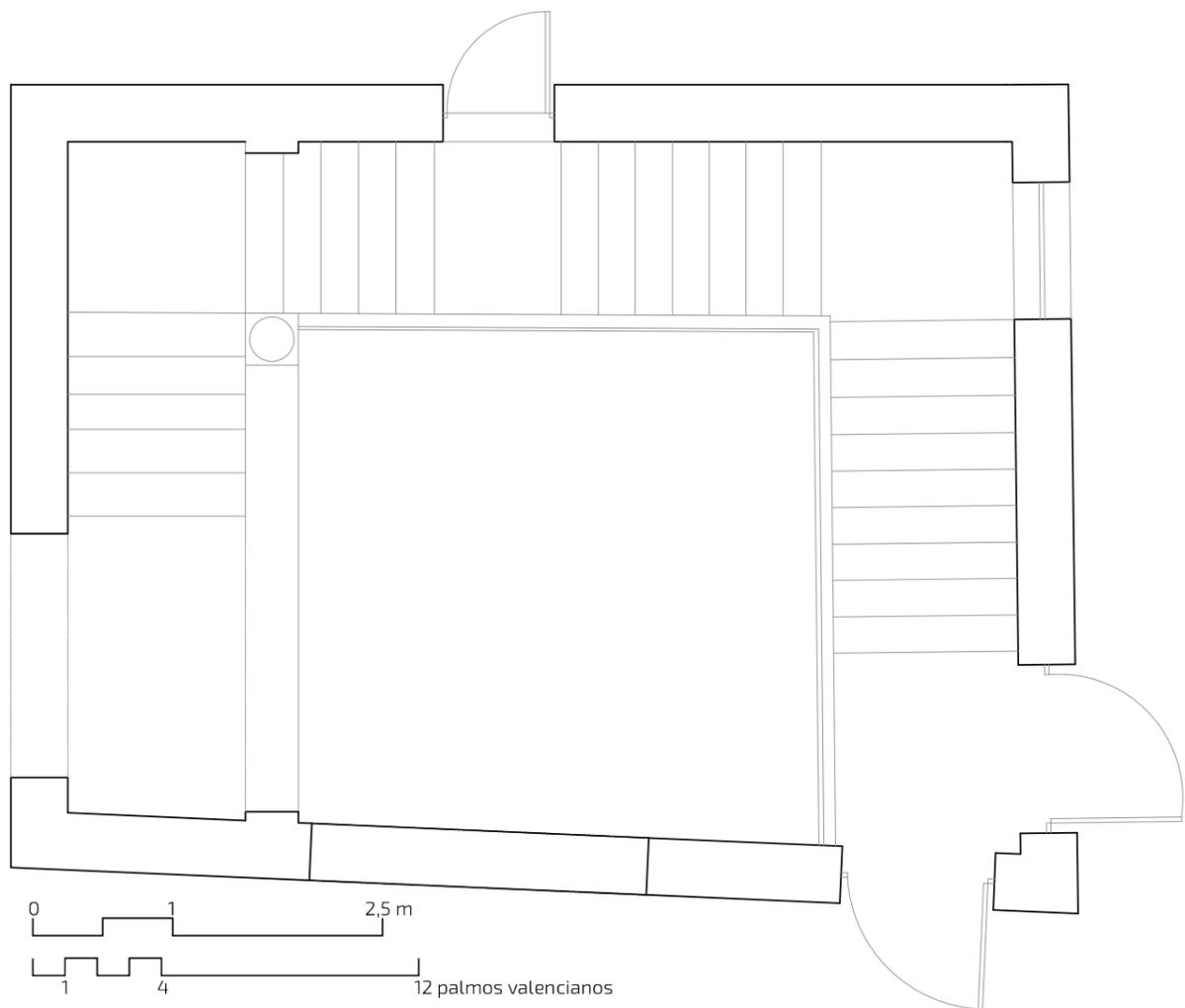


Figura 43_ A la izquierda. Planta del patio y alzado del primer tramo abovedado
 Figura 44_ Arriba. Alzado segundo tramo abovedado



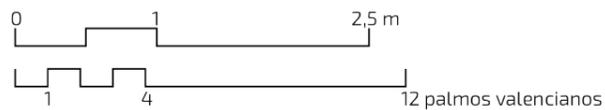
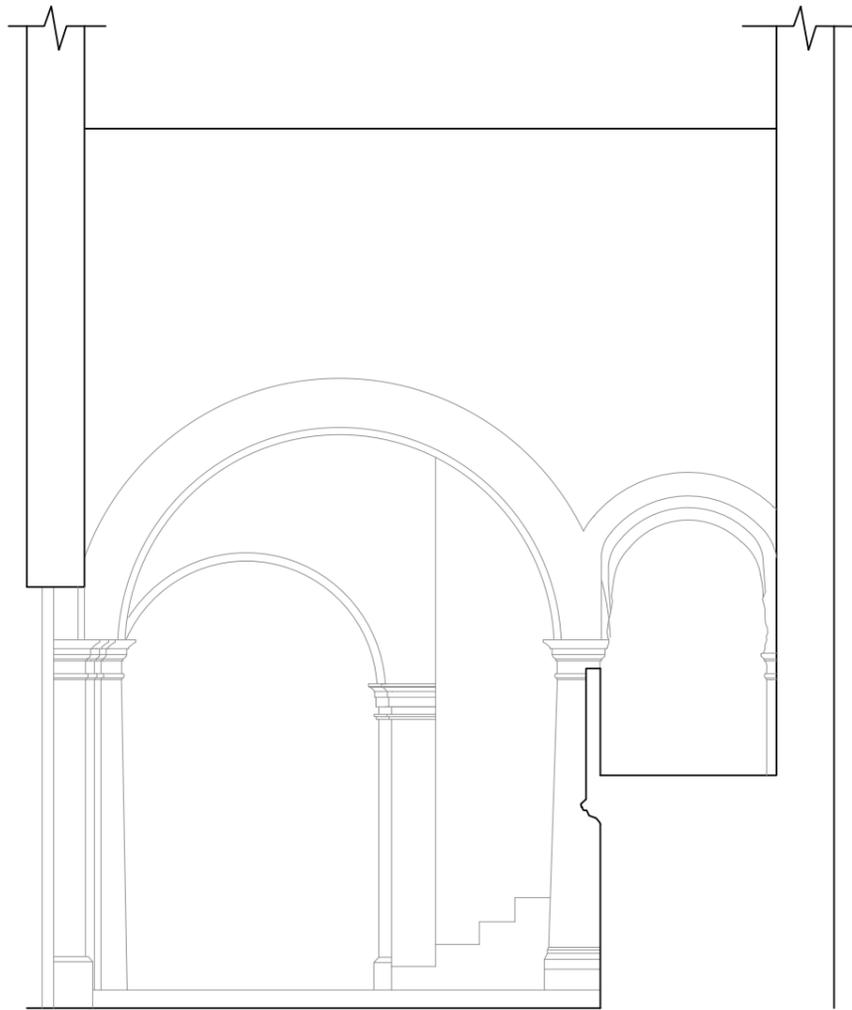


Figura 45_Alzado primer tramo macizo de la escalera

compone de una bóveda capialzada y engauchida, por lo tanto la arista de la pared y la arista de vuelo están realizadas con dos radios diferentes que vamos a analizar a continuación. Cada sillar en la cara exterior está compuesto por juntas ortogonales a la arista de vuelo y convergentes entre sí. Diferente es la situación del segundo tramo. Aquí la bóveda es capialzada y no engauchida y las aristas de vuelo y de la pared tienen el mismo radio. Se nota que las juntas son rectas y no se produce alabeo. En la cara exterior, las juntas de los sillares son ortogonales a la arista y paralelas entre ellas.

En el análisis métrico, como ya comentado, se ha procedido a

evaluar la escalera con el palmo valenciano de 22.65 cm y de 23 cm, lo que se ha averiguado es que las medidas utilizadas se ajustan más al palmo de 23 cm. (imagine che fa vedere AMBOS palmos)

Por tanto vamos a indicar las medidas de la escalera utilizando el palmo de 23 cm:

La escalera se compone de tres tramos rectos, uno macizo y dos volados, la caja de la escalera tiene una planta aproximadamente rectangular de 8,39 m x 6,28 m, es decir de 27,5 x 20,5 pies valencianos de 30,6 cm. El primer tramo volado tiene una longitud de 3,49 m, es decir 11,5 pies (de 30,6 cm), el segundo tramo tiene 4,70 m de longitud aproximadamente 15 pies (de 30,6 cm). La esquina se puede inscribir en un cuadrado de 1,58x1,58 m, que corresponden a 5 pies. La escalera tiene un ancho de 1,58 m (de 5 pies).

Definidas finalmente las medidas en palmos de la planta, se procederá en determinar la forma de las aristas en su verdadera magnitud. Se comenzará, pues con las que se definen en el perímetro de la bóveda de la escalera, y se concluirá con la diagonal de la esquina y de las hiladas transversales de los sillares de la bóvedas (excepto las hiladas que tienen alabeo). Para determinar el radio con el menor error posible, se han dispuesto los puntos correspondientes a la toma de datos en el plano horizontal, superponiendo el trazado, y ajustando el radio del arco acoplándose lo mejor posible a la situación de los puntos. En el primer tramo abovedado con bóveda capialzada y engauchida, el radio de la arista de embocadura es de 10,08 m aproximados, es decir, de 33 pies valencianos (de 30,6 cm) o 44 palmos (de 23 cm) y el radio de la arista de la pared de 5,04 m aproximados, es decir la mitad del radio de vuelo.

La esquina, con sus juntas rectas y paralelas al perímetro, se puede dibujar como un rombo en la cual las dos partes, respecto

la directriz, son simétricas. El radio de la arista mide 9,78 m aproximadamente, es decir, de 33 pies valencianos (de 30,6 cm) o 44 palmos (de 23 cm), eso confirma lo que afirmaba Portor y Castro de que el radio de la esquina se solía coincidir con el radio de la directriz de embocadura de la escalera.

En el otro tramo capialzado, los radios de ambas aristas miden 18,00 m, es decir, 60 pies o 80 palmos. Las aristas de la bóveda debajo del rellano miden 2,52 m las dos, la mitad del radio de la arista del muro del primer tramo. Es evidente que el utilizo del mismo radio facilitaba la construcción de la escalera.

La bóveda tiene un palmo de espesor (de 23 cm) y apoya sobre un muro de sillería.

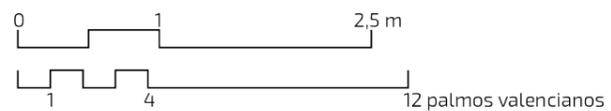
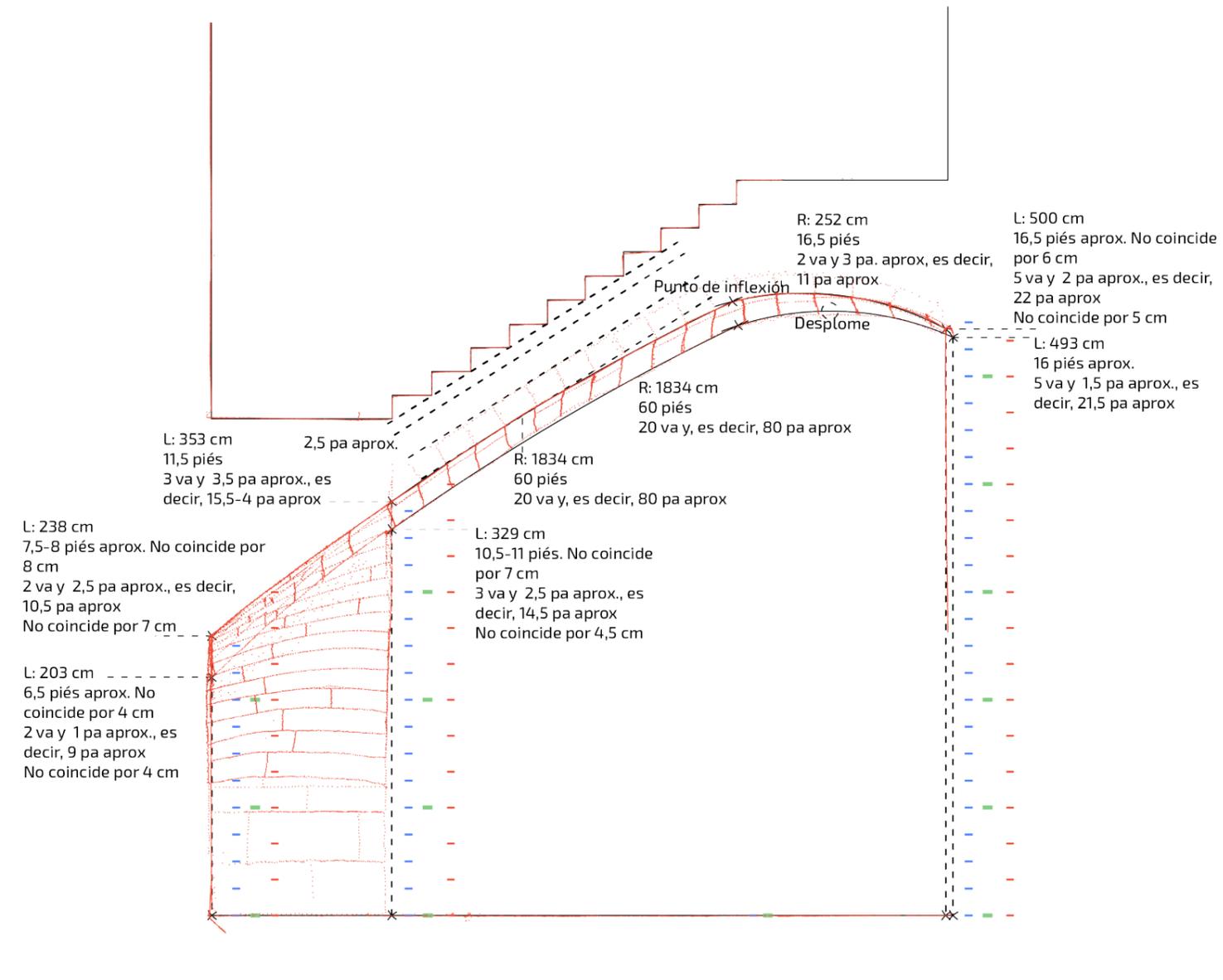
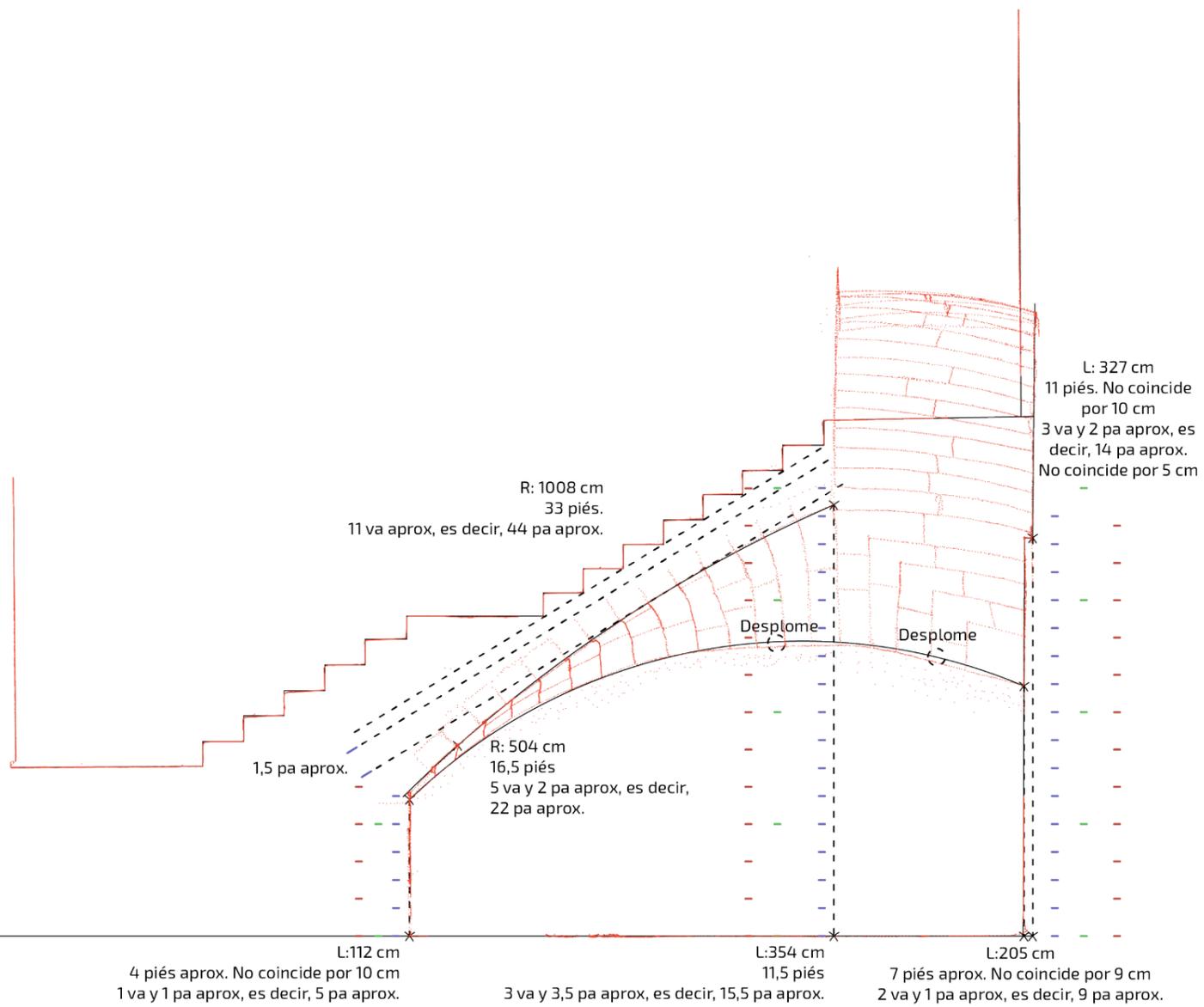


Figura 46_ Vidriera de la Historia de San Silvestre. Catedral de Chartres, s. XIII (Calvo, J. 1999)

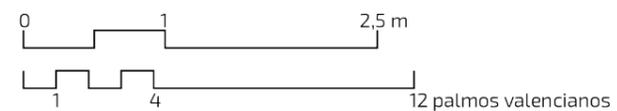
Vamos a detallar las medidas principales tomadas, las de más medidas están indicadas en los anexos:

Elemento	Metros	Palmo de 23 cm	Pié de 30,6 cm	Vara de 92 cm
Arco de vuelo primer tramo	10,08 m	44	33	11
Arco de pared primer tramo	5,04 m	22 aprox.	16,5	5,5
Arco de vuelo segundo tramo	18,34 m	80 aprox	60	20
Arco de pared segundo tramo	18,34 m	80 aprox	60	20
Arista esquina	9,93 m	43	32,5	10,5-11 aprox.
Ancho escalera	1,58 m	7	5	1,5-2
Longitud primer tramo	5,07 m	22	16,5	5,5
Longitud segundo tramo	6,28 m	27	20,5	7
Espesor bóveda	0,23 m	1	-	1/4
Caja escalera	8,39x6,31 m	36,5x27,5	27,5 x 20,5	9x7
Altura primero rellano	1,38 m	6	4,5	1,5
Altura segundo rellano	2,63 m	11,5 aprox	8,5	2,5-3 aprox.
Altura tercer rellano	4,27 m	18,5	14	4,5
Altura cuarto rellano	6,27 m	27	20,5	7

Finalmente, habiendo analizado la geometría de la bóveda y la métrica empleada, estamos teóricamente en disposición de poder formular propuestas de traza.



- Palmos de 30,6 cm
- Piés de 23 cm
- Vara de 92 cm



- Palmos de 30,6 cm
- Piés de 23 cm
- Vara de 92 cm

Figura 47_A la izquierda. Alzado del primer tramo abovedado con el dimensionamiento en palmos, piés y varas
 Figura 48_Arriba. Alzado del segundo tramo abovedado con el dimensionamiento en palmos, piés y varas

4.2_Estudio estereotómico: Trazas y Labra

La estereotomía de la piedra, o arte de la montea y corte de piedras, (XVII-XVIII) es la disciplina que estudia las trazas y procesos de labra necesarios para la ejecución de piezas de cantería (Navidad 2010)

Las fabricas de piedra suelen presentar generalmente problemas de estabilidad, por eso el factor crítico que presentan no es la resistencia, si no la forma de la estructura en su conjunto. En consecuencia, los problemas que se tienen que resolver son de carácter geométrico.

La piedra de cantería presenta la necesidad de dividir el objeto a construir en piezas de tamaño adecuado para asegurar un cómodo transporte y una fácil colocación de las mismas en la obra. Por tanto, es importante concebir con anterioridad a la ejecución un esquema de división en piezas o despiezo. Esto quiere decir que cada pieza de la obra a construir debe ser previamente diseñada para que encaje perfectamente en la posición deseada y para que no provoquen fallos por deslizamiento y que garanticen la estabilidad y resistencia del conjunto (Navidad 2010).

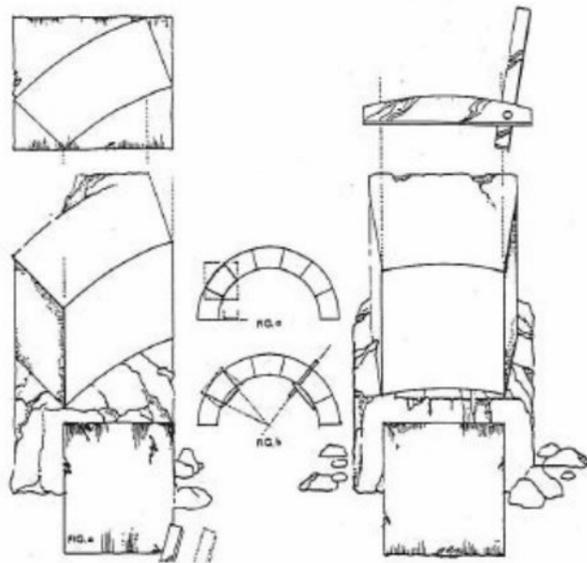


Figura 49_ Métodos para la labra de una dovela (Palacio Gonzalo, J. C., 1990)

Traza

La traza, o arte de la montea (término común en la tratadística del siglo XVI), se refiere a la habilidad de trazar planos a tamaño natural del conjunto arquitectónico o de algunas sus partes con el objetivo de minimizar los errores (Palacio 1990). Como ya comentado, estas trazas servían para diseñar el despiezo y los detalles de una obra de manera que, se obtenían las plantillas o patrones y medidas necesarias para labrar los distintos sillares y dovelas. Muchas veces las trazas se dibujaban en el suelo o en la pared sobre un tendido de yeso o se graban con un punzón en el paramento de piedra ya construido (Navidad 2010).

Definida la geometría de la bóveda de la escalera con sus medidas, se procede seguidamente a proponer un sistema de trazas que resuelva el problema de obtención de patrones de corte de los bloques.

Para determinar el posible método de trabajo empleado para la traza de la escalera, se ha dibujado directamente sobre las secciones de la nube de puntos.

Es útil señalar que en los dibujos se han utilizado líneas auxiliares para facilitar el estudio. En aquella época no se dibujaban estas líneas para el desarrollo de la traza, se medían directamente las distancias.

El proceso tenido en cuenta para el desarrollo de la traza, se puede dividir en los siguientes pasos:

- El primer paso se ha dibujado la planta y el desarrollo de las gradas con sus alturas;

- El segundo paso ha sido el dibujo de las aristas. Estas se pueden dividir en tres partes: las aristas del primer tramo, las aristas de la esquina y las aristas del segundo tramo.

