

EL MÉTODO DE LOS GAJOS COMO SISTEMA DE CONTROL EN EL TRAZADO Y LA CONSTRUCCIÓN DE LAS CUBRICIONES ABOVEDADAS VANDELVIRIANAS

THE METHOD OF SLICES AS CONTROL SYSTEM OF THE LAYOUT AND CONSTRUCTION OF THE VANDELVIRA'S VAULTS

Antonio Estepa Rubio, Jesús Estepa Rubio

doi: 10.4995/ega.2016.4743

Andrés de Vandelvira personaliza la figura de un investigador que, desde el profundo conocimiento y dominio del oficio, supo ensayar revolucionarias soluciones arquitectónicas que han venido a demostrar la importancia de los arquitectos del sur peninsular en la Historia de la Arquitectura del Renacimiento en España.

El manejo detallado del trazado del método de los gajos permite reflexionar sobre los sistemas formales de diseño ensayados por Vandelvira. No en balde, algunas de las características soluciones del arquitecto son objeto de inteligentes manipulaciones de esta lógica fundamental.

La necesidad por resolver unívocamente cuestiones de carácter ejecutivo, estructural, formal y compositivo, hizo que se depurasen métodos de dimensionado y puesta en obra que en la actualidad siguen siendo dignos de admiración.

PALABRAS CLAVE: VANDELVIRA. ESTEREOTOMÍA. GEOMETRÍA. BÓVEDA. GAJO

Andrés de Vandelvira personalizes the researcher who, from the deep knowledge and mastery of the craft, knew how to rehearse revolutionary architectural solutions that demonstrate the importance of the architects of southern Spain in the History of Architecture of the Renaissance.

The detailed knowledge of the drawings of the method of slices allows us to reflect on the formal design systems tested by Vandelvira. However, some of the features of the solutions of this architect are the subject of intelligent manipulation of this basic logic.

The need to solve constructive, structural, formal and compositional issues in the same moment, led to the dimensioning of methods and application that currently are worthy of admiration.

KEYWORDS: VANDELVIRA. STEREOTOMY. GEOMETRY. VAULT. SLICE



Cuestiones preliminares

La estereotomía del Renacimiento se articula básicamente en torno a un único proceso geométrico, y éste es sin duda, el de la habilidad para desarrollar las superficies sobre un plano horizontal. Así las cúpulas esféricas tallan sus dovelas a partir de los patrones que dibujan las caras de su intradós, siendo ésta la base formal sobre la que se desenvuelve gran parte del diseño renacentista y de la obra vandelviana (Palacios Gonzalo, 1990, p. 9).

Conocida y demostrada la importancia de las propuestas resueltas por Vandelvira a través de sus magistrales soluciones, tanto espaciales como constructivas, soportadas en complejos aparatajes gráfico-geométricos, pretendemos abordar un análisis estricto sobre la configuración y planificación de las reglas y sistemas que utiliza para viabilizar sus propuestas arquitectónicas.

Partiremos de modelos simplificados que nos permitan desprestigiar imperfecciones, vicios o impericias, y que forman irremediamente parte del juego. Nos instalaremos en la hipótesis de que toda ejecución, con independencia de su morfología puede ser reducida a fragmentos parciales de naturaleza geométrica primitiva, que por manipulación, engendrarán agrupaciones formales más complejas.

Fundamentación del método de los gajos

El método de los gajos es un procedimiento efectivo para el desarrollo de una esfera que se fundamenta en la teoría simple de subdividir ésta en partes acotadas por secciones planas que pasan por su centro, y que trazan sobre la misma circunferencias de ra-

dio igual al de la propia esfera (con las cuales lógicamente trabajaremos).

En el estudio de la obra de algunos de los grandes maestros del Renacimiento Andaluz podemos comprobar que el método de los gajos también se empleó como procedimiento de resolución de construcciones que geoméricamente se apoyaban sobre la formalización de la esfera **1**. Quizá la mejor de las visualizaciones sobre cómo emplear esta técnica estereotómica nos la ofrece el modelo teórico promulgado por Alonso de Vandelvira para dar forma a la *capilla redonda por cruceros* **2**, que se fundamenta en esta sistemática de optimización de la superficie esférica, y que en realidad no tiene más compromiso intelectual que el derivado del entendimiento de la doble curvatura de la esfera desde un doble sistema de desarrollo lineal.

Toda sección plana de una esfera engendra una circunferencia, que para el caso de planos que pasan por el centro, define circunferencias de diámetro igual al del contorno aparente de la propia esfera; desde aquí el proceso de simplificación formal es sencillo, y consiste en acotar sectores esféricos definidos por dos haces de planos. Si forzamos a que el diámetro esférico sea perpendicular al plano horizontal, y por consiguiente los haces son paralelos y perpendiculares a este mismo plano, entonces la genealogía de curvas que se trazan sobre la superficie no son más que meridianos y paralelos que acotarán trozos de esfera con los que operar resulta menos tortuoso.

La suma lineal de estos fragmentos limitados horizontalmente por planos paralelos formalizan la geometría de los gajos sobre los que aplicaremos una operación gráfica de desarrollo, que a nivel práctico consistirá en

Previous issues

Renaissance stereotomy basically revolves around a unique geometric process which is basically the skill to develop surfaces on a horizontal plane. The spherical domes carve their segments from patterns that draw the faces of the soffit, which is the formal basis on which much of the Renaissance design and Vandelvira's works is developed (Palacios Gonzalo, 1990, p. 9).

Given the importance of the proposals of Vandelvira, reflected in his masterful spatial and constructive solutions, and supported in complex geometric and graphic systems, we intend to address a strict analysis and planning on setting the rules and systems used to make possible his designs.

As a starting point, we use simplified models that avoid imperfections, flaws or inexperience that are, inevitably, part of the game. We will settle on the assumption that every execution, regardless of its morphology may be reduced to partial fragments of primitive geometrical nature, which, by handling them, could be more complex formal groups.

