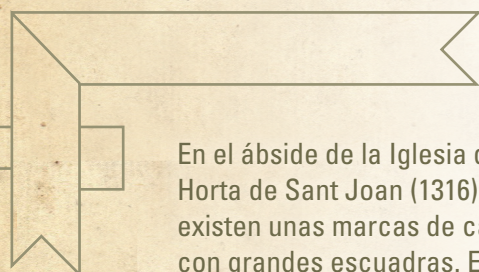


## LAS ESCUADRAS EN LAS MARCAS DE CANTERO DE LA VILA D' HORTA DE SANT JOAN (S. XIV)

## THE SQUADS IN THE MASON MARKS OF THE VILA D'HORTA DE SANT JOAN (S. XIV)

Josep Lluís i Ginovart, Agustí Costa i Jover, Sergio Coll Pla y Mónica López Piquer

doi: 10.4995/ega.2017.3315

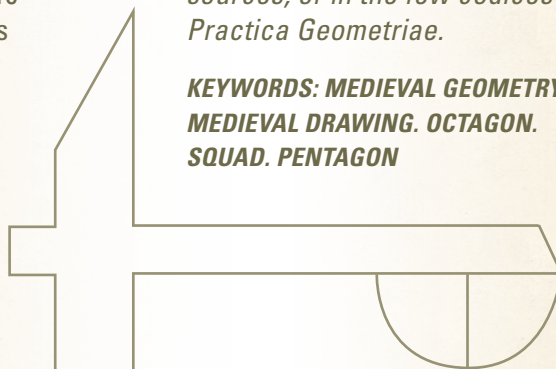


En el ábside de la Iglesia de Horta de Sant Joan (1316), existen unas marcas de cantero con grandes escuadras. El objetivo es determinar la medida y proporcionalidad de este instrumento y su posible utilización en la fábrica medieval. El artículo se basa en el funcionamiento de la escuadra por rotación, y en especial en el replanteo del ábside pentagonal. La escuadra puede ser utilizada como un ábaco para la construcción de polígonos regulares. Estos instrumentos, mediante pequeños ajustes y calibraciones, permiten resultados muy eficaces para la construcción de polígonos de 11, 13, 14, 17 o 19 lados, que no aparecen ni en las fuentes *mathematicis*, ni en los escasos códices de la *Practica Geometriae*.

**PALABRAS CLAVE:** GEOMETRÍA MEDIEVAL. DIBUJO MEDIEVAL. ESCUADRA. PENTÁGONO

*In the apse of the Church of Horta de Sant Joan (1316), there are a large mason marks squads. The objective is to determine the extent and proportionality of this instrument and its possible use in the medieval factory. The approach is to determine the performance of the squad rotation, especially in staking pentagonal apse. The squads are used as an abacus for constructing regular polygons. These instruments, by small adjustments and calibrations, allow very effective results for the construction of polygons 11, 13, 14, 17 or 19 sides, that do not appear in mathematicis sources, or in the few codices Practica Geometriae.*

**KEYWORDS:** MEDIEVAL GEOMETRY. MEDIEVAL DRAWING. OCTAGON. SQUAD. PENTAGON





Durante los trabajos de levantamiento de la Iglesia de Horta de Sant Joan (1316) de Lluís, Costa, Mauri, Navaro (2008) **1** (Fig. 1), se observaron en los contrafuertes unos sillares con once marcas de cantero; cuatro que representaban una maceta y siete con escuadras. La tipología de alguna escuadra era muy similar a la del *Trattato* (1465, fol. 173 v) de Antonio di Pietro Averlino (c.1400- 1469) **2** (Fig. 2).

El ábside tiene planta pentagonal, con lo que se necesita algún método de trazado del pentágono (Fig. 3). Las escuadras góticas no solo fijan la perpendicularidad de los brazos, sino que juega un papel importante el brazo inexistente de la hipotenusa. Con ello es posible el trazado de figuras poligonales, apoyando a merced la escuadra sobre el lado ficticio. El sistema tiene como precedente el de Villard de Honnecourt (c.1175-1240), (BnF. ms.fr. 190093, fol. 20 r c), *Par chu portait om one toor a chinc arestes* (Fig. 9.1) **3**, estudiado por M. T. Sarrade **4** y R. Bechmann **5**.

Las medidas de los lados del ábside tienen las siguientes dimensiones:

	l	li	$\alpha^\circ$	$\alpha_i^\circ$
1-2	344,2	325,1		
2-3	344,1	325,1	142,44	144.00
3-4	325,1	325,1	144,84	144.00
4-5	352,4	325,1	144,78	144.00
5-6	335,9	325,1	142,53	144.00

Donde (l) es el lado del polígono y ( $\alpha^\circ$ ) el ángulo de los lados contiguos. Cabe plantear si el trazado del ábside pentagonal ha podido ser realizado mediante un simple tanteo, algún método de las geometrías cultas existentes, o bien mediante un método similar al Villard de Honnecourt con alguna escuadra.

## Las escuadras de Horta de Sant Joan

En el año 2014 se realiza una campaña de levantamiento de estos paramentos con una estación total, Topcon Imaging Station 203. Las escuadras son de brazos asimétricos y paralelos, y en sus extremos aparecen unas inflexiones (Fig. 4).

Los brazos de las escuadras plantean cuatro ángulos posibles de sus hipotenusas, respecto a las hendiduras (Fig. 5), las medidas son;

Escuadra	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$
E-1	19,05	32,75	35,18	59,97
E-2	21,26	26,18	28,60	33,60
E-3	19,30	22,90	26,67	31,22
E-4	21,67	26,16	28,60	33,60

## La belleza clásica de las escuadras

Las escuadras están definidas en el *Timaeus* de Platón (c.429-437 aC) **6**, donde se determina el triángulo como elemento básico de la geometría (Tim. 53,c-d). Al triángulo rectángulo isósceles le asignará el mayor grado de belleza ( $45^\circ$ - $90^\circ$ - $45^\circ$ ). A partir del escaleno ( $30^\circ$ - $90^\circ$ - $60^\circ$ ) se genera el triángulo equilátero (Tim. 54,d-e), y el cuadrado a partir del isósceles (Tim. 55,b). Aristóteles (384-322 aC) definirá en el *Metaphysicorum*, el triángulo como la unidad elemental, el *Uno*. (Met. L.X, 2, 1054<sup>a</sup> a,1-5), conocerá la propiedad de los triángulos por la que la suma de ángulos es igual a  $180^\circ$  y construirá perpendiculares a partir del arco capaz (Met. L.IX, 10, 1051<sup>a</sup>, 25-30). **7** (Fig. 6). Será Euclides (326-265 aC) en sus *Elementa* (L.I. 47)] quién demostrará el teorema del triángulo rectángulo, donde  $a^2 = b^2 + c^2$ , donde  $a = 1/2 (b^2 + 1)$  y  $c = 1/2 (b^2 - 1)$  **8**.