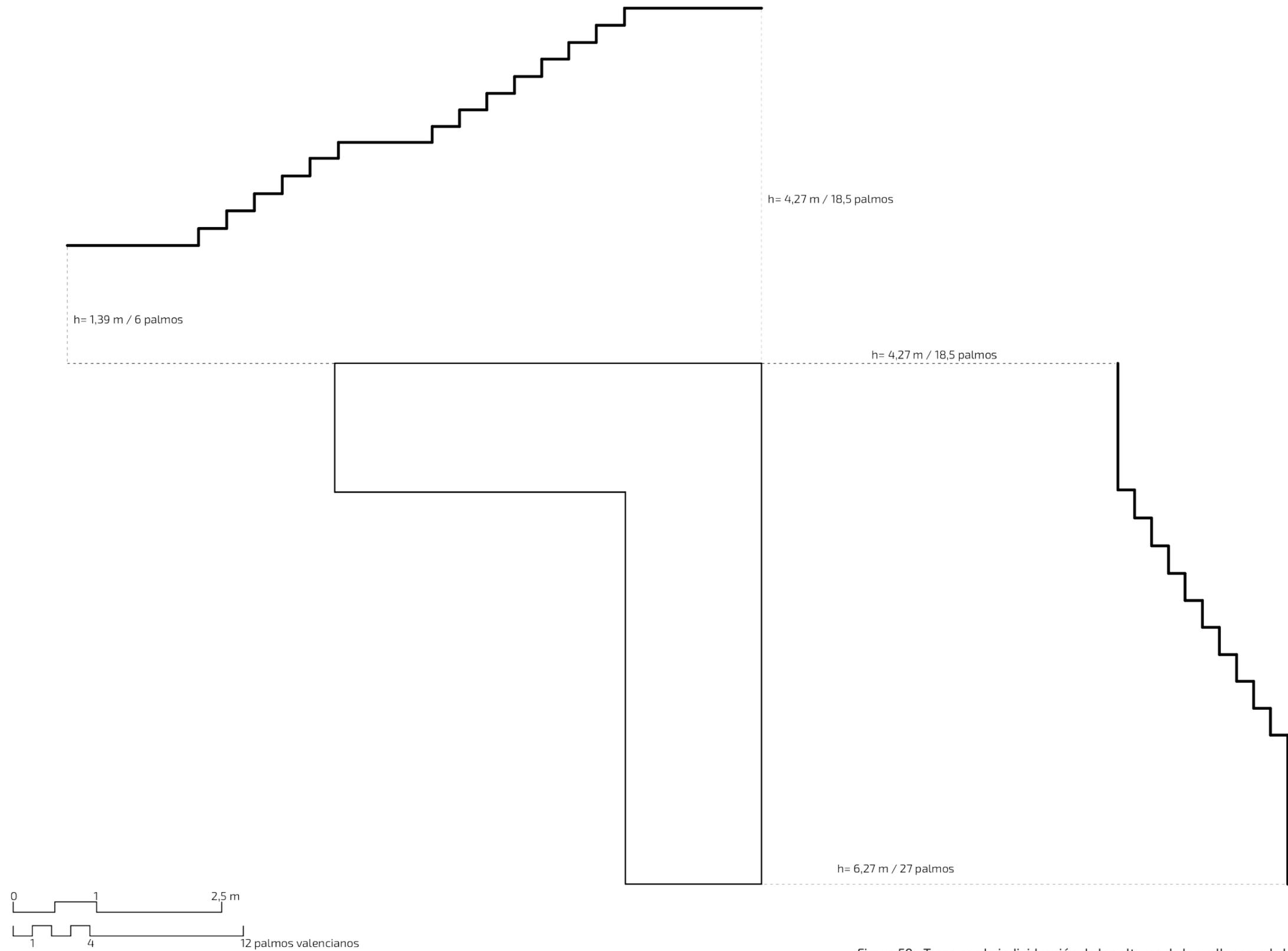


Figura 50_ Traza con la individuación de las alturas de los rellanos y de los escalones

Por tanto, la elaboración de la traza comienza por la definición de los escalones con las alturas requeridas. Esto consiste en el replanteo de las gradas y del plano de los rellanos sobre los muros perimetrales.

A continuación se trazó la línea auxiliar que une los dientes de los escalones, como propone Vandelvira, y se trazaron las curvas directrices de las testas voladas del primer y segundo tramo.

Se hallaron los posibles centros y radios de curvatura de estos arcos del hueco o testa. Se comprobó que las curvas resultantes en cada tramo tienen un radio conocido y son tangente a la línea auxiliar paralela a la pendiente de las gradas previamente trazada. En el primer tramo esta distancia es de un palmo y medio (el palmo de 23 cm), mientras, en el segundo tramo es de dos palmos y medio.

El punto de arranque de la curva directriz queda a voluntad del maestro. En este caso se situó a 5 palmos de altura por situarse una puerta debajo de la escalera. En el segundo tramo la curva directriz empieza en el punto de unión con el arco de vuelo del tramo inferior. Este arco es más tendido, tiene un radio de 80 palmos aproximadamente, probablemente para salvar la altura del arco de acceso al patio.

Una vez obtenido el radio de la arista de vuelo, se procede con la individuación de la curva directriz de encuentro de la bóveda con el muro. Este se dibuja sobre las nubes de puntos y se nota que tiene un radio que corresponde a la mitad del radio de vuelo en el primer tramo. En el segundo tramo se ha utilizado el mismo radio de la directriz del hueco.

Cabe decir que los radios en muchas ocasiones tienen un valor muy próximo al ancho de la caja, es decir, a la distancia entre los muros, en este caso se ha averiguado que la medida

utilizada no coincide con esta distancia, pero sí que se utilizó un radio preestablecido. En el primer tramo el radio de vuelo es de 44 palmos y el radio del muro es la mitad, en los arcos del segundo tramo el radio es de 80 palmos. Como ya comentado, en la esquina el radio utilizado se aproxima al radio del hueco del primer tramo. El hecho de utilizar un radio establecido facilitaba la construcción de la escalera misma, porque dimensión fácil de recordar y porque pretendería reducir los gastos de piedra.

Llegando a este punto, sólo quedan por conocer el procedimiento seguido para determinar el despiece de los dos tramos y de la esquina de la escalera.

Para el despiece de los sillares del primer tramo se utilizaron juntas verticales ortogonales a la arista de vuelo, es decir con perpendiculares aproximadas, siendo que el radio de las mismas se encontraría demasiado lejos.

En la primera parte de este tramo las piezas se pueden considerar paralelas por estar muy juntas, conforme se van separando las juntas se van torciendo, y se nota un cierto descontrol en los últimos sillares a lo mejor las últimas hiladas ni siquiera las habían concebido. Por tanto, podemos considerar que para trazar este primer tramo se utilizó un único tipo de pieza con el mismo perfil para la testa de todos los sillares, por eso la última parte presenta errores. Ya con la profundidad del bloque y la medida de la testa ortogonal podían montar la escalera.

En el segundo tramo las juntas son ortogonales a las aristas y paralelas entre ellas, eso facilitaba mucho su desarrollo. Debajo del último rellano las juntas son ortogonales a la arista de vuelo y convergentes en el mismo centro de la curva que es la mitad del radio del muro del primer tramo.

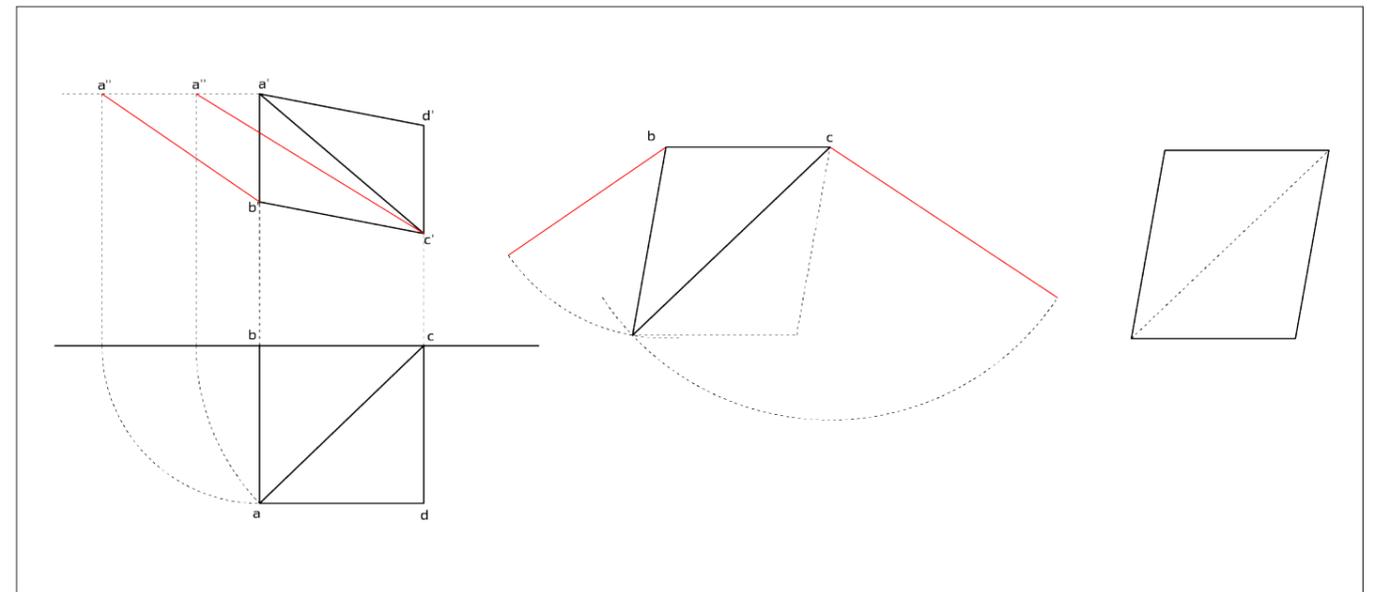
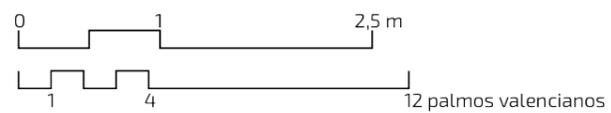
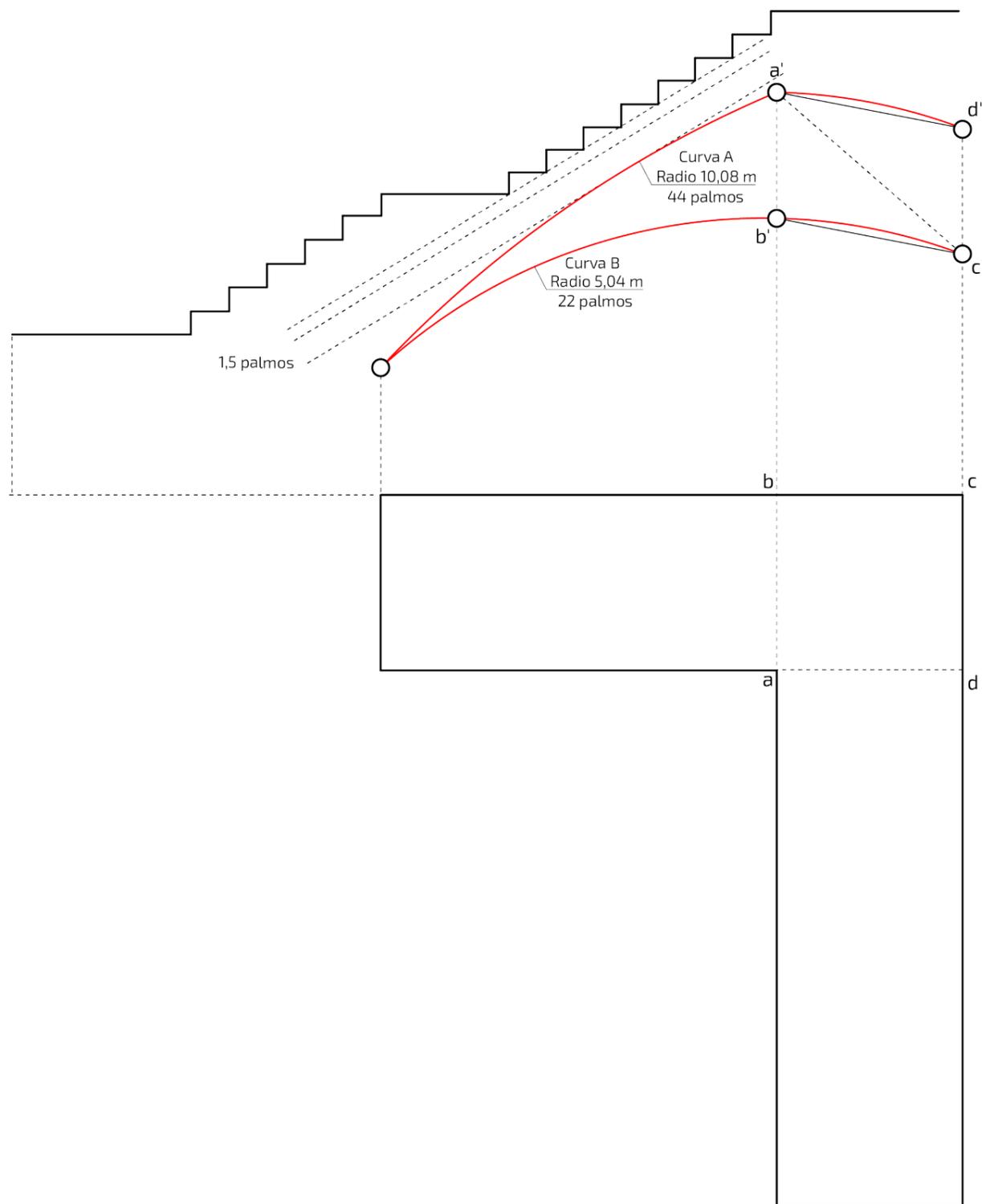


Figura 51_Traza de las aristas de los arcos que conforman la escalera

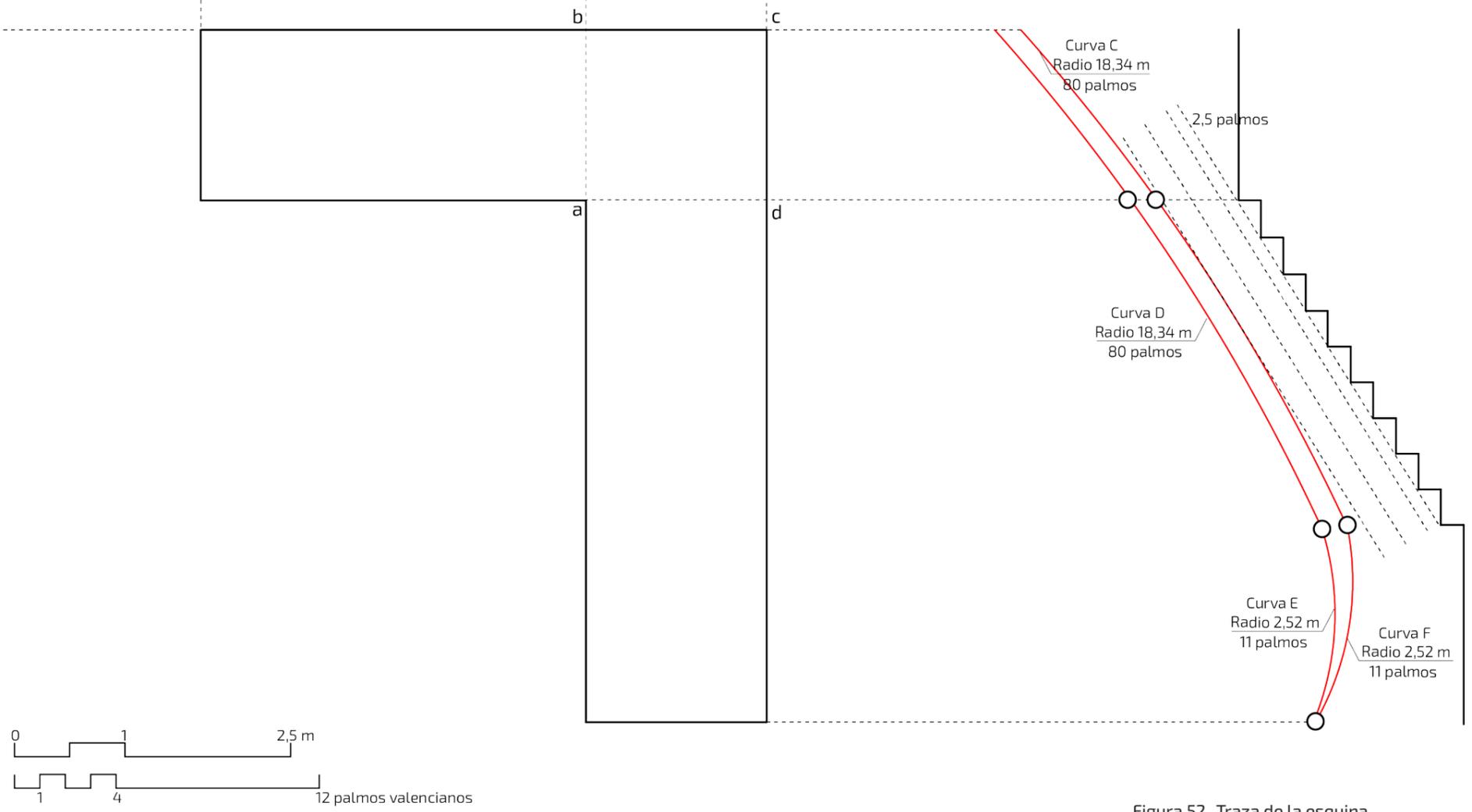
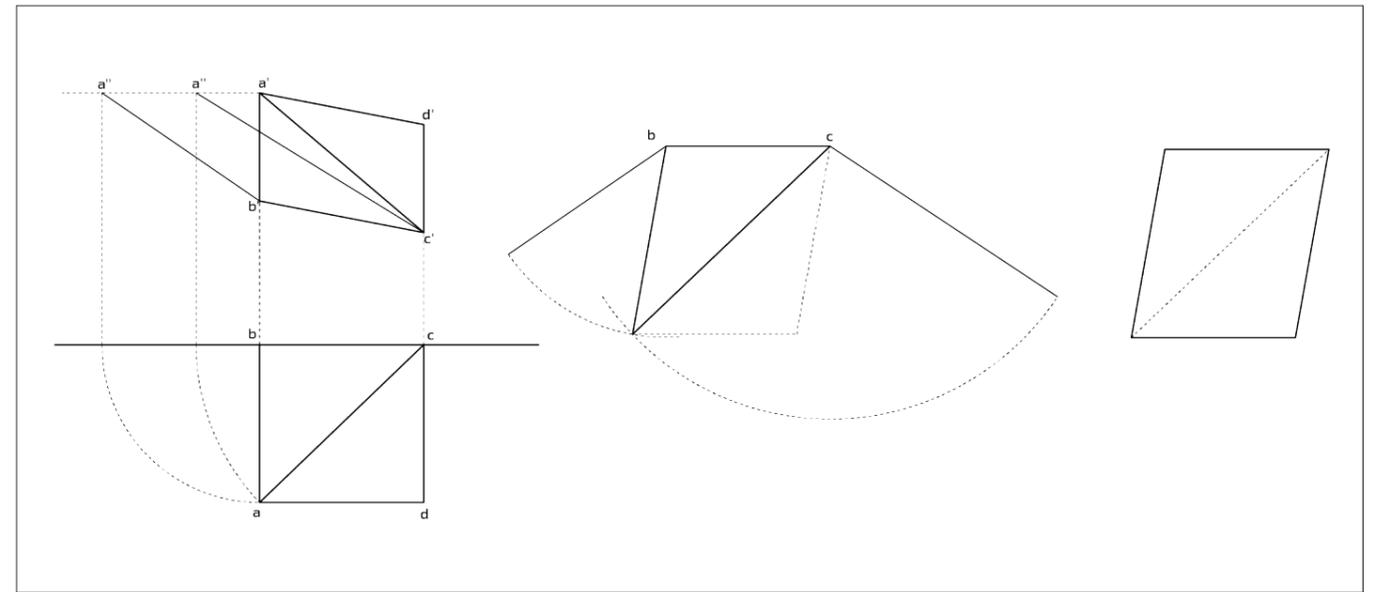
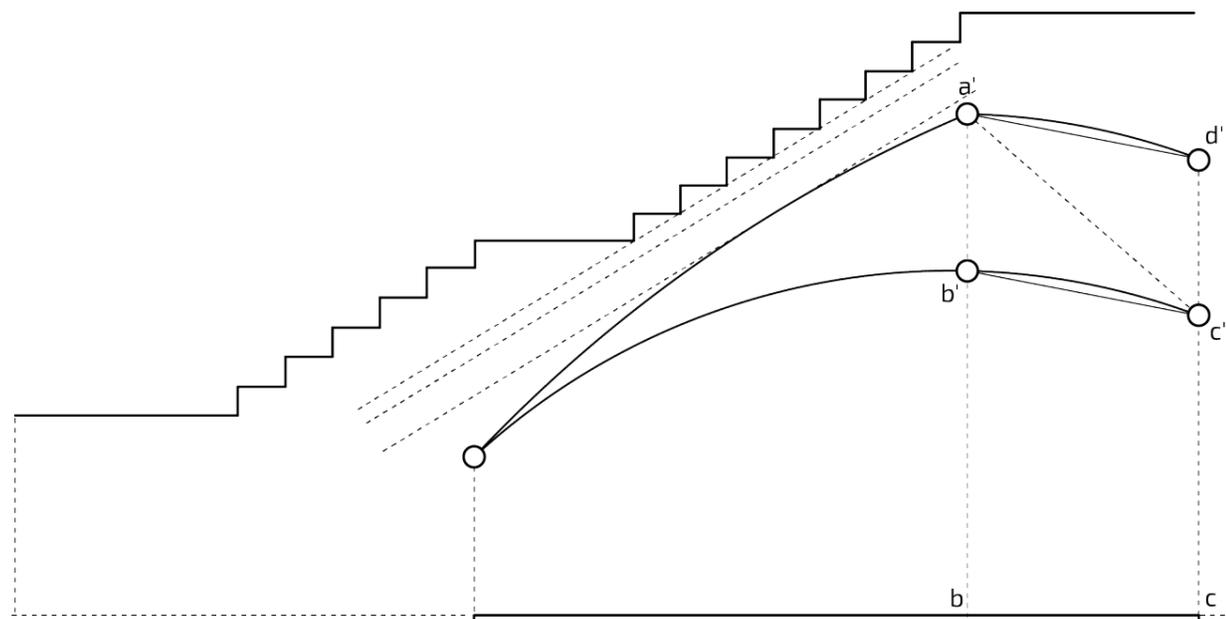


Figura 52_Traza de la esquina

Lo que se deduce de ello es que el primer tramo parece ser un resultado de un proceso y no un dato de partida. En este caso debido hacerse algún ajuste en la traza. El segundo tramo ya está más pensado, aquí se hicieron las cosas bien.

Para el desarrollo de la traza de la esquina, vamos a considerar los puntos coplanarios. A continuación se procede con la explicación geométrica para la obtención de la traza utilizando la regla del triángulo, es decir, se van a obtener tres lados en verdadera magnitud y se vuelcan según la bisectriz para la obtención de los otros dos lados:

1_ Se procede en dibujar el perímetro de la planta (a,b,c,d) y el alzado (a',b',c',d') de la esquina individuando los puntos;

2_ Se procede con el cálculo de los lados y de la bisectriz para obtenerlos en verdadera magnitud. El lado b'-c' ya se encuentra en su medida real.

3_ Se abate la bisectriz en planta a-c hasta el horizontal por donde pasan los puntos b-c. A través de la línea auxiliar se sube hasta la línea horizontal que pasa por el punto a'. Así se obtendrá el punto a'' en la intersección entre las dos líneas auxiliares. Por fin, procedemos en dibujar la línea en verdadera magnitud a''-c'.

4_ Seguimos con el mismo proceso para obtener el segmento a-b en verdadera magnitud: Se abate la bisectriz en planta a-b hasta el horizontal. Una vez subido el punto hasta la línea horizontal que pasa por el punto a' se obtendrá el punto a''. Finalmente juntando los dos puntos a''-d' se obtendrá el segundo segmento en verdadera magnitud.

5_ Se procede en el dibujar el segmento b-c, que está en verdadera magnitud, y los otros dos segmentos obtenidos. Abatiendo los puntos con apertura de compaso se obtiene el triángulo.

6_ Finalmente, obtenido el triángulo se procederá con el

abatimiento los dos lados a-b y b-c según la bisectriz y se obtendrá el rombo final que será la base sobre la cual proceder con la talla de las piezas.

Con esto el cantero está en disposición de comenzar a ejecutar, por tanto, una vez obtenida la traza de la escalera se procede con el desarrollo de la labra y la talla de cada pieza.