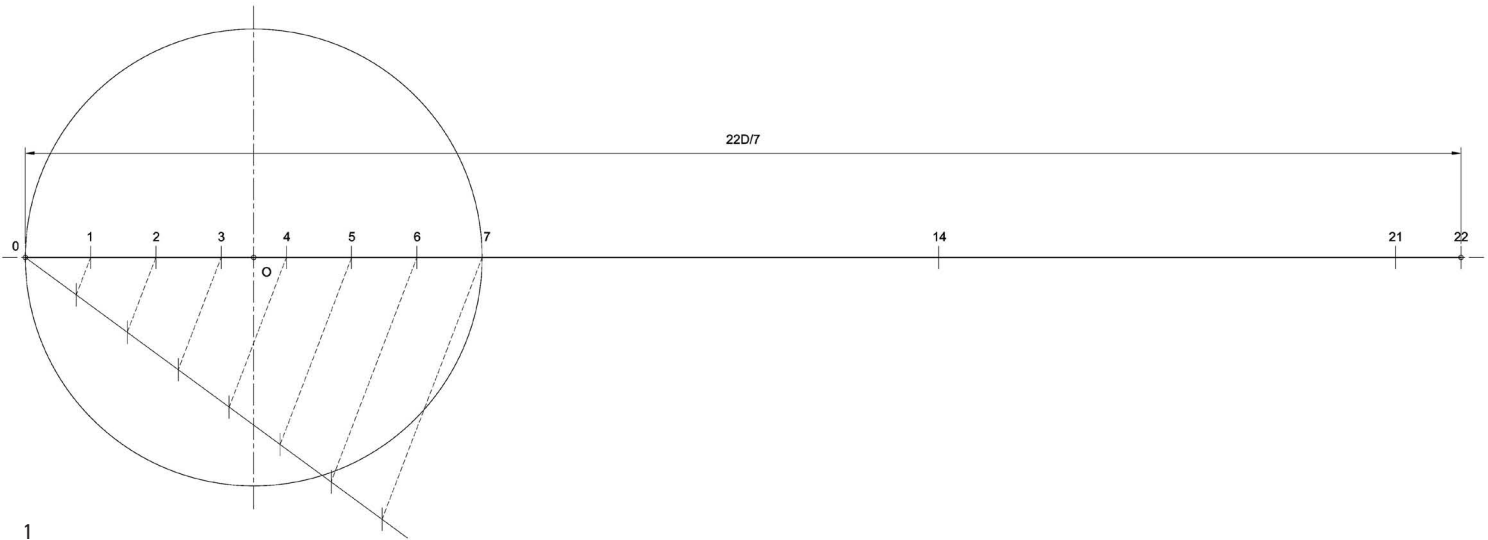
Rationale of the method of the slices

The method of the slices is an effective procedure for developing a sphere, that is based on the simple theory of subdividing it into flat sections passing through its center, and draw circles of radius equal to the sphere itself (with which logically we work).

In the study of the work of some of the great masters of Andalusian Renaissance we can see that the method of the slices was also used as a method of solving geometric constructions that were based on the formalization of the sphere **1**.

Perhaps the best visualizations on how to use this stereotomical technique has been offered by the theoretical model promulgated by Alonso de Vandelvira to shape the *round chapel by cruises* **2**, which is based on this systematic optimization of the spherical surface, and actually has no more intellectual commitment than the understanding of the double curvature of the sphere from a dual system of linear development.

The whole flat section of a sphere generates a circumference, that in the case of planes passing through the center, defines circumferences whose diameter is equal to the apparent contour of the sphere; from here the formal simplification process is simple, and it consists of narrow spherical sectors defined by two beams of planes. If we force the spherical diameter to be perpendicular to the



1

horizontal plane, and the ribs become parallel and perpendicular to the same plane, then the genealogy of curves, plotted on the surface, are only meridian and parallel that will limit pieces of sphere with which the work is less tortuous. The linear sum of these fragments, limited horizontally by parallel planes, formalizes the geometry of the slices on which we will apply a graphical development operation, which in practical terms will be to define the proportional fair share when we rectify the circumference of the shaft, according to a maximum value of $\frac{\pi r}{2}$, which is derived from the maximum developable length of $\frac{1}{4}$ of the total circumference defined (Figs. 1 and 2).

Formal development of the slice

Once we are able to extend the slice in a horizontal plane, the design of the boxes is transformed into something systematic. To get a perspective effect that properly balances the distribution of these caissons on the dome, and in order to have a substantially square proportion, then we need to depart from a drawing resolved on the developed slice. If we divide the height of the dome at equidistant segments (which engender nerves contained in planes equidistant), would distort the global perspective based on the fact that shrinking the radii of the circles that determine the cuts of each plane on the sphere, would create a disproportion that justifies the fact that is necessary to decrease the distances between the horizontal rings of the dome; otherwise the perception of the box would be rectangular. Once the development of the slice in two directions has been solved, by rectifying a quarter of the circumference that builds its axis, and from the rectification of each of the pieces of horizontal circumference that subdivide the slice, we can define concatenated quadrilaterals that are drawn

defining the part proportional that corresponds when we rectify the circumference of its axis, with a maximum value of $\frac{\pi r}{2}$, which derives from the maximum developable length of $\frac{1}{4}$ of the total circumference defined (Figs. 1 and 2).