During the topographical survey of the Church of Horta de Sant Joan (1316) done by Lluís, Costa, Mauri, Navaro (2008) **1** (Fig. 1), eleven mason marks were observed in some ashlar of the abutment; four were representing a pot and seven had some squards drawn. The typology of some squareron was very similar to the one of the *Trattato* (1465, fol. 173 v) of Antonio di Pietro Averlino (c.1400- 1469) **2** (Fig. 2).

The apse has a pentagonal plan, which requires some method to draw the pentagon (Fig. 3). The Gothic squares not only fix the perpendicularity of the arms, but the nonexistent arm of the hypotenuse has an important role. With this, it is possible to trace polygonal Figures, supporting the square on the fictitious side. The system has as a precedent the one of Villard de Honnecourt (c.1175-1240), (BnF. ms.fr. 190093, fol. 20 r c), *Par chu portait om one toor a chinc arestes* (Fig. 9.1) **3**, studied by M. T. Sarrade **4** and R. Bechmann **5**.

The measures of the apse's sides have the following dimensions:

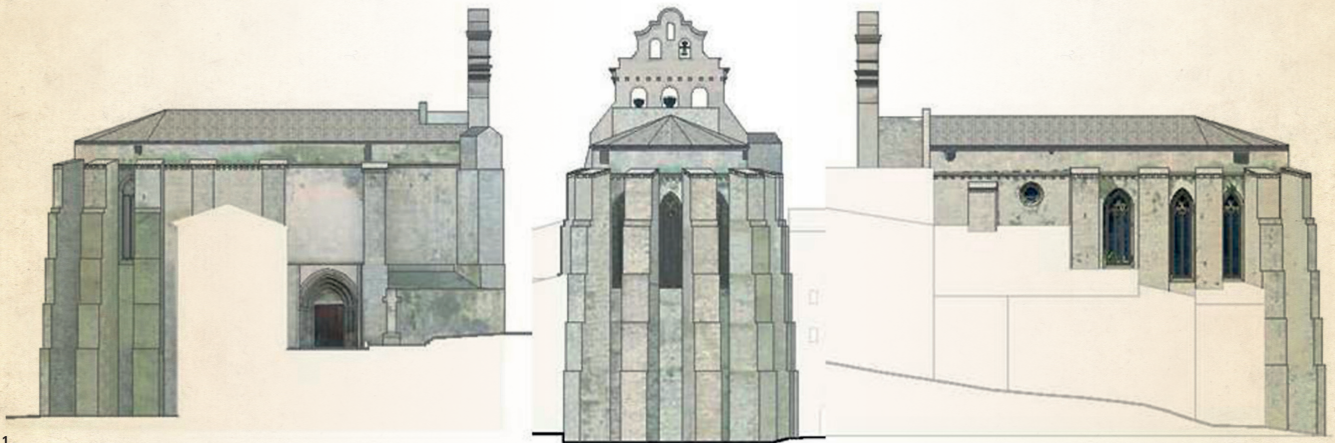
	l	li	$\alpha^\circ$	$\alpha_i^\circ$
1-2	344,2	325,1		
2-3	344,1	325,1	142,44	144.00
3-4	325,1	325,1	144,84	144.00
4-5	352,4	325,1	144,78	144.00
5-6	335,9	325,1	142,53	144.00

Where (l) is the side of the polygon and ( $\alpha^\circ$ ) the angle of the contiguous sides. There is a need to propose if the trace of the pentagonal apse has been made by means of a simple test, with some method of existing geometries, or by a similar method of the one of Villard de Honnecourt, with some square.

## Horta de Sant Joan's squares

In 2014 a topographical survey campaign, with a Total Station Topcon Imaging Station 203, was done. There we could observe that the squares have asymmetrical and parallel arms and, at their ends, some inflexions appear (Fig. 4).

The squares' arms have four possible angles of their hypotenuse, as for the clefts are concerned (Fig. 5), the measures of which are:



1

- 1. Àbside Iglesia de Horta de Sant Joan (1316)
- 2.1. Escuadra escalena de Horta de Sant Joan (c. 1316).
- 2.2. Escuadra isosceles de Filarete (1465)
- 3. Planta iglesia Horta Sant Joan

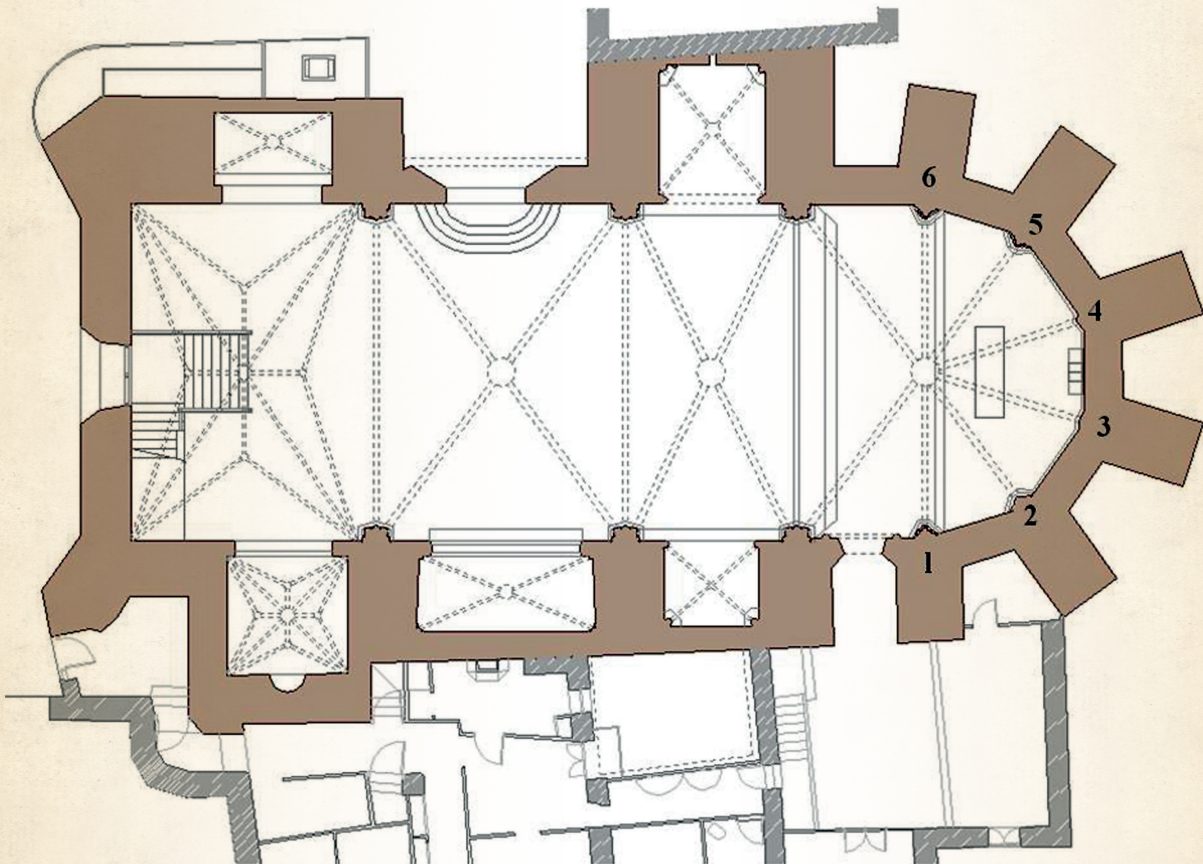
- 1. Horta de Sant Joan's Church apse (1316)
- 2.1. Scalene square of Horta de Sant Joan (c. 1316).
- 2.2. Isosceles square of Filarete (1465)
- 3. Horta Sant Joan's Church plan