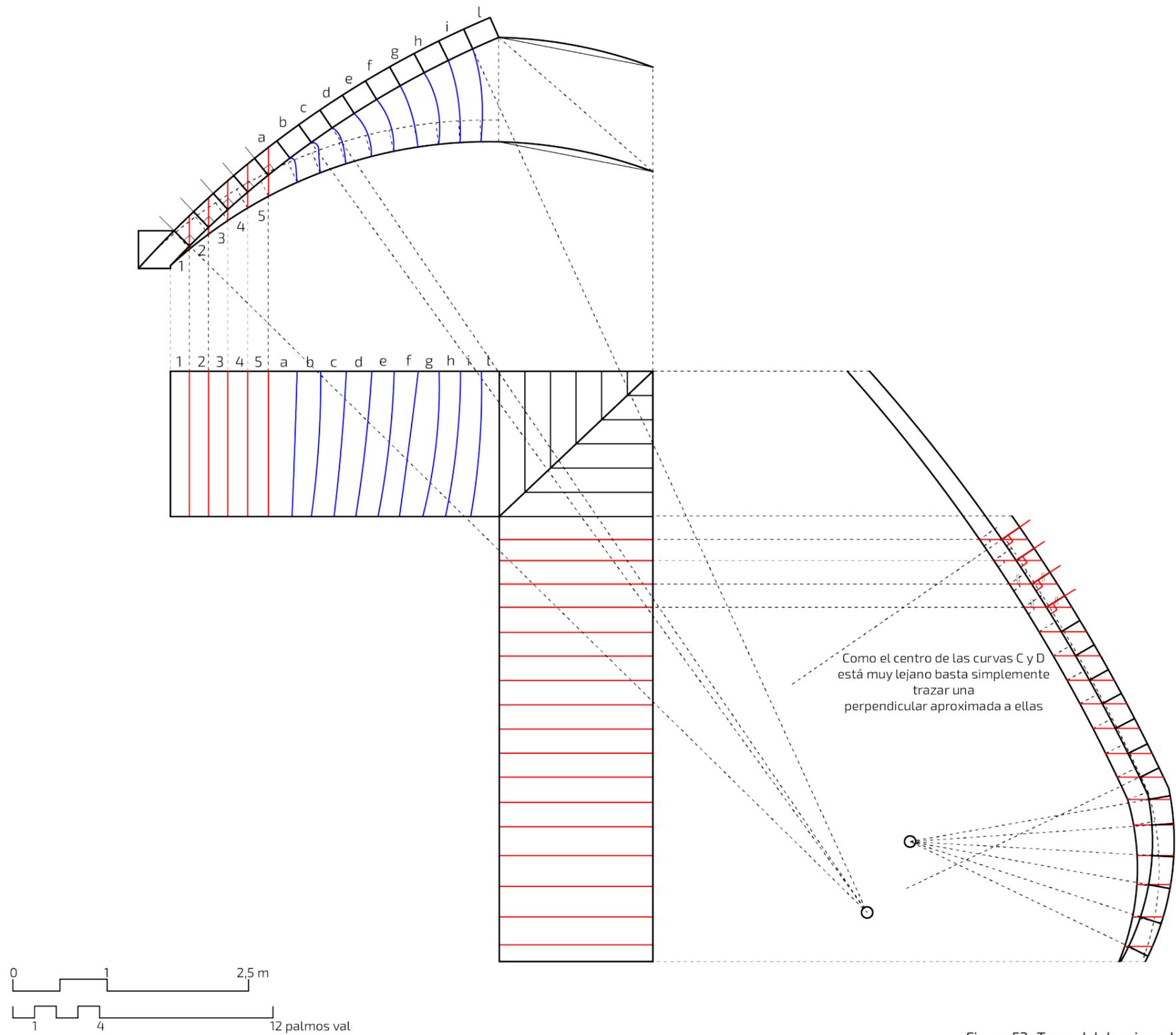


Figura 53_Traza del despiece de los sillares de la bovedas de la escalera

Labra y talla de la piedra

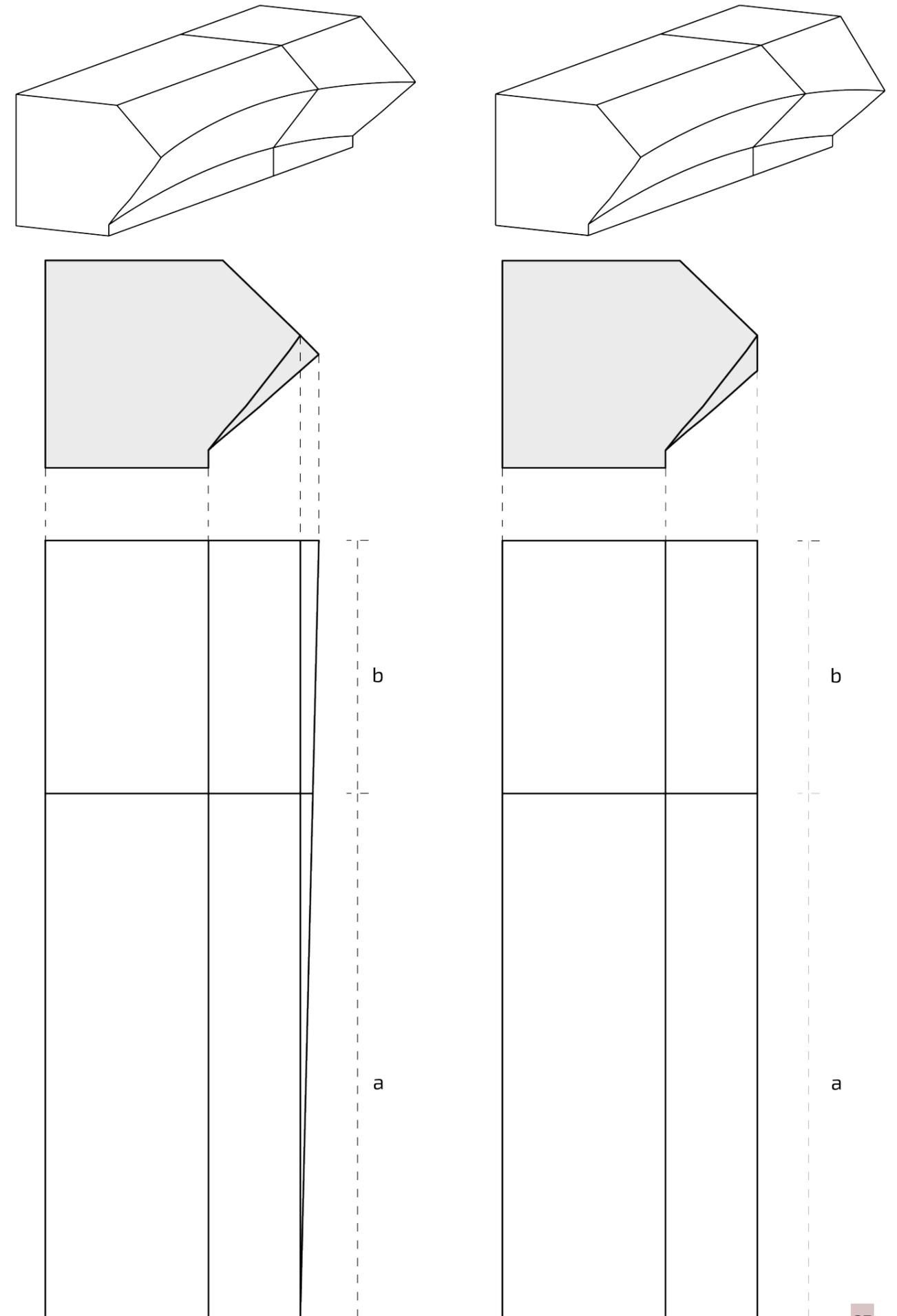
La labra, o arte del corte de piedras, es el conjunto de operaciones de talla para obtener la pieza deseada a partir de la piedra de cantería. Una vez obtenida la traza, con todas sus medidas, que definen la geometría de las distintas piezas, estas medidas quedan plasmadas en las plantillas que son los patrones que sirven para trazar en las piedras los contornos de las caras de las dovelas a tallar. Según la complejidad de la dovela serán necesarios más o menos patrones. A partir de estos contornos se puede empezar ya con el corte de la piedra. (Palacio 1990)

Los instrumentos utilizados para la labra se pueden resumir en los siguientes (Navidad 2010):

- El puntero o el pico: se empleaban para dar un acabado basto a la superficie.
- La escoda o trinchante: Se empleaban para obtener un acabado más fino (En el siglo XVIII apareció la bujarda, un martillo con las caras punteadas, que progresivamente fue sustituyendo a la escoda).
- El cincel y la gradina: se empleaban sobre todo para la realización de las tiradas o atacaduras, definiendo las aristas por donde labrar las caras.

Vamos a proceder con la talla de la primera pieza, es decir, la del enjarje. Esta se considera la pieza más sofisticada de toda la escalera. Probablemente se podría haber tallado en dos maneras diferentes siendo tan pequeña la distancias entre los dos puntos que conforman la junta transversal del bloque. Por lo tanto, se van a desarrollar los dos tipos de talla, una se puede definir "ortodoxa o correcta" con la junta recta y la otra "útil" con la junta ligeramente oblicua.

Figura 54_ Plantillas de la pieza del enjarje, a la izquierda, la talla "útil" con la junta oblicua y a la derecha, la talla "ortodoxa o correcta" con la junta recta



- En la opción correcta, consideramos la junta recta, se utiliza una plantilla en la que se van a localizar los dos puntos, de la cara exterior y de la cara interior del muro, que conforman la junta transversal del bloque:

1_Se empieza dibujando en las caras los puntos de la junta individuados mediante el uso de la plantilla. Estos puntos están a una altura diferente y siendo que la pieza del enjarje está formada por dos bloques de piedra, se localizaran cuatro puntos.

2_Una vez que se hayan dibujado, y considerado que las 4 caras son paralelas entre ellas (a,b y c), se va a proceder con dibujar la curvatura en los bloques mediante una cercha (muchas veces se dibujaba a ojo) y luego se procede con el corte.

3_Por fin se obtendrá la pieza perfectamente cortada, esta opción es la más complicada por tener que cuidar más el corte siendo que se va a realizar una superficie alabeada.

- La segunda opción se puede considerar más sencilla, en este caso la superficie que se va a obtener es plana:

1_Como en el primo caso se va a realizar la plantilla y se van a localizar los puntos en los bloques;

2_Aqui la junta transversal es oblicua, y no recta por esta razón cortando el bloque se obtendrá una superficie plana de la cara de apoyo de la siguiente pieza.

3_Obtendida la superficie plana se tallará por fin la curvatura deseada con un radio definido como en el precedente caso.

Cabe mencionar, que para la individuación del radio de los bloques, muchas veces reutilizaban en las obras cerchas o trozos de cimbras de madera, con radio definido, que se colocaban

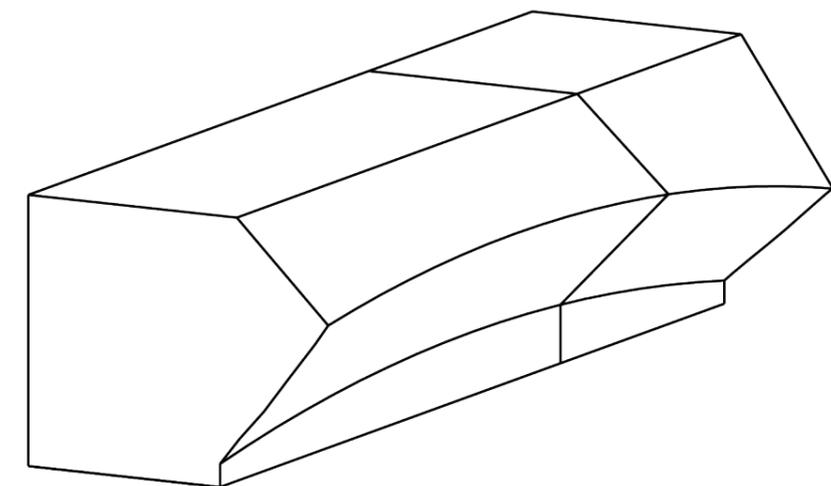
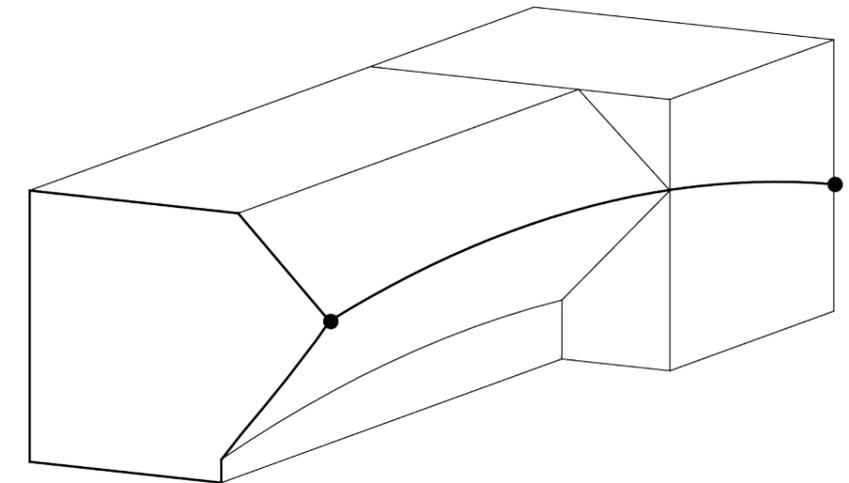
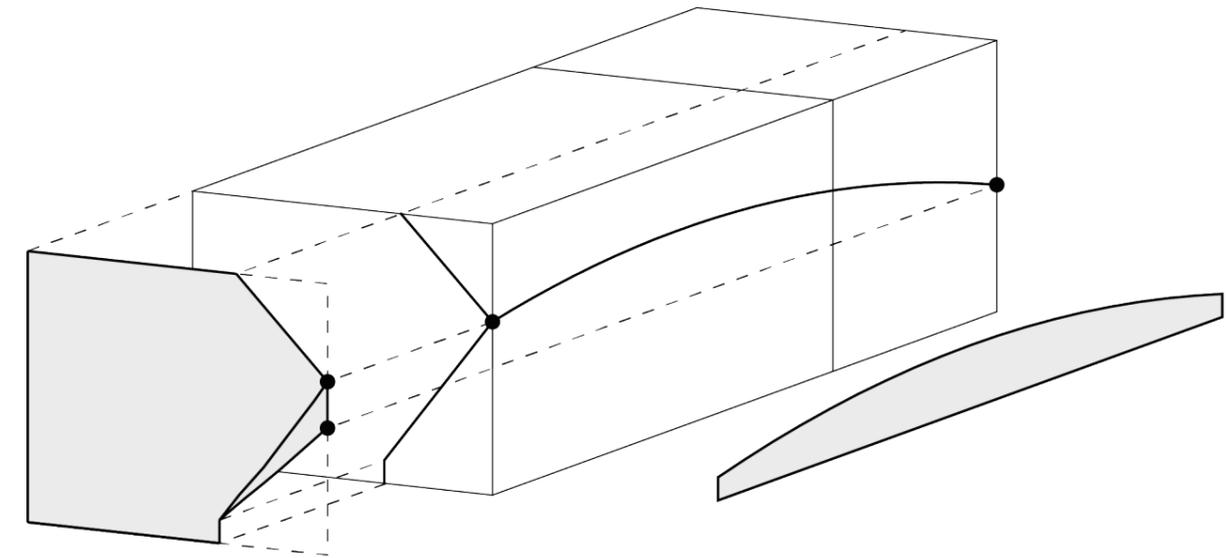


Figura 55_Desarrollo de la talla del enjarje mediante el metodo "ortodoxo o correcto"

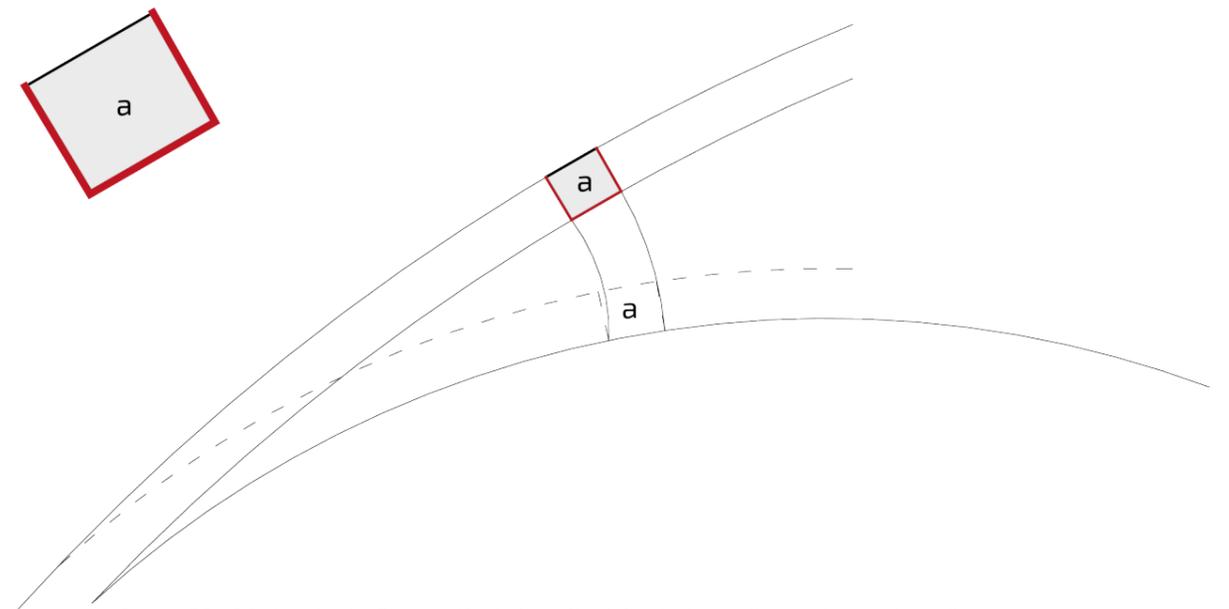
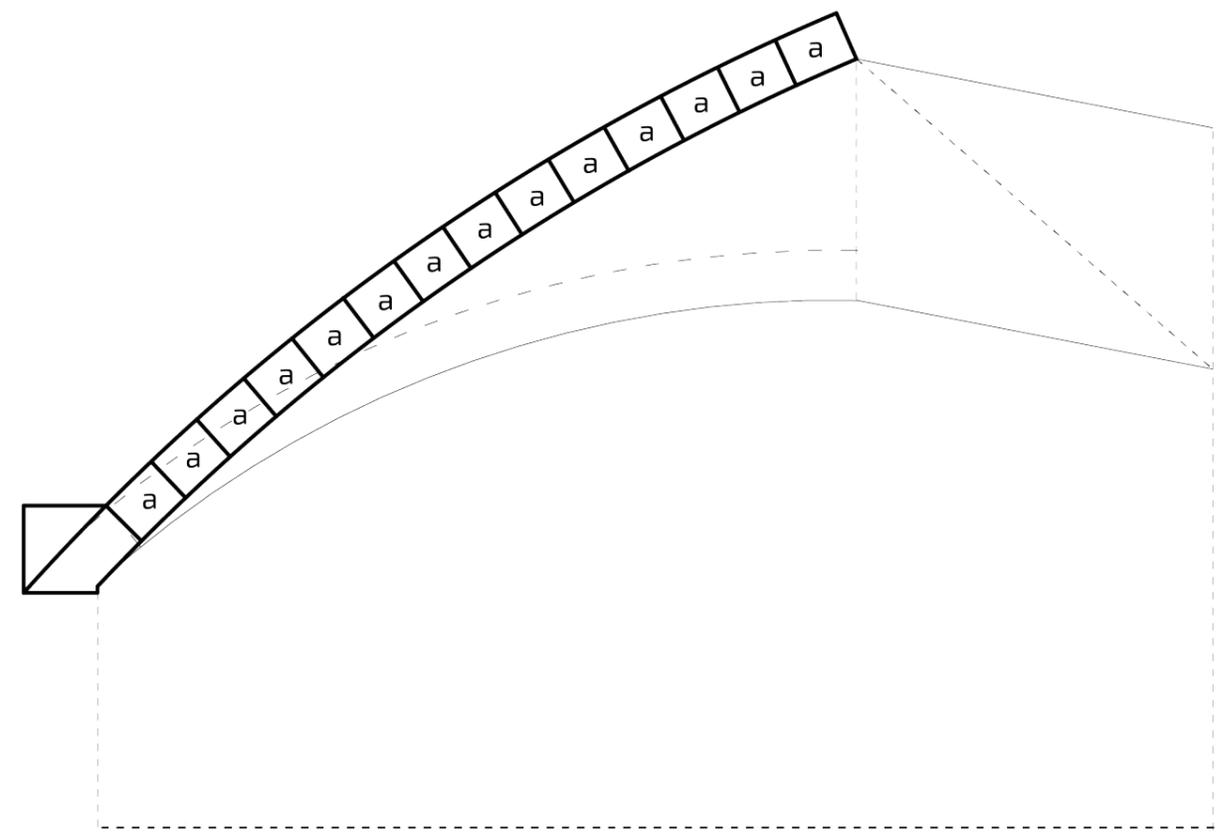
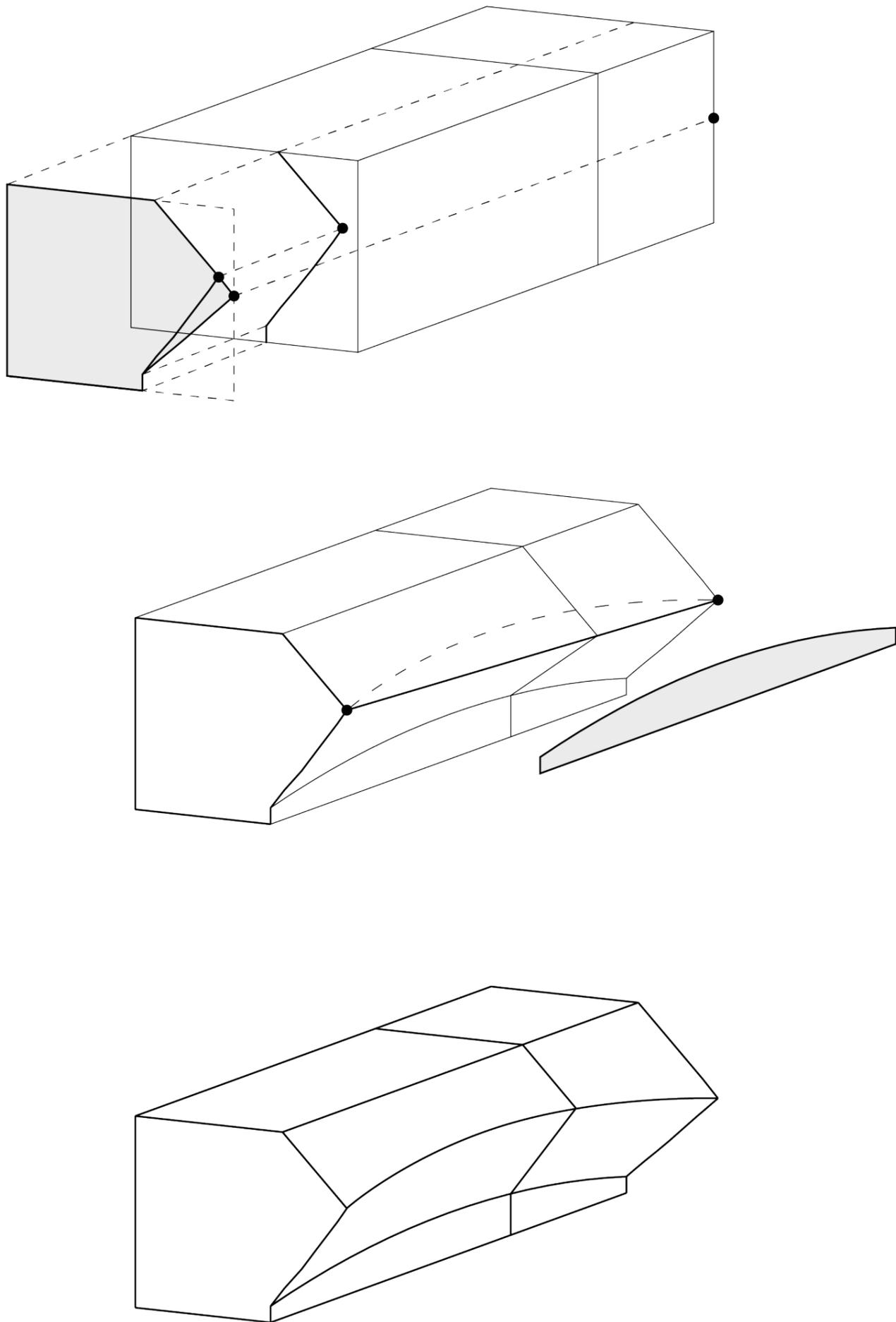


Figura 56_ A la izquierda. Desarrollo de la talla del enjarje mediante el metodo "útil"
 Figura 57_ Arriba. Plantilla de los sillares del primer tramo

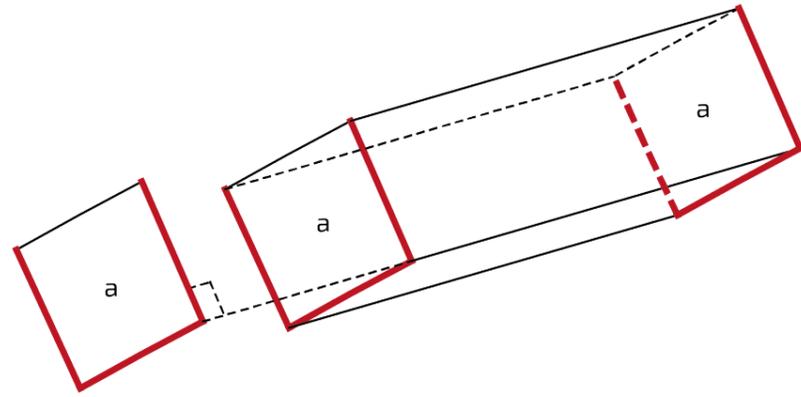


Figura 58_Corte del sillar del primer tramo mediante el uso de la plantilla

sobre el bloque como guía para facilitar el corte. Muchas veces se utilizaban la misma cercha (una regla con un poco de curvatura) para toda las curvaturas que hacían falta para ahorrar el gasto del material.