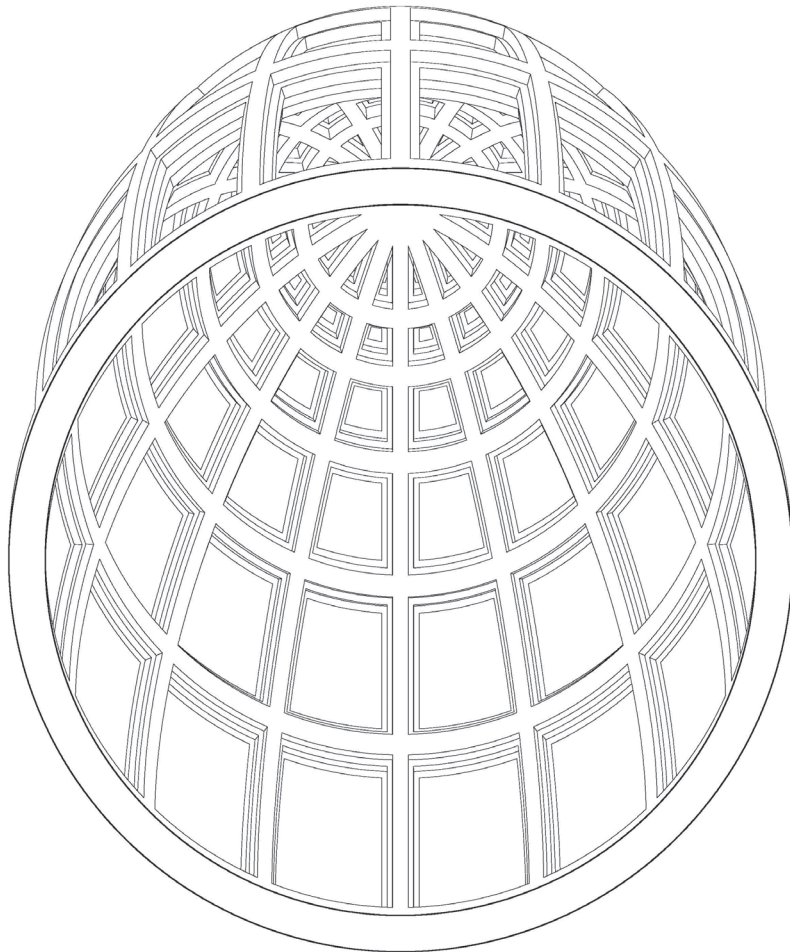
Desarrollo formal del gajo

Una vez que somos capaces de extender en un plano horizontal el gajo, el diseño de los casetones se transforma en algo sistemático. Para conseguir un efecto perspectivo que equilibre adecuadamente el reparto de estos casetones sobre la cúpula, y con el fin de que éstos tengan una proporción sensiblemente cuadrada y no rectangular, entonces partiremos desde un replanteo resuelto sobre el gajo desarrollado. Si dividiésemos la altura de la cúpula en segmentos equidistantes (que engendrarían nervios contenidos en planos de igual distancia), resultaría una distorsión perspectiva fundamentada en el hecho de que al ir menguando los radios de las circunferencias que determinan los cortes de cada plano sobre la esfera, se va desarrollando una desproporción que justifica el hecho de que paralelamente tengan que ir decreciendo las distancias entre los anillos horizontales de la cúpula; puesto que si no es así la percepción

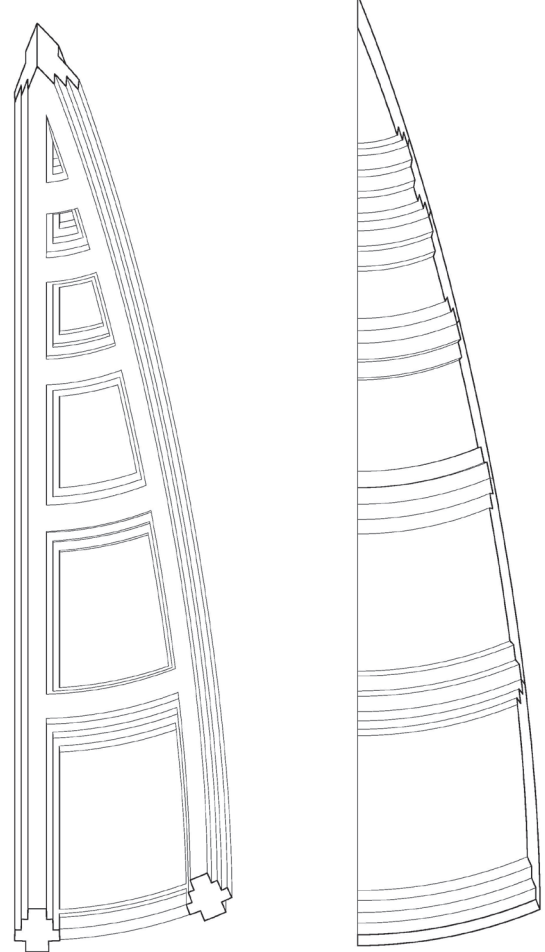
del casetón deja de ser cuadrada para pasar a ser rectangular.

Resuelto el desarrollo del gajo en dos direcciones, esto es, mediante la rectificación del cuarto de circunferencia que construye su eje, y a partir de la rectificación de cada uno de los trozos de circunferencia horizontales que subdividen el gajo, podemos definir cuadriláteros concatenados que se van trazando a partir del grafo de circunferencias tangentes a tres lados sobre la que se define la posición del nervio superior, sobre el que paralelamente se traza otra circunferencia también tangente a tres nervios que nos permite posicionar otro nuevo; posteriormente repitiendo esta iteración dispondremos el siguiente, y el siguiente, hasta que finalmente se engendra un fragmento triangular, que consideramos ya como independiente, y que cierra la cúpula por arriba.

Hay que considerar, sin que ello menoscabe el valor metodológico del procedimiento empleado, que los mecanismos gráficos de desarrollo de una circunferencia sobre una recta acumulan cierta imperfección, lo que motiva que, en la traza de contraproyecciones en el dibujo del alzado de la cúpula, no haya una coincidencia absoluta con la supuesta correspondencia que habría de existir al dividir la rectificación en el mismo número



3



4

posed at the outset. So for the eight primary subdivisions there are five circumferences, that is five nerves (plus a final triangular closure that completes the geometry of the hemisphere), whose distribution obviously depends on the metric of the developments of the circumferences arcs which were tabulated from plant (each one with a different radius).

Once we have traced the nerves into the slice **4**, we will move horizontally the measures to the development of the shaft in vertical projection (for our figure the segment 0-8) so appearing the dimensions defined by the letters a, b, c, d and e, which correspond to the altimetry of each nerve, and anti-projected directly against the sphere from the point of calculation, that is, for our drawing the point **A 5**.