2.1



2.2



3

## Las escuadras góticas

Formalmente las escuadras clásicas tienen sus brazos perpendiculares. A partir del siglo XIII, aunque se conservan escuadras con las características previas al gótico **9** aparecen otras conocidas como *d'ongletes*, con brazos divergentes. Estas escuadras pueden ser utilizadas a modo de ábacos y en la talla de la estereotomía de la piedra **10**. Existen así diferentes formas; la canónica, (30°-60)° de Hugues Libergier (c.1263) **11** (Fig. 7.a), la pitagórica de Niederhaslach **12** (Fig. 7.b), las de doble cuadrado como la *Life of the Offas* (c.1236) **13** o la de Gerona **14** (Fig.7.c), las coordenadas decagonales (36°- 54°) como la de la catedral de Poitiers **15** (Fig. 7.d), u otras con el triángulo áureo (31,72°-58,20°) **16** (Fig. 7.e).

## El trazado del pentágono en las geometrías cultas

El trazado del pentágono aparece en la primera edición española de los *Elementa* de Euclides (IV.11-14), de Rodrigo Zamorano (1542-1623) **17-18**, y en la del *Almagesto* (II.IX) de Jorge de Trapezuntio (1395-1486) **19-20**. En la cultura tardogótica el pentágono aparece en las conocidas como *Practica Geometriae*, es el caso de la *Geometrie Deutsch* (1488) (P2.fol.2r) (Fig. 8.1) de Matthäus Roriczer (+c. 1495) **21**, el *Underweysung der Messung* (1525) (LII.15-16) (Fig. 8.2), de Albert Dürer (1471-1528) **22** o en el *De varia commensuratione* (1585) (L.I.Cap.II.10) (Fig. 8.3) de Juan de Arfe (1535-1603) **23**. En estos casos la construcción geométrica del pentágono es exacta, dado un radio (100u) se conocen todos los lados (117.56 u), pudiendo ser

construido mediante un escuadra decagonal, cuyos ángulos son (36°, 54°). No ocurre así con el trazado del *Breve compendio de la carpintería de lo blanco* (1633), (Fig. 8.4) de López de Arenas (+c.1640) (Cap.I, fol. 1r-1 v) **24**, ya que la proposición no da una solución exacta.

## Trazados de polígonos con escuadras por rotación

La construcción de la base de la torre del Villard de Honnecourt (fol.20.r.c) (Fig. 9.1), ha sido interpretada por M. T. Sarrade y R. Bechmann, de modo que la escuadra va situándose por los puntos medios y sextos, (1/3-0,77), creando así los vértices del pentágono regular, que se obtendrían con una aproximación. Hemos reconstruido el proceso mediante una escuadra de proporción 1/3, con (100 u) en 4 lados y el de cierre (102,61 u), y con un ángulo de giro (108,43°) (Fig. 9.2).

Otro método que proponemos es con una escuadra (2/6), con la que se situará una alineación entre el segundo punto de un cateto y el extremo del otro, colocándose sobre esta alineación el nuevo lado del pentágono (Fig. 9.3). Una solución similar es situar la escuadra en los vértices, apoyando reiteradamente la escuadra sobre la hipotenusa (Fig. 9.4). Ambas soluciones son coincidentes con los métodos de M. T. Sarrade y R. Bechmann.

Otra tesis sería la tumba de Saint-Ouen, donde M. T. Sarrade plantea la posibilidad de construir un polígono a partir de un ábaco. La hipótesis comprueba que en el punto (a), se determina la diagonal de un cuadrado, en (b) la diagonal de un rectángulo cuya relación es de 4/5, en (c) el lado de un triángulo equilátero y sobre (d) la pendien-

Square	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$	$\alpha 4$
E-1	19,05	32,75	35,18	59,97
E-2	21,26	26,18	28,60	33,60
E-3	19,30	22,90	26,67	31,22
E-4	21,67	26,16	28,60	33,60

## The classic beauty of squares

Squares are defined in Plato's *Timaeus* (c.429-437 BC) **6**, where the triangle is determined as the basic element of geometry (Tim 53, c-d). The highest grade of beauty (45°-90°-45°) is assigned to the isosceles rectangle triangle. From the scalene (30°-90°-60°) the equilateral triangle is generated (Tim. 54, d-e), and the square from the isosceles (Tim. 55, b). Aristotle (384-322 BC) will define in the *Metaphysicorum*, the triangle as the elemental unit, the *One*. (Met. L.X, 2, 1054<sup>a</sup> a, 1-5), will know the property of the triangles by which the sum of angles is equal to 180° and will construct perpendiculars from the capable arc (Met. L.IX, 10, 1051<sup>a</sup>, 25-30) **7** (Fig. 6). It will be Euclid (326-265 BC) in his *Elementa* (LI 47) who will prove the theorem of the right triangle, where  $a^2 = b^2 + c^2$ , where  $a = 1/2 (b^2 + 1)$  and  $c = 1/2 (b^2 - 1)$  **8**.

## Gothic squares

Formally, classic squares have their arms perpendicular. From the XIII century, although there are squares preserved with characteristics before the Gothic **9**, appear others known as *d'ongletes*, with divergent arms. These squares can be used as abacuses and in the size of the stone stereotomy **10**. So, there are different forms; the canonical, (30°-60)° of Hugues Libergier (c.1263) (**11**) (Fig. 7.a), the Pythagorean of Niederhaslach **12** (Fig. 7.b), the double squares as the *Life of the Offas* (c.1236) **13** or the one from Gerona **14** (Fig. 7.c), the decagonal coordinates (36°-54°) such as the one of Poitiers Cathedral **15** (Fig. 7.d), or others with The golden triangle (31.72°-58.20°) **16** (Fig. 7.e).