Una vez obtenida la talla del enjarje se procede con la labra de las piezas del primer tramo.

Como ya comentado, la talla del primer tramo es más aproximada, probablemente se utilizó una sola plantilla para todas las caras exteriores de los sillares. Una vez obtenida esta plantilla se procede con el corte del bloque perpendicularmente a su cara exterior. Aquí es posible que durante la obra se dieron cuenta que algo no estaba encajando bien y, por lo tanto, procedieron a

modificar y ajustar las piezas durante la reposición de los últimos sillares.

A continuación, se procede con el detallar la labra de la esquina. Una vez obtenida la traza con la regla del triángulo, se procede con la talla de cada pieza.

La forma de la planta de la esquina se puede considerar como un rombo donde los ángulos no son perpendiculares. Trazado en planta este rombo se procede con el corte de las piezas. Los bloques se realizaran en forma de V para aparejar las piezas en uno y otro sentido y serán paralelas al perímetro del rombo. Se tallaran de manera ortogonal a las caras horizontales. Una vez que las piedras están todas cortadas se puede proceder con dar la curvatura a las mismas es decir retocar añadiendo por los lados una pequeña curvatura a través el uso de una cimbra.

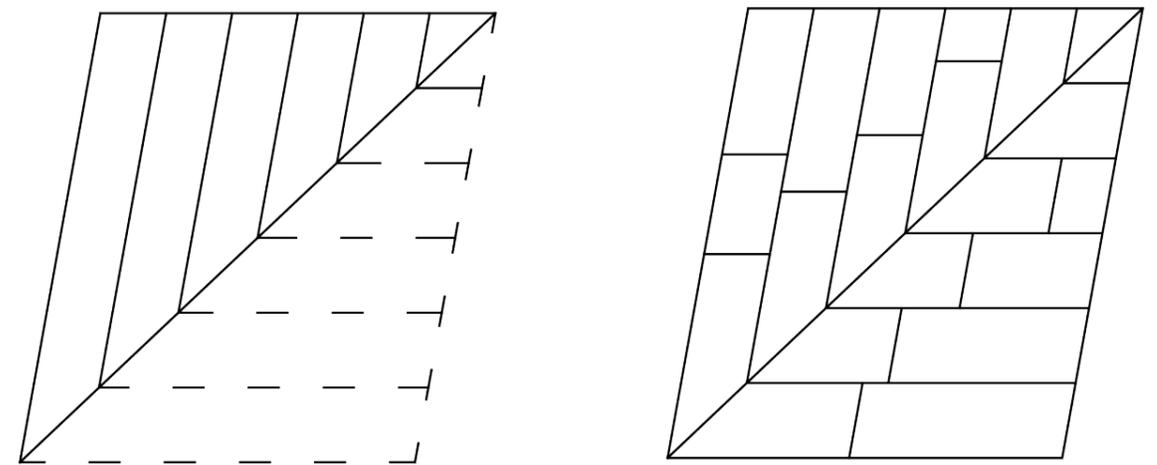
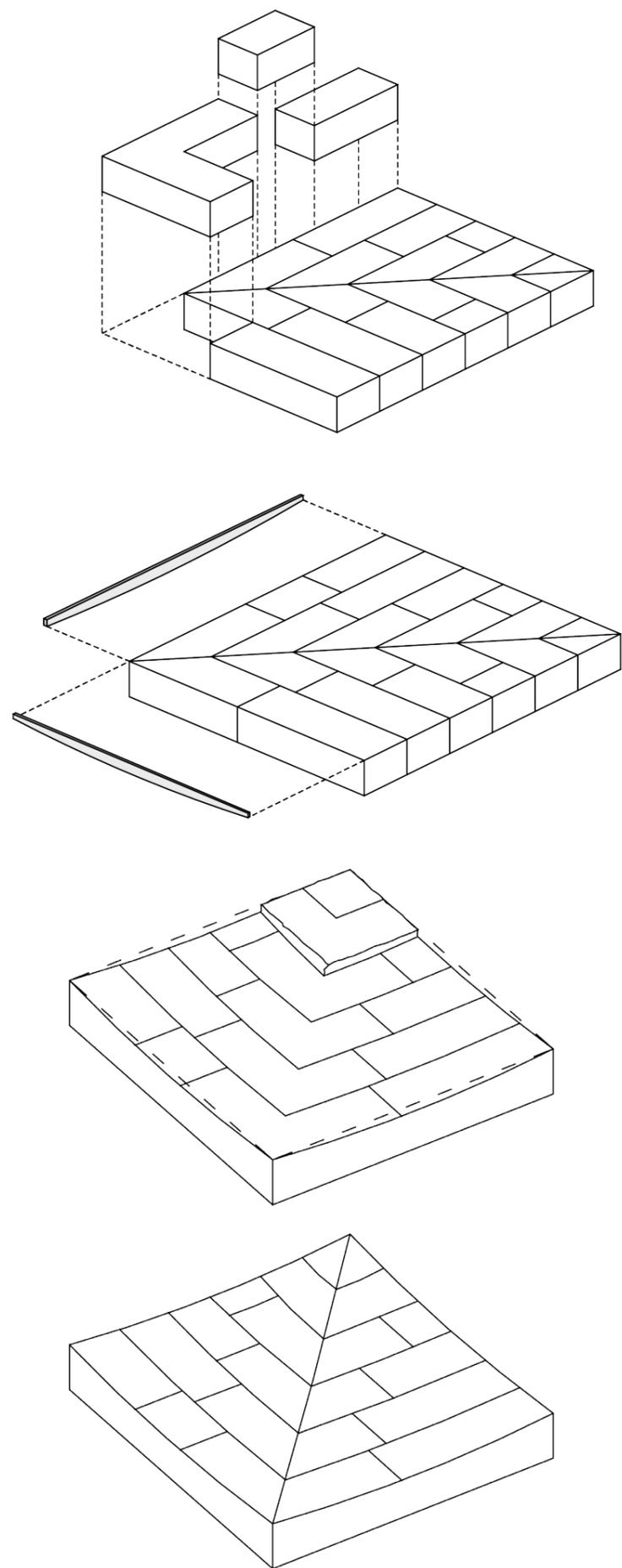


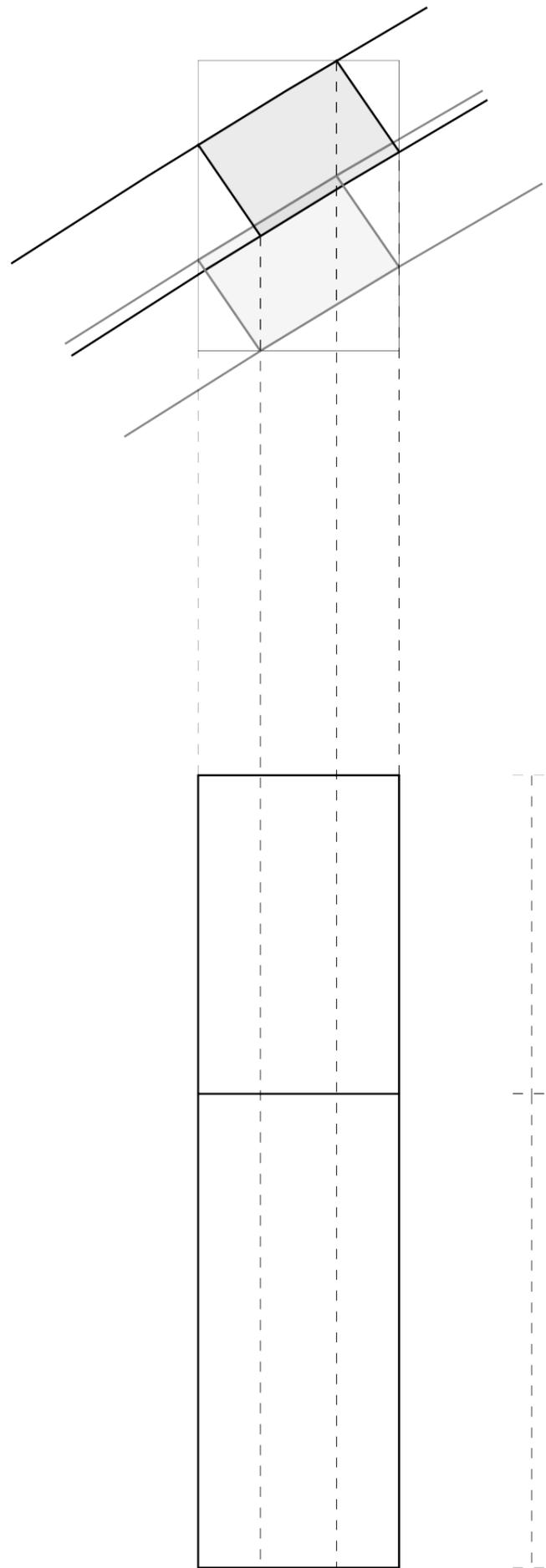
Figura 59_Principio de desarrollo de la talla de la esquina: planta en forma de rombo con dovelas a V



En el segundo tramo, como ya se ha comentado, las juntas son perfectamente paralelas y ortogonales a las aristas que tienen el mismo radio. Una vez obtenida la traza, se puede dibujar la plantilla de la cara exterior y la interior en el bloque de piedra y empezar con el corte. Se procede con recortar primero los lechos paralelos de apoyo a las otras piezas y luego todo lo que falta. En este caso los bloques son más fáciles de cortar y como para los otros bloques, se utiliza la misma cimbra para dar la curvatura requerida.

Cabe decir que la pericia propia de los canteros conseguía resolver los problemas que podían surgir durante el corte de las piezas de una fábrica. Es muy común pensar que para retocar un bloque se tenían que dibujar todas las líneas de la traza, muchas veces los grandes maestros dibujaban solo un par de líneas y luego cortaban el resto a ojo.

Figura 60_Fases para la obtención de la talla de las piezas de la esquina



b

a

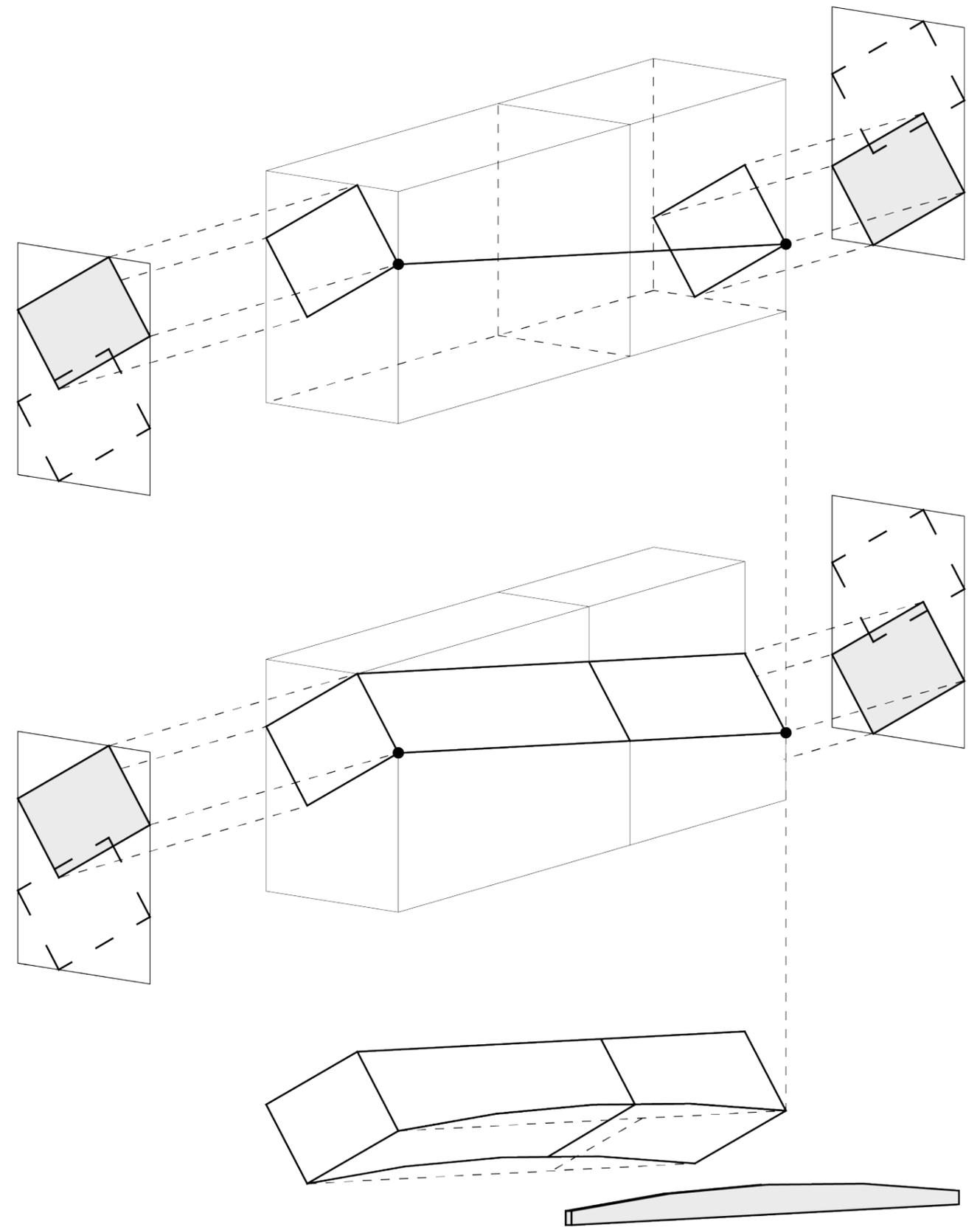


Figura 61_Obtención de la plantilla de los sillares del segundo tramo

Figura 62_Desarrollo de la talla del segundo tramo



5_ANÁLISIS CONSTRUCTIVO

5.1_Principios de montajes y hipótesis constructiva

Definida la talla de las piezas, el siguiente paso trata explicar la hipótesis constructiva de la escalera.

Es importante hacer referencia a una serie de operaciones previas al montaje que facilitaban la ejecución de la obra. En primer lugar, el maestro cantero se ocupaba de dibujar la traza de la escalera en el suelo y en la pared marcando los elementos más importantes (por ejemplo, la línea de los escalones y las aristas). Esta operación era muy útil dado que se trataba de conseguir una guía en verdadera magnitud para la determinación de la posición de los elementos principales que conformaban la bóveda. En segundo lugar, la disposición del sistema de cimbras, es decir, la estructura auxiliar necesaria para sostener provisionalmente el peso de la bóveda de la escalera durante la fase de construcción.

Las cimbras eran de madera y estaban compuestas por una parte labrada, en el que el carpintero se ocupaba de dar la curvatura deseada según el radio de la traza calculado anteriormente, y por los puntales. Estos eran trozos de troncos de arboles cortados según la altura requerida, muchas veces no estaban labrados perfectamente, se dejaba el tronco tal como estaba.

Para la construcción de la escalera, se colocaron a la vez la cimbra de la esquina y la cimbra de las aristas del hueco de la escalera. Mientras tanto, otros obreros se ocupaban de realizar el apoyo de los sillares en el muro. Esto se obtenía dibujando en la pared el arco con la medida obtenida tras la traza, y se iba cortando el muro, obteniendo así el apoyo para todas las piezas de la bóveda.

Aquí cada tramo está compuesto por hiladas transversales de dos piezas de piedra, hay unos casos en el que se encuentran tres piezas. Es posible que en este caso pusieron las piezas a la vez así que cada sillar se comportaría como un arco durante el montaje de la bóveda, teniendo sus apoyos en el muro y el otro en la cimbra. Muchas veces se utilizaba una segunda cimbra,

colocada en el medio del ancho de la escalera, para dar mayor estabilidad a los sillares durante la fase de construcción. En este caso no parece que se utilizó porque no todas las piezas apoyarían en dicha cimbra.

Por tanto, colocada la estructura auxiliar de madera, se podía empezar ya con la construcción del primer tramo y de la esquina de la escalera.

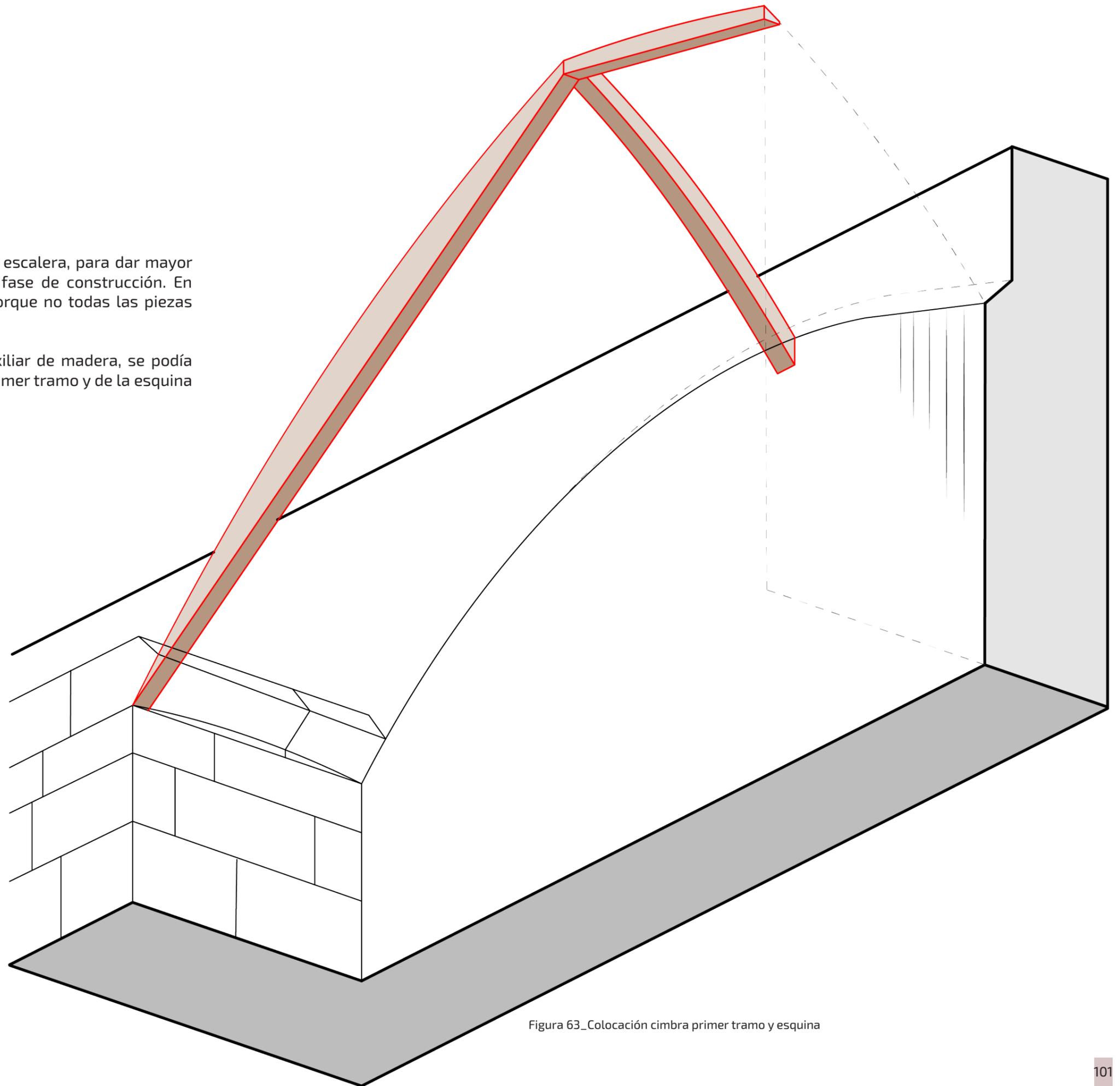


Figura 63_Colocación cimbra primer tramo y esquina

Primer tramo y esquina

La primera pieza en colocarse es la del enjarje. Tras haber labrado la piedra, se ponía en su lugar y se acababa realizando la curvatura transversal requerida mediante el uso de una cercha. Los manuscritos no explican la traza de los cortes transversales del capialzado, muchas veces con una cimbra se solía retocar las curvaturas de los sillares, como se ha comentado anteriormente, casi siempre se utilizaba la misma cercha (por tanto, con la misma curvatura) para reaprovecharla y así ahorrar material de apeo, pero sin dejar de controlar la geometría de la obra en todo momento.

Como ya se ha explicado, en el primer tramo las testas se pueden considerar todas iguales y las juntas rectas. Por tanto, se iban colocando las piezas de manera ascendente hasta llegar a la esquina y se iban ajustando los bloques directamente en la obra. Es útil decir que durante las obras se producían muchos ajustes. Las piezas tras la labra muchas veces estaban sujetas a modificaciones. Aquí, en el primer tramo, se nota una ligera desviación de las hiladas. Esto se debe probablemente a que se puso la primera hilada recta, luego se puso la segunda hilada con un poco de desviación, es decir, que no está perfectamente recta y se intentó arreglar este error. Siguiendo con el montaje de las otras hiladas, el error ya no se podía arreglar y más se acercaba a la esquina, el error iba aumentando. Al final se obtendrán hiladas ligeramente desviadas con un error que, por lo general, no supera los 5-8 cm.

Mientras se iban colocando las hiladas del primer tramo, otros obreros se ocupaban de tallar las piezas de la esquina en el suelo o en el taller. Una vez labradas y preparadas las piezas estaban listas para colocarse en el lugar de destinación.

Acabados, por tanto, el primer tramo y la esquina, se procede con el segundo tramo abovedado.