With the use of these tools arises a constant duality of decisions that serve the construction and the composition; although it is surprising how in the abstract process of designing the architectural solution and effective separation did not exist in the relation to that graphical tool, because the clarity with which this mixture is shown in the

3 y 4. Axonometrías militares de la estructura nervada de la “capilla redonda por cruces” definida por Alonso de Vandelvira y detalle del gajo y de su cerramiento exterior. Dibujos de Antonio Estepa Rubio

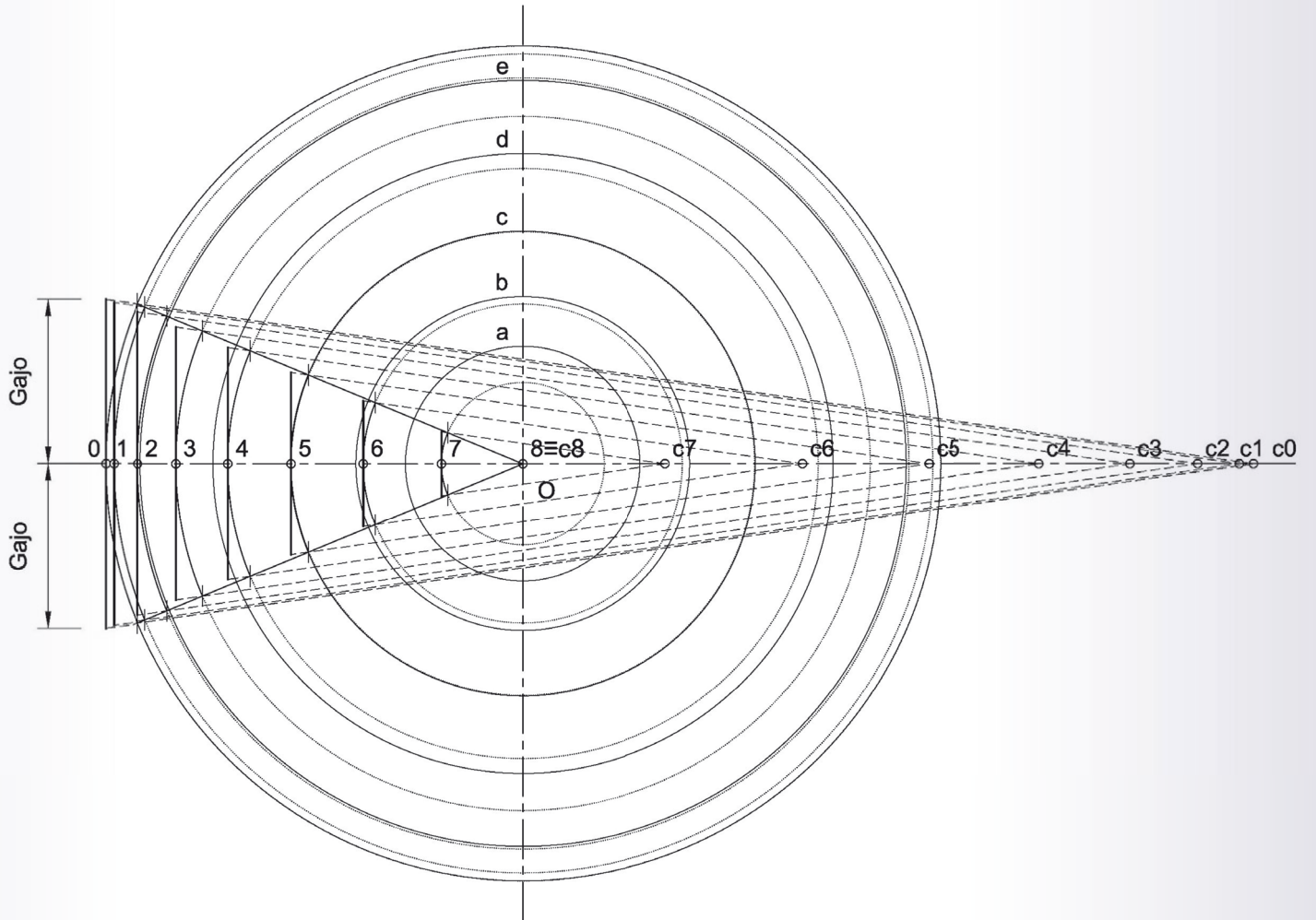
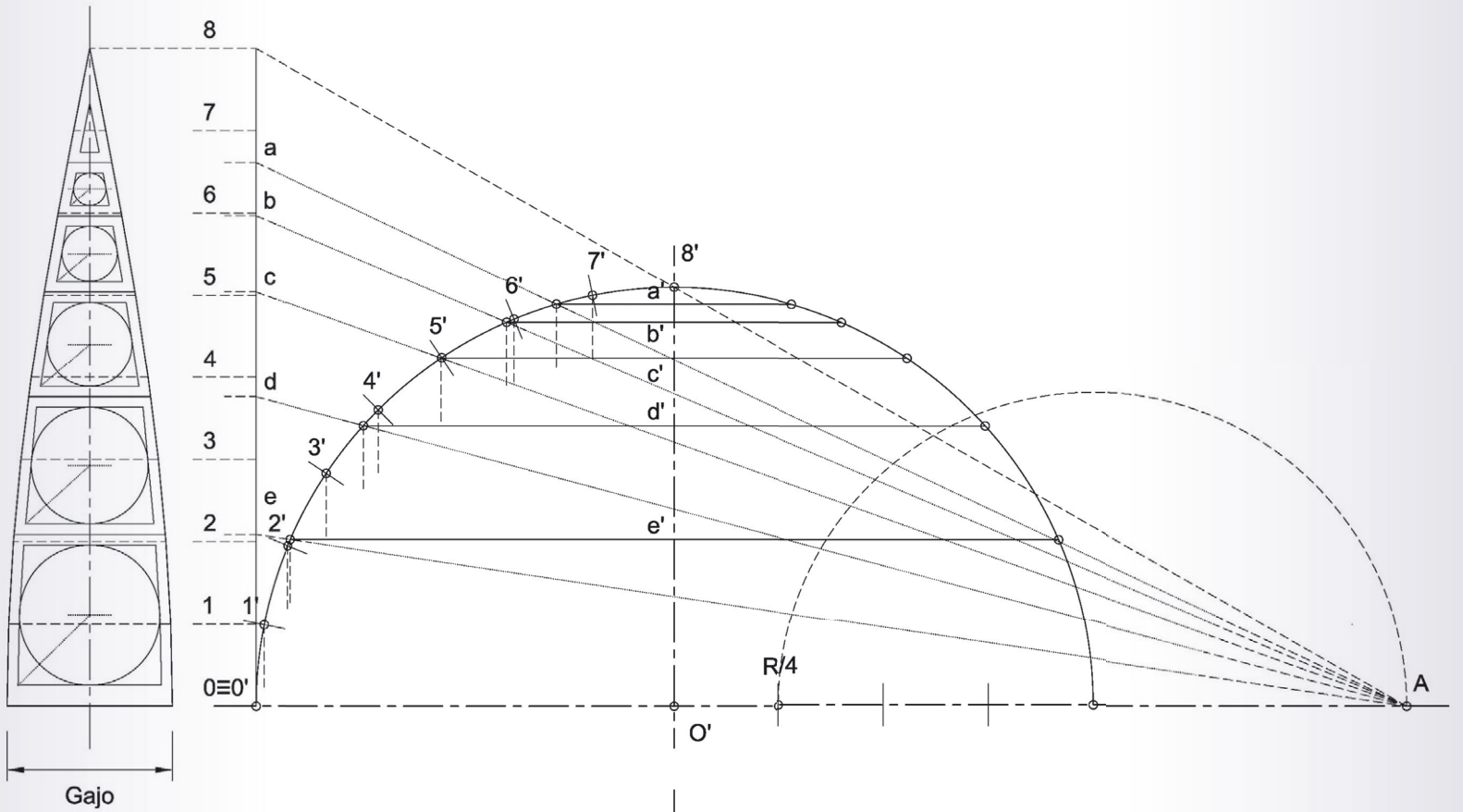
5. Método gráfico para el desarrollo de un gajo de esfera. Aplicación al sistema de trazado de la “capilla redonda por cruces” definida por Alonso de Vandelvira. Dibujo de Antonio Estepa Rubio