The layout of the pentagon appears in the first Spanish edition of Euclid's *Elementa* (IV.11-14) by Rodrigo Zamorano (1542-1623) **17-18**, and at the one from *Almagest* (LI. IX) by Jorge de Trapezuntio (1395-1486) **19-20**. In the late-Gothic culture, the



4

pentagon appears in what is known as *Practica Geometriae*. This is the case of the *Geometrie Deutsch* (1488) (P2. fol.2r) (Fig. 8.1) by Matthäus Roriczer (+c.1495) **21**, the *Underweysung* (Fig. 8) by Albert Dürer (1471-1528) **22** or in the *De commensivacion* (1585) (LICap.II.10) (Fig. 8.3) by Juan de Arfe (1535-1603) **23**. In these cases the geometric construction of pentagon is exact, given a radius (100u) all sides are known (117.56 u), and the pentagon can be constructed by means of a decagonal square, whose angles are (36°, 54°). Not so with the drawing of the *Breve compendio de la carpinteria de lo blanco* (1633), (Fig. 8.4) of López de Arenas (+c.1640) (Cap.I, fol.1r-1 v) **24**, due to the proposition does not give an exact solution.

te de una recta de un tercio (Fig. 10). En el estudio realizado las proporciones 4/4, 4/5, 4/7 y 4/12, han sido analizadas utilizando la construcción de polígonos mediante la rotación de la escuadra sobre su hipotenusa. Con una escuadra (100 u) podemos operar, de modo que la su posición relativa vaya girando en el extremo del cateto, de manera que la escuadra quede alineada con la hipotenusa.

Si tomamos la escuadra isósceles y orientamos una nueva sobre su diagonal, obtendremos un cuadrado. Si repetimos el mismo proce-

so con las escuadras (100- 100/3) obtenemos un pentágono, con la aproximación a la escuadra escalena de (100- 40/7) obtenemos un hexágono, con la (100-80) obtenemos el heptágono, con la isósceles (100-100), el octógono.

En el caso del cuadrado los cuatro lados tienen la misma medida (100), al igual que los ocho del octógono (100), por lo tanto, la construcción es exacta. La construcción de las otras figuras es aproximada: en el pentágono 4 lados (100) y el cierre (102,61), en el hexágono, 5 lados (100) y el otro (97,68) y en el



- 4. Marcas de cantero en el ábside Horta de Sant Joan
- 5. Escuadras Horta de Sant Joan
- 6. Escuadra de Platón

- 4. Mason marks in Horta de Sant Joan's apse
- 5. Horta de Sant Joan's squares
- 6. Plato's Square

heptágono 6 lados de (100) y el de cierre (101,12) (Fig. 11).

Así, este método sugiere la aproximación de los principales polígonos regulares de acuerdo con el siguiente cuadro, donde (l) es el lado desigual, ( $\alpha^\circ$ ) el ángulo desigual y ( $\epsilon\%$ ) el error relativo frente al polígono regular (Tabla 1).

En la construcción de cualquier instrumento existe una imprecisión,

con lo que es necesario ajustar dicho utensilio. Así se traza una línea horizontal (r), en la que se sitúa el triángulo rectángulo ABC, cuyo ángulo recto es el A, disponiendo la hipotenusa CB, sobre la recta, girando la escuadra sobre sí misma, se determinará que el vértice (A) debe estar sobre la línea horizontal, en caso contrario se deberá ajustar el ángulo reiterando el proceso. En algunas

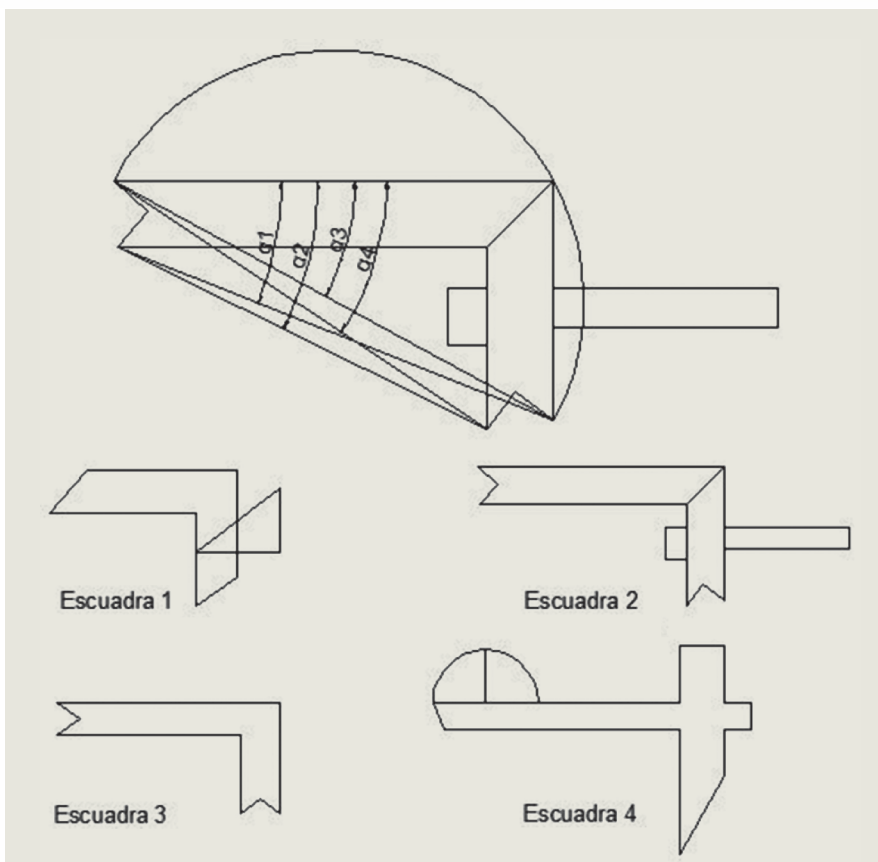
### Polygons layouts done by rotation of squares

The construction of the base of the Villard de Honnecourt tower (fol.20.c) (Fig. 9.1) has been interpreted by M. T. Sarrade and R. Bechmann. So that the square is situated by the mid and sixth points, (1 / 3-0, 77), thus creating the regular pentagon's vertices, which would be obtained with an approximation. We have reconstructed the process by means of a 1/3 ratio square, with (100 u) on 4 sides, (102.61 u) for the closure and with an angle of rotation of (108.43 °) (Fig. 9.2).

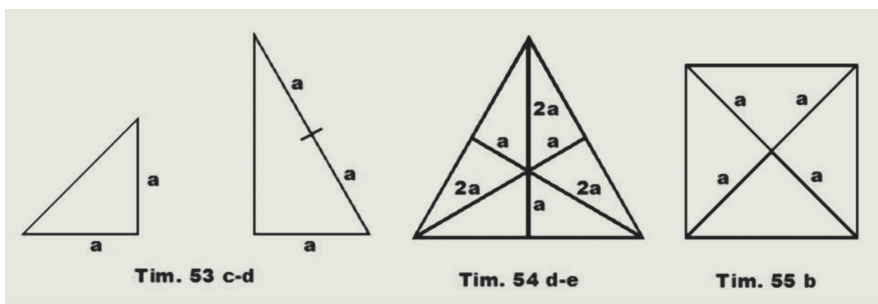
Another method we propose is with a (2/6) square, due to an alignment will be placed between the second point of a hitch and the end of the other, placing on this alignment the new side of the pentagon (Fig. 9.3). A similar solution is to place the square in the vertices, repeatedly supporting the square on the hypotenuse (Fig. 9.4). Both solutions are consistent with the methods of M. T. Sarrade and R. Bechmann. Another hypothesis would be the tomb of Saint-Ouen, where M. T. Sarrade poses the possibility of constructing a polygon from an abacus. This thesis proves that in (a) point the diagonal of a square is determined, in (b) the diagonal of a rectangle whose relation is 4/5 is known, in (c) the side of an equilateral triangle and on (d) the slope of a 1/3 line (Fig. 10). In the study, the proportions 4/4, 4/5, 4/7 and 4/12 have been analyzed using polygon construction by rotating the square on its hypotenuse. With a (100 u) square we can operate, so that the relative position is rotated at the end of the leg, so that the square is aligned with the hypotenuse.