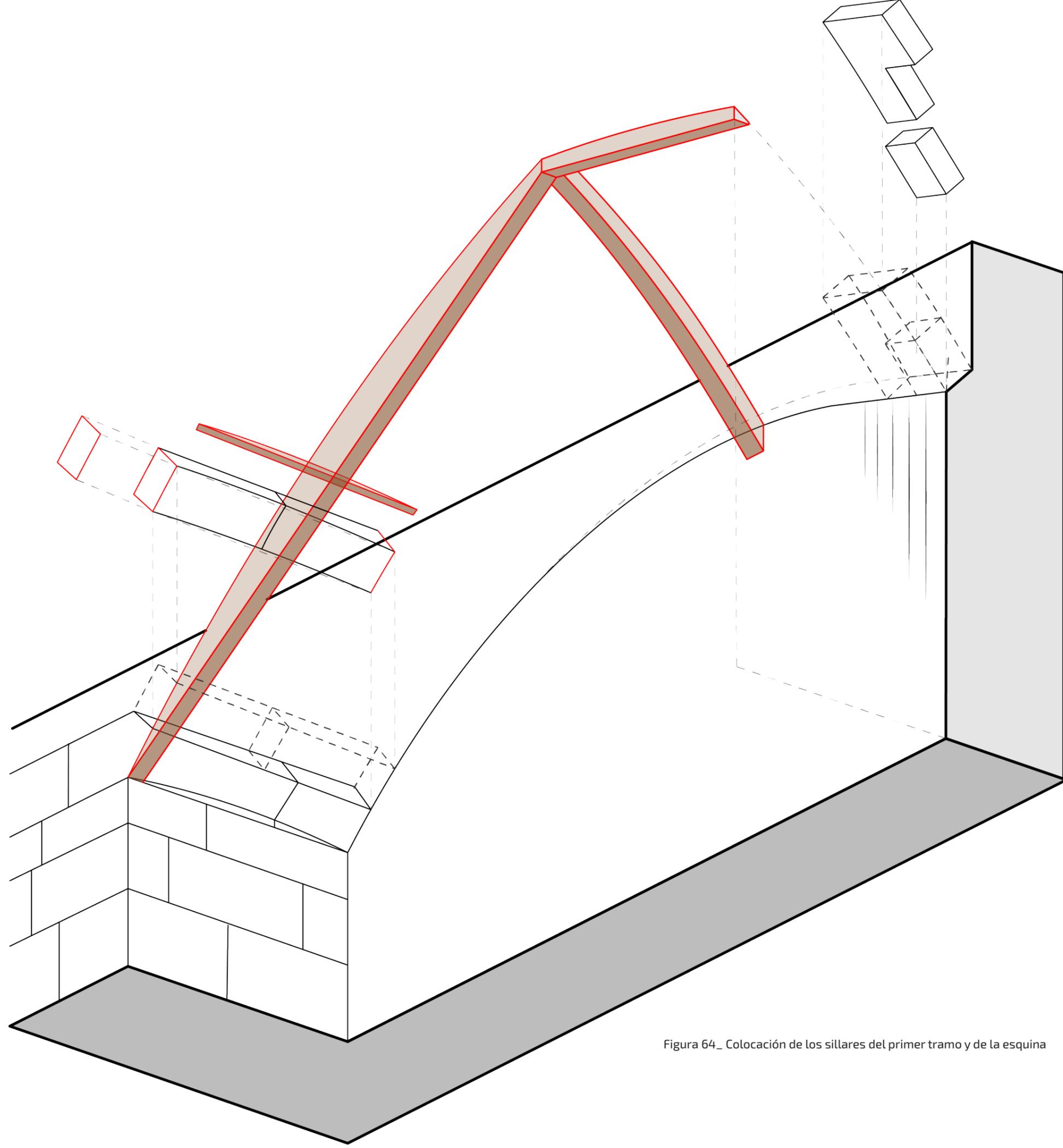


Figura 64_ Colocación de los sillares del primer tramo y de la esquina

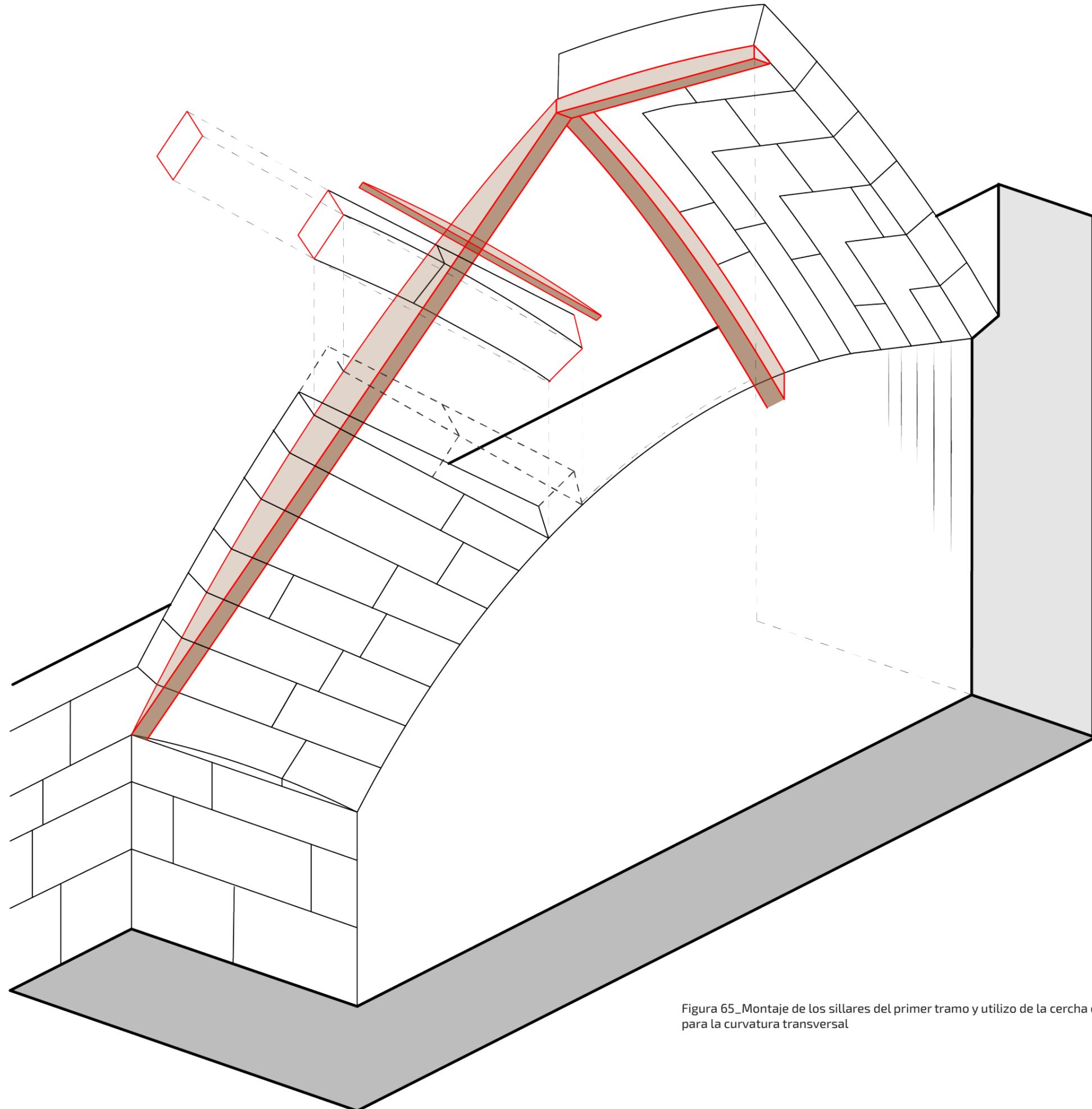


Figura 65_Montaje de los sillares del primer tramo y utilizo de la cercha de madera para la curvatura transversal

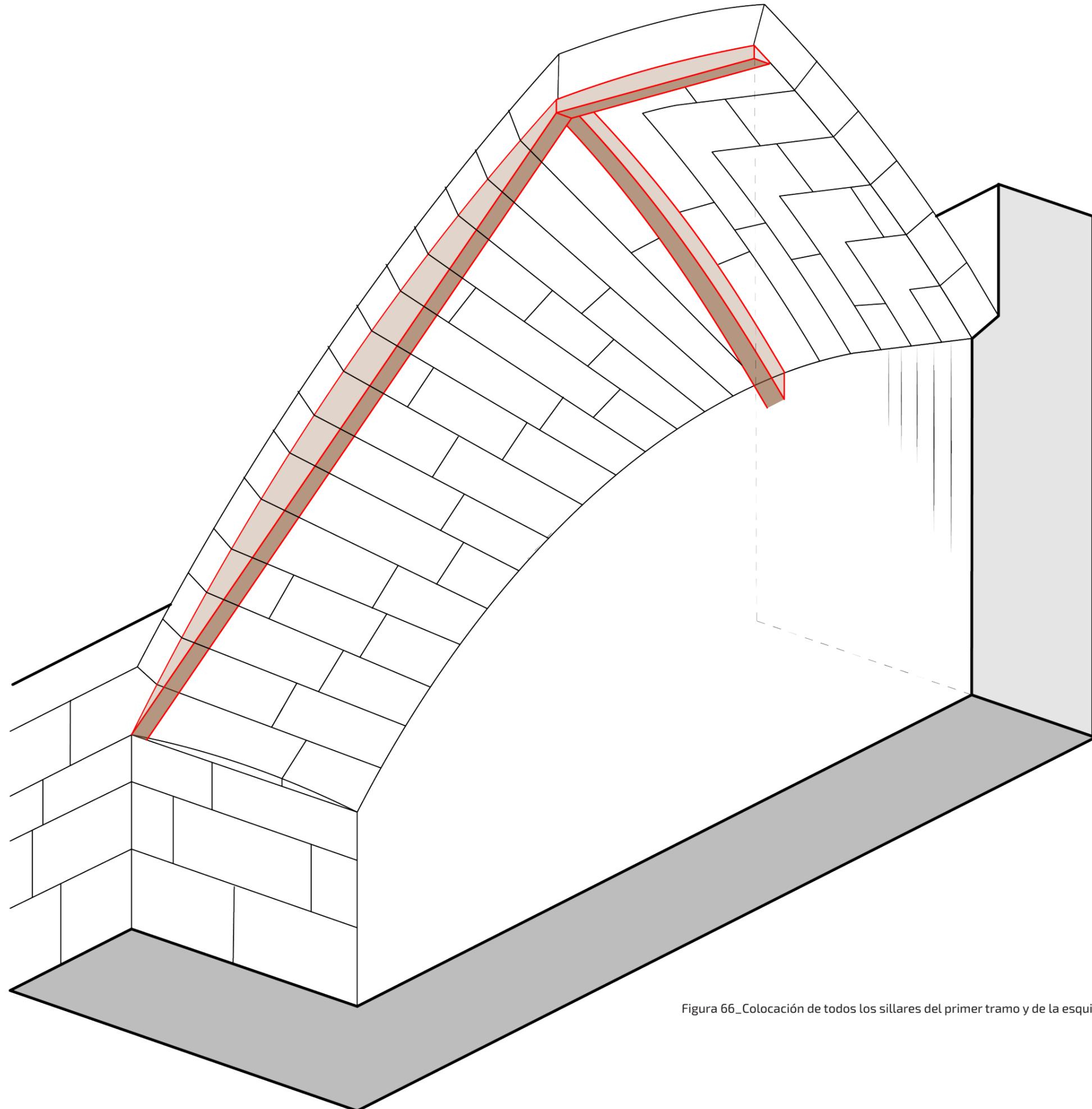


Figura 66_Colocación de todos los sillares del primer tramo y de la esquina

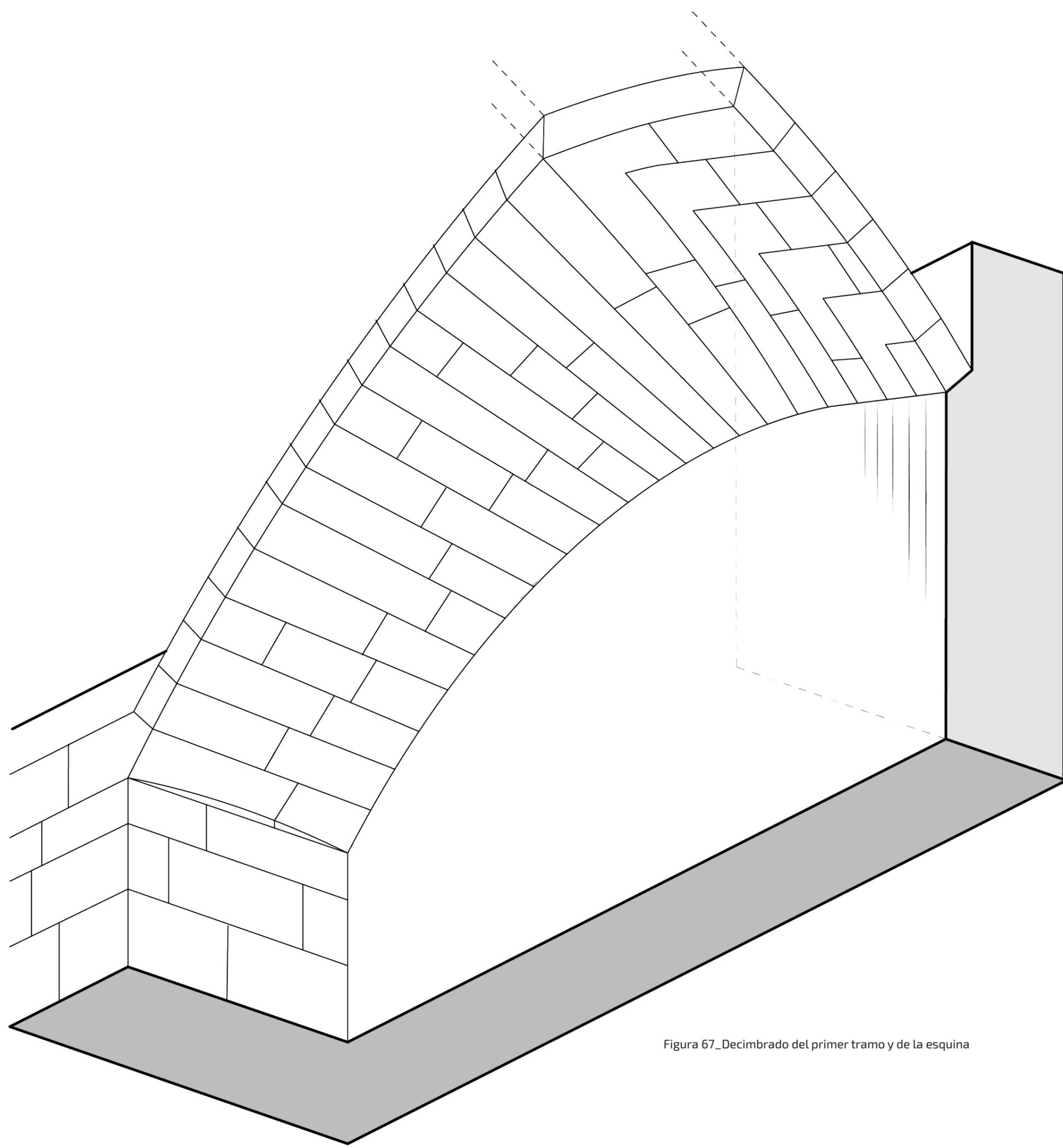


Figura 67_Decimbrado del primer tramo y de la esquina

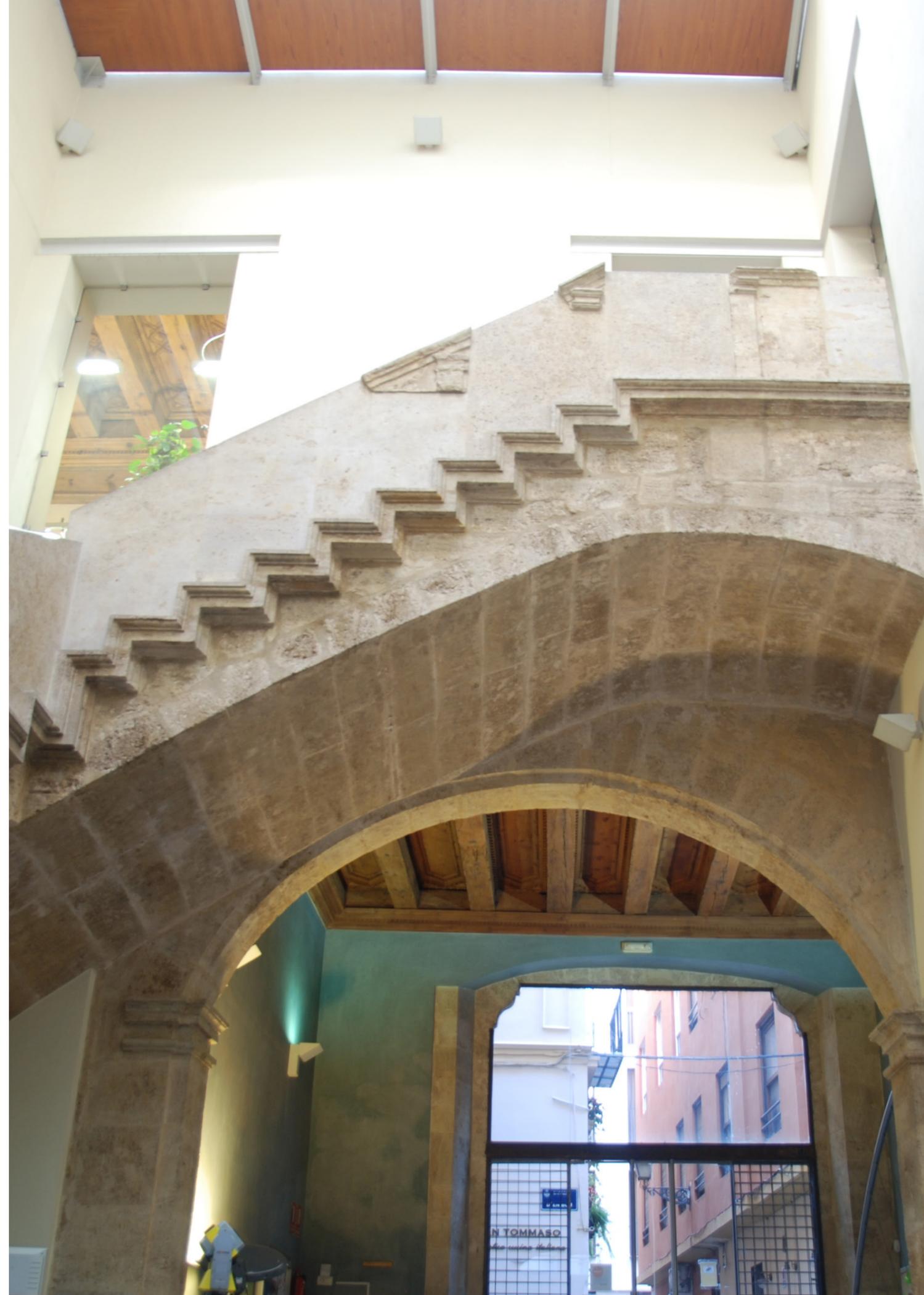
Segundo tramo

También en el segundo tramo se colocaron primero las cimbras y se realizaron los apoyos de los sillares en el muro. Aquí ya está todo más calculado, los sillares son rectos y con las juntas paralelas entre si y no se produce alabeo en las piezas. Estas se colocan sin problemas hasta el final.

En este caso no se producen errores como en el primer tramo, si no pequeños ajustes como de normal en todas las obras de este tipo. Como para los otros sillares, a través el uso de una cercha se realizaba la curvatura transversal requerida.

Finalmente se acaba de construir la bóveda de la escalera. Una vez quitada la cimbra, es normal que se queden las imperfecciones, por lo que sería necesario un proceso de repicado para alisar las superficies del intradós, con tal de eliminar imperfecciones, así como pequeños errores o roturas producidas durante los procesos de talla y montaje.

Obtenida la bóveda de la escalera se acaba la misma, colocando los escalones con su moldura y la barandilla.