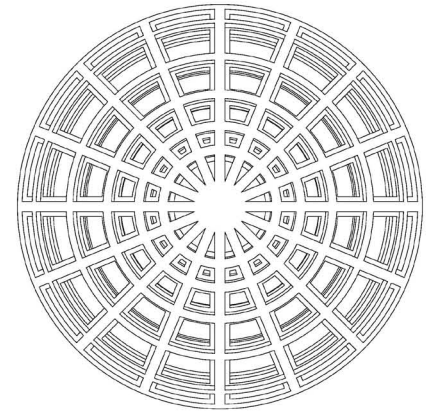
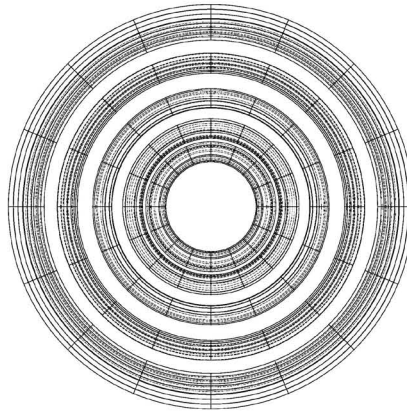
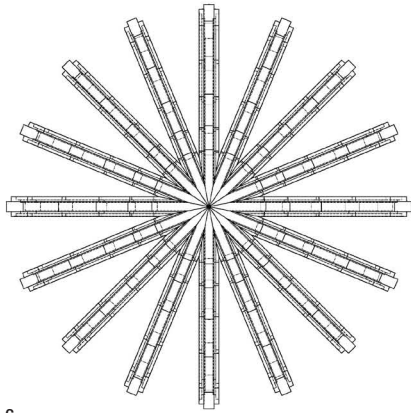
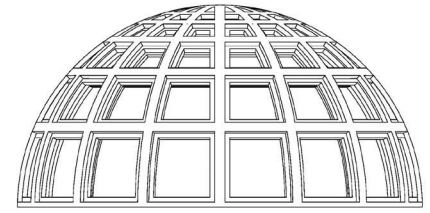
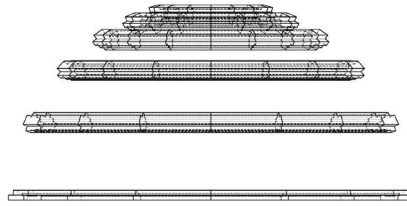
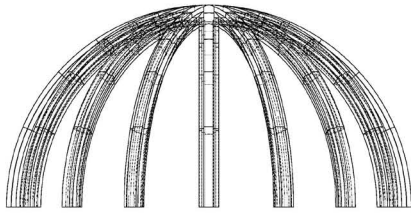
3 and 4. Military axonometrics of the structure of the “round chapel by cruises” defined by Alonso de Vandelvira and detail of the slice and its exterior cladding. Drawn by Antonio Rubio Estepa

5. Graphical method for the development of a slice of sphere. Application to the design of the “round chapel by cruises” defined by Alonso de Vandelvira. Drawn by Antonio Estepa Rubio

vo de los nervios, que resultará de calcular el diámetro de la circunferencia inscrita en el cuadrilátero, que naturalmente tendrá su centro contenido en el eje de simetría, y que se determina a partir del corte de éste con la bisectriz del primero de los lados; la tangente horizontal a esta circunferencia es el primero de los nervios que hemos de posicionar.