If we take the isosceles squad and orient a new one on its diagonal, we will obtain a square. If we repeat the same process with the squads (100-100/3) we obtain a pentagon, with the approximation to the scale squadron (100-40/7) we obtain a hexagon, with the (100-80) we obtain the heptagon and with the isosceles (100-100) we obtain the octagon.

In the case of the square, the four sides have the same measure (100), as the eight of the octagon (100), therefore the construction is exact. The construction of the other Figures is approximate: in the pentagon 4 (100) sides and the (102, 61) closure, in the hexagon 5 (100) sides and the other one (97, 68). Finally, in the heptagon 6 sides of (100) and the closure is (101, 12) (Fig. 11).



5



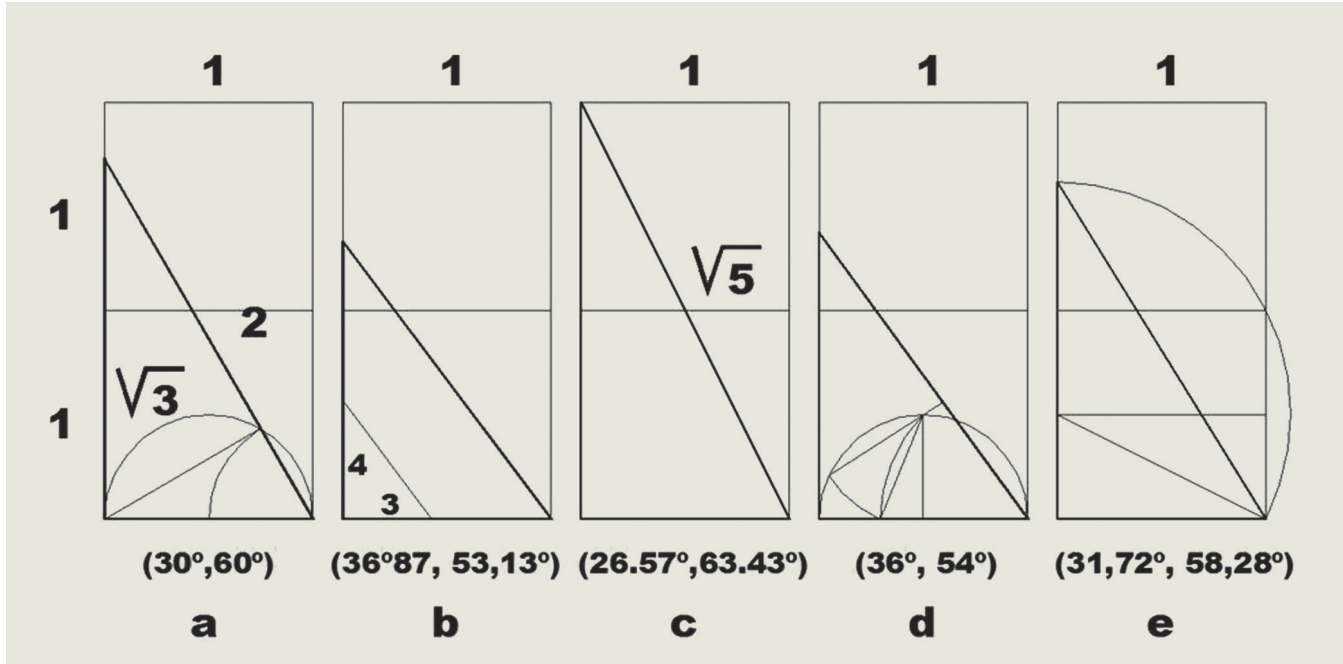
6

7. Tipologías escuadras góticas

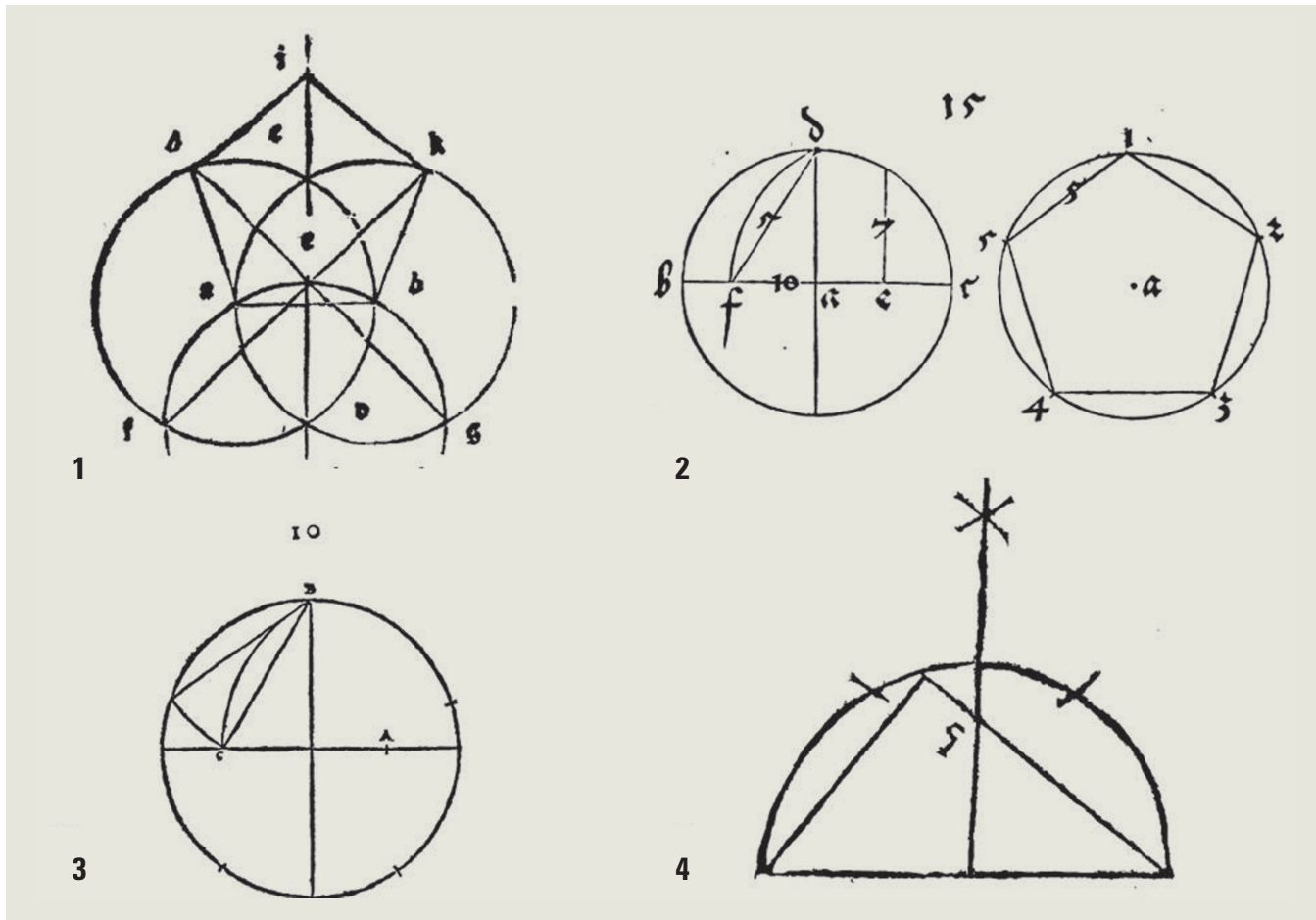
8. Trazados pentágono en las geometrias practicas