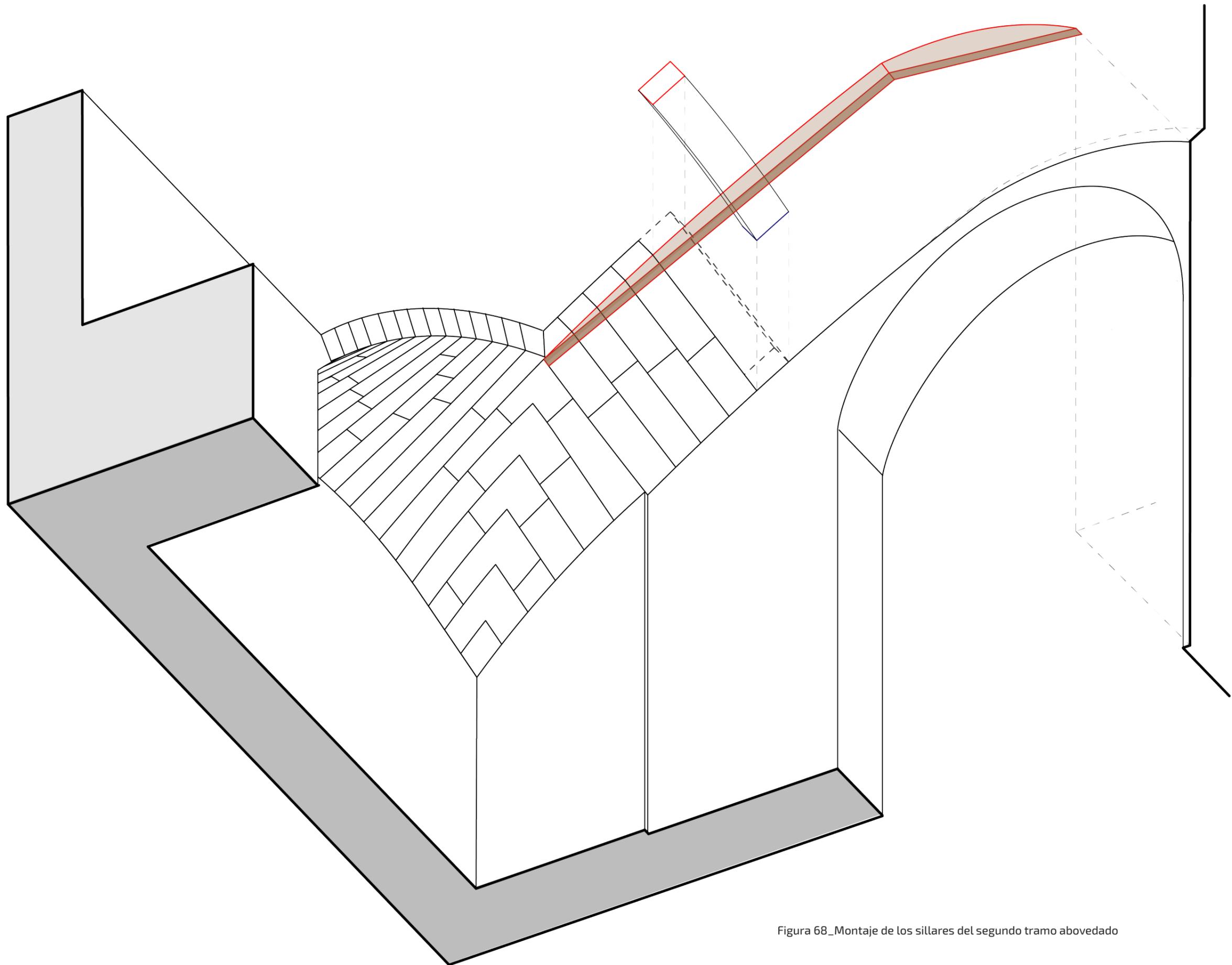


Figura 68_Montaje de los sillares del segundo tramo abovedado

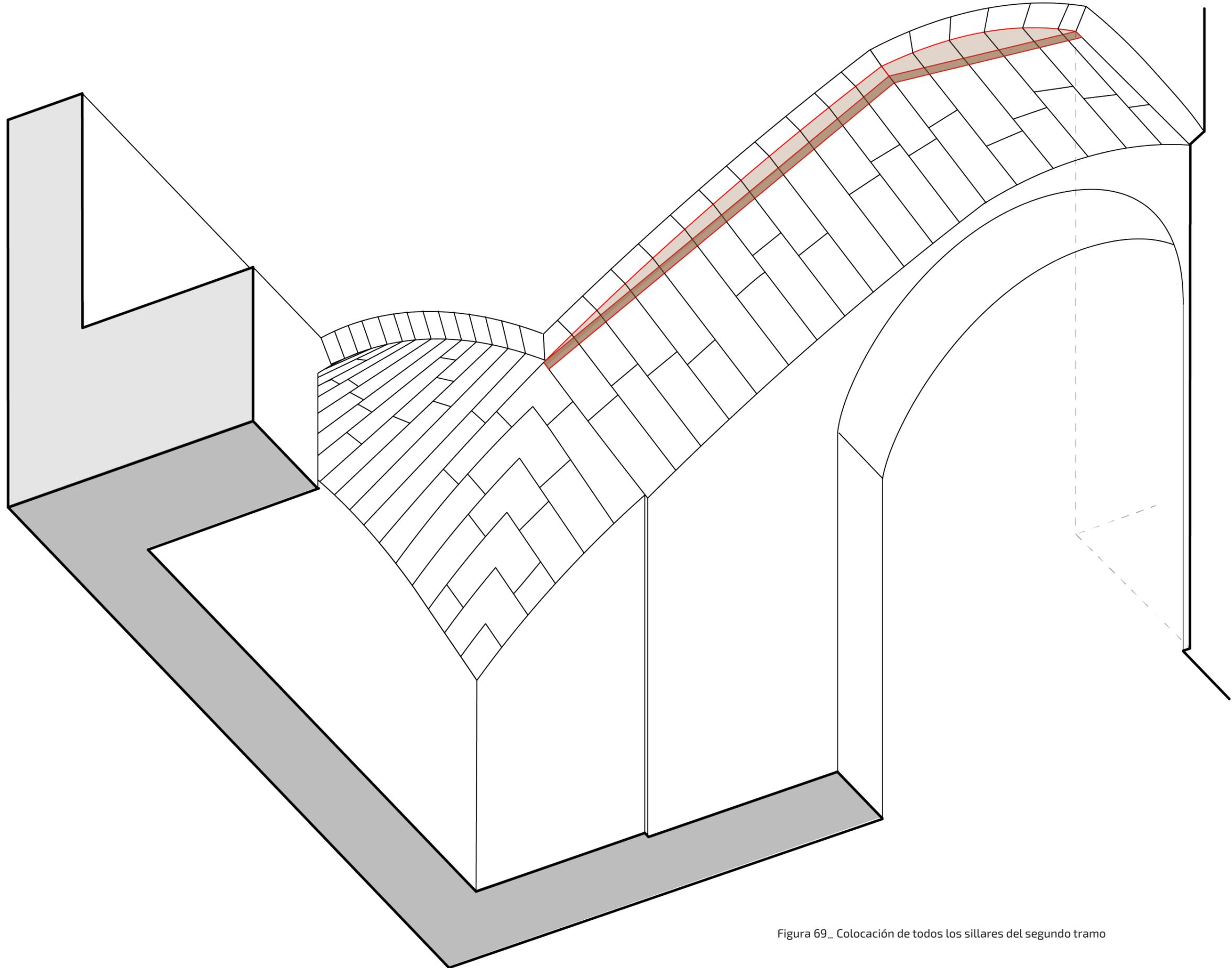


Figura 69_ Colocación de todos los sillares del segundo tramo

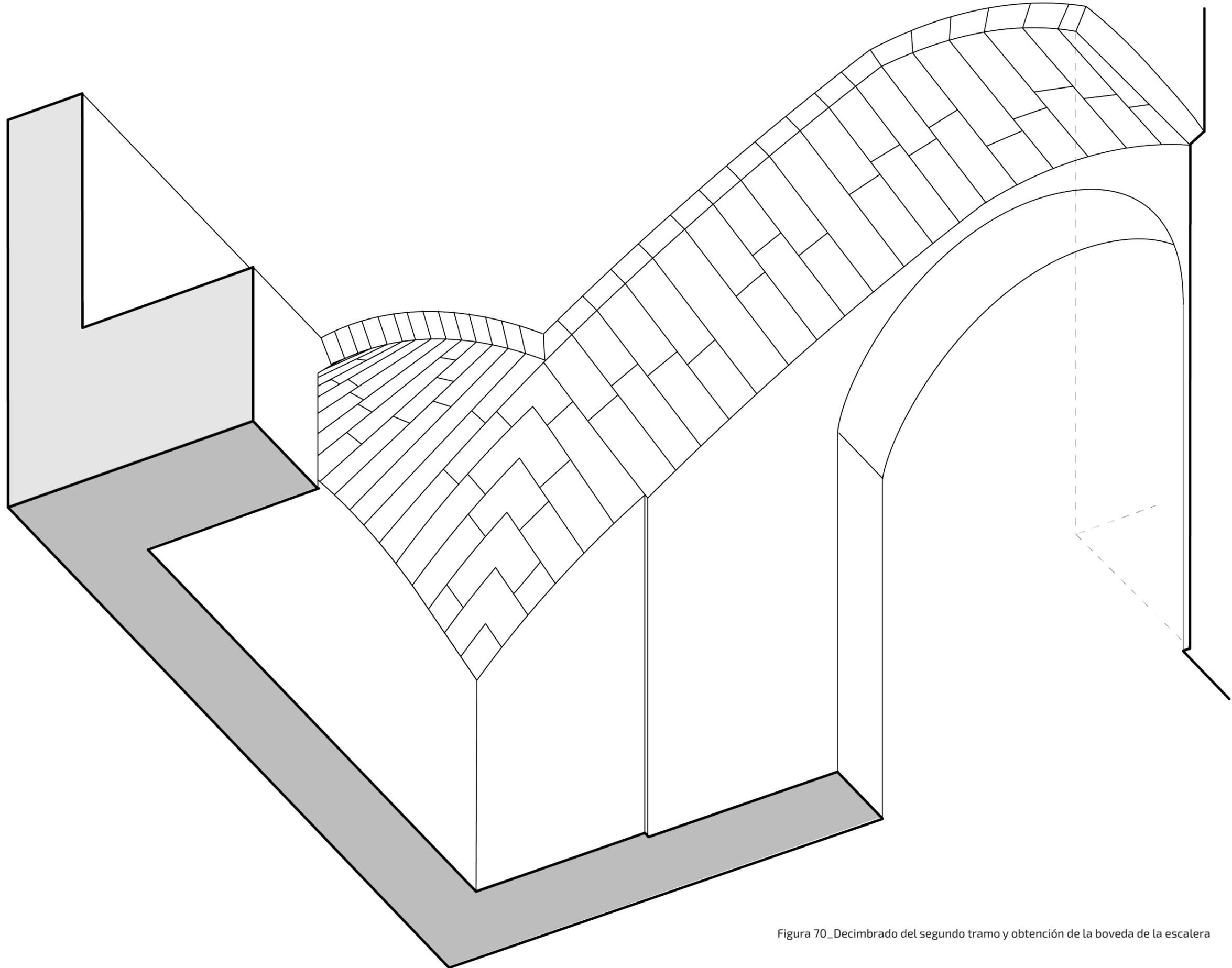


Figura 70_Decimbrado del segundo tramo y obtención de la boveda de la escalera

5.2_Consideraciones finales sobre la construcción.

Dicha escalera muestra sin duda un gran dominio del arte de la cantería, así como profundos conocimientos geométricos por parte de sus ejecutores. La bóveda capialzada es una de la más difícil de realizar por tener una superficie de doble curvaturas. Se evidencia en su construcción un avanzado control de la forma de las complejas superficies alabeadas. Este control quedaba a costa de la habilidad del cantero, quien debía labrarlas asegurando su acuerdo con las curvas directrices que delimitan las caras de sus sillares.

Aunque, en este caso, se produjeron unos errores en la colocación de los últimos sillares del primer tramo, los canteros consiguen afrontar el problema constructivo complejo de forma elegante y práctico.

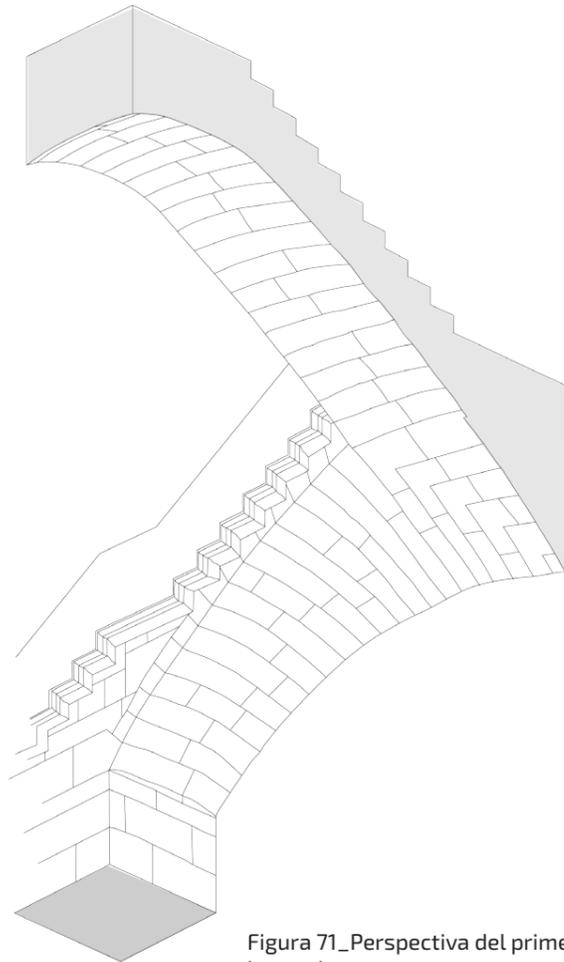


Figura 71_Perspectiva del primero y segundo tramo de la escalera

Este trabajo quiere aproximar el proceso constructivo del momento en la medida de lo posible, para dar las claves relativas de un contexto constructivo que difícilmente se puede conocer con certeza y que sigue ofreciendo, hoy en día, grandes incógnitas.

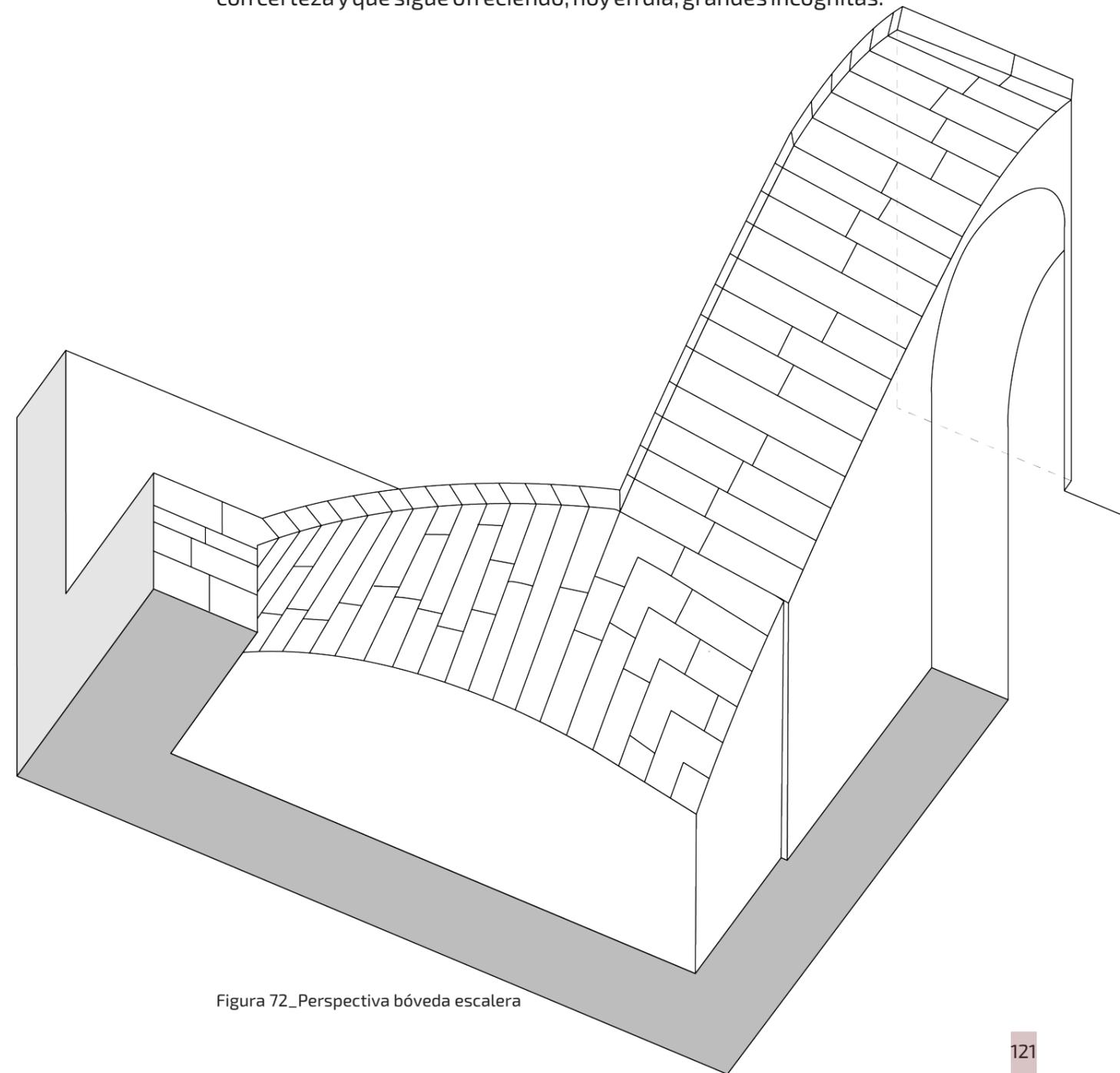


Figura 72_Perspectiva bóveda escalera



6_ RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La presente investigación ha permitido profundizar la estereotomía de la bóveda de la escalera del Palacio de en Bou. Esta se presenta como un caso digno de estudio debido a su curiosa ejecución. La pieza muestra sin duda un gran dominio del arte de la cantería en el ámbito valenciano, así como profundos conocimientos geométricos por parte de sus ejecutores.

Otro objetivo que ha logrado el presente trabajo ha sido generar una documentación gráfica precisa, gracias a los levantamientos realizados, que ha permitido abordar el estudio estereotómico en su totalidad.

Durante todo el proceso, y siempre que ha sido posible, se ha buscado apoyo en las fuentes históricas, aunque existen solo criterios confusos prescritos por los tratadistas, de hecho, no existen en ningún tratado o manuscrito explicaciones sobre los criterios a utilizar para la individuación de la traza y labra de este tipo de escalera.

Por tanto, herramienta importante de este trabajo ha sido la metodología empleada. Ha permitido analizar el objeto de estudio de manera pormenorizada, poniendo al mismo nivel todos los diferentes aspectos, es decir, el levantamiento obtenido mediante el uso de tres instrumentos diferentes, el estudio de la tratadística, de la documentación históricas, la consulta de la bibliografía y sobre todo los estudios específicos sobre el tema de las escaleras valencianas realizados en estos últimos años. Este conjunto de operaciones han permitido trazar un discurso partiendo de los aspectos generales hasta llegar a los aspectos particulares, obteniendo como resultado un análisis muy profundizada de la escalera objeto de estudio.

6.1_ Sobre el levantamiento

El levantamiento es un conjunto de operaciones necesarias para comprender y documentar la obra objeto de estudio en su totalidad, es decir, en sus características formales, dimensionales y métricas, en su complejidad histórica, en sus materiales empleados, en sus características estructurales y constructivas, así como en relación a su contexto urbano y territorial.

El levantamiento ha sido importante porque ha permitido obtener una primera aportación gráfica y documental de la obra, y a partir de estas informaciones obtenidas ha sido posible realizar los análisis métrico y geométrico de la obra, que han aportado una valiosa información sobre la morfología de la bóveda de la escalera, vitales para el desarrollo del presente trabajo. Los datos obtenidos han permitido efectuar una propuesta gráfica de traza, y de talla de los diferentes bloques que conforman la bóveda bastante detallada.

En este trabajo, como ya se ha comentado, se han utilizado tres tipos de levantamientos, por medio del escáner láser, de la fotogrametría y de la estación total. Estos han permitido obtener un conjunto de informaciones lo más fiable posible, a través la comparación de las informaciones obtenidas se ha logrado una base cierta que ha permitido obtener un modelo tridimensional, formada por una nube de puntos, en verdadera magnitud. Esta representa el despiece de las piezas que conforman la bóveda de la escalera. La nube de puntos ha sido una base fundamental para la obtención de la configuración formal y constructiva de la bóveda, gracias al proceso manual sobre la misma ha sido posible extraer los puntos de las juntas de las piezas que la conforman. Por tanto el resultado final ha sido un amplio conjunto aislado de puntos con el que trabajar fácilmente para la elaboración de los análisis métricos y de las propuestas gráficas. El uso de tres métodos de levantamiento diferentes ha sido bastante útil para la presente investigación y se aconseja para otros estudios similares.

Como resultado de los levantamientos se ha generado una documentación gráfica considerable, que reúnen todas las vistas y proyecciones de la bóveda de la escalera consideradas más relevantes (estos planos se pueden consultar en los Anexos 1 y 2).

6.2_ Sobre el análisis estereotómico y la hipótesis constructiva

Los datos recabados tras el levantamiento, han permitido efectuar algunas hipótesis sobre la estereotomía o arte del corte de piedra, en la cual se ha explicado como podría ser la traza y el proceso de labra de las piezas de la bóveda objeto de la investigación. Estos estudios han sido fundamentales para desarrollar la posterior hipótesis sobre la construcción de la misma.

Se ha comprobado que existen ciertas reglas que llevan a pensar que la métrica empleada por el maestro cantero se haya modulado a partir del palmo valenciano de 23 cm de longitud. Para este estudio se han acotado las dimensiones en metros y en palmos.

Se ha averiguado que el control de la forma de la escalera objeto de estudio respeta las estrategias de traza de tradición medieval, es decir, que se basan en el uso de curvas directrices, líneas y no planos, para definir las superficies de doble curvatura, generalmente asimilables a superficies cónicas. Además, se ha comprobado que el maestro cantero ha utilizado unas pautas que son comunes a otros ejemplos de escaleras capialzadas y engauchadas estudiados en los últimos años. En alguna manera este estudio confirma el uso de las pocas reglas de desarrollo de este tipo de escaleras nombradas por los tratadistas que se han llevado a cabo en los capítulos anteriores, es decir, el uso de una línea auxiliar que une los dientes, en el que su paralela es tangente a la curva directriz de vuelo de la escalera como propone Vandelvira, el espesor de la bóveda que solía ser de un palmo de espesor o el radio de la esquina que se solía coincidir con el radio de la directriz de embocadura de la escalera como afirmaba Portor y Castro.

Además, con el presente trabajo se aportan una serie de soluciones de cortes de cantería para las diferentes piezas que conforman la bóveda de la escalera. Se desarrollan las tallas de

la piedra del enjarje, de los bloques de la esquina y de los dos tramos abovedados, e incluso se explica la posible razón de la presencia de errores constructivos. En este caso los errores serían la resolución dudosa de las piezas finales del primer tramo de la bóveda, que presentan albeo y que dificultan notablemente la talla de sus bloques.

Por fin, se desarrolla la hipótesis sobre las fases de construcción de la escalera. Aunque se denotan errores en la construcción, el maestro cantero ha conseguido lograr un diseño armonioso y técnicamente complejo. No obstante el constructor tenía que salvar ciertos condicionantes, es decir, la presencia de los accesos debajo de la escalera, consigue realizar un conjunto unitario que muestra sin duda profundos conocimientos geométricos y un gran dominio del arte de la cantería que convierte esta escalera en un ejemplo espectacular de la arquitectura tardo-gótica valenciana.

6.3_ Nuevas vías de investigación

Finalmente, se pueden evidenciar algunas vías de investigación futuras, que complementen el trabajo aquí realizado.

Primero, es importante indicar que las hipótesis planteadas sobre la estereotomía y la construcción de las bóvedas de la tipología de escalera capialzada y engauchidas están actualmente en proceso de estudio. No se descarta que se podría ofrecer con el futuro avance de la investigación nuevos datos que ofrezcan mayor claridad al proceso de trazado, de labra de las piezas y al proceso constructivo de las mismas en el contexto tardo-gótico valenciano, o en general, en contexto de la Corona de Aragón.

Otra vía complementar a dicho trabajo, podría ser el desarrollo de un estudio sobre el comportamiento estructural de esta obra. La posibilidad de verificar mecánicamente, a través de modelos de calculo estático, el comportamiento de la bóveda de esta escalera, podría ser indispensable para analizar las condiciones reales de la estructura y monitorar sus deformaciones.

Por fin, se deberían realizar estudios de carácter analítico sobre las posibles patologías que puedan estar afectándole y los posibles tratamientos a emplear para su conservación. Estos análisis unidos al estudio desarrollado en el presente trabajo como parte de los «Estudios Previos» a la intervención, serian una base solida con la cual elaborar un plan estratégico de actuación para posibles restauraciones, para el mantenimiento y, en general, para favorecer la perfecta conservación de esta y otras escaleras análogas de piedra en el contexto peninsular y mediterráneo.



BIBLIOGRAFÍA

Antista, G. 2013. *La scala su arco del palazzo Argomento–Perollo a Sciacca*, En Antista, G. e Mercedes bares M., *Le scale in pietra a vista nel Mediterraneo*. Palermo: Edizioni Caracol, pp. 21-36.

Calvo, J. 1999. *Cerramientos y trazas de montea» de Ginés Martínez de Aranda*. (Tesis doctoral). Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Calvo, J. Rabasa, E. 2016. *Construcción, dibujo y geometría en la transición entre el gótico y el renacimiento*. Artigrama. Revista del departamento de Historia del Arte de la Universidad de Zaragoza, nº31. Pp. 67-86.

Capilla Tamborero E. (2016). *Gemometría, arte y construcción. Las bóvedas de los siglos XIII a XVI en el entorno valenciano*. (Tesi doctoral). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Gelabert, J., 1653. Edición de Rabasa, E., 2011. *Vertaderas traçes del Art de picapedrer*. Mallorca: Collegi Oficial d'Arquitectes de les Illes Balears.

Gómez-Ferrer, M., 2005. *Patios y escaleras de los palacios valencianos en el siglo XV. Historia de la ciudad*. Vol IV. Valencia: Ayuntamiento de Valencia. ICARO. Colegio de Arquitectos de Valencia.

Gómez-Ferrer, M.; Arturo Zaragoza 2008. *Lenguajes, fábricas y oficios en la arquitectura valenciana del tránsito entre la edad media y la edad moderna*. (1450-1550) Artigrama, núm. 23, pp. 149-184.

López González, M^a C. (1995). *Los palacios góticos de la ciudad de Valencia, su estudio y catalogación, ejemplo gráfico*. (Tesi doctoral). Valencia : Universidad Politécnica de Valencia.

Marín, R.; López, M^a C., 2019. *La escalera imperial del Real Monasterio de San Miguel de los Reyes de Valencia (1601-1603): hipótesis de traza*. EGA Revista de expresión gráfica arquitectónica.

Marín, R.; López, M^a C., 2018. *La escalera del Real Colegio Seminario de Corpus Christi de Valencia (1599-1601): Hipótesis de traza*. Informes de la construcción vol. 70 (550), e257, <https://doi.org/10.3989/id.59131>.

Marín Sánchez R.; Navarro Camallonga P.; Zaragoza Catalán A. 2019. *Juegos matemáticos en el palacio de la Generalitat Valenciana*. Valencia: Generalitat Valenciana.

Marín Sánchez R.; Navarro Camallonga P.; Zaragoza Catalán A. 2019. *Escaleras con bóvedas de piedra en valencia durante la edad moderna (ss. xv-xviii)* Valencia: Generalitat Valenciana.

Martínez de Aranda, G. ca. 1598-1608. *Cerramientos y trazas de montea* (manuscrito). Biblioteca Central Militar, Madrid.

Martínez Montero, J. (2014). *Génesis y evolución tipológica de la escalera en la arquitectura del renacimiento en España*. Bilduma Ars. Revista del departamento de Historia del arte y música de la Universidad del País Vasco, 4: 7-36.

Mileto C., Vegas F., 2016. *Centro Histórico de Valencia. Ocho Siglos de Arquitectura Residencial*. Valencia: TC cuadernos.

Navarro Camallonga P. (2018). *Arcos, bóvedas de arista y bóvedas aristadas de cantería en el círculo de Francesc Baldomar y Pere Compte*. (Tesi doctoral). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Natividad Vivó P. (2010) *Análisis estereotómico de bóvedas del portal y las Torres de Quart*. (Tesi master). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Nobile, M. R., Sciascia L., 2015. *Lo Steri di Palermo tra XIV e XVI secolo*, Palermo, Edizioni Caracol.

Palacio Gonzalo, J. C., 1990. *Trazas y cortes de cantería en el renacimiento español*. Tomo 1. Teoría e historia de la rehabilitación. munilla-lería. Madrid: Departamento de construcción y tecnología arquitectónicas DCTA-UPM, pp. 213-225.

Portor, J., 1708. Cuaderno de Arquitectura (manuscrito). Madrid: Biblioteca Nacional. Mss. 9114.

Rabasa, E. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del Siglo XIX*. Akal Textos de Arquitectura.

Rabasa Díaz, E., 2013. *Estereotomía: teoría y práctica, justificación y alarde*. *Informes de la Construcción*, vol. 65 (nº extra-2): 5-20.