Si repetimos esta operación, las circunferencias que resultan irán variando de tamaño, y por consiguiente irán acomodando los nervios horizontales necesarios, que como podemos comprobar, ya no coinciden con las divisiones equidistantes planteadas al inicio. Así para ocho subdivisiones primarias resultan cinco circunferencias, esto es, cinco nervios (más un triángulo de cierre final que completa





6

graph of the *round chapel by cruises* in the Treaty of Alonso de Vandelvira clears up all doubts (Barbé-Coquelin de Lisle, 1977, p. [Fol. 63r.]) (Fig. 5).

Justification of the cuttings

For the layout of cutting we will use exactly the same methodology, but we have to distinguish how the meeting system of each part has to be, if we want to keep the horizontal ribs and the vertical ribs separated, or, on the other hand, if we want to solve, using the same refinement template, for both meridians and parallels.

The decision of how and why to do this is based on the logic of the static of the rigid solid, because if we force the points, which keep the horizontal and vertical forces together, they will indeed be monolithic, i.e. the crosses are built with unique pieces, we will change the natural constructive weakness of each piece to other points with less structural stress (Fig. 6).

So the systematization that allows the reduction of a typological model and in turn a structural model, to a simple exercise of drawing, makes us think that since the graphics can implement later alterations, which are supported through previous primitive, it allows us to accommodate other spatial and much more complex constructive configurations. Therefore we can say that from this very generic protocol is possible to build many other solutions outlined by Alonso de Vandelvira in his Treatise, many of them executed by his father. From the method of reducing the sphere to slices

la geometría de la semiesfera), cuya distribución depende evidentemente del valor métrico de los desarrollos de los arcos de circunferencias que fueron tabulados desde la planta (cada uno con un radio diferente).

Una vez que ya tenemos trazados los nervios sobre el gajo desarrollado 4, sencillamente trasladaremos horizontalmente las medidas hasta el desarrollo del eje en proyección vertical (para nuestro dibujo el segmento 0-8) apareciendo las cotas definidas por las letras a, b, c, d y e, que se corresponden con las altimetrías de cada nervio, y que contra-proyectamos de forma directa contra la esfera desde el punto de cálculo de los desarrollos, esto es, para nuestro dibujo el punto A 5.

Con el empleo de estas herramientas se establece una dualidad constante entre las decisiones proyectuales que atienden a la construcción y las que atienden a la composición; si bien es realmente llamativo cómo en el proceso abstracto de ideación de la solución arquitectónica no había disyunción efectiva en lo que se refiere a la herramienta gráfica dispuesta,

pues la claridad con la que se manifiesta esta mezcolanza en el gráfico de la capilla redonda por cruceros del Tratado de Alonso de Vandelvira despeja cualquier duda al respecto (Barbé-Coquelin de Lisle, 1977, p. [Fol. 63r.]) (Fig. 5).

Justificación del despiece

Para la disposición del despiece emplearemos exactamente esta misma metodología, con la peculiaridad de tener que distinguir cómo tiene que ser el sistema de encuentro de las dovelas, es decir, si éstas se resuelven de forma separada en nervios horizontales y nervios verticales, o si por el contrario, se pretende resolver solidariamente y en una misma plantilla de desbaste tanto meridianos como paralelos.

La decisión de cómo y por qué acometer esto se fundamenta en la lógica de la estática del sólido rígido, puesto que si hacemos que los puntos que resuelven encuentros de esfuerzos horizontales y verticales son efectivamente monolíticos, esto es, las cruces se construyen con piezas únicas,



6. Descomposición estructural de la “capilla redonda por cruceros” definida por Alonso de Vandelvira. Dibujo de Antonio Estepa Rubio

6. Structural decomposition of the “round chapel by cruises” defined by Alonso de Vandelvira. Drawn by Antonio Estepa Rubio

entonces trasladaremos la debilidad constructiva natural de la cada pieza a puntos con menos sollicitación estructural (Fig. 6).

Así la sistematización que nos permite la reducción de un modelo tipológico y a su vez un modelo estructural, a un simple ejercicio de dibujo, nos hace pensar que desde el grafismo se pueden implementar alteraciones posteriores, que si bien se soportan en una primitiva inicial, nos permiten dar cabida a otras configuraciones espaciales y constructivas mucho más complejas. Podemos por ello decir, que desde este mismo protocolo genérico se pueden construir otras tantas soluciones enunciadas por Alonso de Vandelvira en su tratado, y efectivamente ejecutadas buena parte de ellas por su padre.

Desde el procedimiento de reducción de la esfera a gajos se puede dar respuesta, con una sistemática equivalente a la de la capilla redonda por cruceros y de acuerdo con la inclusión de alteraciones más o menos complejas, a los modelos siguientes (Barbé-Coquelin de Lisle, 1977): *Capilla redonda por cruceros disminuidos*, *Bóveda de Murcia por cruceros*, *Capilla oval segunda*, *Capilla oval cuarta*, *Capilla oval sexta* y *Ochavo de La Guardia* (Figs. 7 y 8).

Conclusiones

Así podemos concluir que Andrés de Vandelvira, junto con otros grandes maestros de su tiempo, implantó un lenguaje de proyectación y de construcción caracterizado por la fusión de los conceptos de ornato y formato (Ampliato Briones, 1996). La imposición por unificar estos dos criterios, a priori no coincidentes, estriba en la forma de trabajo del material con el

que se construye en la Península Ibérica, que les obliga a pensar conjuntamente cada solución hasta el extremo. En tanto que no cabe aditamento posterior, se torna en algo irremediable resolver con un mismo dibujo cuestiones relativas a la estabilidad estructural, a la composición dimensional y al despiece ejecutivo necesario; donde la fase de planificación hubo de ser escrupulosa, concienzuda y exigente.

Como conclusión final apuntar, que dada la trascendencia de las soluciones propuestas y la revolución que supuso el empleo de esta mecánica operativa, cabe determinar que Vandelvira fue uno de los arquitectos que procuraron el tránsito desde la proyectación perspectiva hasta la proyectación ejecutiva, lo que sin duda hace que sus soluciones sigan suscitando interés aún en el presente. ■

Notas

1 / Con referencia a lo expuesto cabría hacer referencia al estudio acometido por el profesor Enrique Castaño Perea, quien desarrolla un análisis comparativo sobre dos cúpulas de Andrés de Vandelvira, con respecto al modelo teórico expuesto por su hijo Alonso en su Tratado de Arquitectura. Estudia las cúpulas de la Sacra Capilla de El Salvador en Úbeda y la de la Capilla de San Sebastián en Alcaraz, con respecto a la cúpula redonda por cruceros desarrollada en el Tratado apoyándose en la construcción gráfica dimensional de ambas estructuras, para los dos casos, desde la teoría de desarrollo de la esfera por gajos (Castaño Perea, 2013).