7. Typology of Gothic squares

8. Pentagon traces on practical geometries



7



8



a/b	a/b	l	li	ε%	α°	αi°	Polígono regular / Regular polygon
4÷0	100÷0	100.00	100.00	0.00	90.00	90.00	Cuadrado / Square
4÷12	100 ÷ 400/12	102.61	100.00	2.61	108.43	108.00	Pentágono / Pentagon
4÷7	100÷400/7	97,69	100.00	2.31	119.74	120.00	Hexágono / Hexagon
4÷5	100÷80	101.12	100.00	1.12	128.66	128.57	Heptágono / Heptagon
4÷4	100÷100	100.00	100.00	0.00	135.00	135.00	Octógono / Octogon

Tabla 1 / Table 1

construcciones derivadas de las escuadras decagonales, la escuadra no necesita ajuste, puesto que es exacta (Fig. 12.1). Pero el sistema sugerido por un cartabón de cinco de López de Arenas sí necesitaría ajuste **25** (Fig. 12.2). También podríamos utilizar una escuadra de proporción (11/8) más precisa que el cartabón de cinco. (Fig. 12.3).

### Resultados y conclusiones

El ábside del siglo XIV, de planta pentagonal, tiene un tratamiento estadístico donde el coeficiente de variación de los lados es de 0,0030 y el de los ángulos de 0,009, por tanto, ante este error, el ábside pudo ser trazado mediante un proceso de tanteo, pero también mediante los recursos de las geometrías de los *Elementa* o del *Almagesto*. Cabe plantearse que hubiera podido ser trazado con un método similar al de Villard de Honnecourt, utilizando la escuadra como ábaco de cálculo y plantilla de trazado. Así se podría trazar mediante una hipotética escuadra de coordenadas decagonales (36°, 54°), con una exactitud semejante a los *Elementa* y el *Almagesto*. Hubiera sido también posible construirlo mediante una escuadra (4/12), semejante al ábaco de la tumba de Saint-Ouen. En este caso la escuadra podría haberse

ajustado para tener mayor exactitud en la tradición del cartabón de cinco de Diego López de Arenas y también con la construcción de la escuadra de proporción (11/8).

No se ha podido comprobar una relación directa entre las marcas de cantero del ábside y la construcción del pentágono. Pero sí hemos demostrado que una escuadra puede ser utilizada para determinar el ángulo interno de un polígono. Así, el método consiste en la traslación reiterada de los catetos sobre la hipotenusa, mediante el giro del instrumento. El sistema soluciona el trazado de polígono regular y, a la vez permite ajustar la escuadra. Estos métodos formarían parte de la *geometria fabrorum* resultando muy eficaces para la división de polígonos de 11, 13, 14, 17 o 19 lados, que no aparecen ni en las fuentes *mathematicis*, ni en los escasos códices de la *Practica Geometriae*. ■

#### Referencias

- 1/ MUÑOZ, H. 2008. *La Parròquia de Sant Joan Baptista d'Orta en el segle del Renaixement*. Calaciet: Centre de Documentació. Ecomuseu dels Ports, pp. 138-150.
- 2/ PEDRAZA, P. 1990. *Tratado de arquitectura de Antonio Averlino*. Filarete. Vitoria: Ephialte, p. 359.
- 3/ ERLAND-BRANDERBURG (et.al), 1991. Villard de Honnecourt. Cuaderno Siglo XIII. Madrid: Akal, Lam 41, p. 135.
- 4/ SARRADE M. T., 1986. *Sur les connaissances mathématiques des bâtisseurs de*

Thus, this method suggests the approximation of the main regular polygons according to the following table, where (l) is the different side, (α°) the uneven angle and (ε%) the relative error versus the regular polygon (Table 1).

In the construction of any instrument, there is an imprecision and, because of that, it is necessary to adjust the instrument. Thus a horizontal line (r) is drawn, in which the right triangle ABC, whose right angle is the A, placing the hypotenuse CB on the line and turning the square on itself, it will be determined that the vertex A must be on the horizontal line, otherwise the angle should be adjusted by repeating the process. In some constructions derived from the decagonal squares, the squadron does not need adjustment, since it is exact (Fig. 12.1). However, the system suggested by a set-square of five of Lopez de Arenas' system would need adjustment **25** (Fig. 12.2). We could also use a (11/8) proportion squad, which is precisely than the five set-square (Fig. 12.3).

### Results and conclusions

The apse of the fourteenth century, of pentagonal plan, has a statistical treatment where the coefficient of variation of the sides is 0.0030 and 0.009 the one of the angles. Therefore, before this error, the apse could be traced through a process of trial, but also through the resources of *Elementa* or *Almagest* geometries. It could be considered that it could have been traced with a method similar to that of Villard de Honnecourt, using the square as an abacus of calculation and layout template. Thus it could be traced by a hypothetical squadron of decagonal coordinates (36°, 54°), with a similar accuracy to *Elementa* and *Almagest*. It would also have been possible to construct it by means of a (4/12) square, similar to the abacus of the tomb of Saint-Ouen. In this





case, the squadron could have been adjusted to have greater accuracy in the tradition of the five-seated Diego Lopez de Arenas and also with the construction of (11/8) proportional squad. It has not been possible to verify a direct relation between the apse's mason marks and the construction of the pentagon. However, we have shown that a square can be used to determine the internal angle of a polygon. Thus, the method consists in the repeated translation of the cathets on the hypotenuse, by turning the instrument. The system solves the layout of regular polygon and at the same time allows adjusting the square. These methods would be part of the *geometria fabrorum*, being very effective for the division of polygons of 11, 13, 14, 17 or 19 sides, which appear neither in the sources *mathematicis* nor in the few codices of the *Practica Geometriae*. ■