Rodríguez, M. A.; Calvo López, J., 2010. *Sobre el levantamiento arquitectónico mediante fotogrametría multimagén*. Valencia: XIII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica.
Salcedo, M., 2017. *Construcción pétreo en la Granada del Renacimiento* (Tesis doctoral). Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

Sanjurjo Álvarez, A. 2016. *La escalera de caracol en los tratados de cantería españoles de la Edad Moderna y su presencia en el patrimonio construido hispánico: estudio geométrico y constructivo* (Tesis doctoral). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Soler Verdú, R. 1997. *El Palau d'En Bou de Valencia. Arquitecturas superpuestas*. Loggia n.3, pp. 60-73

Tosca, T. V., 1727. *Tratado de la Montea y Cortes de Cantería. Segunda impresión corregida y enmendada*. Madrid: Imprenta de Antonio Marín.

Tosca, T. V. (1727). *Tratado de la Montea y Cortes de Cantería. Segunda impresión corregida y enmendada*, Libro V. De las vueltas para Escaleras, y otros Arcos, y Bóvedas irregulares, p. 250, Prop. VIII, Madrid: Imprenta de Antonio Marín.

Vandelvira, A., 1646. Fragmentos de dibujos y discursos de arquitectura [manuscrito] de Alonso de Vande Elvira; copiados [tachado] ordenados acaso por Felipe Lázaro de Goiti, fol. 99-103, Madrid: Biblioteca Nacional. Mss. 12.719.

Zaragozá Catalán, A.; 2000. *Arquitectura Gótica Valenciana*. Valencia: Generalitat Valenciana.

Zaragozá, A. 2007. *Pere Compte. Matteo Carnilivari. Dos Mestres del gòtic mediterrani*. Generalitat Valenciana.

Zaragozá Catalán, A.; 2008. *El arte de corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos: un estado de la cuestión*. Discurso de ingreso. Valencia: Real Academia de Bellas Artes de San Carlos.

Zaragozá Catalán, A.; 2013. «Las Escaleras con bóveda continua de piedra: técnicas y significados. El episodio valenciano de la Edad Moderna», en *Le Scale in Pietra a Vista nel Mediterraneo a cura di Giuseppe Antista e María Mercedes Bares*, Palermo.

AGRADECIMIENTOS

ANEXO 1. LEVANTAMIENTOS EXISTENTES DE ESTE ESPACIO DEL PALACIO DE EN BOU

Agradezco sinceramente a los directores de la investigación por haber confiado en mí en la elaboración del presente trabajo.

Al profesor Rafael Marín Sánchez a quien debo la idea inicial de la investigación, que ha estado siempre disponible y que ha sido de gran ayuda para la resolución de cuestiones sobre el trabajo. Además, le agradezco por su apoyo y por guíarme paso a paso durante el desarrollo de este estudio.

A Pablo Navarro Camallonga por la paciencia tenida en resolver mis numerosas dudas sobre los levantamientos y los análisis estereotónicos y de la construcción de la escalera. Ha sido de gran ayuda por facilitarme material para desarrollar la investigación y por sus consejos personales encaminados a mejorar la calidad del presente trabajo.

Quiero agradecer la Presidencia de la Generalitat Valenciana por facilitarme el acceso al Palacio de En Bou para llevar a cabo la toma de datos que ha permitido lograr los análisis necesarios para el desarrollo de ésta investigación.

Por fin, quiero agradecer a toda aquella gente, amigos y familia, que ha estado a mi lado apoyándome y soportandome durante todo este tiempo.

Grazie a tutti.

El passat mes de desembre de 2017, Rafael Marín Sánchez, Professor Titular de l'E.U. d'Història de la Construcció, del Departament de Construccions Arquitectòniques de la UPV, va sol·licitar l'accés al Pati del Palau d'En Bou, d'un grup d'investigadors de la UPV, en relació amb les escales tardomedievals ubicades en el dit immoble, amb la finalitat de realitzar un reportatge fotogràfic dels mateixes i presa de dades per mitjà de scanner làser conduent a l'obtenció dels seus traces i l'anàlisi estereotòmic dels seus espejaments de picapedreria.

Per mitjà de correu electrònic de data 20 de febrer de 2018, Rafael Marín Sánchez sol·licita accés al pati del Palau d'En Bou a fi de realitzar algunes comprovacions i fotografies addicionals de l'escala.

En contestació a dita sol·licitud, li trasllada la present **AUTORITZACIÓ** per a accedir al pati del Palau d'En Bou, amb la finalitat d'efectuar la referida presa de dades i el reportatge fotogràfic de les escales, per al pròxim dia 23 de febrer de 2018.

Els investigadors autoritzats són els següents:

Rafael Marín Sánchez (Responsable dels treballs), amb DNI: 77517498T

Giulia Equizzi, amb passaport AV4483360

València, a la data de la firma electrònica

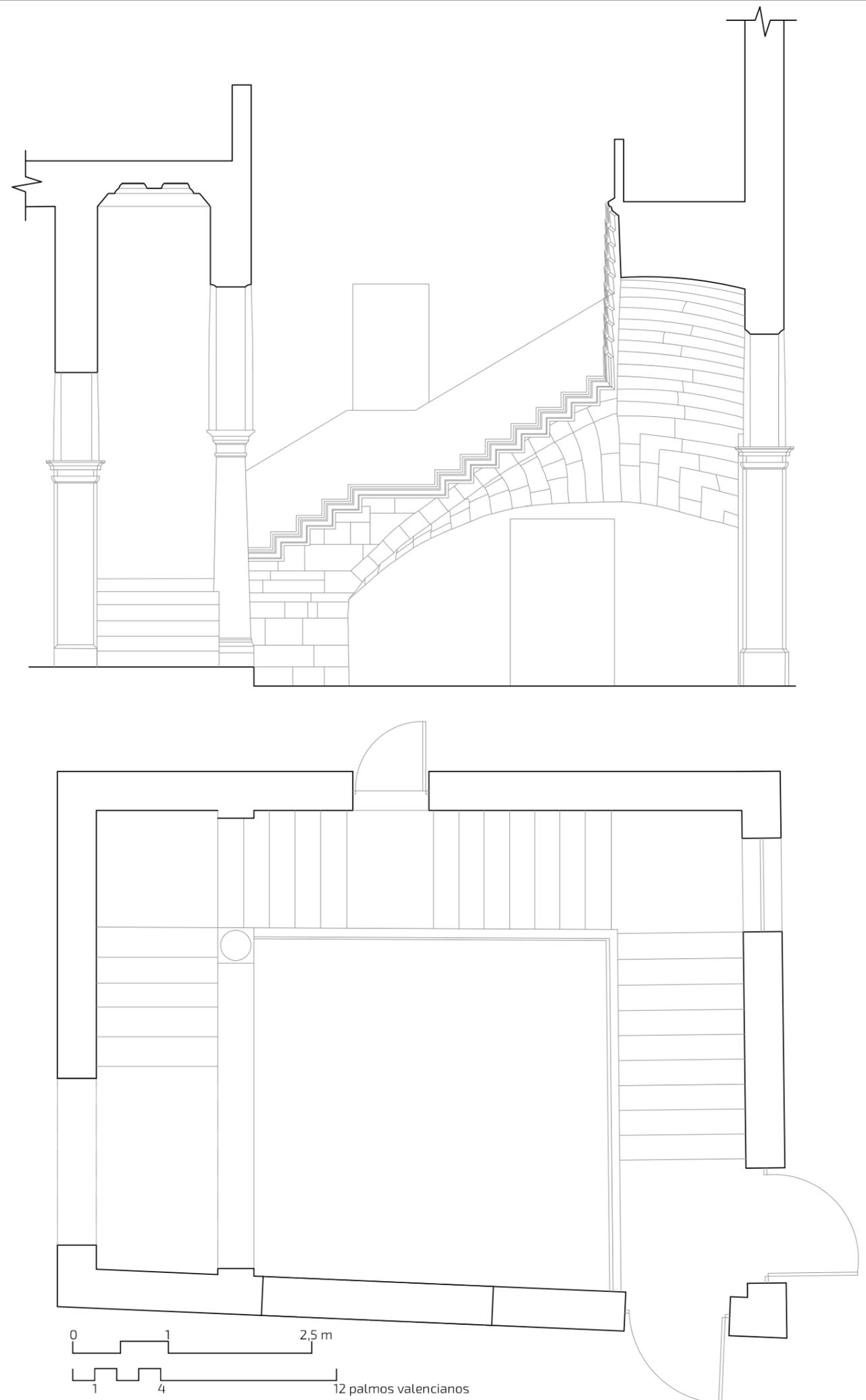
EL SOTSSECRETARI

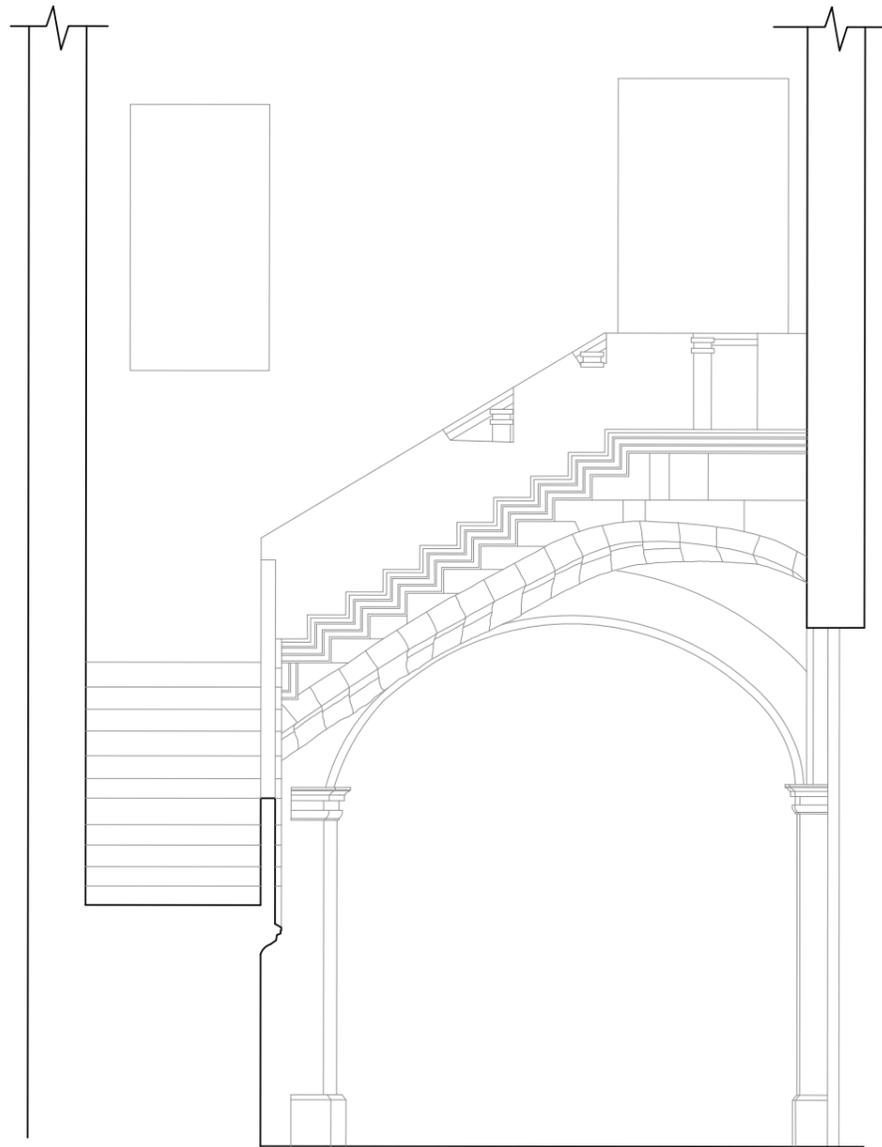
 **GENERALITAT
VALENCIANA**
Signat per **Emili Josep Sampo Morales** el
20/02/2018 21:19:06
Càrrec: Subsecretari de Presidència de la
Generalitat

D. RAFAEL MARIN SANCHEZ
Professor Titular E.U. D'Història de la Construcció
Departament de Construccions Arquitectòniques
Universitat Politècnica de València

Arriba. Autorización para el acceso al patio del Palacio de en Bou

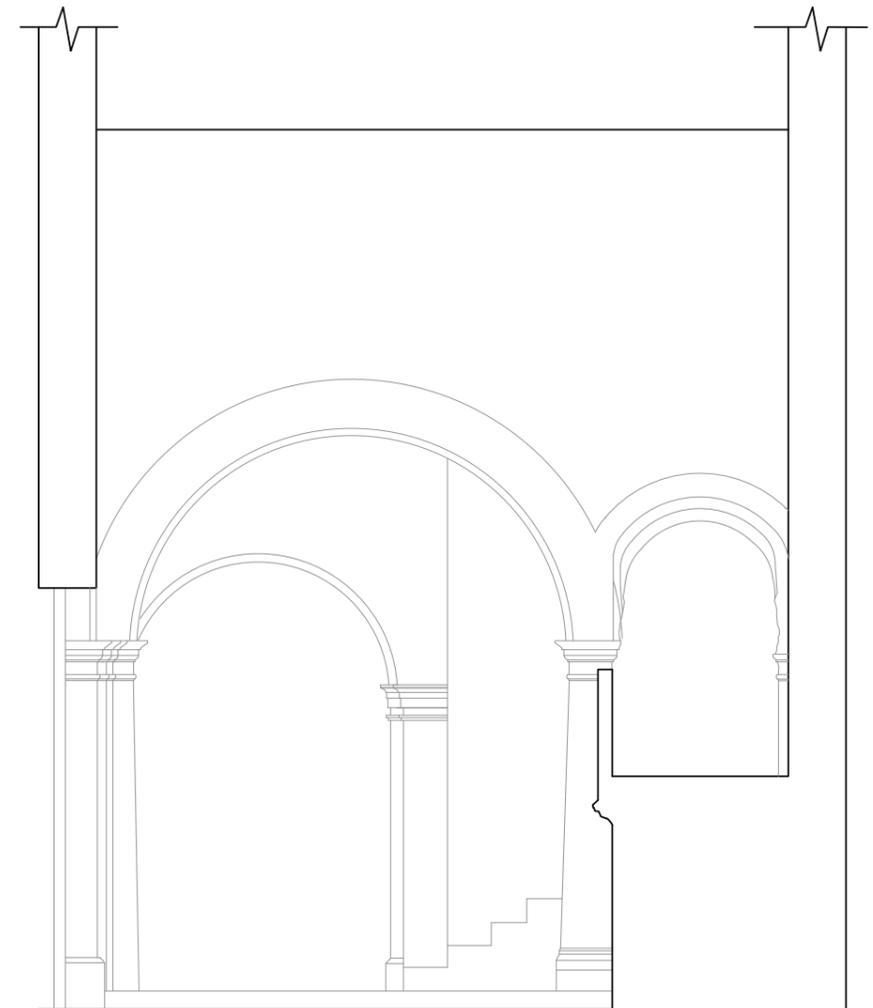
A la derecha. Levantamiento planta del patio del palacio de en Bou y alzado del primer tramo abovedado