2 / Esta capilla constituye uno de los sectores más peculiares e interesantes de la estereotomía española. Para su construcción se emplearán nervaduras que, por el entrecruzamiento ortogonal entre ellas, va a configurar una trama de recuadros que posteriormente se tapanán con una pieza independiente, pero previamente ha de procederse al diseño formal de la propia bóveda y al consiguiente reparto de la superficie en los casetones que se estimen oportunos (Palacios Gonzalo, 1990, p. 145).

3 / Cuanto mayor sea el número de divisiones más exacta será la gráfica del desarrollo del gajo, no obstante, tomaremos ocho partes por semejanza a la operativa que define Alonso de Vandelvira en su tratado para explicar la *capilla redonda por cruceros* (Barbé-Coquelin de Lisle, 1977, p. [Fol. 63r.])

4 / El desarrollo del gajo es la forma plana que se emplea a modo de plantilla para determinar el desbaste que hay que hacer sobre cada una de las dovelas correspondientes a cada hilada. Con independencia de

we can respond with a equivalent process to the *round chapel by cruises*, and in accordance with the inclusion of more or less complex alterations, to the following models: *Round chapel by diminished cruises*, *Murcia Vault by cruises*, *Oval chapel second*, *Oval chapel fourth*, *Oval chapel sixth* and *the Chapel of La Guardia* (Figs. 7 and 8).

Conclusions

According to this exposition we can conclude that Andrés de Vandelvira, along with other great masters of his time, introduced a language of designing and building characterized by the fusion of concepts about ornamentation and format (Ampliato Briones, 1996). Forcing these two criteria, which were mismatched from the outset, to remain united is supported by the working form of the material with which the principal buildings of the Iberian Peninsula were built, demands them to think each solution to the extreme. As it is not possible to attach subsequently, it becomes something irremediable to resolve in the same drawing the issues of structural stability, dimensional composition and execution; where the planning phase had to be careful, conscientious and demanding. As a final conclusion, we should highlight that given the importance of the proposed solutions and the revolution caused by the use of this methodology, it is sustained that Vandelvira was one of the architects who created the transit from the designing perspective to the executive designing, which certainly makes his solutions interesting even today. ■

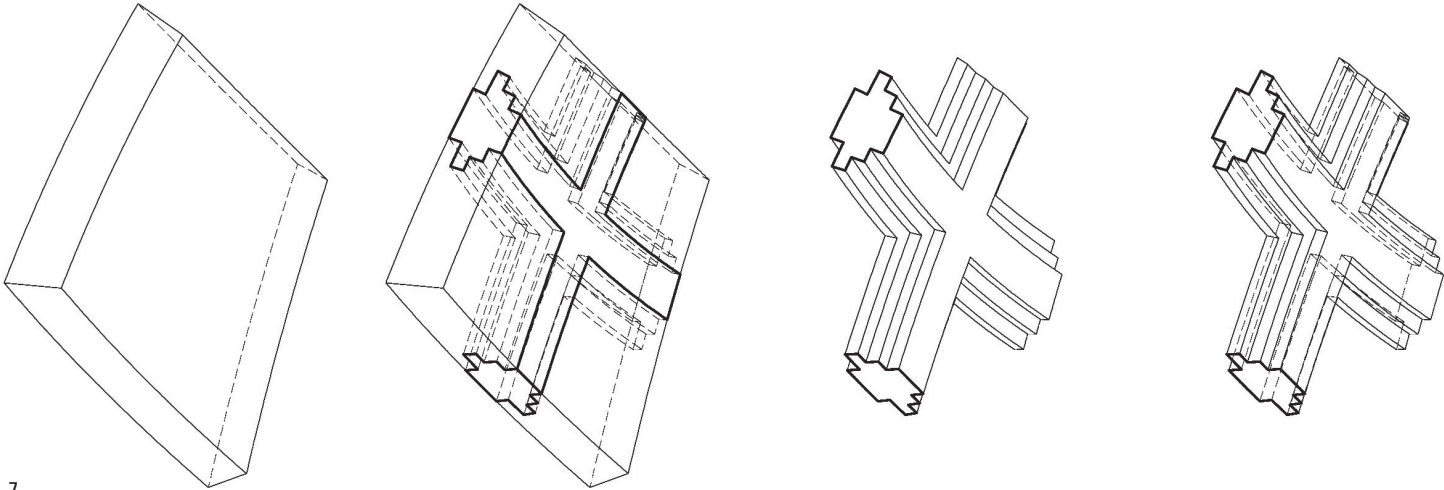
Notes

1 / With reference to the above, a study should be mentioned, undertaken by Professor Enrique Castaño Perea, who develops a comparative analysis of two domes designed by Andrés de Vandelvira, from the theoretical model presented by his son Alonso in his Treatise on Architecture. He studies the domes of the Sacred Chapel of El Salvador in Úbeda and the Chapel of San Sebastián in Alcaraz, with respect to the round dome by cruises developed in the Treaty and relying on graphical construction of both structures, and in the theory of the developing of the sphere by slices. (Castaño Perea, 2013).

2 / This chapel is one of the most unique and interesting sectors of the Spanish stereotomy. For its construction were used ribs, that by the orthogonal crossover between them, form a pattern of boxes that subsequently were capped with separate pieces, although previously the formal design was done of the dome and the distribution of the surface at appropriate parts (Palacios Gonzalo, 1990, p. 145).