#### References

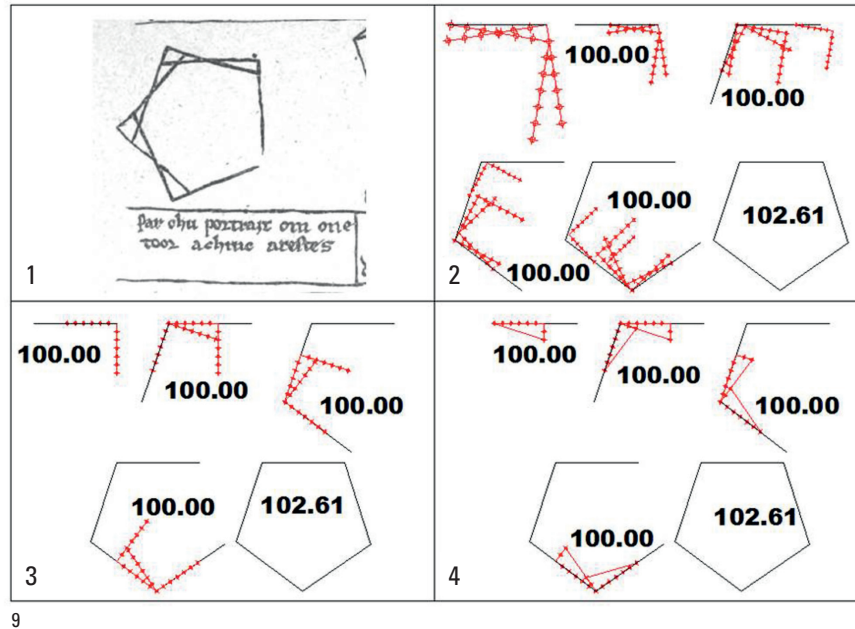
- 1/ MUÑOZ, H. 2008. *La Parròquia de Sant Joan Baptista d'Orta en el segle del Renaixement*. Calaciet: Centre de Documentació. Ecomuseu dels Ports, pp. 138-150.
- 2/ PEDRAZA, P. 1990. *Tratado de arquitectura de Antonio Averlino*. Filarete. Vitoria: Ephialte, p. 359.
- 3/ ERLAND-BRANDERBURG (et.al), 1991. *Villard de Honnecourt*. Cuaderno Siglo XIII. Madrid: Akal, Lam 41, p. 135.
- 4/ SARRADE M. T., 1986. *Sur les connaissances mathématiques des bâtisseurs de cathédrales*. Paris: Librairie du Compagnonnage, pp. 43-55.
- 5/ BECHMANN, R., 1991. *Villard de Honnecourt. La pensée technique au XIIIe siècle et sa communication*. Paris: Picard Éditeur, pp. 146-148.
- 6/ LISI, F., 1997. *Timeo*. In. *Platón Diálogos VI. Filebo, Timeo, Critias*. Madrid: Gredos, pp. 125, 261.
- 7/ GARCÍA, V., 1998. *Metafísica de Aristóteles*. 2 ed. Madrid: Editorial Gredos, pp. 472-473, 492-493.
- 8/ HEATH, T.L., 1908. *The Thirteen Books of Euclid's Elements*. 3 vols. Cambridge: University Press, pp: 349-68.
- 9/ RECHT, R. 1980. Les termes techniques de l'architecture médiévale, *Les bâtisseurs du Moyen-Âge. Histoire et Archéologie*. Dossiers, pp. 84-90.
- 10/ SHELBY, L. R., 1965. "Medieval Masons Tools II. Compass and Square", *Technology and Culture*, 6, pp. 236-248.
- 11/ WU N., 2000. Hugues Libergier and his Instruments. *Nexus Network Journal*. Vol. 2, Numbers 1-2, pp. 93-102.
- 12/ SARRADE M. T., 1986, p. 50.
- 13/ SARRADE M. T., 1986, pp: 44-45,
- 14/ SENE, A., 1970. Un instrument de précision au service des artistes du moyen âge: l'équerre. *Cahiers de Civilisation Médiévale*, vol.13, pp. 350-351.
- 15/ SENE, A., 1972. "Quelques instruments des architectes", *Actes du congrès de la Société des historiens médiévaux de l'enseignement supérieur* (Besançon, 1972), pp. 42-43.

9. Interpretación del Villard de Honnecourt (fol. 20 r (c))

10. Reinterpretación tumba de Saint-Ouen

11. Construcción de polígonos regulares mediante rotación de escuadras

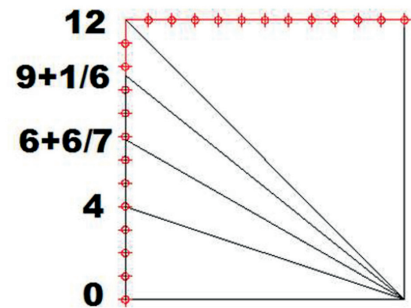
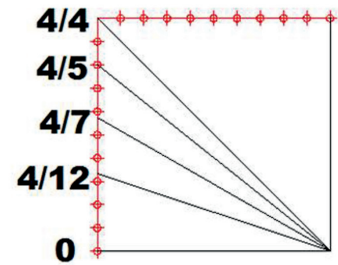
12. Ajuste de una escuadra pentagonal



9



10



*cathédrales*. Paris: Librairie du Compagnonnage, pp. 43-55.

- 5/ BECHMANN, R., 1991. *Villard de Honnecourt. La pensée technique au XIIIe siècle et sa communication*. Paris: Picard Éditeur, pp. 146-148.
- 6/ LISI, F., 1997. *Timeo*. In. *Platón Diálogos VI. Filebo, Timeo, Critias*. Madrid: Gredos, pp. 125, 261.

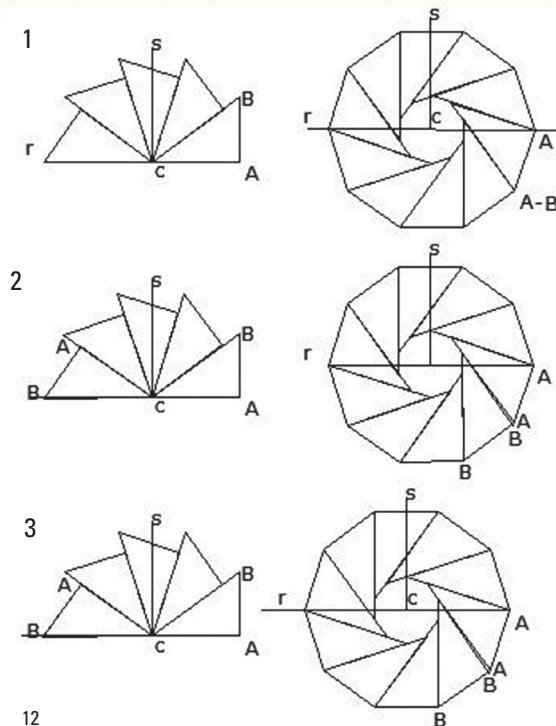
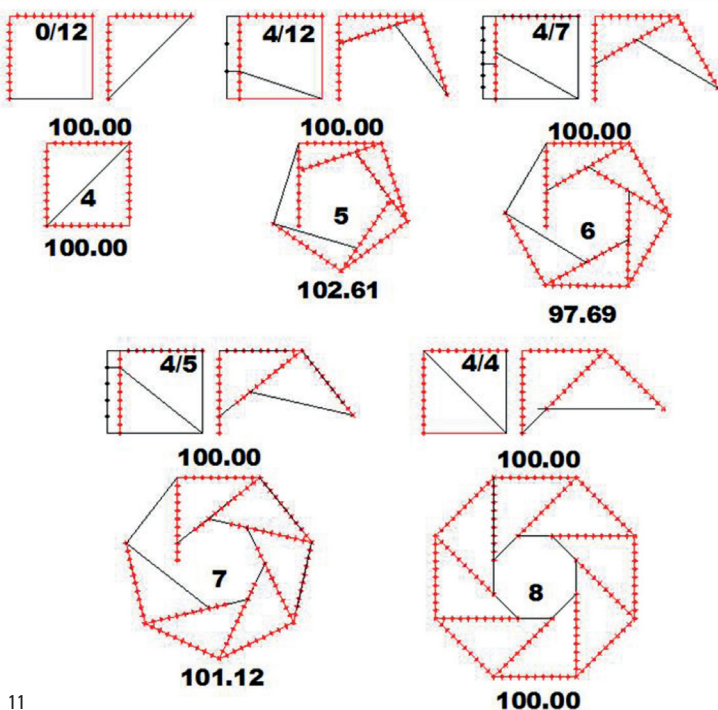
7/ GARCÍA, V., 1998. *Metafísica de Aristóteles*. 2 ed. Madrid: Editorial Gredos, pp. 472-473, 492-493.