0 1 2,5 m
1 4 12 palmos valencianos

Alzado del segundo tramo abovedado



0 1 2,5 m
1 4 12 palmos valencianos

Alzado del primer tramo macizo

ANEXO 2. LEVANTAMIENTOS EXISTENTE DE LA ESCALERA



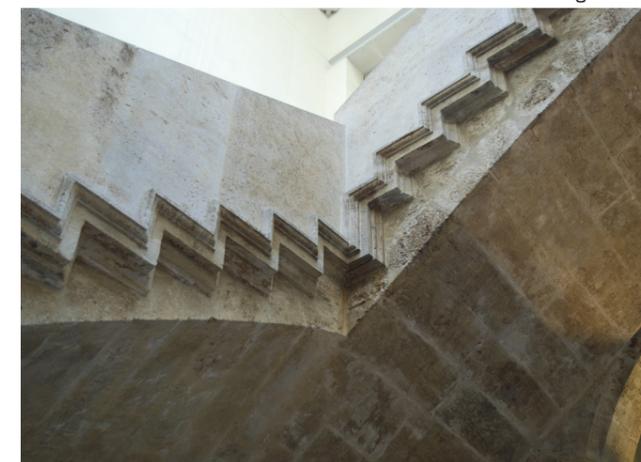
Fotografía 01



Fotografía 02



Fotografía 03



Fotografía 04



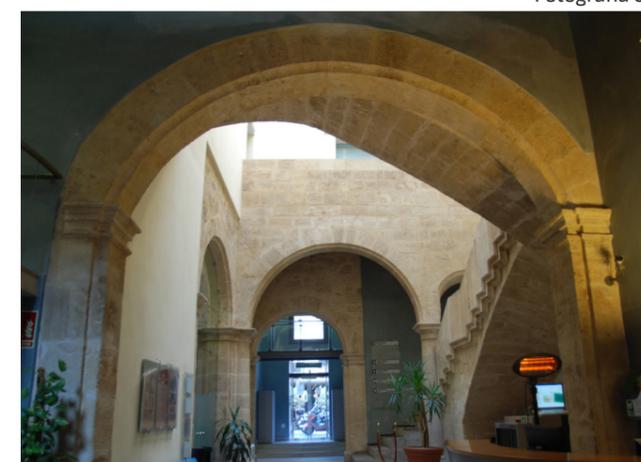
Fotografía 05



Fotografía 06



Fotografía 07



Fotografía 08

Fotografías empleadas en el levantamiento mediante fotogrametría multimagen



Fotografía 09



Fotografía 10



Fotografía 17



Fotografía 18



Fotografía 11



Fotografía 12



Fotografía 19



Fotografía 20



Fotografía 13



Fotografía 14



Fotografía 21



Fotografía 22



Fotografía 15



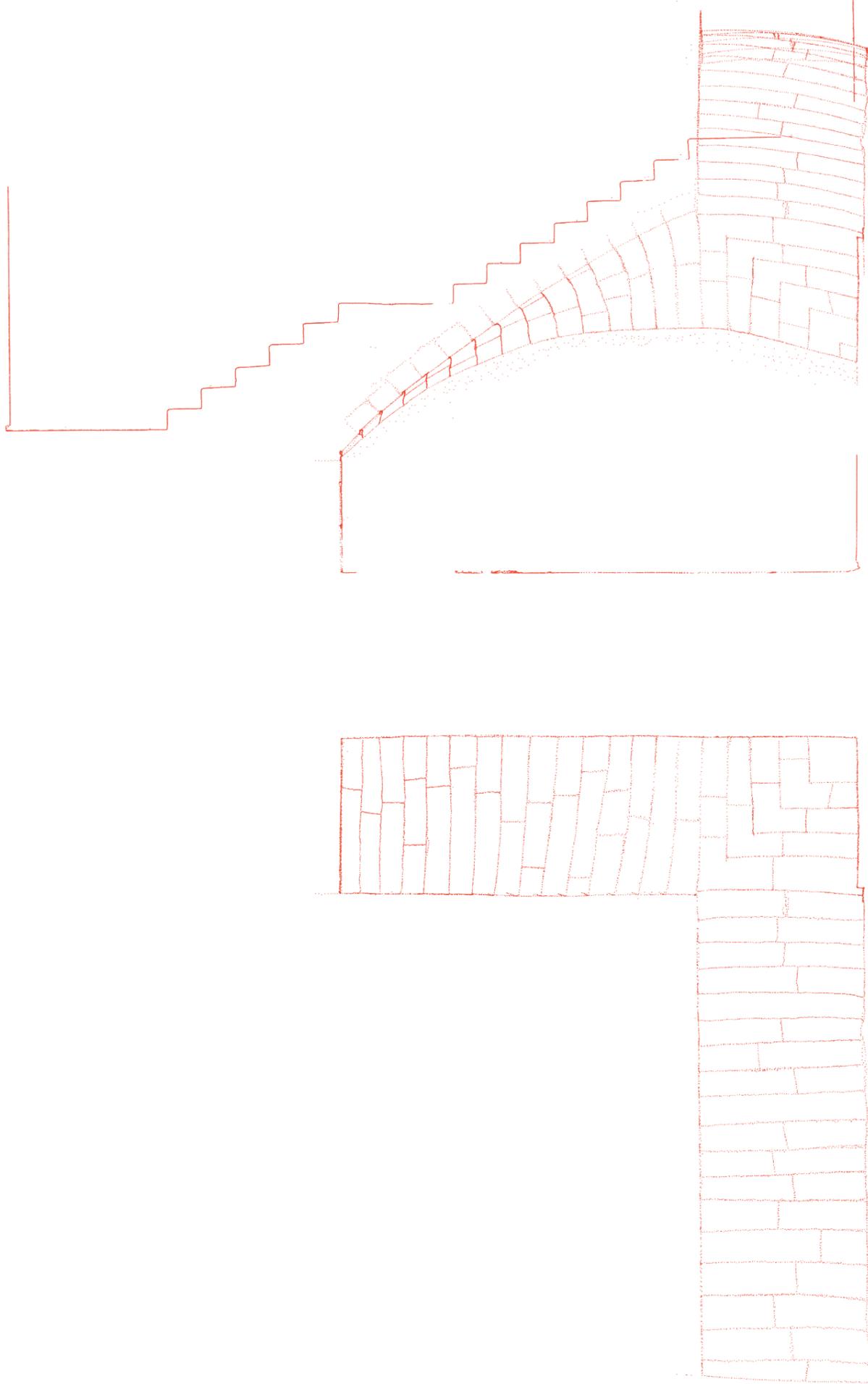
Fotografía 16



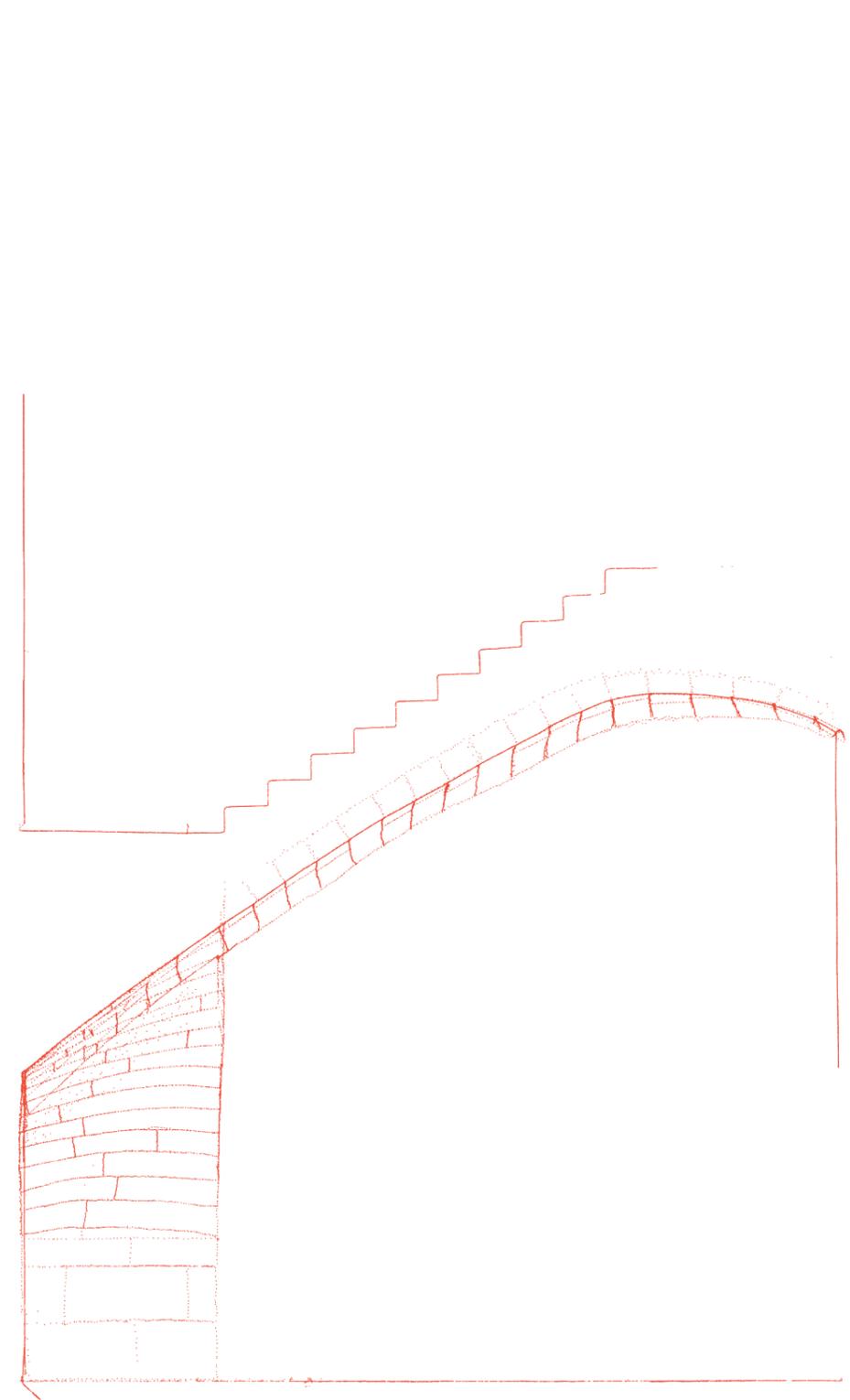
Fotografía 23



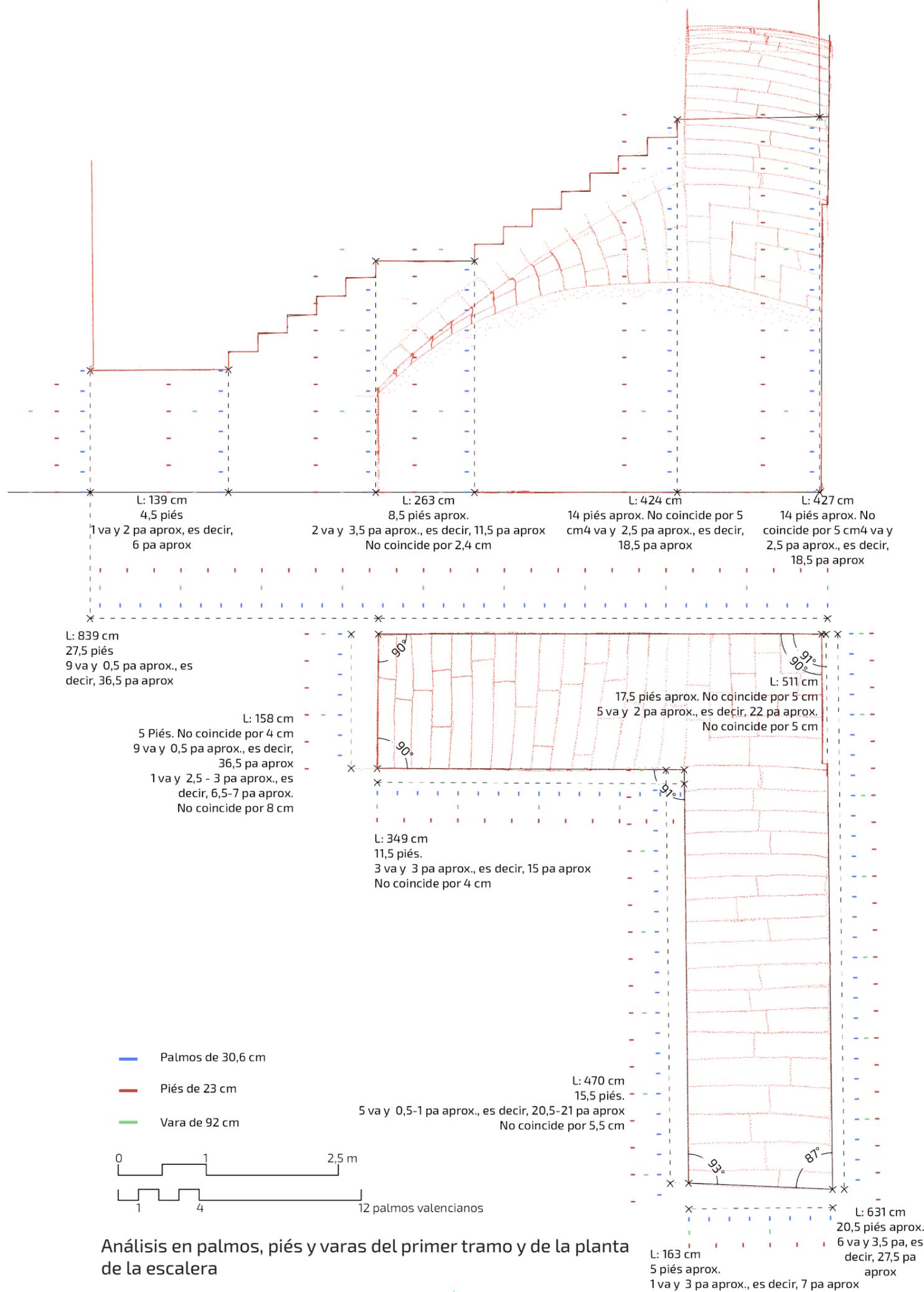
Fotografía 24



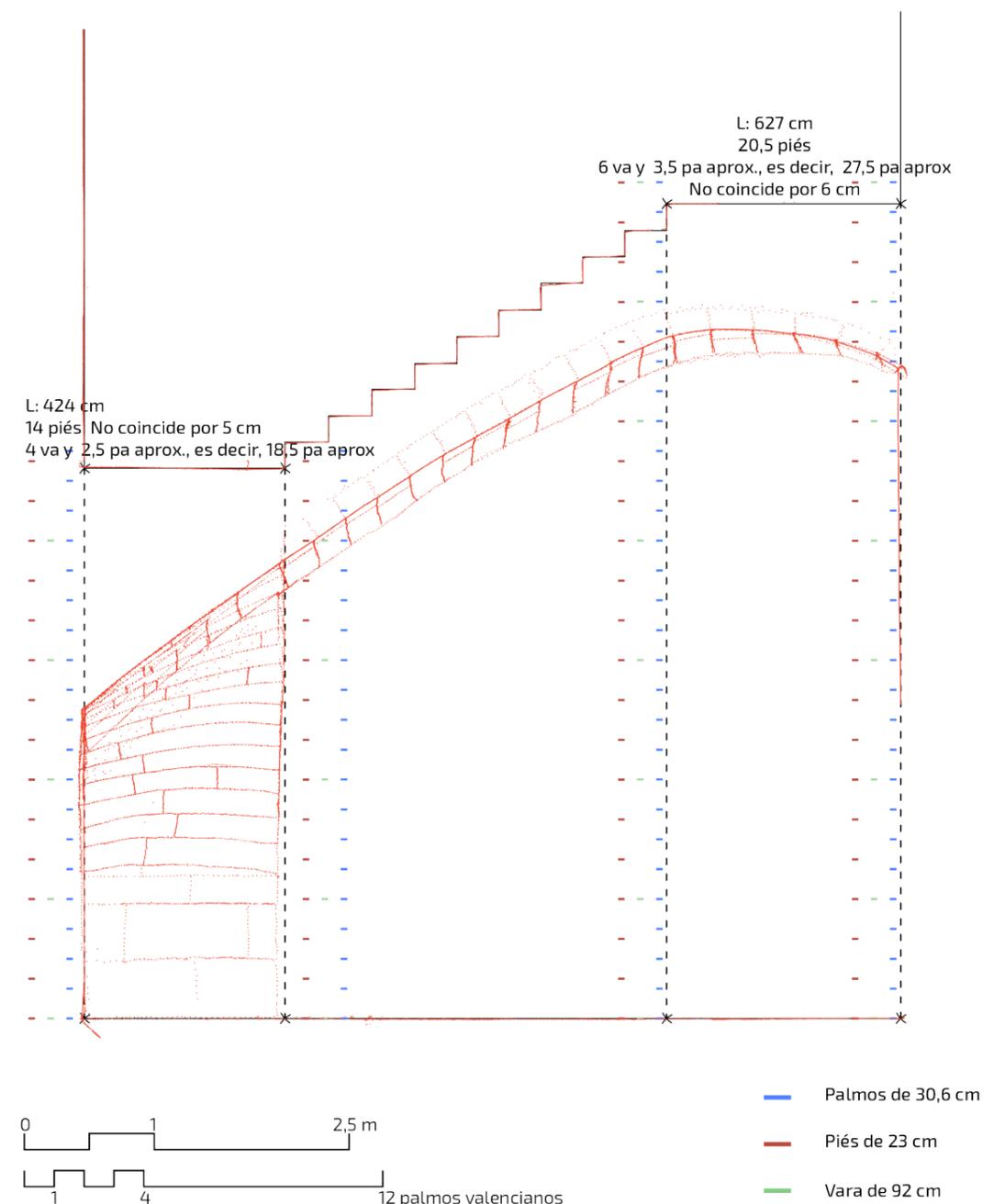
Nubes de puntos del primer tramo y de la planta de la escalera



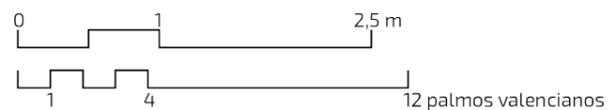
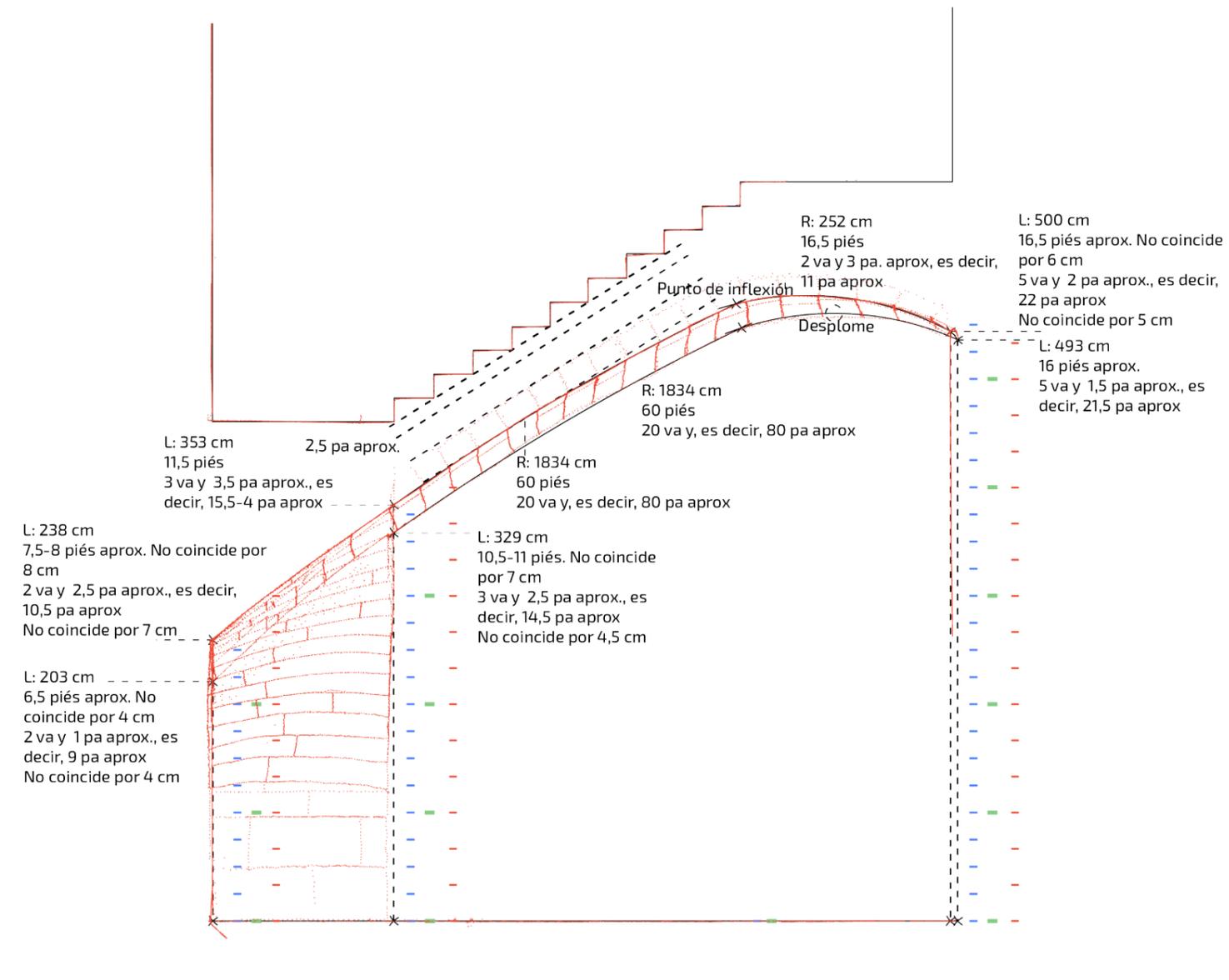
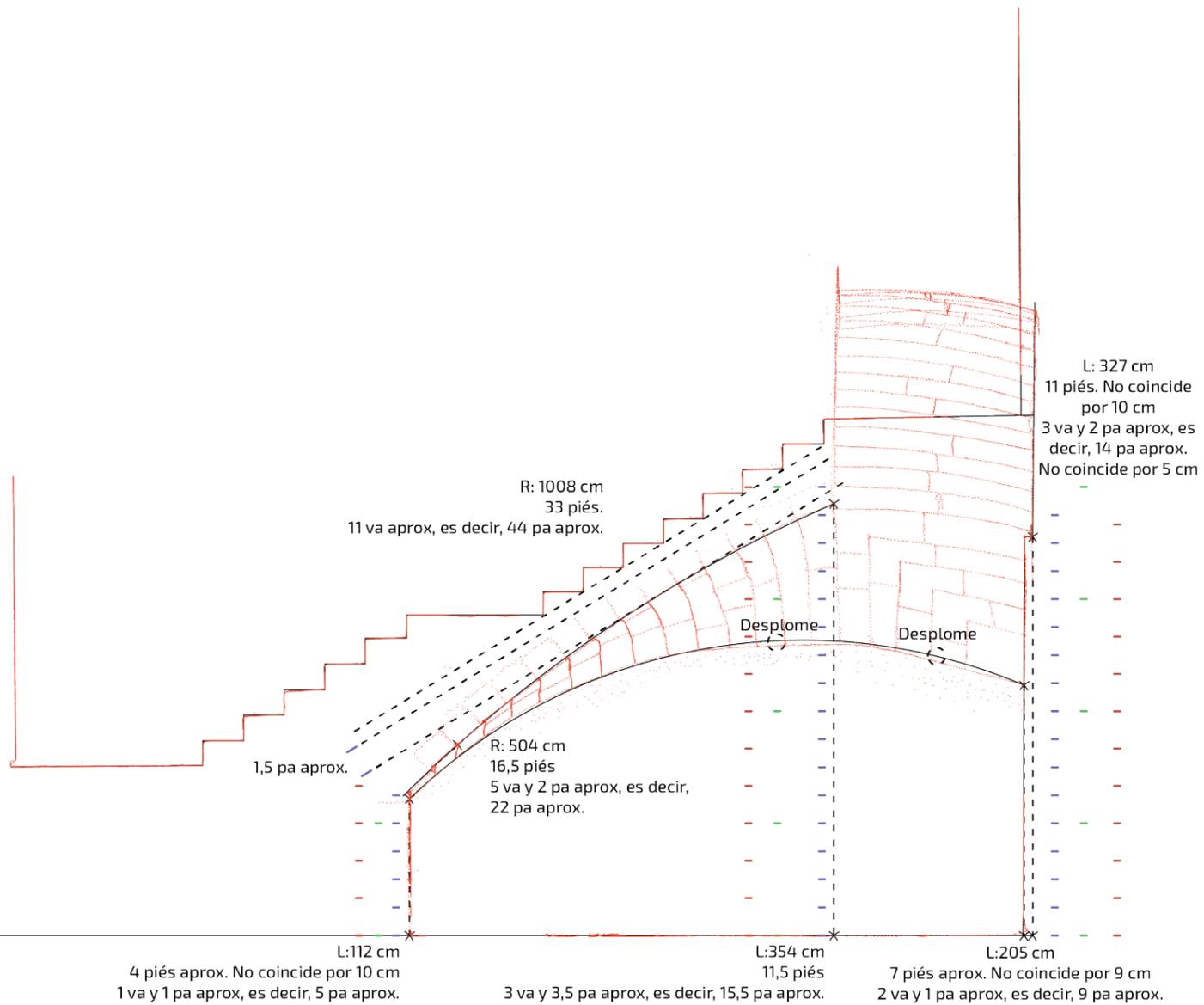
Nube de puntos del segundo tramo de la escalera



Análisis en palmas, piés y varas del primer tramo y de la planta de la escalera

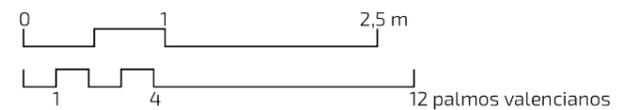


Análisis en palmas, piés y varas del segundo tramo de la escalera



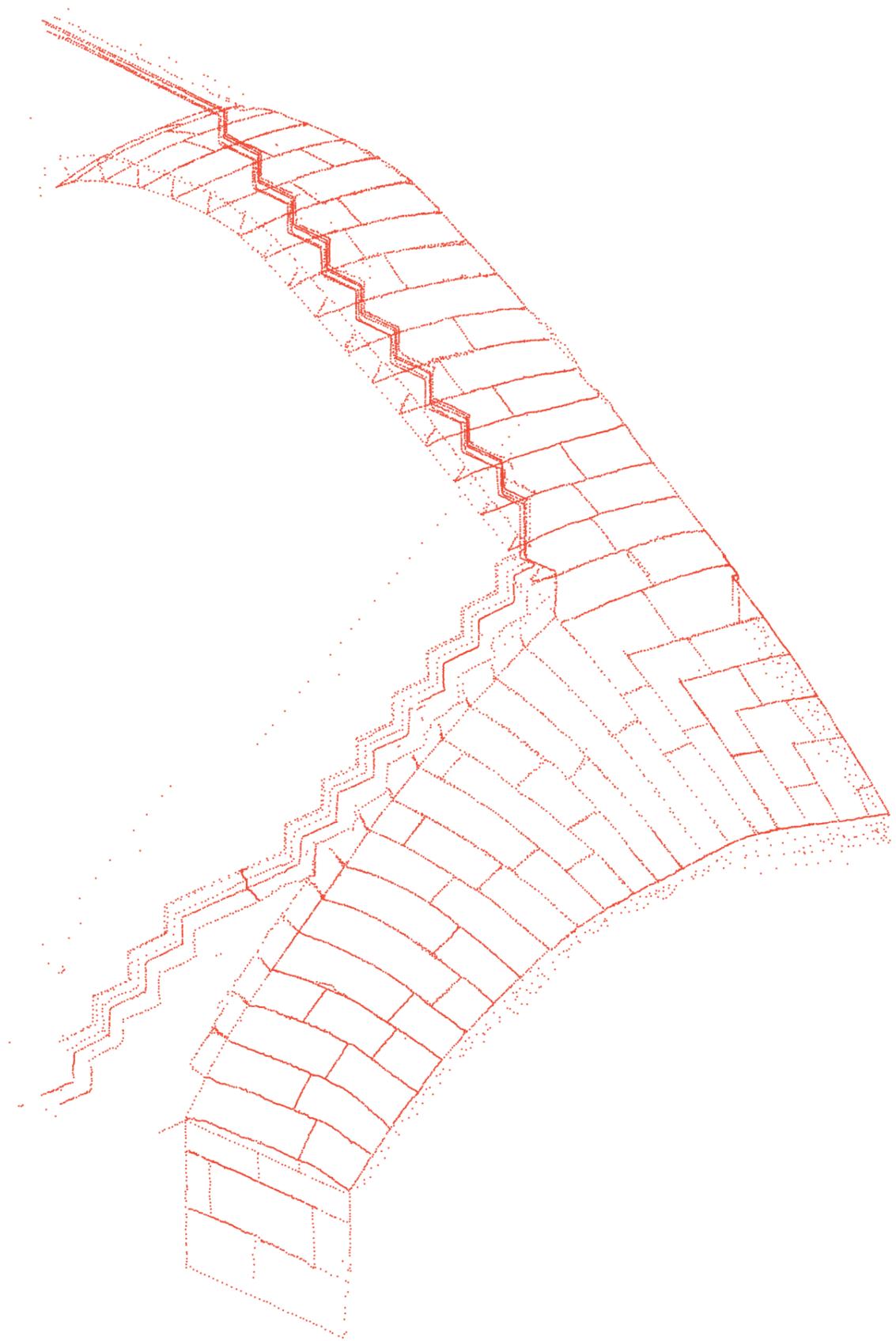
- Palmos de 30,6 cm
- Piés de 23 cm
- Vara de 92 cm

Análisis en palmos, piés y varas del primer tramo y de la planta de la escalera

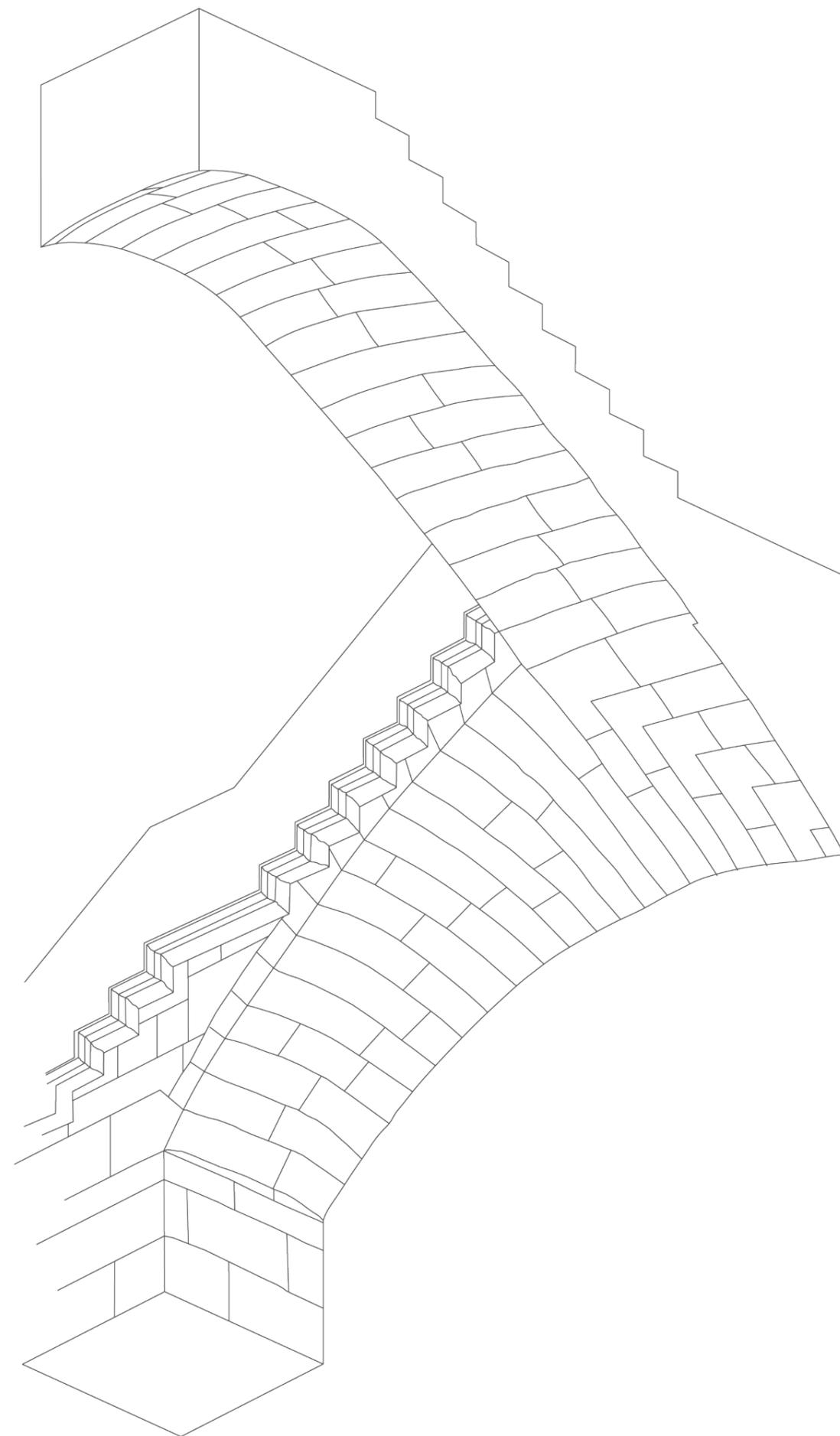


- Palmos de 30,6 cm
- Piés de 23 cm
- Vara de 92 cm

Análisis en palmos, piés y varas del segundo tramo de la escalera



Nube de puntos de la escalera



Modelo alámbrico escalera