3 / The more we increase the number of divisions the more accurate the graphical development will be. However, we have chosen eight parts resembling those of Alonso de Vandelvira in his treatise about the explanation of the *round chapel by cruises* (Barbé-Coquelin de Lisle, 1977, p. [Fol. 63r.]).

4 / The development of the slice is the flat shape which is used as a template to determine the refinement of the parts corresponding to each row. Regardless of how the parts would be, for example if they were taken from a cross rib (intersection of the meridians and parallels) or from a full quadrilateral, this will be the graphical method



7

to be resolved in any of the cases; only with the difference that in considering the slice that we will develop, the symmetry axis would pass by a construction joint, or would pass through the center of the quadrilaterals, as it happens in the drawing that has been used for explanation.

5/ Again we appeal to the existence of a metric error derived from the fallibility of graphical system of the development of the circumference over the straight; however, for the size with which we work, this error is inconsequential to validate the formal and constructive approaches pursued. For practical purposes, it is much more expensive to consider and correct the defects arising from the executive process than those that are given by the graphical method.

References

- AMPLIATO BRIONES, A. L., 1996. *Wall, order and space in the architecture of the Andalusian Renaissance. Theory and practice in the work of Diego de Siloé, Andrés de Vandelvira and Hernán Ruiz II*. Sevilla: Sevilla University. Ministry of Public Works and Transport.
- BARBÉ-COQUELIN DE LISLE, G., 1977. *The treaty of architecture of Alonso de Vandelvira: edition with introduction, notes, variants and hispano-French glossary of architecture*. Madrid: Spanish Confederation of Savings Banks.
- CASTAÑO PEREA, E., 2013. Renaissance traces in two domes of Vandelvira: Theory and Praxis. *Architectural Graphic Expression*, Issue 21, pp. 140-149.
- CHUECA GOITIA, F., 1995. *Andrés de Vandelvira, Architect*. Jaén: Riquelme and Vargas.
- GALERA ANDREU, P. A., 2000. *Andrés de Vandelvira*. Tres Cantos (Madrid): Akal.
- GÁMIZ GORDO, A., 2013. On drawing and History of Architecture. *Journal of Research and contemporary architecture*, Issue 3, pp. 65-72.
- GÓMEZ MORENO, M., 1983. *The Eagles of the Spanish Renaissance: Bartolomé Ordoñez, Diego de Siloé, Pedro Machuca, Alonso Berruguete, 1517-1558*. Madrid: Xarait.
- HERRÁEZ CUBINO, G., 2007. *The lexicon of spanish stone cut treaties in the fourteenth century*. Salamanca: Salamanca University Editions
- HODGSON TORRES, M. L., 2004. Drawing and knowledge. The research across the form. *Arstdidas*, Issue 1, pp. 15-35.
- IZQUIERDO ASENSI, F., 2000. *Descriptive Geometry*. 24th ed. Madrid: Paraninfo.
- GONZALO PALACIOS, J. C., 1990. *Traces and cutting stone in the Spanish Renaissance*. Madrid: Ministry of Culture. Department of Fine Arts and Archives. Institute for Conservation and Restoration of Cultural Property.
- RAPOSO GRAU, J. F., 2010. Identification of the graphics processes of “draw” and “projecting” in the architecture, as “methodological processes of architectural scientific research”. *EGA*, Issue 15, pp. 102-111.
- AMPLIATO BRIONES, A. L., 1996. *Muro, orden y espacio en la Arquitectura del Renacimiento Andaluz. Teoría y práctica en la obra de Diego de Siloé, Andrés de Vandelvira y Hernán Ruiz II*. Sevilla: Universidad de Sevilla. Consejería de Obras Públicas y Transportes.
- BARBÉ-COQUELIN DE LISLE, G., 1977. *El tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira: Edición con introducción, notas, variantes y glosario hispano-francés de arquitectura*. Madrid: Confederación Española de Cajas de Ahorros.
- CASTAÑO PEREA, E., 2013. Trazas renacentistas en dos cúpulas de Vandelvira: Teoría y Praxis. *Expresión Gráfica Arquitectónica*, Issue 21, pp. 140-149.
- CHUECA GOITIA, F., 1995. *Andrés de Vandelvira, Arquitecto*. Jaén: Riquelme y Vargas.
- GALERA ANDREU, P. A., 2000. *Andrés de Vandelvira*. Tres Cantos (Madrid): Akal.
- GÁMIZ GORDO, A., 2013. Sobre dibujo e Historia de la Arquitectura. *Revista de investigación y arquitectura contemporánea*, Issue 3, pp. 65-72.
- GÓMEZ MORENO, M., 1983. *Las Águilas Del Renacimiento Español: Bartolomé Ordoñez, Diego Siloé, Pedro Machuca, Alonso Berruguete, 1517-1558*. Madrid: Xarait.
- HERRÁEZ CUBINO, G., 2007. *El léxico de los tratados de cortes de cantería españoles del siglo XIV*. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- HODGSON TORRES, M. L., 2004. Dibujo y conocimiento. La investigación a través de la forma. *Arstdidas*, Issue 1, pp. 15-35.
- IZQUIERDO ASENSI, F., 2000. *Geometría Descriptiva*. 24ª ed. Madrid: Paraninfo.
- PALACIOS GONZALO, J. C., 1990. *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento Español*. Madrid: Ministerio de Cultura. Dirección General de Bellas Artes y Archivos. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales.
- RAPOSO GRAU, J. F., 2010. Identificación de los procesos gráficos del “dibujar” y del “proyectar” arquitectónico, como “procesos metodológicos de investigación científica arquitectónica”. *EGA*, Issue 15, pp. 102-111.

Referencias

- 7. Axonometría militar de un nervio estructural tipo de la “capilla redonda por cruceros”. Dibujo de Antonio Estepa Rubio
- 8. Axonometría militar del “Ochavo de La Guardia”. Dibujo de Antonio Estepa Rubio
- 7. Military axonometry of a generic structural rib of the “round chapel by cruises”. Drawn by Antonio Estepa Rubio
- 8. Military axonometry of the “Chapel of La Guardia”. Drawn by Antonio Estepa Rubio