8/ HEATH, T.L., 1908. *The Thirteen Books of Euclid's Elements*. 3 vols. Cambridge: University Press, pp: 349-68.

9/ RECHT, R. 1980. Les termes techniques de l'architecture médiévale, *Les bâtisseurs du Moyen-Âge. Histoire et Archéologie*. Dossiers, pp. 84-90.



- 9. Villard de Honnecourt interpretation (fol. 20 r (c))
- 10. Saint-Ouen's tomb representation
- 11. Construction of regular polygons by square's rotation
- 12. Adjust for a pentagonal square



10 / SHELBY, L. R., 1965. "Medieval Masons Tools II. Compass and Square", *Technology and Culture*, 6, pp. 236-248.

11 / WU N., 2000. Hugues Libergier and his Instruments. *Nexus Network Journal*. Vol. 2, Numbers 1-2, pp. 93-102.

12 / SARRADE M. T., 1986, p. 50.

13 / SARRADE M. T., 1986, pp : 44-45,

14 / SENE, A., 1970. Un instrument de précision au service des artistes du moyen âge: l'équerre. *Cahiers de Civilisation Médiévale*, vol.13, pp. 350-351.

15 / SENE, A., 1972. "Quelques instruments des architectes", *Actes du congrès de la Société des historiens médiévaux de l'enseignement supérieur* (Besançon, 1972), pp. 42-43.

16 / FUNCK-HELLET, Ch., (1951). *De la proportion de l'équerre des maîtres d'oeuvre*. Paris:Éditions Vicent, Fréal & Cie, p.29.

17 / EUCLIDES, 1576. *Los seis libros primeros de geometría de Euclides: traducidos en lengua española por Rodrigo Çamorano Astrólogo y Mathemático y Cathedrático de Cosmographía por su Magestad en la casa de la Contratacion de Sevilla*. Sevilla: Casa de Alfonso de la Barrera, pp. 71-79.

18 / HEATH, T.L., 1908. *The Thirteen Books of Euclid's Elements*. 3 vols. Cambridge: University Press, pp. 88-111

19 / PTOLOMEO. 1578. *Almagesto u obra claramente divina de la gran construcción de la matemática de feludiense alexandrino Claudio Ptolome*. Venecia: Lucas Guarico, pp. 61-81.

20 / TOOMER. G.J., 1984. *Ptolemy's Almagest*. London: Duckworth, pp. 35-74.

21 / RORICZER, M. (1999) *Das Büchlein von der Fialen Gerechtigkeit (fak. Regensburg 1486) und Die Geometria Deutsch (fak. Regensburg un 1487/88)*. Regensburg: Hürtgenwald Guido Pressler.

22 / DÜRER, A. (1525) *Underweysung der Messung, mit dem Zirckel und Richtscheyt: in Linien Ebenen vo ganzen Corporen*. Nüremberg: Hieronymus Andreae.

23 / ARFE, J. (1585). *Ioan de Arphe y Villafañe (1535-1603). De varia commensuracion para la escultura y arquitectura*. Sevilla: Andrea Pescioni y Juan de León.

24 / LOPEZ DE ARENAS, D. (1633). *Breve Compendio de la Carpintería de lo blanco y tratado de alarifes, con la conclusión de la regla de Nicolás Tartaglia, y otras cosas tocantes son la Iometria, y puntas de compás*. Sevilla: Luis Estupiñan.

25 / NUERE E., 2001, *Nuevo tratado de la carpintería de lo blanco*. Madrid: Ediciones Munilla-Leira, p. 68.

16 / FUNCK-HELLET, Ch., (1951). *De la proportion de l'équerre des maîtres d'oeuvre*. Paris:Éditions Vicent, Fréal & Cie, p.29.

17 / EUCLIDES, 1576. *Los seis libros primeros de geometría de Euclides: traducidos en lengua española por Rodrigo Çamorano Astrólogo y Mathemático y Cathedrático de Cosmographía por su Magestad en la casa de la Contratacion de Sevilla*. Sevilla: Casa de Alfonso de la Barrera, pp. 71-79.

18 / HEATH, T.L., 1908. *The Thirteen Books of Euclid's Elements*. 3 vols. Cambridge: University Press, pp. 88-111

19 / PTOLOMEO. 1578. *Almagesto u obra claramente divina de la gran construcción de la matemática de feludiense alexandrino Claudio Ptolome*. Venecia: Lucas Guarico, pp. 61-81.

20 / TOOMER. G.J., 1984. *Ptolemy's Almagest*. London: Duckworth, pp. 35-74.

21 / RORICZER, M. (1999) *Das Büchlein von der Fialen Gerechtigkeit (fak. Regensburg 1486) und Die Geometria Deutsch (fak. Regensburg un 1487/88)*. Regensburg: Hürtgenwald Guido Pressler.

22 / DÜRER, A. (1525) *Underweysung der Messung, mit dem Zirckel und Richtscheyt: in Linien Ebenen vo ganzen Corporen*. Nüremberg: Hieronymus Andreae.

23 / ARFE, J. (1585). *Ioan de Arphe y Villafañe (1535-1603). De varia commensuracion para la escultura y arquitectura*. Sevilla: Andrea Pescioni y Juan de León.

24 / LOPEZ DE ARENAS, D. (1633). *Breve Compendio de la Carpintería de lo blanco y tratado de alarifes, con la conclusión de la regla de Nicolás Tartaglia, y otras cosas tocantes son la lometria, y puntas de compás*. Sevilla: Luis Estupiñan.

25 / NUERE E., 2001, *Nuevo tratado de la carpintería de lo blanco*. Madrid: Ediciones Munilla-Leira, p. 68.